



BẢN TIN

TƯ VẤN VÀ CÔNG NGHỆ MỎ

CONSULTING AND TECHNOLOGY BULLETIN FOR MINING INDUSTRY

Số 2/2025

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

ĐẠI HỘI ĐỒNG CỔ ĐÔNG CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN MỘT SỐ HÌNH ẢNH TẠI HỘI NGHỊ



*Ông Ngô Thế Phiệt, Chủ tịch HĐQT
điều hành ĐHĐCĐ*



*Ông Lê Văn Duẩn, Giám đốc Công ty
báo cáo tại ĐHĐCĐ*



Các cổ đông tham gia biểu quyết



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

KS. Trần Tiến Huệ, Thư ký BBT

KS. Dương Phi Hùng, Thành viên

ThS. Trần Văn Điều, Thành viên

ThS. Phạm Xuân Tráng, Thành viên

ThS. Phạm Tú Phương, Thành viên

ThS. Phí Trung Kiên, Thành viên

KS. Võ Chí Trung, Thành viên

CN. Trần Thị Ngọc Bích, Thành viên

TOÀ SOẠN

Địa chỉ: số 565 Đ. Nguyễn Trãi, P. Thanh Xuân Nam, Q. Thanh Xuân, 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

Nghiên cứu các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc hợp lý các vỉa phức tạp dốc thoải bằng máy xúc thủy lực gàu ngược cho các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh..... 2

KHAI THÁC HÀM LÒ

■ Phạm Tú Phương, Vũ Đình Hùng

Nghiên cứu ảnh hưởng của khai thác than hầm lò đến dịch động, biến dạng bề mặt bằng phương pháp số..... 8

THIẾT KẾ MỎ

■ Trần Tiến Huệ

Các lợi ích của việc áp dụng BIM14

AN TOÀN MỎ

■ Lại Thị Linh Chi (Biên dịch)

Những tiến bộ gần đây về cảm biến khí bằng tia laser ứng dụng trong giám sát an toàn mỏ than thông minh21

TỰ ĐỘNG HÓA

■ Trần Tiến Huệ

Hệ thống giám sát từ xa thiết bị khai thác mỏ tại mỏ than lộ thiên.....31

CÔNG TÁC KHOAN

■ Nguyễn Mai Hoa (Biên dịch)

Hiện trạng và triển vọng nghiên cứu kỹ thuật đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò39

CHUYỂN ĐỔI SỐ

■ Trần Tiến Huệ

Phương pháp xác định mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than47

PHÁT TRIỂN XANH

■ Trần Tiến Huệ

Cơ chế, chính sách hỗ trợ và quy trình lựa chọn phát triển mỏ xanh ở Trung Quốc.....53

TIN VĂN

Nghiên cứu các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc hợp lý các vỉa phức tạp dốc thoải bằng máy xúc thủy lực gầu ngược cho các mỏ than lộ thiên

>> TS. Lê Đức Phương, Hội Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo trình bày gồm 7 sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc hợp lý các vỉa phức tạp dốc thoải bằng máy xúc thủy lực gầu ngược (MXTLGN) cho các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh trong 5 trường hợp: Khi chiều dày nằm ngang toàn bộ của vỉa $M_n < M_{n\ mx}$; khi vỉa có chiều dày $M_{n\ mx} \leq M_n < M_{n\ oto}$ nhưng chiều dày nằm ngang của lớp than bám trụ vỉa $M_{nt} < M_{n\ mx}$; khi lớp than bám trụ vỉa có chiều dày $M_{n\ mx} \leq M_{nt} < M_{n\ oto}$; khi lớp than bám trụ vỉa có chiều dày $M_{nt} \geq M_{n\ oto}$; khi vỉa có chiều dày $M_n \geq M_{n\ oto}$ nhưng $M_{nt} < M_{n\ mx}$. Trong các sơ đồ đó có một số sơ đồ có thể sử dụng MXTLGN phối hợp với máy xúc thủy lực gầu thuận (MXTLGT) để khai thác than. Trong mỗi sơ đồ đều có giới thiệu công thức tính toán khối lượng đất đá bóc; điều kiện áp dụng và ưu, nhược điểm của sơ đồ đó. Hoàn toàn có thể coi các sơ đồ công nghệ khai thác vỉa than có cấu tạo phức tạp dốc thoải như sẽ được trình bày trong bài báo là những sơ đồ có tỷ lệ tổn thất và làm bẩn than nhỏ nhất.

Abstract: The paper presents 7 technological diagrams for the rational selective exploitation of complex structure, gently sloping coal seams using a backhoe hydraulic excavator for open-pit coal mines in 5 cases: When the total horizontal thickness of the seam $M_n < M_{n\ mx}$; when the seam thickness $M_{n\ mx} \leq M_n < M_{n\ oto}$ but the horizontal thickness of the coal layer attached to the seam $M_{nt} < M_{n\ mx}$; when the coal layer attached to the seam thickness $M_{n\ mx} \leq M_{nt} < M_{n\ oto}$; when the coal layer attached to the seam thickness $M_{nt} \geq M_{n\ oto}$; when the seam thickness $M_n \geq M_{n\ oto}$ but $M_{nt} < M_{n\ mx}$. In those diagrams, there are some diagrams that can use backhoe hydraulic excavator in combination with hydraulic excavator with forward bucket for coal mining. Each diagram introduces the formula for calculating the volume of excavated soil and rock; the conditions of its implementation and its advantages and disadvantages. It is possible to consider the technological diagrams for mining coal seams with complex structure and gentle slopes as presented in the article as the diagrams with the smallest coal loss and contamination rates of coal.

1. Mở đầu

Việc khai thác các vỉa than mỏng và có cấu trúc phức tạp bằng các loại máy xúc cơ khí thường đi kèm với tổn thất lớn do phải để lại lớp than khá dày tại các điểm tiếp xúc với đá vây quanh và ở các khu vực có sự xáo trộn địa chất, chiều dày vỉa thay đổi, v.v. Có thể giảm tổn thất than và nhiễm bẩn bằng cách sử dụng máy xúc thủy lực hiện đại loại gầu ngược do tính đa dạng của chuyển động gầu, có thể xúc theo bất kỳ quỹ đạo và chiều cao gương khai thác nào. Do đó, việc nghiên cứu công nghệ khai thác chọn lọc các vỉa có cấu trúc phức tạp bằng thiết bị xúc bóc hiện đại là vấn đề cấp bách đối với ngành than ở vùng Quảng Ninh. Bài báo trình bày về các

sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc cho các vỉa dốc thoải có cấu trúc phức tạp sử dụng máy xúc thủy lực gầu ngược làm cơ sở áp dụng cho các mỏ than lộ thiên trong các điều kiện địa chất khác nhau.

Các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc hợp lý các vỉa phức tạp dốc thoải bằng MXTLGN áp dụng cho những phần vỉa có góc cắm $\gamma < 12^\circ$ và bao gồm các lớp đất đá kẹp phải bóc tách chọn lọc. Cũng tương tự như khi khai thác vỉa mỏng dốc thoải, nguyên tắc chung để khai thác loại gương này là khoan nổ mìn đất đá hào vách với chiều cao bằng chiều cao tầng $h = 15$ m hoặc chiều cao phân tầng $h_t = 5$ m. Sau đó tiến hành bóc tam giác đá treo trên vách vỉa và

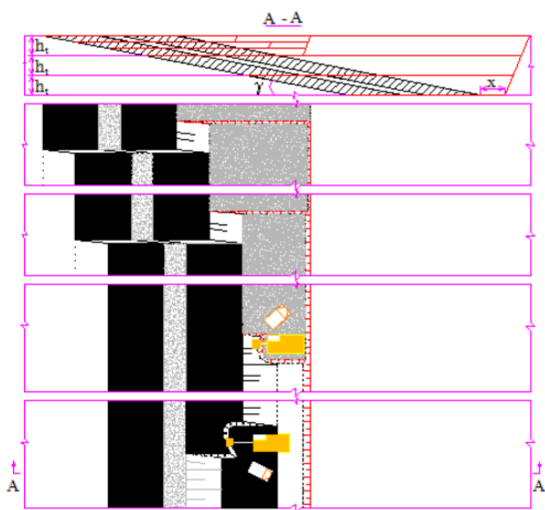
khai thác than trong phạm vi chiều cao phân tầng h_t bằng cách chia thành 3 dải hoặc 3 lớp khâu. Dạng vỉa này có thể tiến hành khai thác chọn lọc theo một số sơ đồ công nghệ được trình bày sau đây.

2. Các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc vỉa phức tạp dốc thoải

2.1. Trường hợp chiều dày nằm ngang toàn bộ của vỉa không đủ rộng để máy xúc đứng trên nóc tầng than $M_n < M_{nmx}$

2.1.1. Khi than có chất lượng tốt, nhiều than cục

Sử dụng MXTLGN đào hào chuẩn bị trên từng lớp (phân tầng nhỏ) có chiều cao bằng chiều sâu xúc chọn lọc của máy xúc, chiều rộng trong đất đá x phải thỏa mãn cả 2 điều kiện: $x \geq R_{x_{min}} + R_q + k$, m và $x \geq b_0 - M_n$, m (trong đó: $R_{x_{min}}$ - bán kính xúc nhỏ nhất của máy xúc, m ; R_q - bán kính quay của máy xúc, m ; k - khoảng hở cần thiết giữa đuôi máy xúc và sườn tầng, m ; b_0 - chiều rộng đáy hào, m); sau đó sử dụng máy xúc thủy lực gàu thuận (MXTLGT) tiến hành khai thác than từ vách sang trụ vỉa và chất lên ô tô đứng cùng mức. Về nguyên tắc chung, sơ đồ này tương tự như sơ đồ công nghệ khai thác vỉa mỏng dốc thoải, khi $M_n < M_{nmx}$, than chất lượng tốt, phối hợp giữa MXTLGN và MXTLGT.



Hình 1. Sơ đồ công nghệ khai thác vỉa phức tạp dốc thoải, khi $M_n < M_{nmx}$, than chất lượng tốt dùng MXTLGN phối hợp với MXTLGT

Tuy nhiên, với sơ đồ này cần phải bóc tách các lớp đất đá kẹp có đủ chiều dày khai thác chọn lọc ra khỏi vỉa than. Sơ đồ công nghệ khai thác được thể hiện ở hình 1. Ưu điểm cơ bản của sơ đồ này là đảm bảo được chất lượng than, tăng tốc độ xuống sâu của đáy mỏ do có thể bố trí được MXTLGT phối hợp với MXTLGN để chuẩn bị tầng mới.

Nhược điểm là khối lượng chuẩn bị tầng lớn, công tác thoát nước cần được thực hiện tốt để MXTLGT và ô tô hoạt động có năng suất cao ở đáy mỏ, ô tô khi chở đất đá hào chuẩn bị phải chạy trên đất đá đã nổ mìn.

Khối lượng đất đá của hào chuẩn bị trong một phân tầng tính cho 1 m dài theo phương được xác định theo công thức:

$$V_{h_t} = [0,5h_t(ctg\gamma + ctg\alpha) + x]h_t, m^3$$

Trong đó: h_t - chiều cao phân tầng, m ; γ - góc cắm của vỉa, độ; α - góc dốc sườn tầng, độ.

Khối lượng đất đá cần mở rộng phân tầng trên tính cho 1 m dài theo phương để tiến hành khai thác phân tầng thứ 2 dưới đó được xác định theo công thức:

$$V_{m1} = h_t^2(ctg\gamma + ctg\alpha), m^3$$

Khối lượng đất đá cần mở rộng phân tầng 1 và 2 tính cho 1 m dài theo phương để tiến hành khai thác phân tầng 3 được xác định theo công thức:

$$V_m = 2V_{m1} + h_t^2(ctg\gamma + ctg\alpha) = 3h_t^2(ctg\gamma + ctg\alpha), m^3$$

Khối lượng đất đá chuẩn bị tính cho 1 m dài theo phương được xác định theo công thức:

$$V_{ch} = [x + 0,5h(ctg\gamma + ctg\alpha)]h, m^3$$

Khối lượng đất đá phải bóc ở các tầng trên tính cho 1 m dài theo phương khi xuống sâu 1 tầng có chiều cao h được xác định theo công thức:

$$V_{tr} = nhV_n = nh[B_v + h(ctg\gamma + ctg\alpha)], m^3$$

Trong đó: h - chiều cao tầng, m ;
 n - số tầng bóc đá trên đối công tác

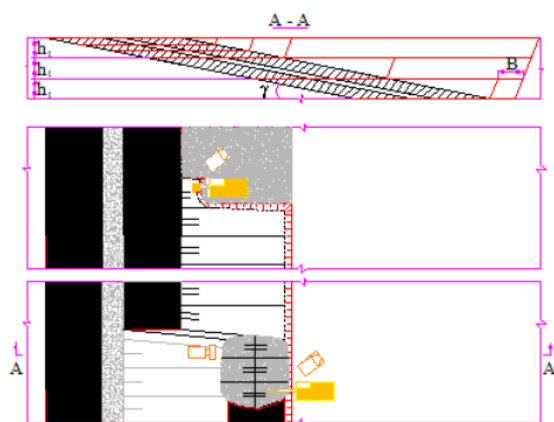
nằm trên hào chuẩn bị;

V_n - tốc độ đẩy ngang của tuyến bóc đá khi xuống sâu 1 tầng, m/n;

B_v - chiều rộng của mặt tầng đá nằm sát ngay trên hào chuẩn bị, m.

2.1.2. Khi than có chất lượng không cao, ít than cục

Sử dụng MXTLGN bóc tam giác đá bám trên vách vĩa của từng phân tầng theo từng dải khẩu có chiều cao bằng chiều sâu xúc chọn lọc của máy xúc, chiều rộng đáy hào trong đá $x = 0$, m hoặc cũng có thể xúc theo gương dọc tầng với dải khẩu ngang bằng cách MXTLGN di chuyển thật lùi cho tới khi đạt chiều cao phân tầng h_t . Sử dụng máy gạt lần lượt đẩy các lớp than và đất đá kẹp (khi có độ kiên cố cao thì lấp thêm bộ phận xói) xuống chân tầng theo từng đồng riêng, sau đó sử dụng MXTLGN quay trở lại hoặc dùng máy xúc thứ 2 lần lượt xúc than, đất đá kẹp do máy gạt đẩy xuống và chất lên ô tô đứng cùng mức. Sơ đồ công nghệ khai thác được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Sơ đồ công nghệ khai thác vĩa phức tạp dọc thoải, khi $M_n < M_{nmx}$, than chất lượng thấp, phối hợp giữa MXTLGN và máy gạt

Ưu điểm cơ bản của sơ đồ này là khối lượng chuẩn bị trong từng phân tầng nhỏ, nhờ đó tăng được tốc độ xuống sâu của đáy mỏ.

Nhược điểm là làm vụn nát than, tăng chi phí khai thác do phải dùng máy gạt để đẩy than và đất đá kẹp xuống chân phân tầng, ô tô khi chờ đất đá hào chuẩn bị cũng phải chày trên đất đá đã nổ mìn.

Khối lượng tam giác đất đá bám trên vách vĩa của 1 phân tầng tính cho 1 m dài theo phương được xác định theo công thức:

$$V_t = 0,5h_t^2(ctg\gamma + ctg\alpha), m^3$$

Khối lượng đất đá cần mở rộng phân tầng thứ nhất tính cho 1 m dài theo phương để tiến hành khai thác phân tầng thứ 2 dưới đó là:

$$V_{m1} = [h_t(ctg\gamma + ctg\alpha) + B]h_t, m^3$$

Khối lượng đất đá cần mở rộng phân tầng 1 và 2 tính cho 1 m dài theo phương để tiến hành khai thác phân tầng 3 là:

$$V_m = 2V_{m1} + h_t^2(ctg\gamma + ctg\alpha) = [3h_t(ctg\gamma + ctg\alpha) + 2B]h_t, m^3$$

Khối lượng đất đá chuẩn bị tính cho 1 m dài theo phương được xác định theo biểu thức:

$$V_{ch} = [0,5h(ctg\gamma + ctg\alpha) + \frac{2}{3}B]h, m^3$$

Khối lượng đất đá phải bóc ở các tầng trên tính cho 1 m dài theo phương khi xuống sâu 1 tầng có chiều cao h được xác định theo công thức:

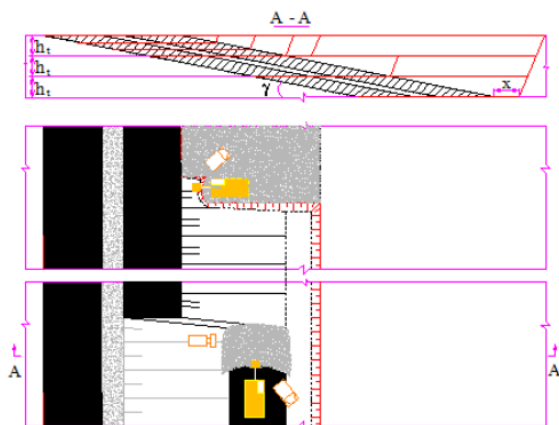
$$V_n = nhV_n = nh[B_v + h(ctg\gamma + ctg\alpha)], m^3$$

Cũng có thể sử dụng phối hợp giữa MXTLGN, máy gạt và MXTLGT hoặc máy bóc để tiến hành khai thác như sau: Sử dụng MXTLGN đào hào chuẩn bị của phân tầng theo từng dải khẩu có chiều cao bằng chiều sâu xúc chọn lọc của máy xúc hoặc cũng có thể xúc theo gương dọc tầng với dải khẩu ngang bằng cách MXTLGN di chuyển thật lùi cho tới khi đạt chiều cao h_t , chiều rộng đáy hào trong đá vách $x = b_0 - M_{nv}$, m; trong đó M_{nv} - chiều dày nằm ngang của lớp than sát vách vĩa. Sử dụng máy gạt lần lượt đẩy than và đất đá kẹp xuống chân tầng theo từng đồng riêng, sau đó dùng MXTLGT hoặc máy bóc lần lượt xúc than, đất kẹp do máy gạt đẩy xuống và chất lên ô tô đứng cùng mức. Sơ đồ công nghệ khai thác được thể hiện ở hình 3.

Các khối lượng đất đá cần bóc chủ yếu phía vách vĩa của sơ đồ này cũng được tính toán theo các công thức của sơ đồ hình 1 như đã được trình bày ở trên.

Ưu điểm của sơ đồ này là tăng được tốc độ xuống sâu của đáy mỏ do có thể bố trí được MXTLGT hoặc máy bóc tham gia xúc than và cùng mở rộng phân tầng.

Nhược điểm là làm vụn nát than, khối lượng chuẩn bị trong 1 phân tầng lớn, công tác thoát nước cần được thực hiện tốt để MXTLGT hoặc máy bóc và ô tô hoạt động có năng suất cao ở đáy mỏ, ô tô khi chở đá hào chuẩn bị cũng phải chạy trên đất đá đã nổ mìn, tăng chi phí do phải dùng máy gạt để đẩy than và đất đá kẹp xuống chân phân tầng.



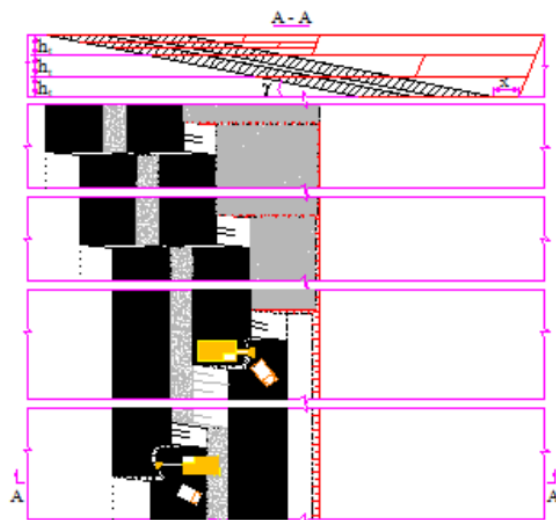
Hình 3. Sơ đồ công nghệ khai thác vỉa phức tạp dốc thoải, khi $M_n < M_{n mx}$, than chất lượng thấp, phối hợp giữa MXTLGN, MXTLGT và máy gạt

2.2 - Trường hợp vỉa có chiều dày nằm ngang toàn bộ $M_n mx \leq M_n < M_n ô tô$ nhưng chiều dày nằm ngang của lớp than bám trụ vỉa $M_{nt} < M_n mx$

Trường hợp vỉa có chiều dày nằm ngang toàn bộ M_n lớn hơn hoặc bằng chiều rộng đế máy xúc đứng trên nóc tầng than $M_n mx$ và nhỏ hơn chiều rộng đế ô tô hoạt động trên nóc tầng than $M_n ô tô$ nhưng chiều dày nằm ngang của lớp than bám trụ vỉa M_{nt} nhỏ hơn $M_n mx$ ngoài các sơ đồ công nghệ khai thác đã được trình bày ở mục 2.1 còn có thể sử dụng MXTLGN đứng trên nóc tầng than

để khâu than và chất vào ô tô đứng ở mức dưới với chiều rộng đáy hào trong đá cần phải thỏa mãn cả 2 điều kiện: $x \geq b_0 - M_n$, m và $x \geq R_{xmin} + R_q + k - (M_n - M_{nt})$, m . Việc bóc đá hào chuẩn bị và khai thác than trong mỗi phân tầng được tiến hành theo từng lớp. Chiều cao của mỗi lớp bằng chiều cao xúc chọn lọc của máy xúc. Khi khai thác lớp than bám trụ cần phải sử dụng MXTLGT khâu theo gương dọc tầng và chất tải lên ô tô đứng cùng mức. Sơ đồ công nghệ khai thác được thể hiện ở hình 4. Trong trường hợp này cần phải có biện pháp thoát nước ở đáy mỏ tốt.

Các khối lượng đất đá cần bóc chủ yếu phía vách vĩa của sơ đồ này cũng được tính toán theo các công thức của sơ đồ hình 1 như đã được trình bày ở trên.



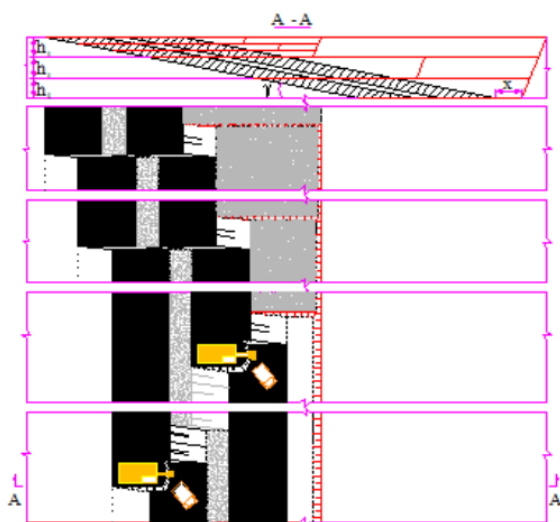
Hình 4. Sơ đồ công nghệ khai thác vỉa phức tạp dốc thoải, khi $M_n mx \leq M_n < M_n ô tô$, $M_{nt} < M_n mx$, than chất lượng tốt, phối hợp giữa MXTLGN và MXTLGT

2.3 - Trường hợp lớp than bám trụ vỉa có chiều dày $M_n mx \leq M_{nt} < M_n ô tô$

Việc khai thác dạng vỉa này có nguyên lý chung tương tự như khai thác vỉa mỏng dốc thoải, tức là sử dụng MXTLGN đứng trên nóc tầng than để khâu than và chất vào ô tô đứng ở mức dưới với chiều rộng đáy hào trong đá vách $x = b_0 - M_n$. Việc bóc đá hào chuẩn bị và khai thác than trong mỗi phân tầng được tiến hành theo từng lớp. Chiều cao

của mỗi lớp bằng chiều cao xúc chọn lọc của máy xúc. Khi bóc đá, máy xúc và ô tô đứng cùng mức hoặc khác mức, còn khi khâu than, ô tô đứng ở mức dưới. Khi xúc đất đá mở rộng từng phân tầng, ô tô có thể đứng cùng mức với máy xúc hoặc ở mức dưới.

Tuy nhiên, với trường hợp này cần bóc tách các lớp đá kẹp có đủ chiều dày khai thác chọn lọc ra khỏi vỉa than. Khi khai thác lớp than bám trụ MXTLGN có thể đứng trên nóc tầng than tiến hành khâu than theo gương xúc phía dưới và chất tải vào ô tô đứng ở mức dưới. Sơ đồ công nghệ khai thác được thể hiện ở hình 5.



Hình 5. Sơ đồ công nghệ khai thác vỉa phức tạp dốc thoải, khi $M_n mx \leq M_n < M_n \text{ ô tô}$, $M_{nt} \geq M_n mx$, than tốt

Các khối lượng đất đá cần bóc chủ yếu phía vách vỉa của sơ đồ này cũng được tính toán theo các công thức của sơ đồ hình 1 như đã được trình bày ở trên.

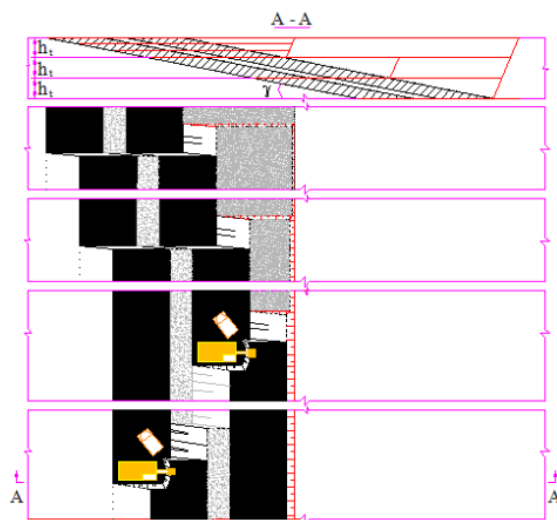
2.4 - Trường hợp lớp than bám trụ vỉa có chiều dày $M_{nt} \geq M_n \text{ ô tô}$

Trong trường hợp lớp than bám trụ có chiều dày nằm ngang M_{nt} lớn hơn hoặc bằng chiều rộng đủ lớn để ô tô hoạt động trên nóc tầng than $M_n \text{ ô tô}$, ngoài các sơ đồ như đã được trình bày ở các mục trên còn có thể sử dụng MXTLGN đứng trên nóc tầng than để khâu than và chất lên ô tô đứng cùng mức. Nhìn chung sơ đồ này cũng có nguyên

lý khai thác tương tự như sơ đồ khai thác vỉa mỏng dốc thoải có $M_{nt} \geq M_n \text{ ô tô}$, tức là dùng MXTLGN đứng trên nóc tầng than để khâu than và chất lên ô tô đứng cùng mức. Việc bóc đá hào chuẩn bị và khai thác than trong mỗi phân tầng được tiến hành theo từng lớp. Chiều cao của mỗi lớp bằng chiều cao xúc chọn lọc của máy xúc. Trong trường hợp này có thể thu hẹp đáy hào chuẩn bị trong đá vách trên mỗi phân tầng với $x = 0, m$. Khi bóc đá và khai thác than máy xúc và ô tô đều đứng cùng mức.

Tuy nhiên, có sự khác biệt là cần phải bóc tách riêng các lớp than và đá kẹp có đủ chiều dày khai thác chọn lọc. Sơ đồ công nghệ khai thác được thể hiện ở hình 6. Tất nhiên, khi đáy mỏ được thoát nước tốt nên đưa ô tô xuống mức dưới để nâng cao năng suất của đồng bộ thiết bị.

Các khối lượng đất đá cần bóc chủ yếu phía vách vỉa của sơ đồ này cũng được tính toán theo các công thức của sơ đồ hình 1 như đã được trình bày ở trên.

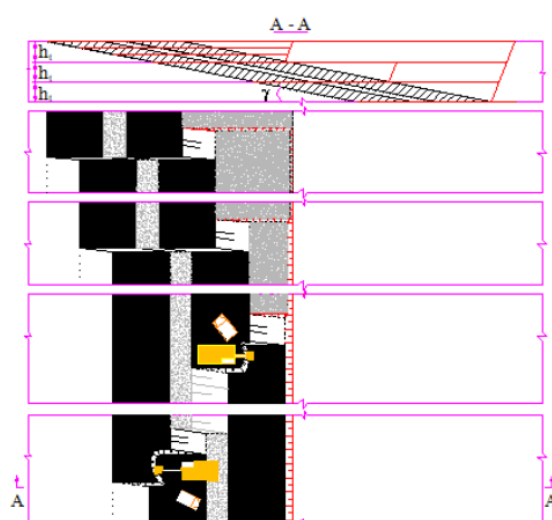


Hình 6. Sơ đồ công nghệ khai thác vỉa phức tạp dốc thoải, khi $M_n mx \leq M_n < M_n \text{ ô tô}$, $M_{nt} \geq M_n mx$, than tốt

2.5 - Trường hợp vỉa có chiều dày $M_n \geq M_n \text{ ô tô}$ nhưng $M_{nt} < M_n mx$

Việc khai thác dạng vỉa này về nguyên lý chung là sự phối hợp giữa sơ đồ công nghệ khai thác vỉa mỏng dốc thoải, khi M_n

< M_n mx, than chất lượng tốt, phối hợp giữa MXTLGN và MXTLGT và sơ đồ công nghệ khai thác vỉa phức tạp dốc thoải, khi M_n mx $\leq M_n < M_n$ ô tô, $M_{nt} \geq M_n$ mx, than tốt đã được trình bày ở hình 6, tức là khi khai thác lớp than bám trụ cần phải sử dụng MXTLGT khâu theo gương dọc tầng và chất tải lên ô tô đứng cùng mức với chiều rộng đáy hào trong đá vách cần phải thỏa mãn cả 2 điều kiện $x \geq b_0 - M_n$, m và $x \geq R_{xmin} + R_q + k - (M_n - M_{nt})$, m; còn khi bóc các lớp đá kẹp và các lớp than khác thì sử dụng MXTLGN đứng trên nóc tầng than xúc ở dưới và chất tải lên ô tô đứng cùng mức hoặc mức dưới. Sơ đồ công nghệ khai thác được thể hiện ở hình 7.



Hình 7. Sơ đồ công nghệ khai thác vỉa phức tạp dốc thoải, khi M_n mx $\leq M_n < M_n$ ô tô, $M_{nt} \geq M_n$ mx, than tốt

Các khối lượng đất đá cần bóc chủ yếu phía vách vỉa của sơ đồ này cũng được tính toán theo các công thức của sơ đồ hình 1 như đã được trình bày ở trên.

Các sơ đồ hình 1 và từ 3÷7 khi khai thác trên mức thoát nước tự chảy cũng có thể sử dụng đơn thuần MXTLGT để tiến hành bóc đá và khai thác than.

3. Kết luận

Để tiến hành khai thác chọn lọc các vỉa than có cấu tạo phức tạp dốc thoải trong điều kiện các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh khi sử dụng MXTLGN hiện có tùy theo từng

trường hợp cụ thể mà có thể áp dụng 1 trong 7 sơ đồ hoặc kết hợp một số sơ đồ trong 7 sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc được giới thiệu ở trên là hoàn toàn hợp lý. Trong một số trường hợp khi khai thác trên mức thoát nước tự chảy hoàn toàn có thể sử dụng đơn thuần MXTLGT để bóc đất đá và khai thác than. Trong mỗi một sơ đồ đều có trình bày công thức tính toán khối lượng đất đá bóc; điều kiện áp dụng, ưu điểm và nhược điểm của sơ đồ đó. Hoàn toàn có thể coi các sơ đồ công nghệ khai thác vỉa than có cấu tạo phức tạp dốc thoải như đã được trình bày ở trên là những sơ đồ có tỷ lệ tổn thất và làm bẩn than nhỏ nhất ./.

Tài liệu tham khảo

1. Колесников В.Ф., Цпилов И.И. (1981), Технологические схемы ведения горных работ на разрезах южного Кузбасса. Кемерово.
2. Мацак Б.В., Емельянов В.В. (2000), “Опыт разработки маломощных сложноструктурных пластов с использованием обратных гидравлических лопат на Чульмаканском месторождении угля”. Открытые горные работы, (№3).
3. Мельников Н.Н., Неволин Д.Г. и др. (1999), Технология применения и параметры карьерных гидравлических экскаваторов. Апатиты.
4. Ржевский В.В. (1985), Открытые горные работы. - Изд: “Недра”.
5. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. (1982), Москва, “Недра”.
6. Цепилов И.И., Корякин А.И. и др. (1999), Технология разработки угленасыщенных зон разрезов Кузбасса. Кемерово.

Nghiên cứu ảnh hưởng của khai thác than hầm lò đến dịch động, biến dạng bề mặt bằng phương pháp số

>> Th.S. Phạm Tú Phương, Th.S. Vũ Đình Hùng

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 của lún bề mặt địa hình do khai thác than hầm lò. Bài báo tiến hành phân tích dịch động đất đá của khu vực khảo sát với chiều dày vỉa và độ sâu khai thác khác nhau bằng phương pháp số thông qua phần mềm Rocscience -RS2- Phase2

Abstract: In the article, the authors provide the theoretical basis of the subsidence of the terrain surface due to underground coal mining. The article analyzes the movement of rock mass of the surveyed area with different seam thickness and mining depth by numerical method through the software Rocscience -RS2- Phase2

I. Đặt vấn đề

Công tác khai thác than hầm lò đã gây ra các tác động lớn đến bề mặt đất do đã lấy đi một phần vật chất từ phần vỏ trái đất, dẫn đến sự thay đổi trạng thái vật chất hoặc trạng thái cấu trúc ban đầu của khối đá và làm mất thế cân bằng của ứng suất nén ban đầu trong địa tầng chứa than. Hậu quả là khối đá tự nhiên rơi vào trạng thái “mất cân bằng” ứng suất và sẽ “tự điều chỉnh” để xác lập trạng thái cân bằng mới, trong đó trạng thái cân bằng về cơ học có ý nghĩa đặc biệt (Phạm Văn Chung, 2010). Quá trình trên diễn ra dưới dạng phân bố lại trạng thái ứng suất và kéo theo hiện tượng dịch chuyển và biến dạng đất đá có tính chất rất đa dạng, phức tạp và phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố địa chất, khai thác, cơ lý đá.

Trong quá trình biến đổi trên, khối đất đá có thể tiến đến trạng thái ổn định hoàn toàn, hoặc trạng thái mất ổn định ở các mức độ khác nhau. Trạng thái mất ổn định cân bằng ứng suất dịch chuyển không đồng đều sẽ gây ra biến dạng. Khoảng trống của đất đá do than được khấu ra sẽ làm mất thế cân bằng lực nên các lớp đất đá vách (nóc lò) sẽ uốn võng và sập đổ. Khoảng sập đổ lớn hay nhỏ tùy thuộc vào kích thước khoảng trống khai thác. Sự sập đổ các lớp đất đá vách là hiện tượng dịch chuyển và biến dạng đất đá mỏ.

Hiện tượng này sẽ giảm dần khi đất đá lấp đầy khoảng trống khai thác và đất đá vùng trụ vỉa ổn định hoặc sẽ lan truyền lên phía trên và thậm chí lên tới mặt đất nếu đất đá yếu và độ sâu khai thác không lớn. Hậu quả của sự lan truyền này sẽ gây ra bồn dịch chuyển trên mặt đất hoặc xuất hiện tầng bậc, ảnh hưởng đến các công trình tùy theo cường độ biến dạng và được thể hiện qua các hiện tượng dịch chuyển phá hủy (nén vỡ đá, sạt lở, sập lở...).

Cho đến nay, trong lĩnh vực cơ học đá, khai thác mỏ, đã có nhiều phương pháp được ứng dụng để nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá và đã có nhiều kết quả nghiên cứu được công bố trên thế giới. Mô hình nghiên cứu dự báo chiều cao vùng phá hủy, tách lớp đã được các nhà khoa học nghiên cứu, điển hình như là các tác giả (Kratzsch, 1983; Mindlin, 1939). Tuy nhiên ở nước ta, trong lĩnh vực khai thác mỏ vấn đề này vẫn còn ít được quan tâm. Từ năm 2011 đến nay đã có một số công trình nghiên cứu dịch chuyển biến dạng bằng mô hình vật liệu tương đương được công bố trong nhiều tài liệu khác nhau [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Qua các tài liệu này cho thấy việc nghiên cứu mất nhiều công sức, thực hiện trên mô hình nhỏ nên hệ số tương đương lớn. Nghiên cứu

mang tính lý thuyết, không kể đến các công trình đã công bố của nhóm thực hiện đề tài nêu trên, vấn đề dự báo lún sụt cũng được một số chuyên gia thực hiện. Trong [7], các tác giả đã sử dụng chương trình Phase2 phân tích lún sụt và quá trình biến đổi cơ học khi khai thác hỗn hợp hàm lò, lộ thiên đơn giản. Tuy nhiên, công trình nghiên cứu chưa chú ý đến tính phân lớp của đất đá, cũng như độ sâu và góc nghiêng của vỉa than. Trong phạm vi bài viết các tác giả đã phân tích, dự báo kết quả dịch chuyển, biến dạng đối với mô hình khai thác lò chợ dài với các góc dốc vỉa khác nhau và trên mô hình khai thác lò chợ dài ở các mức độ sâu khác nhau thông qua phần mềm Rocscience -RS2- Phase².

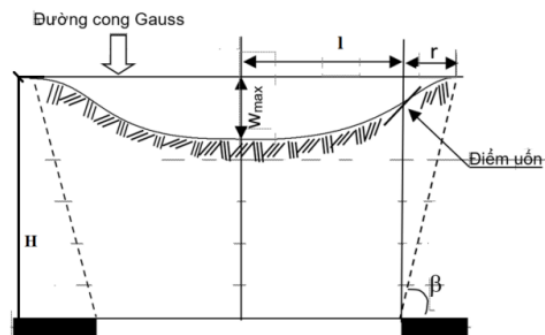
II. Cơ sở lý thuyết của lún bề mặt địa hình do khai thác than hàm lò

Khi khai thác các vỉa than, chúng ta đã lấy đi hầu hết than chứa trong vỉa và để lại một khoảng trống rộng lớn trong lòng đất. Khoảng trống này sẽ được dần lấp đầy theo thời gian khi các lớp đá phía trên sập đổ. Tuy nhiên, việc khai thác không chỉ một vỉa, với chiều dày một hai mét mà còn khai thác nhiều vỉa với tổng chiều dày đến vài chục mét, do đó, đá sập đổ không đủ để chèn kín khoảng trống khai thác, làm sụt lún, dịch chuyển, biến dạng địa hình trên mặt mỏ.

Theo Knothe [4] và nhiều tác giả [6], sự lún bề mặt do khai thác hàm lò có dạng đường cong Gauss (Error! Reference source not found.). Sự sụt lún làm hư hại các công trình trên mặt mỏ, đặc biệt đối với các công trình nằm trên mặt nghiêng hay vào vị trí điểm uốn của mặt cong sụt lún, khi đó các công trình sẽ bị nứt nẻ, chuyển dịch và bị phá hủy. Để có dạng sụt lún bề mặt mềm mại, không có hiện tượng đứt gãy cục bộ cần phải thiết kế và lập kế hoạch khai thác, cách tiến gương, tốc độ và hướng tiến gương lò chợ.

Từ sơ đồ Hình 1 dễ dàng nhận thấy, bán kính mặt cong lún “r” phụ thuộc vào góc trượt β và chiều sâu vùng khai thác “H”. Mặt khác, độ lớn của góc trượt phụ thuộc vào hàng loạt các yếu tố về cấu, kiến tạo, công nghệ khai thác, phương pháp điều khiển áp lực mỏ. Khi cột địa tầng từ mặt đất đến lò

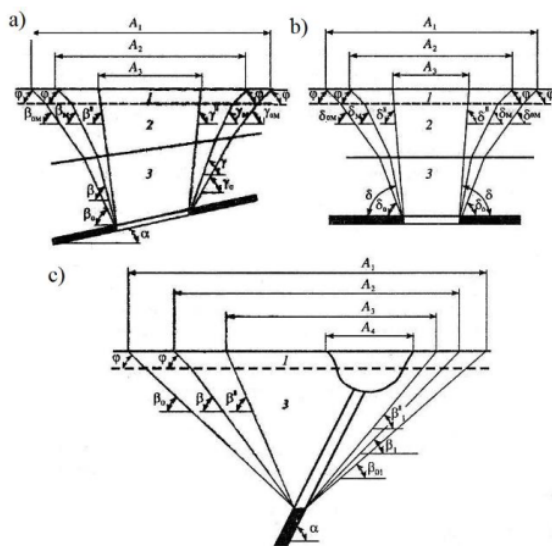
chợ là các tập đá có độ bền và chiều dày lớn, khi đó góc trượt sẽ có giá trị lớn hơn và ngược lại v.v...



Hình 1. Các vùng dịch chuyển khối đá trong khu vực khai thác than bằng lò chợ dài.

Việc khai thác than sẽ dẫn tới việc thay đổi trạng thái ứng suất và dịch động đất đá, thể hiện bằng việc hình thành vùng dịch chuyển trong khối nguyên đất đá và mặt đất. Vùng dịch chuyển trên mặt đất do từng lò chợ riêng biệt gọi là bồn dịch chuyển. Các điểm riêng biệt trong bồn dịch chuyển tại những thời điểm nhất định sẽ diễn ra qua trình dịch chuyển với các đại lượng khác nhau, kết quả là sinh ra các biến dạng đứng (nghiêng, cong, vặn) và biến dạng ngang (co, giãn, xô dịch), cũng như gây sập lở, biến dạng dồn dập trong mặt phẳng thẳng đứng và xô dịch trong mặt phẳng nằm ngang. Dịch chuyển biến dạng đất đá và mặt đất có thể gây ra những hỏng hóc trong đối tượng công trình, tăng lượng xuất khí và nước vào không gian khai thác, gây biến đổi chế độ nước mặt và nước ngầm, tăng mức độ trượt lở mái dốc. Kích thước vùng ảnh hưởng của khai thác hàm lò, đặc điểm biến dạng, tốc độ gia tăng biến dạng và thời gian dịch chuyển của khối nguyên đất đá và mặt đất phụ thuộc vào những yếu tố như chiều dày, góc dốc và độ sâu khai thác vỉa than; Kích thước lò chợ, trình tự khai thác và tương quan không gian biên giới lò chợ trong một vỉa than và trong tập vỉa than; Đặc điểm cấu trúc đất đá (cấu tạo, phá hủy kiến tạo, sự biến đổi sản trạng và tính chất cơ lý của đất đá); Phương pháp điều khiển áp lực mỏ; Tốc độ tiến gương

lò chợ và tốc độ tiến theo phương; Khi xây dựng biên giới vùng ảnh hưởng khai thác hầm lò theo kết quả quan trắc thì lấy những giá trị biến dạng mặt đất sau đây (đối với khoảng cách giữa các mốc quan trắc trung bình 15 - 20 m): độ nghiêng $i = 0,5.10^{-3}$, độ giãn $\varepsilon = 0,5.10^{-3}$.



Hình 2. Vùng ảnh hưởng của tầng lò chợ trên mặt cắt thẳng đứng.

a - Hướng vuông góc với đường phương khi góc dốc bé hơn α_g ; b - Hướng theo đường phương; c - Hướng vuông góc với đường phương khi góc dốc lớn hơn α_g ; 1 - Lớp đất phủ; 2 - Tầng đá mêzôzôi; 3 - Đất đá gốc; A1 - Vùng ảnh hưởng của lò chợ; A2 - Vùng ảnh hưởng nguy hiểm; A3 - Vùng nứt nẻ

Trong đó α_g là góc giới hạn, được xác định theo [2] có những loại góc biên giới sau đây:

a. Trong vùng đất phủ (lớp phủ đệ tứ và đệ tam, không có các vỉa than) - φ_0 , được tính là như nhau theo mọi hướng và được sử dụng khi đất phủ dày hơn 5 m.

b. Trong tầng mêzôzôi ở những khoáng sàng có tuổi paleozôi có các góc giới hạn sau: β_{0m} ; δ_{0m} ; γ_{0m}

c. Trong đất đá gốc, có cùng tuổi địa chất với các vỉa than được khai thác có các góc giới hạn sau: β_0 ; δ_0 ; γ_0 ; β_{01} .

Các góc biên giới được sử dụng để xác định biên giới vùng ảnh hưởng theo các

phương cơ bản trong bốn dịch chuyển như sau:

+ Các góc δ_0 và δ_{0m} xác định biên giới vùng ảnh hưởng lò chợ trên mặt cắt theo hướng đường phương;

+ Các góc β_0 ; β_{0m} ; γ_0 và γ_{0m} xác định biên giới theo hướng dốc lần lượt là dốc xuống và dốc lên trên mặt cắt vuông góc với đường phương;

+ Góc β_{01} xác định biên giới vùng ảnh hưởng trong cánh treo vỉa than khi góc dốc vỉa α lớn hơn góc dốc giới hạn α_g .

Các góc biên giới khi khai thác một vỉa và khai thác tập vỉa than sẽ khác nhau. Khi khai thác tập vỉa than thì góc biên giới phụ thuộc vào tương quan biên giới ảnh hưởng không gian của các vỉa than khai thác, góc biên giới có thể bé hơn hoặc lớn hơn giá trị đối với riêng từng lò chợ trong 1 vỉa than.

Độ lún cực đại trên bề mặt đất gây ra bởi từng lò chợ khai thác ở phía dưới được xác định theo công thức:

$$\eta_{\max} = q_0 \cdot m_{KT} \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \text{ mm}$$

Trong đó:

q_0 - Hệ số lún cực đại tương đối (theo [2]).

Các đại lượng độ lún cực đại tương đối (q_0) và dịch chuyển ngang cực đại tương đối (a_0) khi bị khai thác lặp lần 1 và 2 mà không có dịch trượt đất đá trụ vỉa than xác định theo

Bảng 1 [2].; A4 - Vùng nứt nẻ.

q_0	a_0
$0,7+0,25(H_1/H)$	0,25

Ghi chú:

* H_1 - Chiều dày tập lớp đá bị khai thác dưới lặp lại theo đường thẳng nối điểm lún cực đại với điểm giữa lò chợ, mà từ đó tính toán biến dạng; H - Chiều dày toàn bộ tập lớp đá theo hướng đường thẳng nói trên.

* Đối với các lò chợ trên cùng, $q_0 = 0,7$.

* Để tính toán độ lún cực đại từ các lò khai thác đã qua thì độ lún cực đại tương đối $q_{01} = 0,95$.

m_{KT} - Chiều dày khai thác được của vỉa

than (đã trừ đi phần tổn thất khai thác trong lò chợ).

α - Góc dốc vỉa tại các khu vực lò chợ hoặc đo trực tiếp trên mặt cắt, độ;

N_1 và N_2 là giá trị được xác định phụ thuộc vào tỷ lệ giữa kích thước theo hướng dốc D_1 và kích thước theo phương D_2 của lò chợ với độ sâu khai thác H , bằng cách tra Bảng 2 [2].

Bảng 2. Bảng tra giá trị N_1 và N_2

D_1/H	$\geq 1,6$	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	$\leq 0,3$
N_i	1,0	0,92	0,85	0,78	0,69	0,65	0,60	0,55	0,49	0,43

Ghi chú: Những giá trị trung gian trong bảng xác định bằng phương pháp nội suy.

Từ phân tổng hợp trên cho thấy việc tính dịch động theo phương pháp giải tích thông qua việc đơn giản hóa sơ đồ tính như Hình 1, Hình 2 áp dụng tương đối phù hợp cho các khu vực có một lớp đất đá đồng nhất hoặc các lớp đất đá có tính chất cơ lý gần giống nhau. Tuy nhiên khi điều kiện địa chất phức tạp như vùng than Quảng Ninh cần sử dụng các phương pháp hiện đại hơn như phương pháp số cho phép mô phỏng đầy đủ các thông số điều kiện địa chất của các lớp đất đá, phân lớp và vỉa than.

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

Do các phương pháp tính toán lý thuyết áp dụng cho trường hợp đất đá đồng nhất đẳng hướng nên kết quả tính toán sẽ không còn phù hợp trong trường hợp đất đá phân lớp như trong thực tế do vậy việc xây dựng các mô hình số mô phỏng điều kiện địa chất hiện trường sẽ cho ra những nhận định rõ ràng hơn về chuyển dịch của nền trong điều kiện thực tế.

Sử dụng phương pháp Phần tử hữu hạn (PTHH) thông qua phần mềm Phase 2 với mô hình như trong thực tế mô phỏng đầy đủ đặc tính của vỉa, đất đá nền; Để đánh giá trọng số ảnh hưởng của các biến số, đã sử dụng phương pháp phân tích thống kê và đồ thị (phần mềm R) xác định biểu đồ tương quan và phương trình của các biến độc lập. Cơ sở dữ liệu được lấy từ Bảng 3.16, phân tích dữ liệu để xác định mối tương quan giữa đá cát kết với mô đun đàn hồi của nó xác

định được phương trình:

Rocscience -RS2- Phase² là chương trình được xây dựng trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích ứng suất và biến dạng cho các đường lò trong mỏ và bờ dốc được thi công trong khối đất hoặc đá. Rocscience -RS2- Phase2 có thể mô hình nhiều loại đất đá khác nhau theo tiêu chuẩn bền Mohr - Coulomb hoặc Hoek - Brown. Ngoài ra, chương trình cũng có khả năng mô hình các hệ khe nứt trong khối đá như các hệ khe nứt tự nhiên hoặc các hệ khe nứt do quá trình thi công tạo ra. Rocscience -RS2- Phase2 cho phép mô hình nhiều loại kết cấu chống khác nhau cho khối đất hoặc đá như các loại kết cấu chống bằng neo, kết cấu chống dạng vò như bê tông phun, bê tông liên khối, khung chống thép... và có thể kết hợp nhiều loại kết cấu chống khác nhau cho cùng một công trình.

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

Để tính toán, xây dựng mô hình địa cơ hoặc thiết kế các công trình ngầm và công tác khai thác mỏ, cần thiết phải có các chỉ tiêu tính chất cơ lý cho khối đá. Trong thực tế, có rất nhiều phương pháp để xác định các chỉ tiêu đó, điển hình như phương pháp phân loại khối đá theo RMR, phương pháp hệ số giảm bền do cấu trúc khối đá của Nga và phương pháp tính theo tiêu chuẩn bền của Hoek-Brown cho đá hoặc khối đá có tính đến các chỉ số GSI (Geological Strength Index - chỉ số độ bền địa chất), chỉ số D (Disturbance due to blast damage - phá hoại do nổ mìn).

Hiện nay, có nhiều biểu thức xác định các chỉ tiêu cơ học như: mô đun biến dạng, độ bền nén, độ bền kéo cũng như góc ma sát, lực dính kết đã được xác định có liên quan tới các chỉ số RMR, GSI và D. Do các phương pháp xác định dựa theo các tiêu chí khác nhau, vì vậy cần thiết phải phân tích, so sánh để có thể lựa chọn phương pháp “hợp lý”, cũng như phát triển ứng dụng phương pháp trong điều kiện Việt Nam. Kết quả thí nghiệm các mẫu đá bằng phương pháp nén đơn trục tại vùng bể than Quảng Ninh được ghi ở Bảng 2 [1].

Trong bài báo này, nhóm tác giả nghiên

cứu khu vực khai thác hàm lò phần mở rộng mỏ Suối Lại (giai đoạn I), theo hồ sơ thiết kế kỹ thuật điều chỉnh Dự án được Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam phê duyệt ngày 28/7/2020. Dự án Suối Lại GĐI khai thác tầng từ LV/-160, gồm các vỉa than 13, vỉa 12, vỉa 11, vỉa 10, vỉa 9, vỉa 8, vỉa 7 và vỉa 6. Trong đó các lò chợ thuộc vỉa 13, 12, 11 và 10 có khả năng gây ảnh hưởng đến các công trình thuộc mặt bằng xây dựng giai đoạn II. Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, nhóm tác giả lựa chọn tính toán cho một số lò chợ cụ thể như Bảng 3, các thông số đất đá để mô phỏng sau khi sử dụng phần mềm Roclab thể hiện trong Bảng 4 và Bảng 5

Bảng 3. Thông số kỹ thuật các lò chợ phục vụ tính toán dịch động

Tên vỉa, lò chợ	Chiều dày vỉa trung bình (m_{TB}), mm	Góc dốc vỉa trung bình (α_{TB}), độ	Chiều dài vỉa khai thác trung bình (m_{KT}), mm	Độ sâu khai thác trung bình (H), m	Kích thước theo hướng dốc (D_1), m	Kích thước theo phương (D_2), m
Via 13						
I-13-4	3.500	45	2.905	100	110	200
I-13-7	3.500	50	2.905	150	110	150
Via 12						
I-12-2	5.000	50	4.150	150	100	100
I-12-1	4.450	30	3.665	150	120	250

Bảng 4. Dữ liệu đầu vào của phần mềm RocData

TT	Loại đá	Độ bền nén σ , MPa	Chỉ số bền địa chất GSI	Chỉ số phá hoại do nổ mìn D	Hằng số vật liệu m _i
1	Cát kết	114	45	0,8	17
2	Bột kết	42	37	0,8	7
3	Sét kết	31	11	0,8	4
4	Than	17,1	8	0,8	4

III.2. Thành lập mô hình số nghiên cứu ảnh hưởng của khai thác hàm lò đến dịch động, biến dạng bề mặt

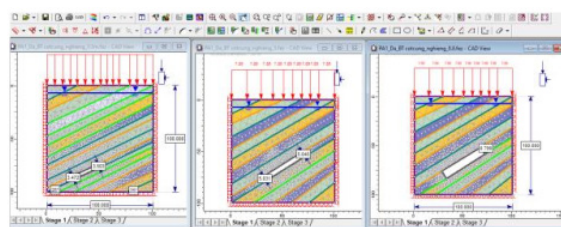
Mô hình được xây dựng với chiều rộng và chiều cao lần lượt là 100m x 100m với các thông số của các lớp đất đá của Vỉa 12 và Vỉa 13 của Dự án Suối Lại GĐI như Hình 3 với 3 chiều dày khác nhau là 3,5m; 5,0m và 8,0m. Các giai đoạn mô phỏng được thể hiện trên Bảng 6.

Bảng 5. Kết quả tính mô đun đàn hồi E theo tiêu chuẩn Hoek-Brown

TT	Loại đá	Độ bền nén σ , MPa	Chỉ số bền địa chất GSI	Chỉ số phá hoại do nổ mìn D	Hằng số vật liệu m _i	Mô đun đàn hồi E, MPa
1	Cát kết	114	45	0,8	17	2115
2	Bột kết	42	37	0,8	7	691,36
3	Sét kết	31	11	0,8	4	244,03
4	Than	17,1	8	0,8	4	93,01

Bảng 6. Các giai đoạn mô phỏng

Giai đoạn mô phỏng	Nội dung
Giai đoạn 1	Xây dựng điều kiện biên, trường ứng suất ban đầu.
Giai đoạn 2	Giảm modul của khối đá khu vực khai thác
Giai đoạn 3	Chạy mô hình với mô hình vật liệu của than/đất đá
Giai đoạn 4	Phân tích đánh giá kết quả mô hình



Hình 3. Mô hình số nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày và góc dốc của vỉa đến dịch động bề mặt với lò chợ ở độ sâu -50/-100m

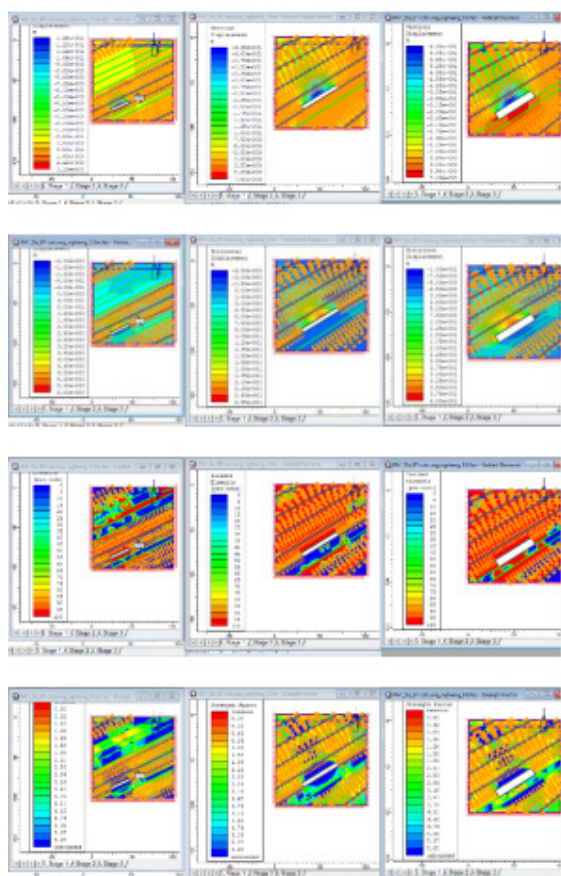
IV. Phân tích kết quả mô hình

Để đánh giá trọng số ảnh hưởng của các biến số, đã sử dụng phương pháp phân tích thống kê và đồ thị (phần mềm R) xác định biểu đồ tương quan và phương trình của các biến độc lập. Kết quả mô hình cho thấy: phân lớp có ảnh hưởng lớn đến sự chuyển dịch của đất đá phía trên lò chợ, và chuyển vị là không đối xứng, chuyển vị lớn nhất phía trên nóc lò chợ.

V. Kết luận

Kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra một số kết luận sau đây:

- Trên thế giới có nhiều mô hình địa cơ phân tích, dự báo dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất, phát triển ở các dạng khác nhau.



Hình 2. Kết quả chuyển vị thẳng đứng, chuyển vị nằm ngang, vùng biến dạng và hệ số bền của mô hình số nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày và góc dốc của vỉa đến dịch động bề mặt

Kết quả tổng hợp và phân tích cho thấy, các mô hình đều có những tồn tại, hạn chế nhất định và thường mang tính địa phương, liên quan tới sự biến đổi các điều kiện địa chất cụ thể của từng khu vực, từng nước. Các mô hình địa cơ sử dụng phương pháp số cho kết quả nghiên cứu có tính định lượng. Độ chính xác của các kết quả nghiên cứu trên mô hình tùy thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó, yếu tố thí nghiệm độ bền nén một trục là quan trọng nhất.

- Sử dụng mô hình địa cơ với điều kiện biên là độ lún cực đại (được xác định từ kết quả báo cáo địa chất ở bể than Quảng Ninh) đã cho phép dự báo dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất..

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Văn Chung, 2010. Nghiên cứu

xác định các thông số dịch chuyển biến dạng bề mặt đất trong điều kiện địa chất đặc biệt khi khai thác hầm lò bể than Quảng Ninh, Báo cáo đề tài Bộ Công Thương.

2. 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.

3. Mindlin, R. D., 1948. Stress distribution around a hole near the edge of a plate under tension. Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis 5(2), 56-68.

4. Singh, M. M., 1985. "Review of Coal Mine Subsidence Control Measures," Transactions SME-AIME 278, Littleton, CO, 1988-1992. Singh M.M. Chapter 10.6. Mine Subsidence

5. Nguyễn Anh Tuấn, Lê Đức Nguyên, Nguyễn Văn Sỹ, 2011. Đánh giá kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của dịch động trong sơ đồ khai thác hỗn hợp hầm lò-lộ thiên trên mô hình vật liệu tương đương. Thông tin Khoa học công nghệ Mỏ 12.

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. Nguyễn Văn Sỹ, Trần Văn Thanh, Lê Tiến Dũng, 2012. Xác định các thông số dịch chuyển đất đá do ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến bề mặt khoáng sản than Mông Dương - Khe Chàm trên mô hình tương đương. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 20, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 15/11/2012.

9. Nguyễn Tam Sơn, 2012. Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu xác định các thông số dịch chuyển, biến dạng đất đá khi khai thác vỉa dày bằng phương pháp hầm lò trên mô hình vật liệu tương đương". Viện KHCN mỏ 2012.

Các lợi ích của việc áp dụng BIM

>> ThS. Đinh Nguyên Phú, KS. Trần Tiến Huệ,

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

Tóm tắt: Các phần mềm thiết kế với sự trợ giúp của máy tính (CAD) truyền thống đã phục vụ đắc lực trong công tác tư vấn thiết kế các dự án đầu tư với các sản phẩm chủ yếu là các bản vẽ 2D. Công nghệ BIM được coi là sự phát triển mang tính tiến hóa của quá trình sử dụng công cụ CAD mà việc áp dụng BIM là giải pháp chuyển đổi số được khuyến khích áp dụng theo quy định của các cơ quan quản lý. Bài báo phân tích sơ bộ về công cụ thiết kế với sự trợ giúp của máy tính (CAD) truyền thống, chức năng và vai trò của việc sử dụng công nghệ BIM trong công tác thiết kế, sự khác biệt giữa CAD và công nghệ BIM. Nhu cầu triển khai toàn diện công nghệ số để giải quyết nhiều vấn đề khác nhau về sản xuất vật liệu xây dựng, thiết kế xây dựng và thực tế thi công xây dựng cho thấy sự cần thiết của việc áp dụng công nghệ BIM thay thế, bổ sung cho công cụ CAD. Và trên hết, việc luận giải sự cần thiết của việc áp dụng công nghệ BIM dựa trên những lợi ích của các bên liên quan đến dự án (chủ đầu tư; đơn vị tư vấn thiết kế; đơn vị quản lý dự án; nhà thầu thi công; cơ quan quản lý nhà nước; đơn vị vận hành dự án.) được đưa ra trong bài báo.

Abstract: Traditional computer-aided design (CAD) software has effectively served in the design consultancy of investment projects with products mainly being 2D drawings. BIM technology is considered an evolutionary development of the process of using CAD tools, and the application of BIM is a digital transformation solution that is encouraged to be applied according to regulations of management agencies. The article provides a preliminary analysis of traditional computer-aided design (CAD) tools, the functions and roles of using BIM technology in designing, and the differences between CAD and BIM technology. The need to comprehensively deploy digital technology to solve various problems in the production of construction materials, design process and construction practice shows the necessity of applying BIM technology to replace and supplement CAD tools. And above all, the explanation of the necessity of applying BIM technology based on the benefits of the parties involved in the project (investor; design consultant; project management unit; construction contractor; state management agency; project operator) is given in the article.

1. Mở đầu

Một trong những sự kiện quan trọng nhất của thế kỷ 20 trong lịch sử nhân loại đã diễn ra, ảnh hưởng đáng kể đến mọi lĩnh vực hoạt động của con người là sự ra đời của máy tính điện tử. Và sự ra đời của máy tính không bỏ qua một lĩnh vực kỹ thuật là thiết kế kiến trúc - xây dựng với nhiều hệ thống tự động hóa thiết kế được tạo ra dựa trên máy tính và thiết bị văn phòng được gọi là CAD (Computer Aided Design - thiết kế có sự hỗ trợ của máy tính).

Các hệ thống CAD cho phép tối đa hóa hiệu quả và năng suất của các kỹ sư thông qua việc tự động hóa hoàn toàn quá trình thiết kế và chuẩn bị sản xuất tiếp theo. Các hệ thống CAD này có thể được chia thành ba phân khúc:

Hệ thống đầy đủ là hệ thống tự động

hóa đầy đủ tính năng cho thiết kế, kỹ thuật và chuẩn bị công nghệ sản xuất, dùng cho việc vẽ, mô hình hình học hai chiều và ba chiều, mô hình khối và bề mặt (bao gồm mô hình hóa các bề mặt phức tạp), thiết kế từng phần tử và thiết kế với liên kết tham số phức tạp. Chúng bao gồm các hệ thống con tích hợp để phân tích kỹ thuật, chuẩn bị chương trình cho máy CNC và nhiều công cụ phát triển chuyên dụng khác. Với sự trợ giúp của chúng, người ta có thể tạo ra những cụm lắp ráp rất phức tạp và lớn bao gồm hàng chục nghìn bộ phận. Ngoài ra, chúng được tích hợp với hệ thống quản lý dữ liệu kỹ thuật có thể bao phủ toàn bộ doanh nghiệp, bao gồm cả nhà cung cấp và đối tác, đồng thời hỗ trợ công việc với dữ liệu đến từ các hệ thống CAD khác.

Hệ thống loại vừa là những sản phẩm

manh mẽ và giàu tính năng, chứa nhiều thành phần của các sản phẩm hạng nặng, ngoại trừ các công cụ mô hình hóa bề mặt phức tạp, hệ thống phân tích kỹ thuật tích hợp, chuẩn bị sản xuất và các ứng dụng chuyên biệt.

Hệ thống loại nhẹ - được thiết kế để vẽ cũng như để tạo mô hình hình học hai chiều và ba chiều. Chúng không bao gồm các ứng dụng bổ sung và không có công cụ quản lý dữ liệu kỹ thuật tích hợp. Phần mềm AutoCAD được sử dụng phổ biến trong công tác thiết kế thuộc phân khúc phần mềm CAD loại nhẹ này.

Nhiệm vụ chính của CAD là tự động hóa quá trình thiết kế và kết quả là một dự án hoàn thiện, trên cơ sở đó sẽ tiến hành xây dựng các công trình. Tuy nhiên, việc thiết kế bằng hệ thống CAD truyền thống đòi hỏi phải giải quyết một số vấn đề sau:

1. Không có không gian thông tin duy nhất chứa khối lượng thông tin toàn diện về dự án xây dựng - trên thực tế, thông tin là các mảng dữ liệu rời rạc về dự án ở dạng có cấu trúc yếu và kết nối kém.

2. Do thiếu một không gian thông tin duy nhất và mặc dù có các định dạng truyền dữ liệu mở, việc trao đổi dữ liệu giữa các hệ thống CAD, nhóm thiết kế và những người tham gia khác trong quá trình thiết kế và vận hành ở cả một giai đoạn trong vòng đời của công trình và ở các giai đoạn khác nhau do sự phối hợp yếu kém giữa các định dạng và giao thức được các nhà sản xuất phần mềm khác nhau sử dụng là rất khó khăn.

3. Các dự án được tạo bằng CAD phản ánh công trình trong một khoảng thời gian được xác định nghiêm ngặt ở trạng thái cố định, thường là đã hoàn thành. Việc điều chỉnh một dự án có thể đòi hỏi chi phí nhân công đáng kể.

Trong bối cảnh đó, công nghệ BIM (Lập mô hình thông tin công trình) nổi lên như một sự phát triển mang tính tiến hóa của quá trình sử dụng thiết kế tự động CAD, trong khuôn khổ mà thông tin về công trình không chỉ được tạo ra và/hoặc chuyển giao cho các bên quan tâm khác mà còn được tích lũy, lưu trữ và xử lý trong một cấu trúc duy nhất, được kết nối với nhau - mô hình thông tin

xây dựng trong suốt toàn bộ vòng đời, bao gồm cả ở giai đoạn công việc tiền thiết kế - do đó hình thành một không gian thông tin duy nhất có khối lượng thông tin đầy đủ ở mỗi giai đoạn thiết kế xây dựng.

2. Cơ sở áp dụng công nghệ BIM

2.1 Định nghĩa về BIM

Hiện nay có nhiều định nghĩa về BIM khác nhau trên thế giới. Tuy nhiên BIM có thể hiểu là “việc sử dụng các tiến bộ của công nghệ thông tin để số hóa các thông tin của công trình thông qua mô hình không gian ba chiều (3D) nhằm hỗ trợ quá trình thiết kế, thi công, quản lý vận hành công trình”.

Tiêu chuẩn ISO 19650-1:2018 đưa ra định nghĩa:

- “BIM là việc sử dụng dạng hiển thị số của công trình xây dựng để hỗ trợ công tác thiết kế, thi công và quản lý vận hành thông qua tạo dựng căn cứ đáng tin cậy cho việc ra quyết định”.

- Định nghĩa BIM trong Tiêu chuẩn BIM Quốc gia Hoa Kỳ: “Một đặc trưng kỹ thuật số bao gồm các đặc tính vật lý và chức năng của một dự án mà các thông tin được chia sẻ của dự án đó tạo thành một nền tảng đáng tin cậy cho việc ra các quyết định trong suốt vòng đời của nó; được xác định từ khi thiết kế ý tưởng đến khi phá dỡ dự án”.

- Định nghĩa của Hiệp hội các nhà thầu Mỹ (AGC): “Mô hình thông tin công trình (BIM) là quá trình tạo và quản lý mô hình thông tin công trình thông qua việc sử dụng thông tin thiết kế ba chiều, thông minh”.

- Ủy ban thúc đẩy BIM của New Zealand đưa ra định nghĩa sau: “BIM là một quy trình phối hợp, được hỗ trợ bằng công nghệ, qua đó làm gia tăng lợi ích thông qua việc chia sẻ thông tin có cấu trúc cho các công trình tòa nhà và cơ sở hạ tầng”.

Các định nghĩa trên đều có điểm chung là BIM sẽ áp dụng theo toàn bộ các giai đoạn trong vòng đời của dự án, từ thiết kế ý tưởng cho đến khi phá dỡ công trình.

Tóm lại, Mô hình hóa Thông tin Công trình (Building Information Modeling, BIM) là: Quá trình tạo lập, quản lý và sử dụng các mô hình thông tin công trình để trao đổi giữa các bên trong quá trình thiết kế và lên kế

hoạch, tối ưu hóa các công tác thi công xây dựng.

2.2. Lộ trình áp dụng công nghệ BIM trong hoạt động xây dựng

Như đã nói ở trên, có thể coi BIM là sự phát triển mang tính tiến hóa của quá trình sử dụng thiết kế tự động CAD, tuy nhiên, việc triển khai áp dụng BIM không đơn giản, cần có thời gian. Chính vì vậy, Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17 tháng 3 năm 2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng Lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng áp dụng đối với các dự án sử dụng vốn đầu tư công, vốn nhà nước ngoài đầu tư công, đầu tư theo phương thức đối tác công tư, dự án sử dụng vốn khác như dưới đây:

a) Giai đoạn 1: từ năm 2023, áp dụng BIM bắt buộc đối với các công trình cấp I, cấp đặc biệt của các dự án đầu tư xây dựng mới sử dụng vốn đầu tư công, vốn nhà nước ngoài đầu tư công và đầu tư theo phương thức đối tác công tư bắt đầu thực hiện các công việc chuẩn bị dự án.

b) Giai đoạn 2: từ năm 2025, áp dụng BIM bắt buộc đối với các công trình cấp II trở lên của các dự án đầu tư xây dựng mới sử dụng vốn đầu tư công, vốn nhà nước ngoài đầu tư công và đầu tư theo phương thức đối tác công tư bắt đầu thực hiện các công việc chuẩn bị dự án.

c) Đối với các dự án, công trình xây dựng bắt buộc áp dụng BIM, tệp tin BIM là một thành phần trong hồ sơ thiết kế xây dựng, hồ sơ hoàn thành công trình. Chủ đầu tư hoặc đơn vị chuẩn bị đầu tư có trách nhiệm cung cấp tệp tin BIM cùng với loại hồ sơ khác theo quy định khi thẩm định báo cáo nghiên cứu khả thi, thẩm định thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế cơ sở, xin cấp phép xây dựng và nghiệm thu công trình.

d) Đối với các công trình thuộc dự án đầu tư xây dựng mới sử dụng vốn khác, Chủ đầu tư cung cấp tệp tin BIM khi thực hiện thẩm định báo cáo nghiên cứu khả thi, thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế cơ sở, xin cấp phép xây dựng, nghiệm thu công trình theo

lộ trình sau: công trình cấp I, cấp đặc biệt từ năm 2024; từ năm 2026, bổ sung thêm công trình cấp II.

đ) Nội dung áp dụng và mức độ chi tiết của mô hình BIM do chủ đầu tư dự án quyết định.

e) Từ năm 2023, đối với công trình áp dụng BIM, cơ quan quản lý nhà nước sử dụng mô hình BIM để hỗ trợ trong quá trình thẩm định báo cáo nghiên cứu khả thi, thẩm định thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế cơ sở, cấp phép xây dựng, kiểm tra công tác nghiệm thu.

g) Chủ đầu tư các dự án áp dụng BIM theo lộ trình quy định có trách nhiệm tổ chức cập nhật mô hình BIM để phục vụ quá trình quản lý, vận hành và bảo trì công trình.

h) Khuyến khích các doanh nghiệp áp dụng mô hình thông tin công trình trong hoạt động xây dựng sớm hơn thời gian quy định trong lộ trình.

Dù các dự án đầu tư ngành than, khoáng sản có thể chưa yêu cầu áp dụng ngay công nghệ BIM nhưng áp dụng công nghệ BIM chính là thực hiện chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng cơ bản. Áp dụng công nghệ BIM đối với dự án ngành than, khoáng sản mang lại những lợi ích trong suốt vòng đời của dự án các chủ thể của dự án và các bên liên quan: chủ đầu tư; đơn vị tư vấn thiết kế; đơn vị quản lý dự án; nhà thầu thi công; cơ quan quản lý nhà nước; đơn vị vận hành dự án. Các lợi ích này được xác định cụ thể như dưới đây.

3. Lợi ích của áp dụng công nghệ BIM

Đặc điểm của BIM là mô hình tổng hợp toàn diện các thông tin công trình, được số hóa và trình bày qua hình ảnh 3 chiều đa luồng dữ liệu, cung cấp cho người dùng cái nhìn trực quan và cho khả năng tư duy gần với suy nghĩ tự nhiên nhất của con người. BIM cho phép mô hình hóa công trình để phản ánh chính xác cấu tạo cùng các thuộc tính của công trình trên thực tế sẽ được hình thành trong tương lai. Bằng cách này, các đối tác tham gia dự án có thể xem xét trước và đánh giá hiệu quả của nó trước khi thực hiện, kiểm soát được các xung đột, độ chính xác của bản thiết kế, giải quyết được các vấn

đề liên quan ngay ở giai đoạn đầu của dự án, đạt được kết quả tiết kiệm đáng kể về mặt thời gian, chi phí và năng lượng.

Sự hợp tác giữa tất cả các thành viên nhóm dự án được xem là một trong những lợi ích lớn nhất của BIM. Việc hiển thị trực quan mô hình 3D (mô hình đa bộ môn) không chỉ là công cụ tuyệt vời để thảo luận, làm rõ và giải quyết vấn đề, mà còn có thể thúc đẩy tinh thần làm việc nhóm trong dự án.

Ứng dụng BIM trong các dự án đầu tư xây dựng mang lại nhiều lợi ích cho tất cả các bên tham gia. Các lợi ích cụ thể sẽ được trình bày rõ hơn trong các phần dưới đây.

3.1. Đối với Chủ đầu tư

BIM cung cấp cái nhìn trực quan hỗ trợ rất tốt trong quá trình lựa chọn phương án đầu tư, phương án thiết kế, xác định kế hoạch vốn phù hợp với kế hoạch triển khai; giúp chủ đầu tư dễ dàng trong việc xem xét và ra quyết định thông qua các thông tin được tích hợp sẵn trong mô hình.

Việc áp dụng BIM giúp giảm thiểu thời gian ngừng chờ xử lý xung đột ngoài ý muốn (xuất phát từ lỗi thiết kế hoặc từ việc không phù hợp giữa thiết kế và thi công) và qua đó cũng góp phần tiết kiệm chi phí cho dự án.

Cơ sở dữ liệu thông tin BIM sử dụng rất hiệu quả trong việc xây dựng báo cáo vận hành, phân tích và báo cáo việc sử dụng không gian, tối ưu hóa chi phí vận hành.

Các lợi ích này thể hiện ở các điều sau:

- Thiết kế tốt hơn và thi công hiệu quả hơn: Do tất cả các cấu kiện được mô hình trong môi trường ảo trước khi thi công trực tiếp ngoài công trường, các xung đột luôn được giải quyết trước khi bắt đầu thi công bởi quy trình phối hợp 3D. Ngoài ra, mô hình BIM có thể được cập nhật để trở thành hồ sơ hoàn công để quản lý công trình trong toàn bộ vòng đời của nó;

- Các dự án được thực hiện đúng tiến độ và không đội vốn: Kết hợp với BIM, các tài liệu thiết kế sẽ hoàn thiện và dễ hiểu hơn, giảm thiểu các lỗi và thiếu sót, giảm thiểu các thay đổi trong quá trình thi công, giảm yêu cầu thông tin (RFI) và sửa đổi, từ đó giúp các dự án được hoàn thành đúng tiến độ và không bị đội vốn;

- Nâng cao chất lượng thi công: Sự hợp tác giữa các bộ môn giúp giảm thiểu việc thi công lại. Các vật liệu xây dựng được sắp đặt ở vị trí được chỉ định ngay từ đầu, thay vì phải di chuyển xung quanh để tránh xung đột với vị trí đặt các vật liệu khác;

- Bản vẽ hoàn công thông minh: Mô hình được sử dụng để xây dựng dự án có thể trở thành mô hình được sử dụng trong quá trình vận hành và bảo trì công trình sau khi đưa vào hoạt động;

- Các yêu cầu thông tin ít bị chậm trễ hơn: Hầu hết các xung đột được xử lý trong giai đoạn phối hợp thiết kế. Xung đột giữa vật liệu/bộ phận lắp ráp/thiết bị được giảm đáng kể;

- Tăng tính minh bạch: Điều này cũng có nghĩa là sẽ ít rủi ro hơn đối với chủ đầu tư.

3.2. Đối với tư vấn thiết kế

Việc sửa chữa các lỗi trong khi thi công sẽ rất tốn kém và có thể khiến bên thiết kế phải chịu trách nhiệm pháp lý, cũng như gây ảnh hưởng tới hình ảnh công ty và các mối quan hệ với khách hàng.

Bản chất hợp tác của BIM cho phép các thành viên trong nhóm dự án chia sẻ thông tin chi tiết về công việc của họ. Từ đó làm giảm sai sót và loại bỏ các xung đột gây ra do các bản vẽ không trùng khớp, các bản vẽ thiết kế sẽ đầy đủ và dễ hiểu hơn, giúp tiết kiệm thời gian và tiền bạc.

Các lợi ích chính của BIM với tư vấn thiết kế bao gồm:

- Phân tích các lựa chọn: Các lựa chọn khác nhau (hoàn thiện, thiết bị và bố cục) có thể được phân tích nhanh chóng trên mô hình BIM, qua đó giúp đưa ra quyết định nhanh và chính xác hơn;

- Nâng cao độ tin cậy về chất lượng: Giúp kiểm tra tính chính xác và nhất quán của các mô hình thiết kế trong suốt quá trình thiết kế;

- Khả năng xác nhận mô hình đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật: có thể đảm bảo sự tuân thủ và phù hợp của mô hình đối với các yêu cầu của dự án;

- Xem xét trực quan: Mô hình cho phép hiển thị và phân tích tốt hơn - đó là mô hình chính xác về những gì sẽ được xây dựng;

- Khả năng phân tích thiết kế và hiệu suất của tòa nhà trước khi nó được xây dựng.
- Tạo thuận lợi cho việc thuyết trình, đánh giá, lựa chọn giải pháp thiết kế: Với việc

công trình được mô phỏng qua hình ảnh mô hình 3 chiều trực quan;

- Việc áp dụng BIM góp phần tăng năng suất, chất lượng thiết kế, thuận lợi trong việc điều chỉnh thiết kế và hạn chế được sai sót trong quá trình thực hiện: Do có sự phối hợp đồng thời của các bộ môn, các thông tin được hiển thị trực quan nên việc dùng BIM sẽ tăng chất lượng thiết kế, giảm đáng kể mâu thuẫn giữa thiết kế tại văn phòng và triển khai thi công ngoài hiện trường. Các thiết kế thực hiện thông qua BIM khi có điều chỉnh ở bộ phận thiết kế này, thì thông tin thay đổi sẽ hiển thị trên đối tượng đó ở bộ phận thiết kế khác, qua đó việc điều chỉnh thiết kế được thực hiện nhanh chóng;

- Công tác đo bóc khối lượng và lập dự toán chi phí của công trình được thực hiện một cách nhanh chóng và chính xác: Việc sử dụng mô hình thông tin công trình ở định dạng 3D, kèm theo đó là tích hợp phần mềm đo bóc khối lượng nên việc đo bóc khối lượng công trình được thực hiện một cách tự động. Với cơ sở dữ liệu về giá phù hợp, việc xác định chi phí xây dựng công trình sẽ được rút ngắn đáng kể. Tiềm ích này đặc biệt có ý nghĩa trong giai đoạn thiết kế của dự án, khi các thiết kế thường xuyên thay đổi, chủ đầu tư rất cần các thông tin một cách nhanh chóng để kịp thời đưa ra quyết định lựa chọn phương án;

- Thuận lợi trong việc phân tích mức độ sử dụng năng lượng của các phương án thiết kế, qua các công cụ hỗ trợ, góp phần hướng thiết kế bền vững với môi trường: Việc các thông tin tích hợp trong BIM, cho phép các nhà thiết kế tính toán được nhu cầu sử dụng năng lượng của phương án thiết kế thông qua các công cụ tích hợp qua đó sử dụng các tiêu chuẩn thiết kế xanh như LEED hay LOTUS để đánh giá tính bền vững của công trình. Từ đó có thể thay đổi phương án thiết kế nếu cần thiết, tiết kiệm thời gian và chi phí cho dự án;

- Việc ứng dụng quy trình BIM trong các

doanh nghiệp tư vấn thiết kế nước ta hiện nay cũng sẽ từng bước tạo tác phong làm việc theo nhóm, xây dựng môi trường làm việc chuyên nghiệp theo hướng hiện đại, hội nhập với thế giới;

- Việc sử dụng dữ liệu, lưu trữ và trao đổi dựa trên công nghệ điện toán đám mây giúp các nhóm làm việc khác nhau về địa điểm phối hợp với nhau để thiết kế, chuyển giao sản phẩm và lưu trữ thuận tiện hơn.

3.3. Đối với đơn vị quản lý dự án

4 lợi ích chính mà việc áp dụng BIM mang lại cho đơn vị quản lý dự án:

- BIM cung cấp công cụ công nghệ tiên tiến để lên kế hoạch toàn diện và nâng cao khả năng điều hành, quản lý trong toàn bộ vòng đời dự án;

- BIM cung cấp cho ban quản lý dự án một mô hình trực quan, cùng với các yếu tố tích hợp như tiến độ thi công, biểu đồ nhân công, biểu đồ phát triển giá thành công trình... giúp cho ban quản lý thực hiện công việc một cách dễ dàng và có sự chuẩn bị tốt về huy động nguồn vốn, theo dõi kế hoạch nhân lực hay các kế hoạch tổ chức thi công ngoài công trường, kiểm soát chi phí trong quá trình thực hiện;

- BIM là cơ sở để Ban quản lý dự án điều phối việc phối hợp thực hiện dự án giữa các nhà thầu và các đơn vị liên quan; giúp xử lý và lường trước các tình huống có thể xảy ra tại công trường;

- Việc ứng dụng BIM thông qua việc tiêu chuẩn hóa tất cả các công đoạn thực hiện, cách thức chuyển giao dữ liệu... bằng các hướng dẫn, quy định, các file mẫu. Trong đó, các quy trình được kiểm soát xuyên suốt nhờ ứng dụng các tiến bộ công nghệ thông tin, phần mềm. Nhờ vậy mà các Ban quản lý dự án sẽ theo dõi, giám sát việc thực hiện thiết kế, thi công thuận lợi hơn, chính xác hơn, giúp giảm thiểu lãng phí và tăng hiệu quả thi công xây dựng.

3.4. Đối với nhà thầu thi công

Các công cụ phối hợp đa bộ môn trên BIM có thể kiểm tra xung đột giữa các hệ thống cụ thể (ví dụ, hệ thống đường ống và kết cấu). Việc kiểm tra có thể được thực hiện ở bất kỳ mức độ chi tiết nào và thông qua bất

kỳ hệ thống và bộ môn nào.

Bởi vì trong quá trình thiết kế đã thực hiện phối hợp đa bộ môn, nhà thầu có thể nhận được mô hình với độ tin cậy cao hơn, phù hợp với điều kiện thực tế và các lỗi thiết kế được hạn chế tới mức thấp nhất từ đó giảm thiểu việc phải thi công lại. Điều này cũng đồng nghĩa với việc giảm thời gian phải dừng thi công, nâng cao năng suất lao động, giảm thời gian nhân rồi.

Một số lợi ích chính của BIM đối với nhà thầu thi công có thể được kể ra dưới đây, bao gồm:

- **Hiện thị trực quan thiết kế (3D):** Thông tin được thể hiện dễ dàng thông qua mô hình 3D; mô hình có thể được điều khiển, phóng to và sắp xếp/ lọc đối tượng. Ngoài ra, bất cứ khi nào cần thông tin, nhà thầu có thể tra cứu trực tiếp trên mô hình, mà không còn bị giới hạn bởi các bản vẽ 2D bằng giấy mà các đơn vị thiết kế cung cấp. Mô hình có thể cung cấp vô hạn các góc nhìn, các mặt cắt khác nhau;

- **Phân tích tình huống:** Mô hình cho phép cân nhắc các tùy chọn và xem trước các trình tự thi công khác nhau; qua đó đánh giá nhanh chóng và hình dung được các giá trị kỹ thuật của các tùy chọn đó;

- **Đối với thi công ngoài công trường:** Khi mô hình được cập nhật, dữ liệu có thể được gửi trực tiếp tới đơn vị thi công, cho phép việc chế tạo diễn ra nhanh hơn. Sử dụng mô hình BIM giúp các nhà thầu xây lắp hạn chế sai sót trong việc triển khai bản vẽ thiết kế đến tổ chức thực hiện;

- **Mô hình thông tin công trình** cũng được sử dụng làm cơ sở để nhà thầu xây dựng phương án thi công, bố trí nguồn lực, phối hợp công việc trong các giai đoạn thi công khác nhau nhằm tối ưu hóa việc sử dụng nguồn lực của Nhà thầu, tăng năng suất lao động, tiết kiệm chi phí và rút ngắn thời gian thi công;

- Việc áp dụng BIM giúp nhà thầu phát hiện và lường trước các khó khăn trong quá trình thi công ngay từ giai đoạn tiếp cận hồ sơ thiết kế để đưa ra phương án thực hiện cho phù hợp. Điều này đặc biệt cần thiết đối với các dự án có điều kiện thi công khó khăn

hoặc yêu cầu kỹ thuật cao. Dựa vào tính trực quan của mô hình BIM và các thông tin tích hợp đầy đủ, nên những “xung đột” giữa các kết cấu hoặc giữa các bộ phận công trình được hiển thị rõ trên mô hình, từ đó các kỹ sư đề ra được phương án phù hợp để giải quyết những “xung đột” đó;

- **Mô hình thông tin công trình** có thể được dùng nền tảng cho các câu kiện chế tạo sẵn. Giải pháp này đã được sử dụng rất thành công cho các cấu kiện bê tông chế tạo sẵn, các lỗ mở cửa và chế tạo sẵn các tấm kính. Nó cho phép các nhà cung cấp có thể phối hợp trên mô hình, để phát triển chi tiết cần thiết cho chế tạo sẵn;

- **Lập kế hoạch và tiến độ thi công (4D):** Các phương pháp truyền thống cho lập kế hoạch và tiến độ thi công chủ yếu sử dụng các dạng biểu đồ. Tuy nhiên, nó có thể không nắm bắt được chính xác các liên kết giữa các công việc và mâu thuẫn giữa các công việc;

- Với BIM, trình tự thi công theo thời gian được phối hợp với không gian thực hiện của các công việc được tiến hành trên công trường trong tất cả các bộ môn thông qua mô hình. Giờ đây, thông qua mô hình 4D, một tòa nhà có thể được xây dựng trong môi trường ảo trước cả khi nó được thi công thực tế;

- Bất kỳ xung đột về trình tự nào cũng có thể được sửa đổi trước khi chúng xảy ra! Nhà thầu cũng có thể sử dụng mô hình để tiến hành lập phân tích tình huống cho quá trình thi công, xem xét các tùy chọn trình tự khác nhau;

- **Dự toán và chi phí (5D):** Việc tính toán khối lượng vật liệu trong BIM cũng rất dễ dàng vì dữ liệu cho mỗi đối tượng luôn có sẵn trong mô hình. Các thông tin, chẳng hạn như số lượng và chi phí, có thể được truy xuất chỉ bằng một vài click. Một số công cụ BIM thậm chí còn có khả năng kết hợp với phần mềm dự toán của bên thứ ba;

- **Mô hình thông tin công trình** hoàn thiện có khả năng cung cấp thông tin về các loại vật liệu ngay tại giai đoạn thiết kế như khối lượng, thông số kỹ thuật, và thuộc tính. Những thông tin đó có thể được sử dụng cho việc mua bán vật liệu từ các nhà cung cấp

và nhà thầu phụ. Qua đó, các đơn đặt hàng vật tư sẽ chính xác hơn, phù hợp với tiến độ xây dựng thực tế, khiến cho chi phí tiết kiệm đáng kể. Với các dự tính về khối lượng, cũng có thể mua trước vật tư để tận dụng các điều kiện tốt của thị trường, từ đó giảm chi phí hơn nữa.

3.5. Đối với đơn vị quản lý, vận hành công trình

2 lợi ích lớn của BIM đối với đơn vị quản lý, vận hành công trình

- Sử dụng Mô hình thông tin công trình cho phép đơn giản hóa việc bàn giao thông tin liên quan tới thiết bị công trình. Trong suốt quá trình thi công nhà thầu chính và đặc biệt là nhà thầu cơ điện đã tập hợp thông tin về vật liệu lắp đặt và bảo trì cho các hệ thống trong công trình. Các thông tin này có thể được liên kết tới đối tượng trong mô hình thông tin công trình, được bàn giao cho chủ đầu tư và có thể được sử dụng để kiểm tra tất cả hệ thống thiết bị công trình;

- Mô hình thông tin công trình là một nguồn thông tin chính xác và rất quan trọng cho việc quản lý và vận hành công trình. Nó có thể được tích hợp với hoạt động thiết bị và các hệ thống quản lý và được dùng như một nền tảng hỗ trợ cho việc giám sát các hệ thống kiểm soát thời gian thực để quản lý thiết bị từ xa và rất nhiều các khả năng khác vẫn chưa được phát triển hoàn thiện.

3.6. Đối với cơ quan quản lý nhà nước về xây dựng

Các lợi ích lớn của BIM đối với cơ quan quản lý nhà nước về xây dựng bao gồm:

- Tạo thuận lợi cho các hoạt động quản lý: Thông qua mô hình thông tin công trình, các cơ quan quản lý nhà nước về xây dựng, quản lý đô thị có được cái nhìn tổng quát, cụ thể về sự phù hợp của quy hoạch, kiến trúc công trình, đầu nổi hạ tầng kỹ thuật... phục vụ quá trình xét duyệt quy hoạch, phương án kiến trúc, cấp phép xây dựng... Nếu được xây dựng đồng bộ quy trình xét duyệt thông qua công điện tử một cửa có thể giúp nâng cao chất lượng xét duyệt, cải tiến thủ tục hành chính hướng đến tăng năng suất và hiệu quả cho tất cả các bên;

- Tạo thuận lợi cho công tác thanh, kiểm tra: Việc ứng dụng BIM trong quy hoạch, thiết kế, xây dựng công trình giúp giảm được thời gian nghiên cứu và phê duyệt hồ sơ cấp phép cũng như phục vụ rất có hiệu quả công tác thanh tra, kiểm tra công trình xây dựng do các thông tin của công trình được thể hiện logic, đầy đủ và trực quan.

4. Kết luận

Việc áp dụng công nghệ BIM là giải pháp chuyển đổi số, bước phát triển mới của thiết kế với sự trợ giúp của máy tính (CAD) truyền thống được sử dụng trong công tác tư vấn thiết kế các dự án đầu tư với các sản phẩm chủ yếu là các bản vẽ 2D. Hiện nay, áp dụng BIM bắt buộc đối với các công trình cấp I, cấp đặc biệt của các dự án đầu tư xây dựng mới sử dụng vốn đầu tư công, vốn nhà nước ngoài đầu tư công và đầu tư theo phương thức đối tác công tư bắt đầu thực hiện các công việc chuẩn bị dự án. Đối với các dự án đầu tư khác, khuyến khích các doanh nghiệp áp dụng công nghệ BIM trong hoạt động xây dựng.

Do công nghệ BIM áp dụng theo toàn bộ các giai đoạn trong vòng đời của dự án, từ thiết kế ý tưởng cho đến khi phá dỡ công trình, việc hiểu rõ các lợi ích của áp dụng công nghệ BIM đối với các chủ đầu tư, đơn vị tư vấn thiết kế, đơn vị vận hành công trình công trình và các bên liên quan khác là hết sức cần thiết cho sự cần thiết của việc áp dụng công nghệ BIM.

Tài liệu tham khảo

1. Тынченко Я. А., Герасимчик А. А., Сахалтуева Ю. С., Применение САД-систем для решения задач промышленного инжиниринга, 2016; <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-cad-sistem-dlya-resheniya-zadach-promyshlennogo-inzhiniringa>.

2. Каган П. Б. Информационное моделирование зданий и традиционное проектирование с применением САПР / П. Б. Каган, П. К. Гудков // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - № 9. - С. 164-168.

(Xem tiếp trang 38)

Những tiến bộ gần đây về cảm biến khí bằng tia laser ứng dụng trong giám sát an toàn mỏ than thông minh

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

Nguồn: Gong W, Hu J, Wang Z, Wei Y, Li Y, Zhang T, Zhang Q, Liu T, Ning Y, Zhang W and Grattan KTV (2022), Recent advances in laser gas sensors for applications to safety monitoring in intelligent coal mines. Front. Phys. 10:1058475. doi: 10.3389/fphy.2022.1058475

Tóm tắt: Do điều kiện làm việc vô cùng phức tạp, trong các mỏ than hầm lò thường xuất hiện nhiều mối nguy hiểm về sức khỏe và an toàn, gây ra thiệt hại lớn về kinh tế và thương vong nghiêm trọng. Trong số những mối nguy hiểm này, nổ khí mê-tan và than tự cháy được coi là hai mối nguy hiểm chính đối với thợ mỏ. Thiết bị cảm biến điện tử truyền thống trong hệ thống giám sát an toàn mỏ có một số vấn đề bất cập như độ chính xác thấp, khối lượng công việc bảo trì lớn và giám sát vùng chết. Trong thập kỷ qua, thiết bị cảm biến khí dựa trên quang phổ hấp thụ laser diode có thể điều chỉnh (TDLAS) đã được nghiên cứu và chế tạo rộng rãi để ứng dụng trong ngành khai thác than vì chúng có nhiều ưu điểm như độ nhạy cao, độ ổn định cao, phản ứng nhanh, an toàn nội tại và giám sát từ xa. Bài báo này giới thiệu những tiến bộ gần đây và các ứng dụng điển hình của thiết bị cảm biến khí mê-tan, cảm biến khí cacbon monoxit (CO) và hệ thống giám sát đa khí dựa trên TDLAS trong giám sát khí mỏ than, ngăn ngừa và cảnh báo sớm sự cố cháy trong các mỏ than thông minh.

Abstract: Due to the extremely complex working conditions, various health and safety hazards are present in underground coal mines, which cause economic losses and heavy casualties. Among these hazards, methane gas explosion and coal combustion are recognized as the two major hazards to miners. Traditional electronic sensors in mine safety monitoring systems have problems such as low precision, a large amount of maintenance, and monitoring dead zones. In the past decade, gas sensors based on tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS) have been extensively studied and tailored for use in the coal mine industry because of their advantages of high sensitivity, high stability, fast response, intrinsic safety, and remote monitoring. This invited paper introduces the recent progress and typical applications of TDLAS-based methane sensors, carbon monoxide sensors, and multi-gas monitoring systems in coal mine gas monitoring, fire prevention, and early warning in intelligent coal mines.

1. Giới thiệu

Hiện nay, than là một trong những nguồn năng lượng chính và sẽ duy trì là nguồn năng lượng chính trong tương lai gần. Năm 2021, sản lượng than trên toàn thế giới đạt 81,73 tỷ tấn, tăng 6,0% so với năm 2020. Trung Quốc có trên 5.000 mỏ than, 95% trong số đó là các mỏ than hầm lò. Vấn đề an toàn mỏ than trở nên rất nghiêm trọng. Trong thập kỷ qua, các vụ nổ khí và than tự cháy là hai mối nguy hiểm chính gặp phải trong các mỏ than hầm lò, trong đó nổ khí là nguyên nhân chính gây ra nhiều sự cố nghiêm trọng, có hơn 10

người đã tử vong. Với sự phát triển nhanh chóng của các hệ thống giám sát khí, vấn đề an toàn mỏ than đã được cải thiện liên tục, điều này được thể hiện bằng sự sụt giảm về số vụ thương vong. Năm 2002, Trung Quốc sản xuất được 1,4 tỷ tấn than nhưng có đến 6995 vụ thương vong. Năm 2021, số thương vong đã giảm xuống còn 178 và sản lượng tăng lên 4,13 tỷ tấn, tương ứng với mức cải thiện 111 lần về tỷ lệ thương vong trên một triệu tấn sản lượng than (từ 4,9 năm 2002 giảm xuống còn 0,044 năm 2021). Để tiếp tục giảm số vụ thương vong trong các mỏ

than và đảm bảo an toàn cho tính mạng con người và tài sản, tất cả các loại khí độc hại có trong các mỏ cần được giám sát trực tuyến để ngăn ngừa các sự cố tiềm ẩn.

Với sự phát triển nhanh chóng của Internet vạn vật (IoT), công nghệ truyền thông 5G, dữ liệu lớn và các công nghệ mới khác, IoT an toàn mỏ và các mỏ thông minh đã dần trở thành một xu hướng mới. Các loại thiết bị cảm biến khí mỏ, đặc biệt là khí mê-tan và CO, cung cấp thông tin môi trường thiết yếu và cơ sở dữ liệu để xây dựng IoT an toàn mỏ hoặc các mỏ thông minh. Trong số các yêu cầu đối của các mỏ thông minh, mục tiêu quan trọng nhất là giảm khối lượng công việc của thợ mỏ và hiện thực hóa cảm biến thông minh, giám sát toàn diện, phân tích tự động, cảnh báo sớm và kiểm soát hiệu quả. Tuy nhiên, các cảm biến điện tử truyền thống được sử dụng trong các hệ thống giám sát an toàn mỏ không thể đáp ứng các yêu cầu chủ yếu của các mỏ thông minh do các vấn đề như độ chính xác thấp, độ tin cậy kém, khối lượng công việc bảo trì lớn và giám sát các vùng chết.

Đối với cảm biến khí mê-tan, các cảm biến chính được sử dụng trong các mỏ than là cảm biến khí mê-tan tự cháy bằng chất xúc tác. Tuy nhiên, chúng có một số nhược điểm không thể tránh khỏi, chẳng hạn như dễ bị ngộ độc, độ chọn lọc kém và hiệu chuẩn thường xuyên, điều này chắc chắn làm tăng khối lượng công việc, tăng nguy cơ thương vong và thương tích đối với thợ mỏ. Thiết bị cảm biến khí mê-tan khác là cảm biến khí bằng hồng ngoại, sử dụng nguồn sáng hồng ngoại bằng thông rộng và bộ lọc quang học để cảm biến bằng quang điện vi sai. Tuy nhiên, thiết bị này dễ bị ảnh hưởng bởi độ ẩm và nhiệt độ. Do đó, thiết bị này có độ tin cậy và độ ổn định kém trong môi trường phức tạp của các mỏ than hầm lò. Ngoài ra, các cảm biến điện tử cũng được sử dụng nhưng không thể sử dụng ở các khu vực đặc biệt nguy hiểm, chẳng hạn như khu vực đã khai thác, dẫn đến các vùng mù trong quá trình giám sát. Trong những năm gần đây, với sự tiến bộ nhanh chóng của công nghệ quang

điện tử hiện đại, công nghệ quang phổ đã trở thành trọng tâm nghiên cứu của các nhóm nghiên cứu trong và ngoài nước. Có nhiều phương pháp phát hiện khí dựa trên quang phổ, bao gồm quang phổ hấp thụ tăng cường khoang (CEAS), quang phổ vòng khoang (CRDS), quang phổ quang âm (PAS), quang phổ quang nhiệt (PTS), quang phổ Raman laser (LRS) và quang phổ hấp thụ đi-ốt có thể điều chỉnh (TDLAS). Do khả năng thích ứng với môi trường và độ tin cậy tốt hơn, các cảm biến khí dựa trên TDLAS ngày càng được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực cảm biến khí. Các cảm biến khí dựa trên TDLAS sử dụng tia laser thay vì dòng điện và điện áp để nhận biết thông tin và sử dụng sợi quang thay vì cáp làm phương tiện truyền thông tin. Do đó, các cảm biến khí bằng tia laser phù hợp hơn với môi trường mỏ than dễ cháy, dễ nổ và ẩm ướt. Công nghệ TDLAS có lợi thế lớn đó là khả năng giám sát trực tuyến tại chỗ và đã trở thành công nghệ phát hiện không thể thay thế trong các mỏ thông minh.

Cháy là một trong những mối nguy hiểm chính trong các mỏ than. Hiện tượng than tự cháy bắt nguồn từ lượng than còn sót lại trong khu vực đã khai thác bị oxy hóa và nhiệt tích tụ, làm đẩy nhanh quá trình tự cháy và gây ra cháy. Sự xuất hiện và gia tăng khí CO là những đặc điểm điển hình trong giai đoạn đầu của quá trình oxy hóa. Khi quá trình oxy hóa trở nên nghiêm trọng, nhiệt độ bắt đầu tăng và C₂H₄ xuất hiện. C₂H₂ là khí chỉ báo cảnh báo cuối cùng. Sự xuất hiện của loại khí này báo hiệu cháy sắp xảy ra. Do đó, để phát hiện sớm sự cố than tự cháy, CO là khí đặc trưng quan trọng nhất cần theo dõi. Cacbon đioxit (CO₂), etilen (C₂H₄), axetilen (C₂H₂) và các khí khác cũng quan trọng để theo dõi các mối nguy hiểm tự cháy. Thông thường, độ nhạy phát hiện cần thiết đối với CO là 1 ppm và đối với C₂H₄ và C₂H₂ là 0,1 ppm. Công nghệ giám sát thông thường dựa trên hệ thống lấy mẫu khí bó ống và các thiết bị giám sát khí dựa trên sắc ký, thường được đặt tại trung tâm giám sát trên mặt đất và có thời gian trễ dài, bảo trì cồng kềnh và không chính xác do hiện tượng rò rỉ

ông có thể xảy ra.

Dựa trên nhu cầu của các mỏ than thông minh, nhóm tác giả đã nghiên cứu phát triển nhiều loại cảm biến khí dựa trên công nghệ TDLAS; các loại này đã được kiểm chứng và ứng dụng thành công trong xây dựng hệ thống IoT an toàn mỏ và mỏ than thông minh. Bài báo này trình bày nguyên lý, ưu điểm, ứng dụng và tiến bộ gần đây của cảm biến khí dựa trên TDLAS ứng dụng trong lĩnh vực an toàn mỏ than.

2. Nguyên lý của quang phổ hấp thụ laser

Cơ sở vật lý của công nghệ TDLAS là sự hấp thụ năng lượng ánh sáng có tần số cụ thể bởi các phân tử khí. Khi tần số ánh sáng tới giống với tần số rung động bên trong phân tử, hai yếu tố này sẽ kết hợp cộng hưởng và phân tử sẽ hấp thụ năng lượng ánh sáng và tạo ra sự chuyển tiếp. Khi mức rung động chuyển tiếp từ trạng thái cơ bản sang trạng thái kích thích đầu tiên, sự hấp thụ là sự hấp thụ tần số cơ bản. Khi mức rung động phân tử chuyển tiếp từ trạng thái cơ bản sang trạng thái kích thích thứ hai trở lên, sự hấp thụ là sự hấp thụ sóng hài bậc cao. Các đỉnh hấp thụ có các đặc điểm quan trọng, có thể được sử dụng làm cơ sở để xác định loại phân tử hoặc nhóm nguyên tử của khí và có thể được sử dụng để phân tích định tính và định lượng khí.

Cường độ ánh sáng hồng ngoại được hấp thụ bởi các phân tử khí không chỉ liên quan đến đường đi quang học của ánh sáng trong vật liệu mà còn liên quan đến nồng độ khí. Định luật hấp thụ Beer-Lambert được thỏa mãn giữa cường độ ánh sáng ban đầu và cường độ ánh sáng đi ra:

$$I_t(v) = I_0(v) \exp[-\alpha(v)CL] \quad (1)$$

Trong đó: $I_0(v)$ là công suất ánh sáng đầu vào; $I_t(v)$ là cường độ ánh sáng đi ra; C là nồng độ thể tích của khí; L là độ dài của đường hấp thụ khí; và $\alpha(v)$ là hệ số hấp thụ khí, hệ số này bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và áp suất vì khí có thể nén được và thỏa mãn:

$$\alpha(v) = S(T)g(v, v_0)P \quad (2)$$

Trong đó: $S(T)$ là sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số hấp thụ; P là áp suất xung quanh; và $g(v, v_0)$ là hàm dạng đường thẳng. Ba hàm dạng đường thẳng thường được sử

dụng là hàm Lorentzian, hàm Gaussian và hàm Voigt. Trong môi trường đo lường của các mỏ than, sự mở rộng do va chạm của các phân tử khí chiếm ưu thế. Do đó, hàm Lorentzian được chọn để mô tả hàm dạng đường thẳng của phổ hấp thụ. Hàm này thỏa mãn:

$$g(v, v_0) = \frac{1}{\pi} \frac{\frac{\Delta v}{2}}{(v - v_0)^2 + \left(\frac{\Delta v}{2}\right)^2}, \quad (3)$$

Trong đó: v_0 là tần số trung tâm của đường phổ hấp thụ và Δv là toàn bộ chiều rộng tại một nửa chiều cao của đường phổ do sự mở rộng do va chạm gây ra. Giá trị tích phân của hàm dạng đường thẳng $g(v, v_0)$ trong miền tần số đầy đủ là 1 đơn vị. Bằng cách thực hiện các phép tính logarit ở cả hai vế của Phương trình 1 và phép tích phân, chúng ta có:

$$S(T)PCL = - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_0(v)}{I_t(v)} dv = A. \quad (4)$$

Khi đó, nồng độ thể tích của khí có thể được biểu thị như sau:

$$C = \frac{- \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{I_0(v)}{I_t(v)} dv}{S(T)PL} = \frac{A}{S(T)PL}. \quad (5)$$

Công nghệ TDLAS chủ yếu sử dụng chiều rộng đường hẹp và khả năng điều chỉnh của laser bán dẫn có thể điều chỉnh để đo một hoặc nhiều đường hấp thụ gần của các phân tử khí. Các cảm biến khí dựa trên công nghệ TDLAS có độ nhạy cao và ổn định do chiều rộng đường hẹp của laser bán dẫn có thể điều chỉnh, nhiệt độ hoạt động có thể kiểm soát và đầu ra công suất quang, đây là lý do khiến công nghệ này phát triển nhanh chóng.

3. Cảm biến khí mêtan bằng tia laser và ứng dụng trong giám sát trực tuyến khí mỏ than

3.1. Cảm biến khí mêtan bằng tia laser

Mêtan (CH_4) là khí quan trọng nhất trong giám sát an toàn mỏ than. Khi CH_4 trong

phạm vi nồng độ 5%-16% gặp ngọn lửa trần, nó sẽ phát nổ ngay lập tức. Bằng cách tăng áp luồng không khí tươi từ mặt đất vào mỏ than, O₂ có thể được cung cấp trong hầm lò và nồng độ CH₄ có thể giảm xuống. Khí mêtan có các đỉnh hấp thụ xung quanh các dải 3,3 μm và 1,65 μm . Tuy nhiên, laser hồng ngoại trung bình (MIR) rất đắt và cần được làm mát. Dải 1,65 μm tương tự như dải truyền thông sợi quang và thiết bị quang điện đã phổ biến và rẻ. Do đó, cảm biến khí mêtan bằng tia laser thường chọn đỉnh hấp thụ gần 1,65 μm để phát hiện. Phổ hấp thụ trực tiếp (DAS) và phổ điều biến bước sóng (WMS) là hai phương pháp xử lý tín hiệu được sử dụng rộng rãi trong TDLAS. Việc phát hiện hấp thụ trực tiếp được thực hiện bằng cách quét tín hiệu hấp thụ khí có bước sóng laser điều biến dòng hình răng cưa. Khi tia laser đi qua khí mục tiêu, một đường cong tăng theo bước sóng laser được phát hiện bằng cách sử dụng bộ dò quang. Đường cong có độ lõm tại đỉnh hấp thụ tương ứng. Đường đặc trưng hấp thụ khí có thể thu được bằng cách chuẩn hóa đường cong phát hiện. Hệ thống DAS đảo ngược nồng độ khí bằng cách theo dõi trực tiếp sự suy giảm cường độ ánh sáng; thiết bị và sơ đồ thử nghiệm của hệ thống này tương đối đơn giản. Đối với hệ thống WMS, tín hiệu điều biến tần số cao được chồng lên tín hiệu quét tần số thấp làm tín hiệu điều khiển của tia laser. Khi đó, tín hiệu hài của quang phổ hấp thụ thu được bằng cách sử dụng công nghệ khuếch đại khóa pha và nồng độ khí được phát hiện theo giá trị đỉnh của tín hiệu hài.

Hầu hết nhiều nền, đặc biệt là nhiều 1/f, có đặc điểm là có cường độ cao trong dải tần số thấp và giảm đáng kể ở tần số cao. Do đó, hệ thống WMS có thể triệt tiêu hiệu quả nhiều nền được đưa vào quang phổ bởi các hệ thống mạch, thiết bị quang học và hệ thống quang cơ học. Nó có thể trích xuất hiệu quả các tín hiệu yếu từ nhiễu và nâng cao độ nhạy phát hiện của các tín hiệu quang phổ. Inaba H và cộng sự lần đầu tiên sử dụng phương pháp hấp thụ quang phổ để tiến hành giám sát ô nhiễm không khí từ xa. Uehara

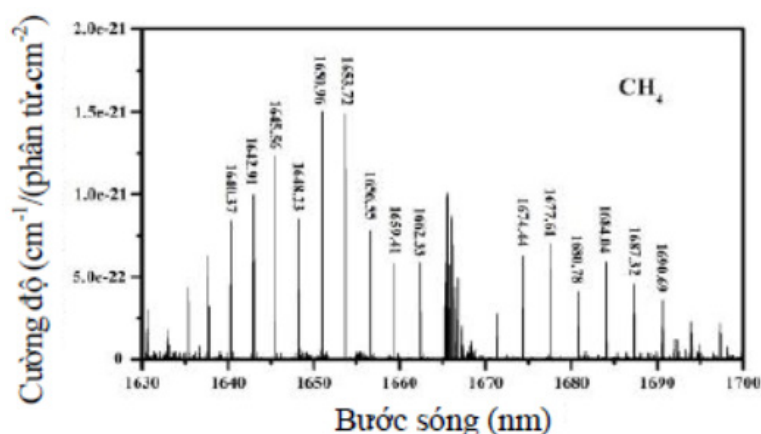
K và Tai H đã sử dụng laser phản hồi phân tán chế độ đơn 1,6 μm (DFB-LD) để phát hiện nồng độ khí mê-tan ở nhiệt độ phòng. Hệ thống sử dụng phương pháp sóng hài có điều biến bước sóng; độ nhạy phát hiện tối thiểu của hệ thống là 20 ppm. Hệ thống đạt được độ nhạy phát hiện cao do sự kết hợp của DFB-LD, công nghệ phát hiện sóng hài điều biến bước sóng và công nghệ sợi quang. Zhang và cộng sự đề xuất một hệ thống đo mêtan hấp thụ trực tiếp một kênh với DFB-LD 1,33 μm và một đồng hồ đo công suất quang có độ nhạy phản hồi là 1 nW. Họ đã xác minh mối quan hệ tuyến tính giữa tín hiệu điện đầu ra và nồng độ khí nồng độ nhỏ hơn 15%. Iseki và cộng sự đã thiết kế một cảm biến đo lường từ xa khí mêtan cầm tay có DFB-LD 1,65 μm , khoảng cách đo là 10 m và độ chính xác đo là 5 ppm. Các nghiên cứu nói trên đã thúc đẩy đáng kể sự tiến bộ của công nghệ cảm biến khí mêtan bằng tia laser.

Việc giảm mức tiêu thụ điện năng tổng thể của các cảm biến khí mêtan bằng tia laser rất quan trọng đối với ứng dụng trong các mỏ than hầm lò. Khi mức tiêu thụ điện năng của cảm biến CH₄ quá cao, số lượng cảm biến có thể được cung cấp bởi nguồn điện an toàn nội tại không thể đáp ứng được các yêu cầu phát hiện khí mỏ than. Ngoài ra, để đáp ứng yêu cầu khoảng cách truyền 6 km theo quy định của hệ thống giám sát an toàn mỏ than, dòng điện cảm biến và mức tiêu thụ điện năng cần phải giảm ở mức lớn nhất có thể để tăng khoảng cách phát hiện giữa đầu dò cảm biến và trạm biến áp cung cấp điện. Laser phát xạ bề mặt khoang thẳng đứng (VCSEL) có dòng điện ngưỡng, dòng điện hoạt động và mức tiêu thụ điện năng hoạt động thấp hơn đáng kể so với laser phản hồi phân tán (DFB). Nhìn chung, chế độ điều biến dòng điện của laser DFB là khoảng 10 p.m/mA và của VCSEL lên tới 400 p.m/mA. Do đó, VCSEL có đặc tính điều chỉnh bước sóng dòng điện cao hơn laser DFB. Hơn nữa, hệ số điều biến bước sóng của VCSEL nhỏ hơn theo điều biến nhiệt độ và lớn hơn theo điều biến dòng điện. Với sự phát triển

của công nghệ VCSEL bước sóng dài, việc nghiên cứu về công nghệ phát hiện khí dựa trên VCSEL công suất thấp đã trở nên rất hấp dẫn.

Để đảm bảo bước sóng đầu ra của laser có thể giữ đỉnh hấp thụ khí một cách ổn định, công nghệ phát hiện khí laser thông thường thường sử dụng bộ làm mát bán dẫn để kiểm soát nhiệt độ laser trong một phạm vi nhất định và sử dụng phương pháp cắt dòng điện để đo vạch phổ hấp thụ. Hệ thống kiểm soát nhiệt độ laser làm tăng mức tiêu thụ điện

năng tổng thể của hệ thống phát hiện khí. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng một hệ thống phát hiện khí mê-tan bằng laser dựa trên VCSEL mà không cần bộ làm mát nhiệt điện (TEC). Hệ thống này thực hiện phát hiện khí mà không cần hệ thống kiểm soát nhiệt độ, do đó làm giảm hiệu quả mức tiêu thụ điện năng của hệ thống. Dựa trên phạm vi bước sóng rộng của VCSEL, công nghệ theo dõi thông minh đa đỉnh hấp thụ đã được phát triển thành công.



Hình 1: Phổ hấp thụ khí mê-tan trong vùng 1650 nm

Hình 1 cho thấy phổ hấp thụ khí mê-tan trong phạm vi hồng ngoại gần. Các bước sóng được chọn để phát hiện các vạch hấp thụ là 1642,9 nm, 1645,5 nm, 1650,9 nm và 1653,7 nm. Theo thông tin hấp thụ của buồng khí tham chiếu, công nghệ phản hồi dòng điện đã được sử dụng để kiểm soát laser hoạt động trên một trong các đỉnh hấp thụ đã đề cập ở trên. Theo định luật biến đổi bước sóng của VCSEL theo nhiệt độ, một mối quan hệ điều chỉnh động đã được thiết lập giữa đỉnh hấp thụ phát hiện khí và nhiệt độ. Hệ thống thực hiện phát hiện khí mê-tan bằng cách theo dõi đường hấp thụ mê-tan. Ngoài ra, các đặc điểm nhiệt độ và áp suất của các đỉnh hấp thụ khác nhau đã được nghiên cứu. Sau đó, một mô-đun cảm biến khí mê-tan bằng tia laser đã được phát triển thành công với mức tiêu thụ điện năng dưới 100 mW ở nhiệt độ môi trường từ -20 đến

60°C.

3.2. Ứng dụng cảm biến khí mê-tan bằng tia laser trong giám sát trực tuyến mỏ than

Theo quy định về an toàn trong các mỏ than, cần lắp đặt cảm biến khí mê-tan cố định hoặc di động tại các khu vực trọng điểm của lò chợ và các đường lò thông gió. Khi nồng độ khí mê-tan đạt 1,0%, bộ báo động bằng âm thanh và ánh sáng sẽ được kích hoạt và khi nồng độ khí mê-tan đạt 1,5%, nguồn điện sẽ bị cắt đối với các thiết bị trong khu vực liên quan. Dựa trên môi trường bụi và độ ẩm cao của các mỏ than, cảm biến khí mê-tan bằng tia laser cần được thiết kế chống thấm, chống bụi, chống va đập, chống nhiễu điện từ và các thiết bị điện mỏ than cần thiết khác.

Hình 2 thể hiện các sản phẩm cảm biến khí mê-tan bằng tia laser đã được chế tạo (bao gồm cảm biến khí mê-tan sợi quang, cảm biến khí mê-tan bằng tia laser thể hệ

thứ hai, cảm biến khí mê-tan bằng tia laser thu nhỏ mới nhất và cảm biến khí mê-tan di động). Hiện tại, cảm biến khí mê-tan bằng tia laser được sử dụng tại hơn 1.000 mỏ than ở Trung Quốc.

Ứng dụng này cho thấy những ưu điểm của chúng, chẳng hạn như độ ổn định và khả năng chống ẩm, đã được ngành khai thác mỏ công nhận. Cảm biến khí mê-tan bằng tia laser không cần phải hiệu chuẩn lại, giúp giảm đáng kể khối lượng công việc của nhân viên bảo trì thiết bị. Với đặc điểm tiêu thụ điện năng thấp, mô-đun có thể được sử dụng làm cảm biến không dây để phát hiện từ xa ở góc trên của các mỏ than hoặc đường ống tháo khí.

Hình 3 cho thấy dữ liệu theo dõi liên tục khí mê-tan trong lò chợ 10307 của mỏ than Xinlongzhuang từ ngày 12 tháng 7 đến ngày 13 tháng 7 năm 2018. Kết quả cho thấy đường cong theo dõi cảm biến khí mê-tan bằng tia laser có dao động nhỏ hơn và phản

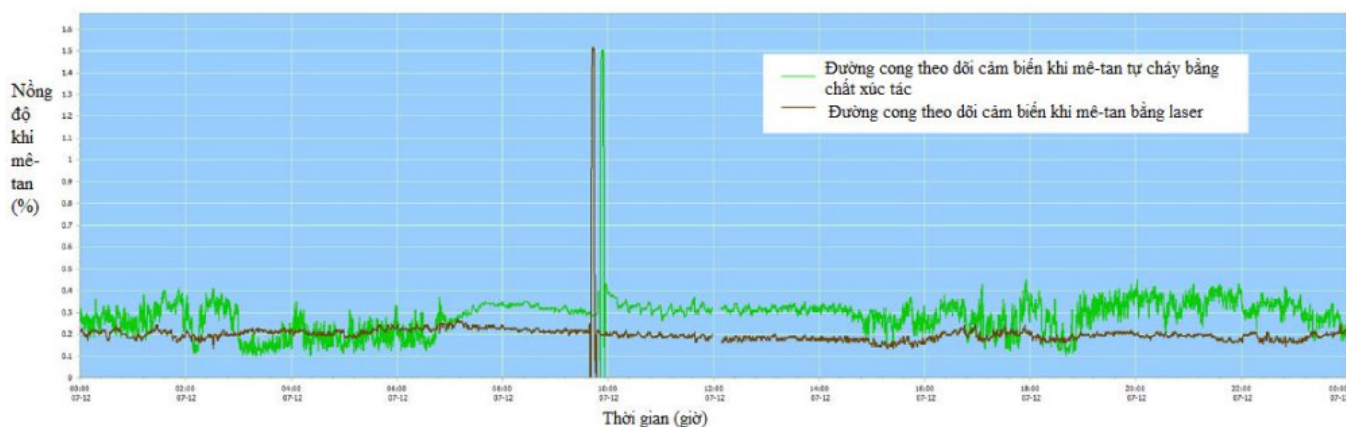
ứng nhanh hơn so với cảm biến khí mê-tan tự cháy bằng chất xúc tác truyền thống. Hơn nữa, các dữ liệu này cũng thể hiện rằng cảm biến khí mê-tan bằng tia laser không dễ bị ảnh hưởng bởi độ ẩm, trái ngược với cảm biến khí mê-tan bằng chất xúc tác truyền thống và cảm biến khí mê-tan hồng ngoại. Do đó, cảm biến khí mê-tan bằng tia laser là thiết bị giám sát khí mê-tan hiệu quả trong các mỏ than thông minh.

4. Giám sát và cảnh báo sớm sự cố cháy trong mỏ than

Ở Trung Quốc, 95% các mỏ than là các mỏ giếng, và hơn 60% có xu hướng tự cháy. Trong khu vực đã khai thác, than dễ bị oxy hóa và thậm chí phát triển thành lửa. Ở giai đoạn đầu, phản ứng oxy hóa chủ yếu tạo ra CO; khi nhiệt độ tăng, phản ứng oxy hóa trở nên dữ dội và tạo ra C₂H₄ và C₂H₂. Do đó, sự có mặt các khí CO, C₂H₄ và C₂H₂ có thể được sử dụng để cảnh báo cháy. Ngoài ra, O₂, CH₄ và CO₂ là những loại khí quan



Hình 2: Các sản phẩm cảm biến khí mê-tan bằng tia laser đã được chế tạo



Hình 3: Dữ liệu theo dõi khí mê-tan trong lò chợ 10307

trọng cần được theo dõi để kiểm soát quá trình tự cháy của than.

4.1 Cảm biến khí CO bằng tia laser

Công tác đo lường chính xác khí CO (loại khí đặc trưng của sự cố cháy sớm) có ý nghĩa quyết định đối với việc chẩn đoán sớm sự cố cháy và giúp bố trí đủ thời gian để phòng ngừa và kiểm soát. Việc theo dõi nồng độ CO theo thời gian thực nên được thực hiện tại các vỉa than để xảy ra sự cố tự cháy, chẳng hạn như đường lò thông gió trong khu vực khai thác, tường chống cháy ở khu vực cháy kín và các điểm quan sát tự cháy. Dữ liệu kích hoạt báo động của cảm biến khí CO chính là nồng độ khí CO ở mức 24 ppm.

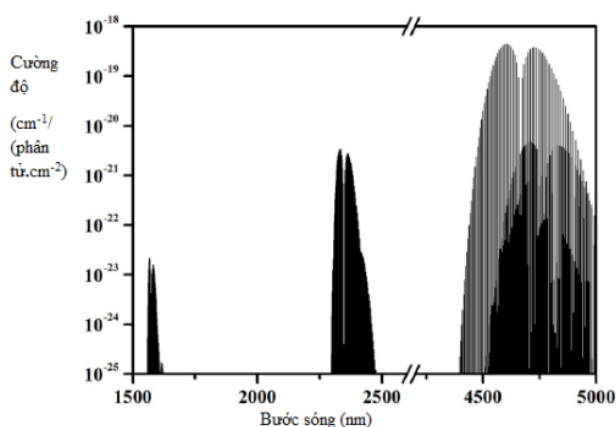
Hình 4 thể hiện các đường hấp thụ CO trong vùng hồng ngoại. Theo định luật Beer-Lambert, hiệu suất của cảm biến khí CO bằng tia laser có liên quan chặt chẽ đến cường độ của các đường hấp thụ. Hình này cho thấy sự hấp thụ bằng hồng ngoại gần (NIR) yếu hơn khoảng bốn biên độ so với sự hấp thụ quanh 4,6 μm . Tuy nhiên, để sử dụng các thiết bị laser viễn thông và sợi quang đơn chế độ tiêu chuẩn, quang phổ hấp thụ sóng hài trong vùng NIR là điều đáng quan tâm. Nhờ lợi thế về độ an toàn nội tại, sơ đồ cảm biến này có thể được áp dụng thành công trong các mỏ than. Tuy

nhiên, phải sử dụng một ngăn khí đa đường dẫn dài trong các cảm biến CO bằng NIR. Do đó, các cảm biến CO bằng NIR có thể có cấu trúc phức tạp và thể tích lớn.

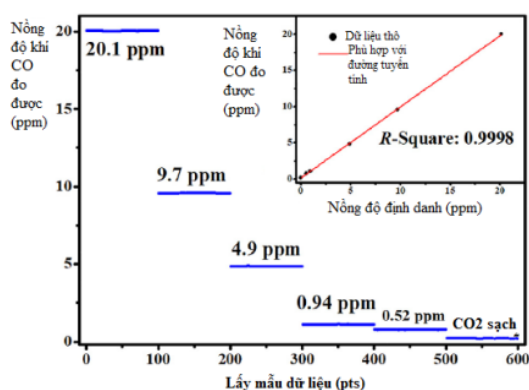
Với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ laser MIR, cảm biến CO dựa trên TDLAS đã tạo ra một bước đột phá mới. Trong những năm gần đây, các cảm biến CO nhỏ gọn với độ nhạy cực cao sử dụng tia laser bậc thang liên dải ở nhiệt độ phòng hoặc laser bậc thang lượng tử (QCL) khoảng 4,6 μm đã được chế tạo. Nhóm tác giả đã nghiên cứu phát triển loại cảm biến khí CO bằng tia laser với đường dẫn quang học là 20 cm bằng cách sử dụng QCL 4,6 μm và kết quả đo được được hiển thị trong Hình 6. Như thể hiện trong hình, độ nhạy phát hiện được cải thiện đáng kể, ngay cả với đường dẫn quang học ngắn.

4.2 Hệ thống giám sát đa khí

Để cảnh báo sớm sự cố than tự cháy, cần có độ chính xác cao và phạm vi phát hiện động rộng đối với nồng độ khí CH₄, CO, CO₂, C₂H₄ và C₂H₂ cũng như các dấu hiệu khác. Các yêu cầu đo lường tiêu chuẩn phục vụ giám sát đa khí được thể hiện trong Bảng 1.

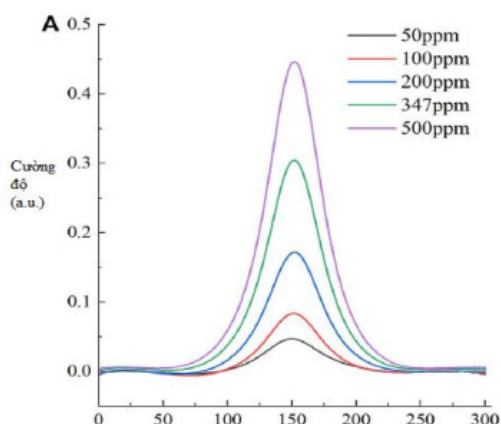


Hình 4: Các đường hấp thụ khí CO từ 1,5 μm đến 5 μm



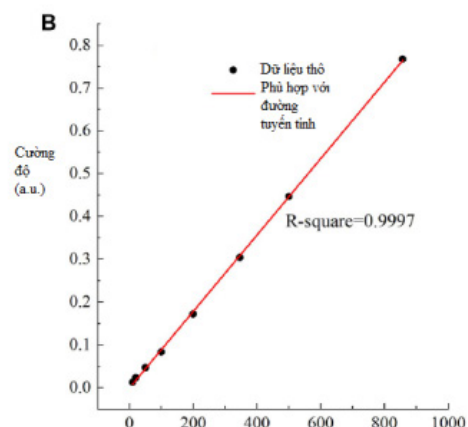
Hình 5: Dữ liệu đo lường tiêu chuẩn của hệ thống giám sát khí CO

Chú thích: Intensity: cường độ; wavelength: bước sóng; measured CO concentration: nồng độ khí CO đo được; data sampling: lấy mẫu dữ liệu; nominal concentration: nồng độ danh định



Số ngày

(a) Phổ hấp thụ nồng độ CO tiêu chuẩn ở 4,6 μm



Nồng độ khí CO (ppm)

(b) Mối quan hệ giữa cường độ (a.u.) và nồng độ khí CO

Hình 6: Dữ liệu đo lường điển hình**Bảng 1: Yêu cầu đo lường phục vụ giám sát đa khí**

Khí	Thang đo tự nhiên	Độ phân giải	Đơn vị
CO	0-1000	1-100 ±4	10 ⁻⁴
		100-500 ±5% giá trị thực	
		500-1000 ±6% giá trị thực	
CO ₂	0-5	0-0,5 ±0,1	%
		0,5-5 ± (0,08 + 5% giá trị thực)	
C ₂ H ₂	0-100	0-2 ±0,5	10 ⁻⁴
		2-5 ±1	
		5-10 ±2	
		10-20 ±3	
		20-100 ± (1 + 10% giá trị thực)	
C ₄ H ₄	0-100	0-2 ±0,5	10 ⁻⁴
		2-5 ±1	
		5-10 ±2	
		10-20 ±3	
		20-100 ± (1 + 10% giá trị thực)	
CH ₄	0-100	0-1 ±0,1	%
		1-40 ±10% giá trị thực	
		40-100 ±10	

Trong những năm gần đây, có nhiều nghiên cứu đáng kể về giám sát đa khí đã được thực. Tác giả Zhao và cộng sự đã thiết kế một hệ thống cảm biến có thể phát hiện CH₄, CO và C₂H₂ cùng lúc bằng cách ghép các nguồn sáng 1653,72 nm, 2326,82 nm và 1531,59 nm. Tuy nhiên, môi trường ứng dụng thực tế của các mỏ than vẫn chưa được nghiên cứu kỹ. Dựa trên nhu cầu thông thường về giám sát và cảnh báo sớm sự cố cháy trong mỏ than, nhóm tác giả đã xây dựng một hệ thống cảm biến đa khí bằng laser dựa trên mảng tia laser bán dẫn đa dải. Sơ đồ thiết bị cảm biến đa khí được thể hiện ở Hình 7.

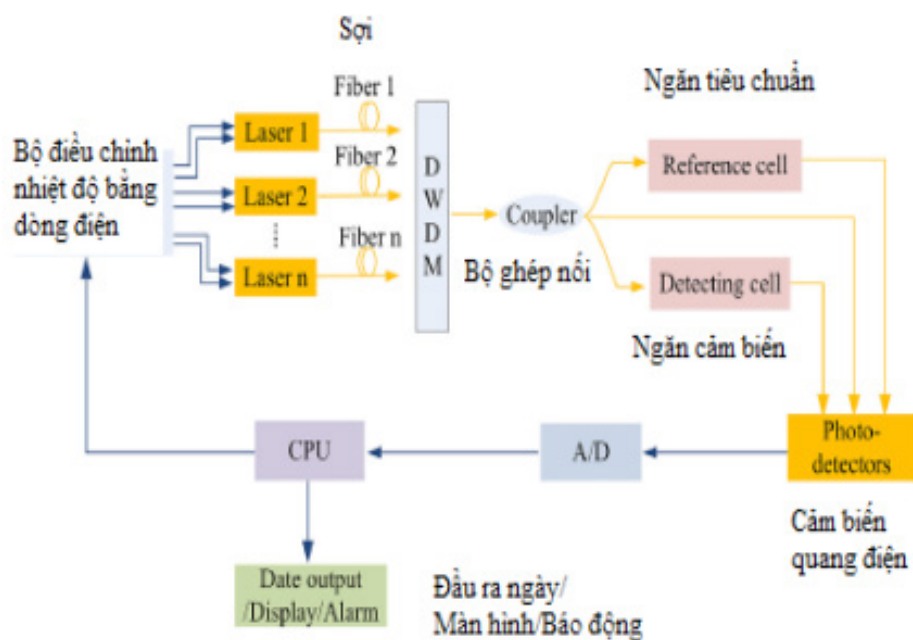
Hệ thống giám sát giải quyết vấn đề lỗi đo lường do sự chồng chéo quang phổ trong môi trường khí đa thành phần và thực hiện phát hiện các khí vết và khí có nồng độ cao với độ chính xác cao cùng lúc. Dữ liệu thử nghiệm thiết bị cảm biến đa khí bằng tia laser được thể hiện ở Hình 8. Sự kết hợp giữa hệ thống giám sát đa khí dựa trên TDLAS và cảm biến nhiệt độ phân tán (DTS) dựa trên tán xạ Raman sợi quang cung cấp thông tin cảnh báo sớm về cả trạng thái oxy hóa và vị trí vùng nóng. Đây là giải pháp kỹ thuật

hiệu quả và ngày càng được sử dụng để giám sát sự cố than tự cháy trong khu vực đã khai thác ở các mỏ than.

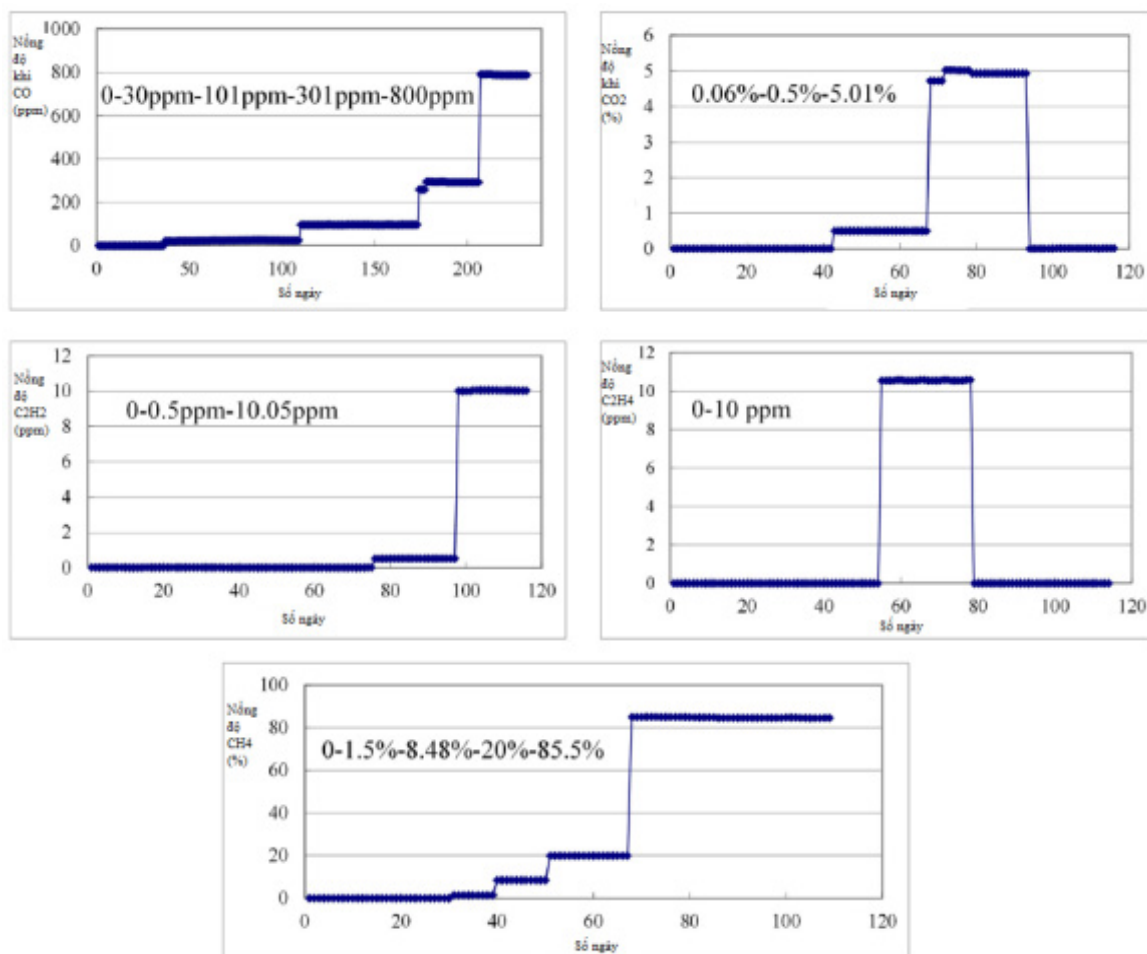
5. Kết luận

Trong những thập kỷ tới, than vẫn sẽ chiếm một vị trí quan trọng trong cơ cấu năng lượng. Do đó, việc nghiên cứu về an toàn mỏ than có tầm quan trọng đáng kể. Công tác giám sát đa thông số trong các mỏ than là một thách thức do khu vực giám sát rộng, môi trường phức tạp và khắc nghiệt, khối lượng đối tượng cần giám sát lớn. Với những tiến bộ về quang phổ hấp thụ laser, ngày càng có nhiều thiết bị cảm biến khí dựa trên TDLAS được chế tạo và ứng dụng trong các mỏ than vì những lợi thế độc đáo của chúng, bao gồm an toàn nội tại, phát hiện trực tuyến, độ chính xác cao và độ tin cậy.

Các mỏ than có nhiều mối nguy hiểm tiềm ẩn, chẳng hạn như nổ khí và than tự cháy. Dựa trên nhu cầu giám sát các mối nguy hiểm về an toàn mỏ than, bài báo này tập trung vào nghiên cứu về cảm biến khí mê-tan, cảm biến CO, cảm biến đa khí bằng tia laser và diễn tiến ứng dụng chúng trong giám sát khí và ngăn ngừa cháy. Cảm biến khí mê-tan bằng tia laser đã thực hiện các



Hình 7: Sơ đồ khối của hệ thống cảm biến đa khí dựa trên TDLAS



Hình 8: Dữ liệu thử nghiệm hệ thống giám sát đa khí bằng tia laser

phép đo toàn dải với độ chính xác cao; các ứng dụng thực tế đã chỉ ra rằng nó có khả năng chống ẩm cao hơn đáng kể so với cảm biến hồng ngoại. Vì không yêu cầu hiệu chuẩn, cảm biến khí bằng tia laser có thể giảm đáng kể khối lượng công việc bảo trì, báo động sai và lỗi do con người. Với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ laser MIR, các cảm biến khí bằng tia laser thu nhỏ được kỳ vọng sẽ được sử dụng rộng rãi trong ngành khai thác than.

Nhằm nâng cao an toàn mỏ, ngành mỏ đã chuyển hướng sang Internet vạn vật (IoT) an toàn mỏ than. Để giám sát và phòng ngừa các mối nguy hiểm, IoT an toàn mỏ sẽ được hiện thực hóa thông qua sự phát triển của IoT và phân tích dữ liệu lớn thông minh. Nhóm tác giả hy vọng bài báo này có thể thúc đẩy việc ứng dụng và tiến bộ kỹ thuật công nghệ cảm biến bằng tia laser đối với lĩnh vực an toàn mỏ và thúc đẩy sự phát triển nhanh chóng các mỏ thông minh.

Hệ thống giám sát từ xa thiết bị khai thác mỏ tại mỏ than lộ thiên

>> **KS. Trần Tiến Huệ**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomín

Tóm tắt: Bài báo mô tả về hệ thống giám sát từ xa các chế độ vận hành của trạm biến áp (TBA) cao thế và máy xúc do Đại học Kỹ thuật Quốc gia Karaganda thiết kế và triển khai tại mỏ than của Công ty Cổ phần Shubarkol-Komir, Liên bang Nga. Ở mức thấp của hệ thống, thực hiện đo lường các thông số tiêu thụ điện năng (TBA cao thế, máy xúc), cũng như giám sát người tiêu dùng điện và trạng thái bảo vệ. Thông tin được truyền trong hệ thống giám sát TBA cao thế qua modem vô tuyến và trong hệ thống giám sát từ xa bằng Internet các chế độ vận hành của máy xúc, sử dụng modem GPRS qua Internet về trung tâm điều khiển. Trong quá trình vận hành thử nghiệm, việc tiết kiệm năng lượng được đảm bảo bằng cách loại bỏ chế độ vận hành không tải của thiết bị khai thác và giám sát liên tục các thông số tiêu thụ điện năng, bảo vệ công nghệ trạm biến áp và mức tiêu thụ điện năng của máy xúc.

Abstract: The paper presents a description of the remote monitoring systems for high-voltage substations and excavators operating modes developed at the Karaganda State Technical University and implemented at the Shubarkol-Komir coal mine. At the lower level of the systems, the parameters of power consumption (high-voltage substations, excavators) are measured, and power consumers and protection status are monitored. Information is transmitted in the high-voltage substation monitoring system via a radio modem, and in the remote Internet monitoring system for excavator operating modes, it is transmitted via GPRS modems via the Internet to the central control center. During the trial operation, energy savings were achieved by eliminating idle modes of powerful mining equipment, and continuous monitoring of power consumption parameters, substation process protection, and excavator power consumption was implemented.

1. Mở đầu

Lĩnh vực viễn thám (lĩnh vực kết hợp viễn thông và xử lý dữ liệu tự động) không ngừng phát triển và cải tiến. Các phương tiện truyền thông tin ngày càng được hiện đại hóa, trở nên dễ tiếp cận hơn và do đó, nâng cao hiệu quả sản xuất khai thác mỏ. Công nghệ Hệ thống định vị toàn cầu (GPS) được sử dụng rộng rãi trong ngành khai thác mỏ hiện đại. Ví dụ, nó cho phép người đứng đầu doanh nghiệp có mặt tại văn phòng của mình và từ đó giám sát từ xa hoạt động của toàn bộ đội xe và thiết bị khai thác mỏ tại mỏ theo thời gian thực. Thế hệ công nghệ di động mới đang thay đổi cách thức thực hiện công việc tại các mỏ và nhà máy tuyển: chúng không chỉ cải thiện khả năng liên lạc mà còn cải thiện an toàn và sức khỏe nghề nghiệp cũng như tăng năng suất. Sử dụng máy tính bảng, các nhân viên có thể nhận được kế hoạch làm việc chính xác nhất, tìm hiểu về vị trí của công nhân và thiết bị, phân

tích tình trạng và điều kiện vận hành của nó - nói cách khác, nhận được thông tin mà trước đây chỉ có trong trung tâm điều khiển.

Trong lĩnh vực mỏ hầm lò, việc thiết kế, xây dựng hệ thống giám sát điều khiển tập trung trạm biến áp phòng nổ dùng trong hầm lò đã được Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (VIELINA) phối hợp với các đơn vị (các mỏ hầm lò Khe Chàm, Nam Mẫu, Hòn Gai) của TKV nghiên cứu thành công. Đối với các mỏ lộ thiên, các máy móc hạng nặng, chẳng hạn như máy xúc làm việc trong khai trường thường ở xa, địa hình khó khăn và vận hành trong điều kiện môi trường khắc nghiệt, vì vậy, nhu cầu tạo ra một hệ thống giám sát từ xa tình trạng thiết bị và hệ thống điều khiển là cần thiết.

Trong phạm vi của bài báo, giới thiệu về hệ thống giám sát từ xa các chế độ vận hành của trạm biến áp (TBA) cao thế và máy xúc do Đại học Kỹ thuật Quốc gia Karaganda thiết kế và triển khai tại mỏ than của Công ty

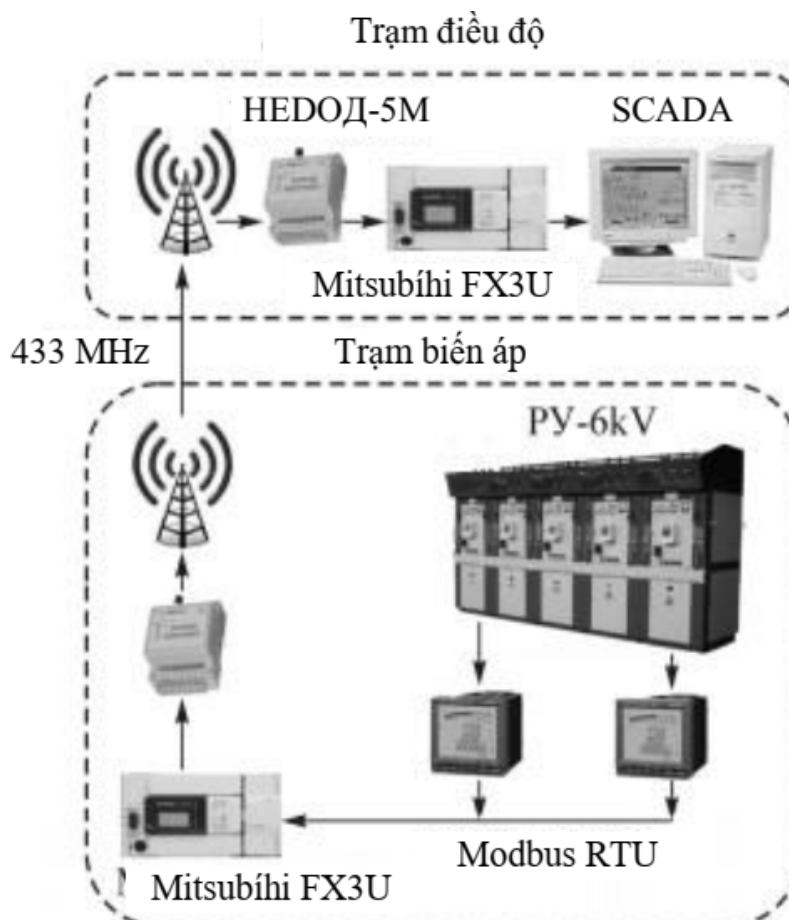
Cổ phần Shubarkol-Komir, Liên bang Nga.

Điểm đặc biệt của công tác khai thác lộ thiên, trong đó có khai thác than, là thiết bị khai thác có công suất lớn (máy xúc, máy khoan) được bố trí ở phạm vi rộng. Việc xúc bốc than và đất đá tại các mỏ than được thực hiện bằng máy xúc được trang bị bộ truyền động điện công suất lớn. Chẳng hạn, công suất của các máy xúc khai thác mỏ được sử dụng rộng rãi như EKG và ESH dao động từ 250 đến 1250 kW. Bộ truyền động điện của máy khoan có công suất lớn hơn 100 kW. Các máy xúc được phân bố ở vị trí cách nhau ở cự ly đáng kể.

Sự đa dạng của các điều kiện vận hành máy xúc dẫn đến sự chênh lệch đáng kể trong các chỉ tiêu cụ thể về mức tiêu thụ năng lượng điện của máy xúc và dẫn đến sự khác biệt đáng kể giữa định mức thực tế và định mức tính toán, có thể được xác định

bằng cách sử dụng hệ thống giám sát từ xa các chế độ vận hành của thiết bị khai thác mỏ. Tương ứng, nguồn cung cấp điện của mỏ than là mạng lưới đường dây trên không, trạm biến áp có điện áp 110/35/10 và 6 kV, các điểm chuyển mạch, các thiết bị điện bao gồm máy xúc, trạm bơm, máy khoan, hệ thống thoát nước và các thiết bị chuyên dụng khác.

Hệ thống cung cấp điện của các doanh nghiệp khai thác mỏ, bao gồm cả trạm biến áp của các mỏ than, có đặc điểm là thường xuyên xảy ra các tình huống khẩn cấp. Do các trạm biến áp được đặt ngay gần các mỏ lộ thiên, cách xa trung tâm điều khiển nên việc giám sát chế độ vận hành gặp khó khăn, chưa có hệ thống kiểm kê kỹ thuật tiêu thụ điện năng nên việc xác định, loại bỏ các sự cố có những khó khăn đáng kể và dẫn đến thời gian ngừng hoạt động kéo dài.



Hình 1. Cấu trúc hệ thống giám sát phương pháp cao thế

Các hệ thống giám sát từ xa thường được phân cấp và cung cấp đầy đủ cách tiếp cận hiện đại cho “đo lường thông minh”. Về bản chất, đây là những hệ thống tự động giám sát và quản lý việc tiêu thụ tài nguyên năng lượng theo các tiêu chí đã được thiết lập để tối ưu hóa việc tiết kiệm năng lượng bằng cách sử dụng “lưới điện thông minh”. Thuật ngữ này được sử dụng để chỉ các công tơ điện có bộ vi xử lý có khả năng tích lũy, xử lý, đánh giá thông tin và truyền độc lập thông qua các kênh liên lạc đặc biệt.

Hệ thống được phát triển ở mức thấp đo các thông số tiêu thụ điện năng của các đối tượng điều khiển (phương pháp cao thế, máy xúc, máy khoan) bằng đồng hồ vạn năng, cũng như giám sát việc đóng điện của người tiêu dùng điện và trạng thái bảo vệ. Các tín hiệu này được xử lý trong các bộ điều khiển công nghiệp đặt trực tiếp tại các đối tượng điều khiển, sau đó đi vào hệ thống con truyền thông tin, tùy theo mục đích mà sử dụng các kênh khác nhau.

Ở mức cao nhất, thông tin từ các đối tượng điều khiển được gửi đến hệ thống SCADA của các trung tâm điều khiển từ xa, nơi mà thông tin sẽ được xử lý tương ứng.

2. Hệ thống giám sát trạm biến áp cao thế

Hệ thống giám sát TBA cao thế được tạo ra và triển khai cho ba trạm biến áp cao thế - “Yuzhnaya”, “Zapadnaya-Novaya” và “Yugo-Zapadnaya” của mỏ than Shubarkol-Komir Corporation trong giai đoạn 2010–2012.

Mỗi trạm biến áp có bốn nguồn cấp điện, có thể kết nối đồng thời tối đa năm thiết bị. Điện áp của các nguồn cung cấp là 6 kV. Các trạm biến áp được cấp điện thông qua các feeder đầu vào từ đường dây cao thế 35 kV đến từ trạm biến áp Shubarkol-Novaya, sau đó được kết nối với đường dây cao thế 110 kV.

Trong hình 1 cho thấy cấu trúc của Hệ thống giám sát TBA cao thế được phát triển và triển khai. Điện áp và dòng điện của từng feeder từ đầu ra của đồng hồ vạn năng ME96NSR (Mitsubishi) được truyền đến bộ điều khiển FX3U-16MR/ES (Mitsubishi) đặt trong tủ điều khiển. Tín hiệu bật feeder và tín hiệu bảo vệ (“bảo vệ quá dòng”, “bảo vệ đất”) đi vào bộ điều khiển thông qua các

kênh đầu vào riêng biệt. Tiếp theo, bộ điều khiển tạo ra một gói tin nhắn và thông qua modem vô tuyến, truyền dữ liệu nhận được từ đồng hồ đo và đầu vào riêng biệt ở tần số 433,92 MHz đến trung tâm điều khiển thu.

Bộ điều khiển hồi đáp các đồng hồ đo điện đặt tại mỗi nhánh cấp điện. Mỗi đồng hồ được mắc nối tiếp với một đồng hồ tiêu chuẩn đặt trong tủ cấp liệu. Mạch nối công tơ ba dây, không có trung tính, có hai máy biến dòng và một máy biến điện áp. Tín hiệu của các thông số điện đo được được truyền đến bộ điều khiển thông qua đường truyền RS485 hai dây sử dụng giao thức Modbus RTU. Giao diện RS485 của bộ điều khiển được triển khai thông qua mô-đun FX3U-485-ADP.

Bộ điều khiển đọc các tín hiệu rời rạc bằng mô-đun FX2N-16EX/UL. Toàn bộ dữ liệu tích lũy: giá trị dòng điện, giá trị điện áp, năng lượng hoạt động và 17 tín hiệu trạng thái rời rạc của feeder được truyền về trung tâm điều khiển thông qua modem vô tuyến NEVOD-5M (công ty Geolink, Moscow). Bộ điều khiển giao tiếp với modem vô tuyến thông qua mô-đun FX3U-232-BD qua giao diện RS232. Chu kỳ đếm công tơ được hình thành theo yêu cầu từ trung tâm điều khiển chính.

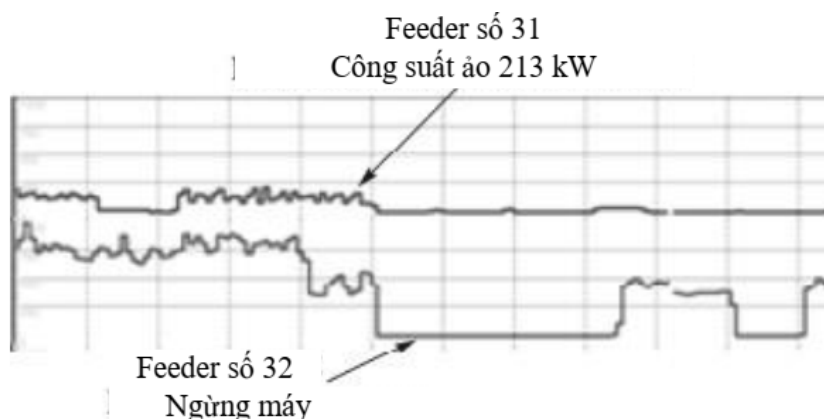
Mức thấp của SMVP được đặt trong các tủ điều khiển đặt tại các trạm biến áp. Công tơ điện vạn năng được lắp đặt trong tủ các feeder có điện áp 6 kV, mỗi đồng hồ điện một feeder.

Tại trung tâm điều khiển, thông tin từ các trạm biến áp của mỏ được thu thập và hiển thị. Có tủ điều khiển và máy tính cá nhân được cài đặt phần mềm Citect SCADA.

SMVP đảm bảo:

- điều khiển và truyền tải theo thời gian thực các thông số công nghệ của năng lượng điện: dòng điện và điện áp của feeder; giá trị điện áp đầu vào trên feeder; giá trị điện áp đầu vào 35 kV ở đầu vào máy biến áp; lượng năng lượng tích lũy hoạt động và phản ứng cho mỗi feeder;

- điều khiển và truyền tín hiệu bảo vệ công nghệ theo thời gian thực: bật/tắt feeder; bảo vệ dòng điện tối đa của feeder; ngắn mạch



Hình 2. Cửa sổ hiển thị biểu đồ công suất tiêu thụ của các feeder 31 và 32

chạm đất của feeder; nhiệt độ dầu của máy biến áp;

- chỉ báo phân phối hiện tại của thiết bị khai thác giữa các đường đầu ra và trạng thái của nó (hoạt động hoặc không hoạt động) dưới dạng sơ đồ ghi nhớ đồ họa trên màn hình máy tính cá nhân;

- hiển thị, lưu trữ và xóa các tin nhắn và cảnh báo sự cố; - lưu trữ tất cả các thông báo hệ thống trên vật mang bên ngoài.

Hệ thống SCADA thực hiện theo thời gian thực: giám sát các thông số điện năng; giám sát tình trạng chuyển mạch của thiết bị bảo vệ công nghệ; giám sát tình trạng phụ tải của các feeder của trạm biến áp; thông báo cho người vận hành về các tình huống khẩn cấp trong lần lưu trữ tiếp theo; trình bày các số đo đo được ở dạng đồ họa; tạo báo cáo về các thông số đo được.

Cửa sổ chính của hệ thống SCADA tự động xuất hiện khi máy tính cá nhân được bật. Cửa sổ bao gồm trường hiển thị trạng thái nguồn cấp dữ liệu, trường điều khiển tải và trường hiển thị trạng thái tải. Nó hiển thị sự phân bố hiện tại của thiết bị khai thác giữa các trạm biến áp của mỏ và các nguồn cấp dữ liệu đầu ra của chúng, chỉ báo đèn của các feeder được kết nối và đặc điểm của chúng, trạng thái của thiết bị chuyển mạch bảo vệ công nghệ, trạng thái của các cảm biến, kích hoạt bảo vệ, cũng như tình trạng của thiết bị.

Hệ thống SCADA cũng thực hiện các chức năng cảnh báo cho người vận hành về các tình huống khẩn cấp dưới dạng cảnh báo bằng hình ảnh và âm thanh về việc kích hoạt

các biện pháp bảo vệ công nghệ, sau đó ghi lại chúng vào cơ sở dữ liệu và lưu trữ đăng ký tai nạn; lập báo cáo về mức tiêu thụ năng lượng điện dựa trên các thông số đo được trong một khoảng thời gian nhất định và xuất ra dưới dạng yêu cầu thành tệp Excel và Access; tổng hợp báo cáo về các tình huống khẩn cấp.

Chức năng giám sát và trình bày các thông số điện năng đo được dưới dạng đồ họa bao gồm xử lý và hiển thị số đọc công suất tác dụng nhận được từ công tơ dưới dạng xu hướng. Cửa sổ hiển thị xu hướng tiêu thụ điện năng trên các feeder được hiển thị trong Hình 2. 2. Dựa trên các xu hướng đã trình bày, có thể xác định thời gian hoạt động của thiết bị ở mức đủ tải hoặc một phần tải, ở chế độ không tải hoặc khi tắt nguồn.

Trong quá trình vận hành tổ hợp tại mỏ than Shubarkol-Komir, cho thấy:

- hệ thống đã chứng tỏ được khả năng hoạt động trong các điều kiện vận hành khó khăn trong suốt thời gian;

- hệ thống con trực quan hóa cho phép theo dõi một cách thuận tiện bức tranh toàn cảnh về hoạt động của các trạm biến áp của mỏ, theo dõi các thông số năng lượng, đồng thời ứng phó kịp thời với các tình huống khẩn cấp xảy ra tại các trạm biến áp làm việc;

- chức năng điều khiển tự động các thiết bị kết nối với các feeder của trạm biến áp, được phát triển riêng cho hệ thống này, đưa ra bức tranh hoàn chỉnh về trạng thái phụ tải của trạm biến áp và các vị trí kết nối thiết bị trên toàn bộ khu vực của mỏ than;

- hệ thống mở và dễ dàng mở rộng;
- hệ thống đang trong quá trình hiện đại hóa liên tục.

Đồng thời, dựa trên kết quả vận hành tổ hợp, cho thấy tốc độ truyền dữ liệu thấp qua kênh vô tuyến đã. Công suất của kênh truyền không đủ trong khoảng cách xa dẫn đến tổn thất một phần dữ liệu, đặc biệt là khi có mưa lớn. Tuy nhiên, với việc hỏi đáp theo chu kỳ, việc mất các gói riêng lẻ không quá nghiêm trọng đối với toàn bộ hệ thống.

Tại thời điểm thiết kế hệ thống, các thông số kỹ thuật đã quy định rằng hiệu suất của hệ thống không được tệ hơn một cuộc hỏi đáp mỗi phút. Việc phân tích xu hướng công suất tức thời của các feeder trong trạm biến áp yêu cầu tăng tần số hỏi đáp lên ít nhất một lần hỏi sau mỗi 4 giây. Hiện nay, các kênh truyền thông thay thế đang được phát triển.

Việc triển khai hệ thống đã giúp tăng đáng kể hiệu quả giám sát các thông số nguồn điện và bảo vệ công nghệ của trạm biến áp. Bằng cách kết hợp dữ liệu thành một hình ảnh duy nhất trên màn hình, người điều phối đã tăng tốc độ phản ứng với mọi tình huống khẩn cấp liên quan đến việc dừng khẩn cấp

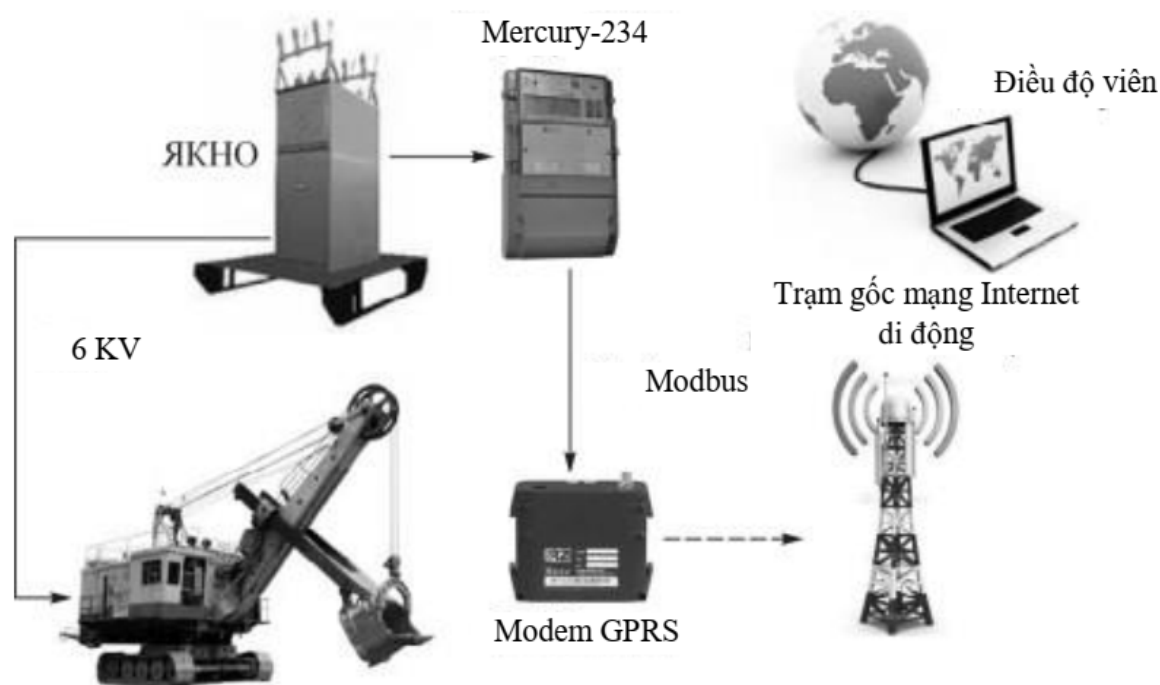
các trạm biến áp.

Trong quá trình vận hành thử nghiệm hệ thống, các chế độ nhân rồi của thiết bị kết nối với các trạm biến áp Yuzhnaya và Yugo-Zapadnaya đã bị loại trừ. Phụ tải cho các trạm biến áp này là 10 thiết bị, trong đó máy xúc EKG-5 - 5 chiếc; máy khoan tự hành ESH-10-70 - 2 chiếc; máy xúc EKG-8 - 1 chiếc; máy khoan và hệ thống thoát nước. Làm việc có tải mang lại mức tiêu thụ năng lượng cho từng loại máy xúc như sau: EKG-5 - 250 kW/h, EKG-8 - 630 và ESH-10-70 - 1250 kW/h.

Nhân viên phục vụ đổi ca trong vòng một giờ, 2 lần một ngày. Mức tiêu thụ năng lượng trung bình khi không tải là 500 kW/h đối với thiết bị đầu nối vào trạm biến áp. Như vậy, chỉ việc loại bỏ các chế độ không tải mới mang lại mức tiết kiệm năng lượng ước tính hàng năm là 360.000 kW/h cho hai trạm biến áp.

3. Hệ thống giám sát từ xa bằng Internet các chế độ vận hành của máy xúc

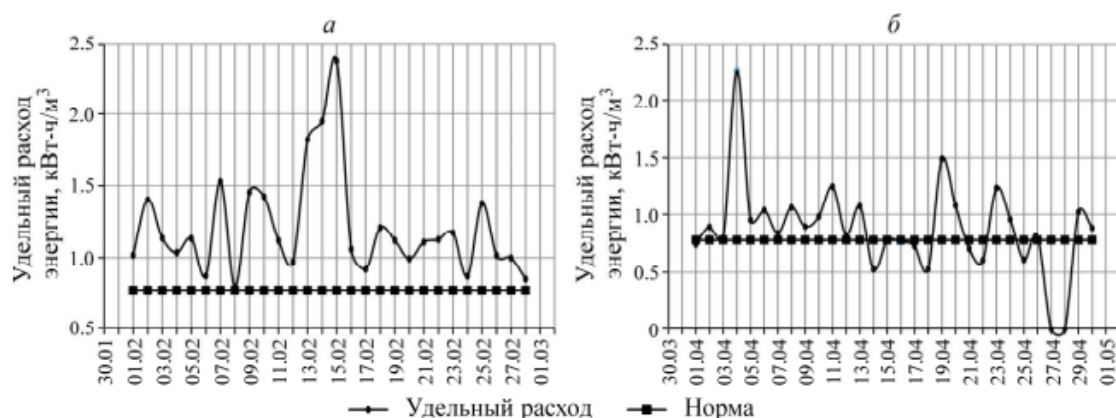
Kinh nghiệm thu được trong quá trình phát triển và vận hành SMVP đã được sử dụng để tạo ra hệ thống giám sát từ xa các



Hình 3. Cấu trúc hệ thống giám sát từ xa bằng Internet các chế độ vận hành của máy xúc

Thiết bị*	Suất tiêu thụ thực tế, kWh/m ³		
	Tháng Hai	Tháng Ba	Tháng Tư
EKG-5A (0,485)	0,580	0,698	0,204
EKG-8И (0,780)	0,899	0,144	0,000
EKG-12,5 (0,774)	1,208	0,003	0,877
ESh-10/70 (1,050)	0,970	0,917	1,039
HITACHI (0,807)	1,183	1,275	1,490

*Trong ngoặc đơn là các định mức tiêu thụ điện của các máy xúc được thiết lập không phụ thuộc điều kiện khí hậu và thời gian trong năm.



Hình 4. Thay đổi suất tiêu thụ điện năng trên EKG-12.5 cho tháng Hai (a) và tháng Tư (b) năm 2015

chế độ vận hành của máy xúc tại mỏ than Shubarkol-Komir. Hệ thống này được tạo ra nhằm mục đích quản lý vận hành các quy trình công nghệ khai thác than và thiết lập các tiêu chuẩn hợp lý về mức tiêu thụ điện năng cụ thể của các loại máy xúc. Chức năng chính của hệ thống giám sát từ xa bằng Internet đã được xác định - giám sát các thông số tiêu thụ điện năng của máy xúc.

Trong quá trình phát triển, cho thấy việc sử dụng liên lạc modem vô tuyến để truyền thông tin từ máy xúc là không hiệu quả do chúng nằm trong khu vực có đường truyền tín hiệu vô tuyến không ổn định. Nhu cầu sử dụng các bộ lặp làm tăng chi phí của hệ thống một cách vô lý.

Một hướng đầy hứa hẹn trong các hệ thống không dây để thu thập và truyền thông tin là các mạng công nghiệp theo tiêu chuẩn 802.11, tức là công nghệ Wi-Fi, cũng như các mạng dữ liệu di động. Mạng Wi-Fi ở mỏ

lộ thiên Shubarkol-Komir đang trong giai đoạn phát triển, hiện bao phủ một khu vực hạn chế. Về vấn đề này, trong hệ thống phân tán để giám sát các đối tượng từ xa của thiết bị công nghệ, việc truyền dữ liệu được tổ chức qua mạng GSM.

Tính năng chính của truyền dữ liệu gói GPRS là khả năng kết nối thuê bao với mạng một cách liên tục. Kênh vô tuyến chỉ được cung cấp cho thuê bao trong suốt thời gian truyền gói dữ liệu; thời gian còn lại nó được sử dụng để truyền các gói của những người dùng mạng khác. Với phương thức tổ chức liên lạc này, việc thanh toán chỉ được thực hiện cho lưu lượng truy cập chứ không phải trong toàn bộ thời gian của phiên liên lạc. Công nghệ GPRS là tối ưu để sử dụng trong các hệ thống giám sát liên tục các vật thể di động và cố định. Tốc độ trao đổi dữ liệu tối đa có thể sử dụng công nghệ GPRS về mặt lý thuyết có thể đạt tới 170 Kbit/s.

Các đồng hồ đo năng lượng điện của hệ thống được lắp đặt trong các ô điện áp cao loại YAKNO, cung cấp điện áp 6 kV cho máy xúc. Dữ liệu từ máy đo Mer-kury-234ART2-00P thông qua giao thức Modbus được truyền trực tiếp bằng modem iRZ ATM2-485 GSM/GPRS đến máy tính ở trung tâm điều độ của kỹ sư trường điện được lắp đặt ở Karaganda. Trạm gốc của nhà điều hành di động CTCP Kcell nằm ở khoảng cách 500 km, ngay tại khu vực của làng dừng chân.

Trong Hình 3 cho thấy cấu trúc của hệ thống giám sát từ xa bằng Internet các chế độ vận hành của máy xúc.

Thông tin được yêu cầu sẽ được nhận bởi modem GSM có địa chỉ IP tĩnh. Trạm cơ sở của nhà khai thác mạng di động sau khi nhận được yêu cầu sẽ liên hệ với từng modem nằm trực tiếp trong ô điện áp cao YAKNO.

Hệ thống SCADA hiển thị và lưu trữ dữ liệu nhận được với chu kỳ 20 phút 1 lần. Dựa trên dữ liệu nhận được, hệ thống SCADA tạo báo cáo ngày về mức tiêu thụ năng lượng.

Tại trung tâm điều độ, các thông tin sau được tính đến: lượng điện tiêu thụ tác dụng và phản kháng; lượng điện tác dụng và phản kháng được tạo ra; tổng năng lượng; hệ số công suất $\cos\phi$. Sau khi nhận được số liệu thực tế khối lượng đất đá vận chuyển hàng ngày, tính được suất tiêu hao năng lượng: $Ar = A/M$, trong đó A là năng lượng tiêu hao thực tế cho sản xuất với khối lượng M (m^3). Mức tiêu thụ năng lượng thực tế đã được tính đến năng lượng tác dụng mà thiết bị tiêu thụ.

Hệ thống được đưa vào vận hành vào tháng 2 năm 2015. Phân tích suất tiêu thụ năng lượng của 5 máy xúc đã được thực hiện. Mức tiêu thụ điện năng cụ thể thực tế đã được xác định cho các chế độ vận hành khác nhau: thời gian không tải, di chuyển máy xúc hoặc di chuyển đất đá cho mỗi máy xúc. Bảng sau trình bày danh sách các máy xúc được điều khiển và đo suất tiêu thụ năng lượng trong ba tháng.

Có thể kết luận rằng các tiêu chuẩn được thiết lập về suất tiêu thụ năng lượng khác nhau tùy thuộc vào loại công việc được thực hiện bởi máy xúc (khai thác than, bốc đất,

v.v.), về nội dung của các hoạt động công nghệ, cũng như điều kiện khí hậu và thời gian trong năm theo kết quả giám sát thực tế. Hiện nay, trong quá trình vận hành, tiêu chuẩn suất năng lượng tiêu hao được tính toán và cố định cho từng loại máy xúc.

Người ta đã chứng minh rằng suất tiêu thụ năng lượng thực tế giảm khi suất tiêu thụ tăng. Kết luận này được xác nhận bằng kết quả giám sát suất tiêu thụ năng lượng của máy xúc ESh-10/70: giá trị tính toán và thực tế của suất tiêu thụ trong bảng có đôi chút khác nhau. Có sự gia tăng đáng kể về suất tiêu thụ điện năng thực tế so với mức tính toán của máy xúc EKG-5A vào tháng 2-tháng 3, đối với EKG-12.5 vào tháng 2 và đối với máy xúc HITACHI vào tháng 2-tháng 4.

Từ phân tích kết quả quan trắc cho thấy cần điều chỉnh tiêu chuẩn tính toán tiêu thụ điện năng cụ thể của máy xúc tùy theo mùa và tính chất công việc thực hiện.

Trên cơ sở kết quả của các nghiên cứu đã thực hiện, các định mức thực tế để sản xuất một đơn vị sản phẩm trong các quy trình công nghệ khác nhau (khai thác than, bốc đất, xúc bốc công nghệ) đã được xác định cho các loại máy khai thác chính được sử dụng trong Công ty Cổ phần Shubarkol-Komir.

Cùng với việc giám sát mức tiêu thụ năng lượng, chất lượng truyền tải thông tin được nghiên cứu trong 3 tháng từ ngày 1/2 đến ngày 30/4/2015. Phân tích liên tục dữ liệu nhận được trong điều kiện nhiễu công nghiệp thực tế từ thiết bị điện áp cao và các vị trí địa lý khác nhau của máy xúc giúp đánh giá chất lượng liên lạc bằng GSM của mỏ than.

Phân tích chất lượng liên lạc cho thấy, đối với các đối tượng nằm trong vùng thu sóng không ổn định, cần sử dụng các phương pháp xử lý thông tin đặc biệt để đảm bảo tính trung bình và tích lũy thông tin trong các khối hệ thống đặt trong các ô điện áp cao, với việc truyền đi nhiều lần. dữ liệu trung bình.

Do đó, Mercury-234 mét từ INKOTEKS

(Moscow) cho phép lưu trữ hồ sơ công suất đo được trong 120 ngày qua. Dữ liệu từ các máy xúc nằm trong khu vực có khả năng thu sóng không ổn định được lấy trực tiếp từ mỗi đồng hồ bằng chương trình cấu hình. Việc vận hành máy xúc dưới sự giám sát liên tục giúp có thể nhanh chóng xác định nguyên nhân gây ra thời gian ngừng hoạt động bất thường cũng như điều chỉnh trong trường hợp vi phạm quy chuẩn kỹ thuật.

Các hệ thống giám sát từ xa bằng Internet về chế độ vận hành của các trạm biến áp và máy xúc đã cung cấp khả năng quản lý vận hành công nghệ khai thác than trong khai thác lộ thiên.

Việc phát triển hệ thống sẽ được thực hiện bằng cách mở rộng số lượng máy xúc được giám sát từ xa, điều này sẽ giúp chuyển từ quản lý mức tiêu thụ điện năng của từng máy sang quản lý mức tiêu thụ điện năng của mỏ than.

4. Kết luận

Việc đưa vào sử dụng hệ thống giám sát từ xa các chế độ vận hành TBA cao thế và thiết bị khai thác mỏ than giúp tăng đáng kể hiệu quả của quá trình khai thác than do giám sát liên tục các thông số điện và bảo vệ công nghệ của trạm biến áp. Phân tích biểu đồ tiêu thụ điện năng cho phép theo dõi hiệu quả sử dụng thiết bị được kết nối trên mỗi feeder. Nhờ tích hợp dữ liệu vào một hình ảnh duy nhất trên màn hình, các điều độ viên đã tăng tốc độ phản ứng với mọi tình huống khẩn cấp liên quan đến việc dừng khẩn cấp các trạm biến áp.

Dựa trên kết quả vận hành tổ hợp, ước tính mức tiết kiệm năng lượng trong năm là

(Tiếp theo trang 20)

3. Горохова Т. В., Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности строительных процессов, Издательство: Общество с ограниченной ответственностью Коллоквиум ISSN: 2223-4047.

4. Bộ Xây dựng, Tài liệu phục vụ đào tạo, bồi dưỡng kiến thức áp dụng BIM - Phần 1: Tổng

360.000 kW/h cho hai trạm biến áp do loại bỏ trạng thái chạy không tải của thiết bị khai thác mỏ.

Việc tạo ra hệ thống giám sát từ xa bằng Internet các chế độ vận hành máy xúc cho phép nhanh chóng điều chỉnh các chế độ vận hành máy xúc, cũng như thiết lập các chỉ số hợp lý về suất tiêu thụ điện tùy thuộc vào tính chất của quy trình công nghệ, có tính đến các yếu tố thời tiết.

Tài liệu tham khảo

1. Верховин С.С., Удаленный мониторинг в горном производстве, ОАО «Иргиредмет», <https://zolotodb.ru/article/11264>

2. Nguyễn Thế Truyền và nnk, Thiết kế xây dựng hệ thống giám sát điều khiển tập trung trạm biến áp phòng nổ dùng trong hầm mỏ; Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (VIELINA) <https://tapchicongthuong.vn/thiet-ke-xay-dung-he-thong-giam-sat-dieu-khien-tap-trung-tram-bien-ap-phong-no-dung-trong-ham-mo-102306.htm>.

3. Юй-фэн Чен (Yu-feng Chen), Удаленный мониторинг и контроль тяжелой карьерной техники; Control Engineering РОССИЯ No2 (80), 2019.

4. И. В. Брейдо, А. В. Сичкаренко, Е. С. Котов; Системы удаленного мониторинга режимов работы высоковольтных подстанций и горнодобывающего оборудования для угольных разрезов, Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, Выпуск № 5, 2016.

quan về Mô hình thông tin công trình, 2021.

5. Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17 tháng 3 năm 2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng.

Hiện trạng và triển vọng nghiên cứu kỹ thuật đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò

Chen Zeping, Yan Baoyong, WangGuozheng, et al. Research status and prospect of MWD technology in coal mine[J]. Mining Safety & Environmental Protection,2022,49(6):130-134. DOI: 10. 19835 / j. issn. 1008-4495. 2022. 06. 023

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

Tóm tắt: Công nghệ đo lường trong khi khoan trong mỏ than hầm lò đóng vai trò không thể thay thế trong việc phòng ngừa và kiểm soát tai nạn do khí mêtan, phòng chống tai nạn do nước và thăm dò các tai nạn địa chất tiềm ẩn. Đây là công nghệ cốt lõi giúp chuyển đổi quá trình khoan thăm dò trong hầm lò mỏ than từ “quỹ đạo không kiểm soát” sang “định hướng chính xác”, qua đó nâng cao đáng kể mức độ phòng chống tai nạn trong mỏ than hầm lò ở Trung Quốc. Bài viết giới thiệu nguyên lý và loại hình kỹ thuật của kỹ thuật đo lường trong khi khoan, ôn lại quá trình phát triển của kỹ thuật đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò, miêu tả chi tiết thành quả kỹ thuật đại diện và tình hình ứng dụng thực tế đối với kỹ thuật đo lường trong khi khoan có dây, kỹ thuật đo lường trong khi khoan không dây mạch xung bunn, kỹ thuật đo lường trong khi khoan không dây sóng điện từ. Trên cơ sở nhu cầu xây dựng mỏ thông minh, mỏ trong suốt trong tình hình mới, bài viết đưa ra xu hướng phát triển công nghệ đo đạc theo giếng khoan trong bối cảnh khoan thăm dò thông minh phục vụ phòng chống tai nạn mỏ than. Các hướng nghiên cứu quan trọng bao gồm: từ phương diện đo lường khi khoan gần đầu khoan” “ lỗ khoan dài định hướng + “thăm dò địa chất” “lỗ khoan dài định hướng+ thăm dò, đo lường khí”, đã mở ra xu thế phát triển của kỹ thuật đo lường trong khi khoan.

Abstract: Measurement while drilling (MWD) technology plays an irreplaceable role in gas disaster prevention and control, water disaster prevention and control, hidden geological disaster exploration and so on. It is the key of coal mine underground drilling construction to change from “ uncontrollable trajectory” to “ precise orientation”, which greatly increases the level of disaster prevention and control in Chinese coal mine. This paper introduces the principle and technical types of MWD technology, reviews the development of MWD technology in underground coal mines, and expounds the representative technical achievements and practical applications of wired MWD technology, mud pulse wireless MWD technology and electromagnetic wave wireless MWD technology in detail. Based on the construction needs of smart mines and transparent mines under the new situation, the development trend of MWD technology is prospected from the aspects of “ near - bit MWD”, “directional long drilling + geological exploration”, “ directional long drilling+gas exploration” and so on, centering on the intelligent drilling of coal mine disaster prevention and control.

Than là năng lượng chủ thể của quốc gia, là nền tảng phát triển ổn định kinh tế và đảm bảo quan trọng của an toàn chiến lược năng lượng. Mỏ than của Trung Quốc lấy khai thác dưới lòng đất làm chủ đạo, điều kiện tồn tại của vỉa than phức tạp, thường xuyên xảy ra rủi ro an toàn như nổ khí, phụt lò than và khí đột ngột, bụi nước, uy hiếp nghiêm

trọng đến an toàn tính mạng của công nhân sản xuất trong lò mỏ than.

Kỹ thuật khoan đo lường trong khi khoan có thể giám sát, đo lường thời gian thực và hiển thị thông số quỹ đạo lỗ khoan, kiểm soát quỹ đạo lỗ khoan thực tế, khoan theo quỹ đạo thiết kế hoặc địa tầng mục tiêu, còn có thể tiến hành chia nhiều nhánh để khoan, có

ưu điểm là khoảng cách khoan xa, hiệu suất cao, giá thành thấp, có thể tập trung tháo hút, 1 lỗ khoan nhiều tác dụng, phòng chống tác hại vượt trước, ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực phòng chống tác hại tháo hút khí, nước thăm dò, tháo hút, phòng chống cháy bằng bơm vữa, phòng phụt lỗ đột ngột, thăm dò địa chất.

Ngoài ra, công nghệ này còn có thể thực hiện khoan đa nhánh, với các ưu điểm như khoảng cách khoan xa, hiệu suất cao, chi phí thấp, khả năng khai thác tập trung, một lỗ khoan có thể sử dụng cho nhiều mục đích và phòng ngừa tai nạn sớm. Công nghệ này được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực phòng chống tai nạn dưới hầm lò mỏ than, bao gồm khai thác khí mỏ, thăm dò và thoát nước, bơm vữa chống cháy, giảm áp chống nổ, thăm dò địa chất, v.v.

Kỹ thuật đo lường trong khi khoan đã giải quyết hiệu quả các vấn đề chiều sâu lỗ khoan nông, quỹ đạo không thể kiểm soát, tồn tại dài trống rỗng tháo hút khí của kỹ thuật công nghệ khoan xoay truyền thống, là kỹ thuật quan trọng của kỹ thuật khoan thăm dò trong lò mỏ than từ “quỹ đạo không thể kiểm soát” đến “định hướng chính xác”.

Từ khi đưa công nghệ và thiết bị khoan đo lường nước ngoài vào năm 2003, các nhà nghiên cứu Trung Quốc đã tập trung vào việc phát triển công nghệ khoan định hướng và kết hợp với nhu cầu thực tế của các mỏ than trong nước. Họ đã tiến hành nghiên cứu liên tục trong nhiều năm và phát triển một số thành tựu công nghệ lớn đã đạt đến trình độ tiên tiến quốc tế, phá vỡ sự độc quyền công nghệ nước ngoài và đạt được tiến bộ lớn từ việc giới thiệu công nghệ, theo sau và vượt qua, cải thiện hiệu quả thiết bị công nghệ và trình độ phòng ngừa tai nạn trong lò mỏ than của Trung Quốc.

Tháng 3 năm 2020, Ủy ban phát triển và cải cách quốc gia, cục năng lượng quốc gia ban hành liên tịch “Ý kiến chỉ đạo tăng cường phát triển thông minh hóa mỏ than” đề xuất: thúc đẩy sáng tạo, đổi mới KHKT, nâng cao kỹ thuật và trình độ trang thiết bị thông minh hóa, đột phá trong kỹ thuật và trang thiết bị thăm dò đo lường địa chất chính xác, cảm

biến và cảnh báo thông minh từ các nguồn nguy hiểm, người máy trong mỏ than.

Tháng 12 năm 2021, Hiệp hội công nghiệp Than Trung Quốc ban hành “Ý kiến chỉ đạo xây dựng mỏ than an toàn, hiệu quả cao giai đoạn 5 năm lần thứ 14”, đề xuất đẩy nhanh nghiên cứu và phát triển thiết bị công nghệ lõi thông minh, tập trung vào các đột phá trong công nghệ và thiết bị thông minh như đo thăm dò địa chất chính xác, nhận dạng than, đá và địa chất trong suốt, đi sâu vào phòng ngừa và kiểm soát các thảm họa lớn trong các mỏ than và nâng cao năng lực đảm bảo an toàn của các mỏ than.

Để đạt được mục tiêu trên, cần tiếp tục nâng cao trình độ công nghệ đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò, từ đó cung cấp một lượng lớn dữ liệu nền tảng hỗ trợ cho quá trình số hóa và thông minh hóa mỏ than. Do đó, tác giả đã hệ thống hóa và trình bày quá trình phát triển, các thành tựu tiêu biểu và hiện trạng công nghệ đo lường khi khoan trong hầm lò mỏ than ở Trung Quốc, đồng thời chỉ ra những vấn đề tồn tại trong ứng dụng thực tế. Dựa trên nhu cầu khoan thăm dò thông minh phục vụ phòng chống thiên tai trong mỏ than, tác giả đề xuất rằng các công nghệ đo lường khi khoan mới như “đo lường gần mũi khoan”, “khoan định hướng lỗ dài + thông số địa chất”, “khoan định hướng lỗ dài + thông số khí mỏ” sẽ trở thành hướng nghiên cứu trọng điểm của công nghệ đo lường khi khoan trong mỏ than hầm lò.

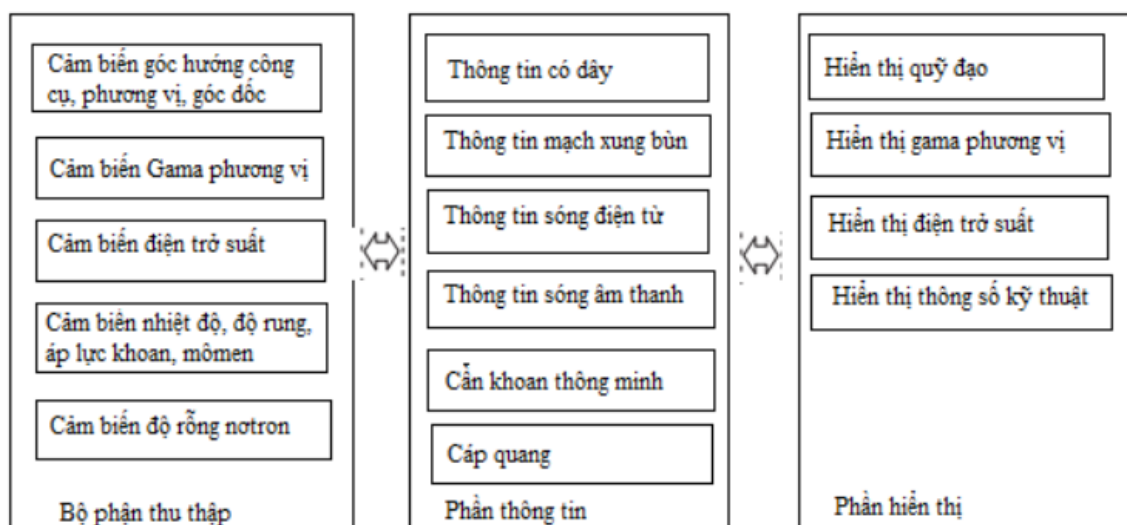
1. Nguyên lý kỹ thuật đo lường khi khoan

1.1 Cấu tạo hệ thống đo lường khi khoan

Hệ thống đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò chủ yếu dùng để đo lường thông số quỹ đạo lỗ khoan, bao gồm các bộ phận chính như: thu thập dữ liệu, thông tin và hiển thị, như minh họa hình 1.

Phần thu thập dữ liệu bao gồm các cảm biến được lắp đặt bên trong cần khoan hoặc cần khoan không từ tính phía sau mũi khoan, dùng để đo các loại dữ liệu trong lỗ khoan. Chủ yếu bao gồm:

- Thông số quỹ đạo lỗ khoan: góc nghiêng, phương vị, góc hướng công cụ.
- Thông số thông tin địa chất: gamma



Hình 1. Cấu tạo hệ thống đo lường trong khi khoan

phương vị, điện trở suất, dữ liệu độ rỗng neutron, v.v.

- Thông số kỹ thuật: độ rung, áp lực khoan, mô-men xoắn, tốc độ quay, nhiệt độ, v.v.

- Phần thông tin chủ yếu có nhiệm vụ truyền dữ liệu đo đạc từ đáy lỗ khoan lên thiết bị đo ở miệng lỗ bằng phương thức có dây hoặc không dây. Phần hiển thị sẽ xử lý và phân tích dữ liệu thu được, sau đó hiển thị kết quả trên máy tính.

1.2 Loại hình kỹ thuật đo lường khi khoan

Đo lường trong khi khoan được chia thành 2 loại có dây và không dây dựa vào phương thức truyền tải thông tin. Truyền dẫn có dây chủ yếu sử dụng cần khoan cáp thông tin, truyền dẫn không dây chủ yếu gồm kỹ thuật mạch xung bunn, sóng điện từ, sóng âm thanh, cần khoan thông minh, cáp quang. Trong đó, kỹ thuật kiểu mạch xung bunn và sóng điện từ là hai phương thức đã phát triển hoàn thiện, chủ yếu ứng dụng trong lĩnh vực khoan thăm dò khí tự nhiên và dầu khí, mới được ứng dụng trong mỏ than hầm lò trong vài năm trở lại đây, tốc độ truyền dẫn thông tin của sóng âm thanh cao, nhưng bị suy giảm mạnh khi đi qua cần khoan, do đó không thể thực hiện truyền tải với khoảng cách xa, hiện chưa thấy thông tin liên quan được ứng dụng trong hầm lò mỏ than. Kỹ thuật truyền dẫn bằng dữ liệu cáp quang, cần

khoan thông minh hiện nay vẫn chưa trong giai đoạn nghiên cứu lý luận.

2. Quá trình phát triển và hiện trạng kỹ thuật đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò

Hiện nay, công nghệ đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò chủ yếu bao gồm đo lưu trữ, đo truyền có dây và đo không dây bằng xung bunn, trong đó đo không dây bằng sóng điện từ đang trong giai đoạn mở rộng ứng dụng.

Sau nhiều năm phát triển, Trung Quốc đã hình thành các hệ thống đo lường trong khi khoan trong mỏ than có dây và không dây, tiêu biểu là:

- Dòng ZSZ của Viện Nghiên cứu Trùng Khánh thuộc Tập đoàn Khoa học Công nghệ Than Trung Quốc (Chongqing Research Institute, China Coal Technology & Engineering Group) (sau đây gọi là “Viện Trùng Khánh”).

- Dòng YHD của Viện Nghiên cứu Tây An thuộc Tập đoàn Khoa học Công nghệ Than Trung Quốc (Xi'an Research Institute, China Coal Technology & Engineering Group) (sau đây gọi là “Viện Tây An”).

Các công nghệ này đã đạt trình độ tiên tiến hoặc dẫn đầu quốc tế và được ứng dụng rộng rãi, cung cấp hỗ trợ kỹ thuật và thiết bị cho hoạt động khai thác than an toàn trong hầm lò mỏ than.

2.1 Công nghệ đo lưu trữ

Công nghệ đo lưu trữ thu thập dữ liệu về quỹ đạo lỗ khoan, thông số địa chất thông qua thiết bị đo đặt bên trong lỗ khoan. Dữ liệu này được lưu trữ trong bộ nhớ chuyên dụng và chỉ được lấy ra sau khi khoan hoàn tất, sau đó được đọc và xử lý bằng máy tính, máy tính bảng hoặc điện thoại di động. Phần mềm chuyên dụng sẽ phân tích dữ liệu để hiển thị quỹ đạo thực tế của lỗ khoan.

Công nghệ này khắc phục nhược điểm của khoan quay truyền thống, vốn không thể đo và hiển thị quỹ đạo lỗ khoan theo thời gian thực, qua đó cung cấp thông tin quan trọng cho việc bổ sung hoặc bố trí lỗ khoan tiếp theo.

Phương thức đo được chia thành hai loại chính: Đo khi khoan - thiết bị thu thập dữ liệu trong quá trình khoan và đo khi rút cần khoan - sử dụng cần khoan để đẩy thiết bị đo vào lỗ khoan sau khi khoan hoàn tất.

Vào những năm 1940-1950, Mỹ và một số quốc gia khác đã phát triển máy đo độ nghiêng lỗ khoan dạng lưu trữ, sử dụng cáp thép hoặc cần khoan để đưa thiết bị đo vào hoặc rút ra khỏi lỗ khoan.

Đến những năm 1990, nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế nhanh chóng của quốc gia, Trung Quốc đã đẩy mạnh hỗ trợ nghiên cứu và phát triển công nghệ đo lường trong khi khoan. Hàng loạt thiết bị mới ra đời, bao gồm:

- Máy đo độ nghiêng định hướng điểm đơn,
- Máy đo độ nghiêng liên tục đa điểm,
- Máy đo độ nghiêng con quay hồi chuyển,
- Máy đo độ nghiêng khi khoan có dây,
- Máy đo độ nghiêng khi khoan không dây.

Những thành tựu này đã thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ đo lường lỗ khoan tại Trung Quốc.

Từ thế kỷ 21, với sự ra đời của các công nghệ con quay hồi chuyển laser, gia tốc kế sợi quang và con quay hồi chuyển sợi quang, độ chính xác của thiết bị đo độ nghiêng tiếp

tục được nâng cao, đồng thời kích thước thiết bị cũng được thu nhỏ đáng kể, giúp cải thiện tính linh hoạt và khả năng ứng dụng của chúng.

Hiện nay, trong các hầm lò mỏ than, phần lớn hoạt động khoan lỗ sử dụng công nghệ khoan quay và công nghệ đo lưu trữ đã trở nên phổ biến rộng rãi. Khi kết hợp với các công nghệ địa vật lý tiên tiến như: đo thăm dò gamma, đo thăm dò bằng điện, đo lường bằng sóng điện từ, có thể thông qua đo lường lỗ khoan để thu thập thông tin về địa chất, thủy văn xung quanh lỗ khoan, giúp mở rộng đáng kể phạm vi ứng dụng của máy đo độ nghiêng.

2.2 Công nghệ đo lường khi khoan có dây

Công nghệ đo lường khi khoan có dây sử dụng cần khoan có cáp thông tin làm phương tiện truyền thông, giúp truyền dữ liệu MWD (Measurement While Drilling) từ đáy lỗ khoan lên hệ thống giải mã tại miệng lỗ hoặc trên mặt đất. Công nghệ này cho phép đo lường quỹ đạo khoan theo thời gian thực, giúp điều chỉnh kịp thời hướng khoan.

So với công nghệ đo lưu trữ, công nghệ có dây khắc phục được các nhược điểm như:

- Không thể đo và hiển thị dữ liệu theo thời gian thực.
- Không thể kiểm soát chính xác quỹ đạo khoan.

Việc ứng dụng công nghệ này đánh dấu bước tiến quan trọng trong kỹ thuật khoan hầm lò mỏ than, giúp chuyển đổi từ "quỹ đạo không thể kiểm soát" sang "định hướng chính xác", mở ra giai đoạn phát triển mới cho công nghệ đo đặc khi khoan.

Năm 2003, Mỏ Đại Ninh Á Mỹ - Sơn Tây đã tiên phong nhập khẩu máy khoan định hướng VLD-1000 của Úc, kết hợp với hệ thống đo đặc trong khi khoan DDM-MECCA. Hệ thống này có độ chính xác đo góc nghiêng $\pm 0,2^\circ$ và độ chính xác đo góc phương vị $\pm 0,5^\circ$. Nguồn cấp điện sử dụng ồng pin lithium dùng một lần, với thời gian sử dụng từ 8 đến 10 tuần.

Trong giai đoạn 2003-2009, đã thi công tổng cộng 1.848 lỗ khoan, với độ sâu tối đa đạt 1.002 m, tổng chiều dài khoan đạt 110

km. Lượng khí tháo hút lũy kế đạt 708 triệu m³. Tỷ lệ tháo hút khí mê-tan đạt trên 80% m³, ngăn chặn hiệu quả các sự cố do khí mê-tan gây ra.

Việc nhập khẩu máy khoan này có ý nghĩa quan trọng, góp phần thúc đẩy sự phát triển nhanh chóng của công nghệ và thiết bị đo đạc trong khi khoan trong ngành khai thác than ở Trung Quốc.

Năm 2005, Viện Nghiên cứu Tây An, dựa trên công nghệ đo đạc trong khi khoan của Úc, đã phát triển hệ thống đo lường trong khi khoan có dây YHD1-1000(A). Hệ thống này sử dụng nguồn điện từ pin đặt trong lỗ khoan, nhưng trong quá trình sử dụng gặp phải một số vấn đề như cường độ tín hiệu truyền thấp, tín hiệu không ổn định và chi phí thay thế pin cao.

Trong giai đoạn "Kế hoạch 5 năm lần thứ 11", Vương Thanh Phong cùng các đồng nghiệp tại Viện Nghiên cứu Trùng Khánh đã tiên phong phát triển hệ thống đo lường trong khi khoan ZSZ1000 dành cho mỏ than hầm lò, dựa trên công nghệ cung cấp điện bên ngoài ống thăm dò. Hệ thống này áp dụng công nghệ vòng dòng điện và công nghệ bù tín hiệu tự động, cho phép truyền đồng thời tín hiệu đo và dòng điện cấp nguồn trên cùng một đường dẫn. Nhờ đó, nó khắc phục được các vấn đề về tính ổn định kém của tín hiệu, khó xác định sự cố và chi phí thay thế pin cao khi sử dụng nguồn điện trong lỗ khoan. Hệ thống đo đạc trong khi khoan ZSZ1000 dành cho mỏ than được minh họa trong Hình 3. Trong các thử nghiệm công nghiệp, hệ thống này đã thực hiện thành công ba lỗ khoan chính với độ sâu trên 1.000 m, giúp nâng cao hiệu suất khoan hơn 10%.

Hệ thống đo lường này có các ưu điểm sau:

1. Sử dụng phương thức cung cấp điện bên ngoài lỗ khoan, giúp thời gian hoạt động của ống thăm dò không bị giới hạn, từ đó nâng cao hiệu suất khoan.

2. Tín hiệu ổn định, độ chính xác đo cao, với phạm vi đo góc nghiêng từ -90° đến +90° ($\pm 0,2^\circ$), góc phương vị và góc mặt công cụ từ 0° đến 360° ($\pm 1,5^\circ$).

3. An toàn, thân thiện với môi trường và

chi phí thấp, giúp tiết kiệm đáng kể chi phí vận hành. Một bộ hệ thống có thể tiết kiệm khoảng 250.000 nhân dân tệ chi phí pin mỗi năm.



Hình 2. Hệ thống đo lường trong khi khoan chuyên dùng cho mỏ ZSZ1000 dựa trên kỹ thuật cấp điện bên ngoài lỗ khoan

Trương Tiên Đào và các cộng sự trong “Phương pháp hiệu chuẩn máy đo độ nghiêng ngang sử dụng máy đo gia tốc và máy đo cường độ từ” đăng trên Học báo Đại học Bách khoa Trùng Khánh, 2014, 28 (3) đã phát triển hệ thống đo lường trong khi khoan ZSZ1500 dựa trên phương pháp bù sai số tổng hợp, giúp nâng cao độ chính xác đo gần gấp đôi. Công nghệ cung cấp điện bên ngoài lỗ ống thăm dò là một thành tựu quan trọng trong sự phát triển của công nghệ đo đạc trong khi khoan trong mỏ than, tạo nền tảng cho việc mở rộng và ứng dụng công nghệ đo đạc trong khi khoan có dây trong khai thác than hầm lò. Trong giai đoạn "Kế hoạch 5 năm lần thứ 13", Viện Nghiên cứu Trùng Khánh đã phát triển thiết bị đo lường trong khi khoan ZKGM1000 sử dụng phương pháp đo gamma tự nhiên cho khai thác mỏ. Đồng thời, Viện Nghiên cứu Tây An đã chế tạo hệ thống đo lường trong khi khoan có dây dựa trên phương pháp đo gamma tự nhiên định hướng. Cả hai hệ thống này đều có thể hỗ trợ nhận diện than - đá trong khi khoan, nâng cao tỷ lệ khoan trúng vỉa than, với phạm vi nhận diện trong khoảng 0,5 m. Công nghệ đo lường trong khi khoan có dây hiện là kỹ thuật truyền dữ liệu phổ biến và trưởng thành nhất được ứng dụng trong các mỏ than hầm lò. Nó đóng vai trò quan trọng

trong phòng chống thảm họa khí mỏ, xử lý tai nạn do nước gây ra, thăm dò cấu trúc địa chất và phòng chống áp lực mỏ. Tuy nhiên, trong quá trình ứng dụng thực tế, công nghệ này vẫn còn một số hạn chế:

1. Kết cấu của cần khoan có dây phức tạp, yêu cầu quy trình gia công nghiêm ngặt, dẫn đến chi phí sản xuất và sử dụng cao.

2. Đầu nối cáp dễ bị mài mòn và hiệu quả truyền tín hiệu chịu ảnh hưởng lớn bởi độ kín của cần khoan.

3. So với cần khoan thông thường, thành ngoài của cần khoan có dây mỏng hơn, độ bền thấp hơn và khả năng chịu mô-men xoắn kém hơn, khiến nó chỉ phù hợp với phương pháp khoan định hướng trượt mà không thể áp dụng cho phương pháp khoan định hướng hỗn hợp, từ đó hạn chế khả năng mở rộng ứng dụng trên quy mô lớn.

2.3 Công nghệ đo đạc trong khi khoan không dây sử dụng xung bunn

Công nghệ truyền dữ liệu bằng xung bunn là phương pháp truyền dữ liệu phổ biến nhất trong ngành dầu khí. Công nghệ này sử dụng xung áp suất làm tín hiệu truyền tải, với dung dịch xung rửa bên trong cột khoan làm kênh truyền tín hiệu, giúp truyền dữ liệu đo đạc trong lỗ khoan lên miệng giếng. Những năm gần đây, để khắc phục nhược điểm của công nghệ đo đạc trong khi khoan có dây trong khai thác than, chẳng hạn như chi phí thiết bị cao và tính ứng dụng công nghệ còn hạn chế, công nghệ truyền dữ liệu không dây bằng xung bunn đã được đưa vào thử nghiệm trong các mỏ than hầm lò. Tuy nhiên, do yêu cầu chống cháy nổ trong hầm lò, đường kính thiết bị khoan nhỏ, lưu lượng bơm thấp và đặc điểm công nghệ đặc thù, công nghệ này chưa thể được áp dụng trực tiếp mà cần tiếp tục được cải tiến và hoàn thiện hơn để phù hợp với điều kiện khai thác than. Trong giai đoạn "Kế hoạch 5 năm lần thứ 13", Viện Nghiên cứu Trùng Khánh đã phát triển hệ thống đo đạc trong khi khoan không dây sử dụng xung bunn ZSZ2000 (xem Hình 3). Hệ thống này có thể kết hợp với các loại cần khoan thông thường, phù hợp với cả khoan định hướng và khoan hỗn hợp, đánh

dấu một bước tiến quan trọng đầu tiên trong công nghệ đo đạc trong khi khoan trong khai thác than hầm lò. Hệ thống ZSZ2000 sử dụng pin sạc trong lỗ khoan làm nguồn cấp điện, với thời gian hoạt động liên tục trên 20 ngày. Độ chính xác đo lường đạt đến trình độ công nghệ tương đương với công nghệ đo đạc trong khi khoan có dây, phù hợp với các cần khoan có đường kính ≥ 73 mm, độ chính xác đo cao, tính năng tin cậy, tín hiệu truyền tải ổn định, đo lường tốc độ nhanh, đã được ứng dụng rộng rãi trong các mỏ than hầm lò trong những năm gần đây.



Hình 3. Hệ thống đo lường khi khoan không dây mạch xung bunn khi dùng cho mỏ ZSZ2000

So với công nghệ đo lường trong khi khoan (MWD) có dây, công nghệ đo lường trong khi khoan không dây sử dụng xung bunn có khoảng cách truyền tín hiệu xa hơn, có thể sử dụng cần khoan thông thường, giúp giảm chi phí thiết bị, tăng độ bền và mở rộng khả năng ứng dụng trong các quy trình khoan. Tuy nhiên, công nghệ truyền dữ liệu bằng xung bunn có tốc độ truyền thấp, mỗi lần đo mất khoảng 2 phút, phần nào ảnh hưởng đến hiệu suất khoan ở một mức độ nhất định. Ngoài ra, thiết bị đo sử dụng nguồn điện pin và chế độ làm việc không liên tục, không thể đáp ứng nhu cầu đo lường dài hạn và truyền dữ liệu theo thời gian thực trong quá trình khoan thăm dò.

2.4 Công nghệ đo lường trong khi khoan không dây sử dụng sóng điện từ

Công nghệ truyền dữ liệu bằng sóng điện từ sử dụng sóng điện từ làm phương tiện truyền tải tín hiệu, bao gồm thiết bị đo lường trong lỗ khoan và thiết bị thu nhận tín hiệu tại miệng giếng. Nguyên lý đo lường của

công nghệ này được minh họa trong Hình 4.

Ưu điểm nổi bật của công nghệ này là: Không phụ thuộc vào cần khoan có dây (cáp thông tin) và môi trường chất lỏng, tốc độ truyền dữ liệu cao, ứng dụng tốt trong khoan bằng khí, phù hợp với các điều kiện khai thác đặc biệt. Công nghệ truyền dữ liệu bằng sóng điện từ đã được sử dụng rộng rãi trong ngành dầu khí, với độ sâu truyền thẳng đứng tới đa trên 3.000 m. Những năm gần đây, đây cũng là một trong những hướng nghiên cứu trọng điểm của công nghệ đo lường trong khi khoan không dây trong khai thác than hầm lò.

Vương Gia Hào và các cộng sự tại Đại học Địa chất Trung Quốc (Vũ Hán đã dựa trên lý thuyết điện từ kinh điển để xây dựng mô hình kênh truyền dẫn điện từ EM-MWD trong giếng khoan. Kết hợp với tính chất điện của vỉa than và đá vây quanh vỉa than, họ đã sử dụng phương pháp đường truyền tương đương để tính toán điện áp tín hiệu giữa các điện cực thu tại miệng giếng, bao gồm quy luật ảnh hưởng của độ dẫn điện của tầng than và đá, tần suất tín hiệu phát, điện trở suất và chiều dài cần khoan đối với điện áp tín hiệu thu được.

Trong giai đoạn “Kế hoạch 5 năm lần thứ 12”, Viện Nghiên cứu Trùng Khánh đã phát triển hệ thống đo lường không dây trong khi khoan bằng sóng điện từ. Hệ thống này có độ chính xác đo góc nghiêng từ -90° đến $+90^\circ$ ($\pm 0,2^\circ$) và độ chính xác đo góc phương vị cũng như góc định hướng công cụ từ 0° đến 360° ($\pm 1,0^\circ$). Hệ thống sử dụng cần khoan chuyên dùng cho mỏ và địa tầng làm kênh truyền tín hiệu không dây, không phụ thuộc vào cần khoan có cáp dẫn, có thể áp dụng công nghệ khoan khí nén, cung cấp một phương pháp kỹ thuật mới cho khoan định hướng trong các vỉa than mềm, bỏ rời ở Trung Quốc.

Tốc độ truyền dữ liệu của hệ thống đo lường trong khi khoan bằng sóng điện từ có thể đạt tới 50 bit/s, giúp thực hiện công nghệ khoan hỗn hợp nhằm nâng cao hiệu suất khoan. Hệ thống này có ưu thế rõ rệt đối với các điều kiện khoan trong vỉa than mềm, bỏ

rời và sử dụng khoan khí nén bằng động cơ trực vít. Tuy nhiên, do yêu cầu chống cháy nổ trong hầm mỏ, công suất bị hạn chế, tín hiệu thu dễ bị ảnh hưởng bởi nhiễu điện từ từ địa tầng và các thiết bị xung quanh, dẫn đến khoảng cách truyền dẫn trong hầm lò bị giới hạn. Thông thường, hệ thống này phù hợp với các công trình khoan định hướng trong phạm vi 500 m.

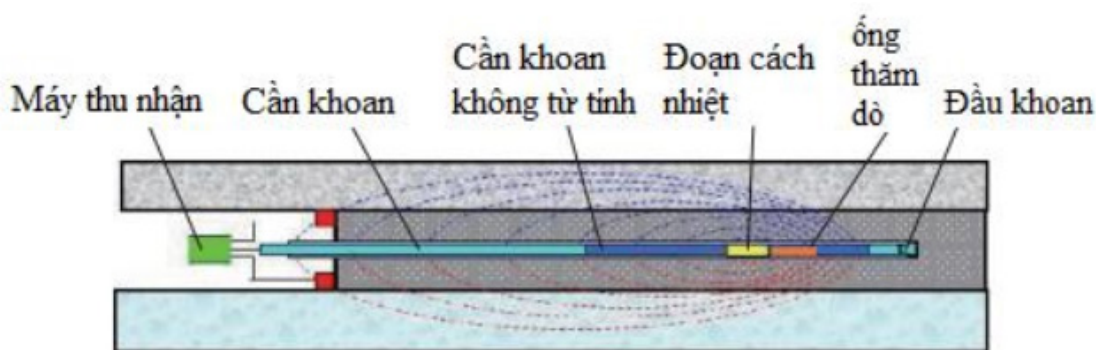
3. Triển vọng

Trong nhiều năm qua, việc nghiên cứu công nghệ đo lường và thiết bị đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm mỏ của Trung Quốc đã đạt được một loạt thành tựu mang tính đột phá, đóng góp quan trọng vào công tác phòng tai nạn trong hầm lò mỏ than. Tuy nhiên, so với công nghệ đo lường trong khi khoan tiên tiến với đa tham số trong lĩnh vực dầu khí, công nghệ đo lường trong hầm lò mỏ than hiện nay mới chỉ có thể đo lường các thông số cơ bản như quỹ đạo giếng khoan và gamma, vẫn còn nhiều hạn chế về chức năng.

Hiện nay, Trung Quốc đang thúc đẩy mạnh mẽ quá trình phát triển mỏ than thông minh. Trước nhu cầu xây dựng mỏ thông minh và mỏ trong suốt trong bối cảnh mới, dựa trên việc tham khảo công nghệ tiên tiến từ lĩnh vực dầu khí, tác giả tập trung vào công nghệ khoan thăm dò thông minh nhằm phòng chống thiên tai trong khai thác than. Với mục tiêu nâng cao độ chính xác của khoan, giảm thiểu rủi ro trong thi công và nâng cao mức độ phòng chống tai nạn mỏ than, bài viết đề xuất xu hướng phát triển và một số kiến nghị về công nghệ đo lường trong khi khoan.

1) Công nghệ đo lường trong khi khoan các thông số công trình và quỹ đạo gần mũi khoan

Hiện nay, công nghệ đo lường trong khi khoan ở mỏ than hầm lò chủ yếu lấy thông số quỹ đạo lỗ khoan làm chủ đạo, với loại dữ liệu đơn nhất và độ trễ đo lường nghiêm trọng. Do đó, cần khẩn trương nghiên cứu công nghệ đo lường trong khi khoan lấy các thông số kỹ thuật làm chủ đạo, bao gồm áp lực khoan, tốc độ quay, độ rung, áp suất



Hình 4. Nguyên lý đo lường trong khi khoan không dây bằng sóng điện từ trong mỏ than hầm lò

vòng ngoài và nhiệt độ. Việc này giúp đánh giá toàn diện tình trạng trong lỗ khoan, làm cơ sở cho việc tự động điều chỉnh và tối ưu hóa các thông số khoan.

Bên cạnh đó, cần nghiên cứu công nghệ đo lường trong khi khoan gần mũi khoan và công nghệ truyền dữ liệu, đồng thời phát triển thiết bị đo gần mũi khoan có kích thước nhỏ gọn ($\varnothing 73 / \varnothing 89$ mm). Việc này nhằm giải quyết các thách thức về cấu trúc, độ bền, độ chính xác và độ ổn định của thiết bị trong môi trường không gian hẹp và rung động mạnh. Những nghiên cứu này sẽ tạo nên tăng kỹ thuật để nâng cao hiệu suất khoan chính xác và tăng cường công tác phòng chống tai nạn trong khai thác than.

2) Kỹ thuật đo lường trong khi khoan “lỗ khoan dài định hướng+ thông số địa chất”

Công nghệ “Khoan định hướng lỗ dài + Thông số địa chất” là một phương pháp thăm dò tiên tiến kết hợp giữa khoan thăm dò định hướng và địa vật lý trong lỗ khoan, giúp hiện thực hóa mô hình tích hợp “Khoan + Khảo sát”. Công nghệ này có ưu thế vượt trội trong việc thực hiện đồng thời khoan định hướng tầm xa và thu thập thông số địa chất, giúp phát hiện sớm và phòng ngừa chính xác các mối nguy địa chất trong hầm mỏ than. Đồng thời, công nghệ này cũng cung cấp dữ liệu cơ bản cho việc phát triển khoan thông minh và xây dựng mỏ trong suốt.

Hiện nay, việc khảo sát tham số địa chất trong hầm mỏ có thể sử dụng các công nghệ như gamma tự nhiên, gamma định hướng

và radar địa chất trong lỗ khoan. Trong đó, gamma tự nhiên đã được ứng dụng trong khai thác than, nhưng vẫn cần giải quyết các vấn đề về đo gần mũi khoan, phạm vi và độ chính xác của khảo sát. Công nghệ radar địa chất trong lỗ khoan đã được ứng dụng rộng rãi trong ngành dầu khí, với độ sâu đo lường, thăm dò có thể đạt 30~50 m, độ phân giải có thể đạt cấp độ dưới mét và dung lượng dữ liệu thu thập có thể vượt 2.000 byte. Tuy nhiên, để ứng dụng vào mỏ than hầm lò, cần tập trung nghiên cứu các giải pháp về thu nhỏ kích thước radar, tăng cường khả năng chống nhiễu, thiết kế chống cháy nổ và truyền dữ liệu tốc độ cao.

3) Công nghệ đo lường trong khi khoan “Khoan định hướng lỗ dài + Thông số khí mêtan”

Công nghệ “Khoan định hướng lỗ dài + Thông số khí mêtan” là một phương pháp mới kết hợp giữa khoan thăm dò định hướng và kỹ thuật đo nhanh hàm lượng khí mêtan trong lỗ khoan, giúp hiện thực hóa mô hình tích hợp “Khoan + Đo lường”. Công nghệ này cung cấp dữ liệu quan trọng cho việc thiết kế lỗ khoan thông minh và đánh giá hiệu quả thoát khí trong hầm lò mỏ than.

Hiện nay, việc xác định thông số khí mêtan chủ yếu dựa vào các phương pháp DGC, SDQ và lấy mẫu bảo áp kín, sau đó tiến hành phân tích trên mặt đất, với thời gian đo kéo dài lên đến 8 giờ. Trong khi đó, lĩnh vực đo khí mêtan trong khi khoan vẫn

(Xem tiếp trang 52)

Phương pháp xác định mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than

>> **KS. Trần Tiến Huệ**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

Tóm tắt: Bài viết xem xét phương pháp đánh giá mức độ trưởng thành số tại các doanh nghiệp trong ngành than. Tầm quan trọng của việc áp dụng công nghệ số vào ngành than là không thể phủ nhận, nhưng hiện nay, cơ sở phương pháp - thực tiễn để đánh giá mức độ trưởng thành số của các tổ chức trong ngành than vẫn chưa được phát triển đầy đủ. Bài viết tìm hiểu về phương pháp đánh giá mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than dựa trên bộ chỉ số mới có tính đến các đặc điểm cụ thể về phát triển công nghệ số trong nhiều lĩnh vực của các đơn vị khai thác than. Bộ chỉ số sẽ cho phép đánh giá toàn diện mức độ số hóa của các công ty khai thác than, xác định điểm yếu và xác định các lĩnh vực ưu tiên phát triển công nghệ số.

Abstract: The article examines the method of assessing the level of digital maturity in enterprises in the coal industry. The importance of applying digital technology in the coal industry is undeniable, but at present, the methodological - practice basis for assessing the level of digital maturity of organizations in the coal industry is not yet fully developed. The article explores the method of assessing the level of digital maturity of coal mining enterprises based on a new set of indicators that take into account the specific characteristics of digital technology development in many areas of coal mining units. The index set will allow for a comprehensive assessment of the level of digital maturity of coal mining companies, identify weaknesses, and identify priority areas for digital technology development.

1. Mở đầu

Tính cấp thiết của việc đưa công nghệ số vào khai thác than là do nhu cầu triển khai công nghệ này tại các doanh nghiệp khai thác than như một động lực để tăng hiệu quả công việc, giảm chi phí giao dịch, tăng năng suất lao động và cải thiện sự an toàn cho thợ mỏ.

Hiện nay có khá nhiều dự báo về triển vọng của lĩnh vực số hóa. Theo MacKinsey, triển vọng thực sự cho sự phát triển của ngành trong nền kinh tế số là: năng suất lao động tăng 45–55% do tự động hóa công việc; giảm thời gian ngừng hoạt động của thiết bị từ 30–50%; giảm chi phí bảo trì từ 10–40%.

Tự động hóa tối đa các quy trình khai thác than và chuyển đổi sâu hơn từ hoạt động sang quản lý là cơ sở cho quá trình chuyển đổi sang doanh nghiệp khai thác than kỹ thuật số. Việc thống nhất toàn bộ công nghệ số của doanh nghiệp thành một hệ thống duy nhất sẽ đảm bảo hiệu quả và an toàn tối đa cho hoạt động khai thác than.

Đồng thời, các doanh nghiệp cũng khó xác định được mức độ trưởng thành số đã

đạt được và những gì cần phải làm để chuyển đổi số các công ty khai thác than. Vì thế cần nghiên cứu phương pháp tiến hành đánh giá mức độ trưởng thành về mặt kỹ thuật số của các tổ chức khai thác than, có tính đến các đặc điểm của họ.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành trên cơ sở nghiên cứu của tác giả về các giai đoạn số hóa của các công ty khai thác than và các hướng số hóa trong đó, xem xét các phương pháp hiện có để đánh giá mức độ trưởng thành số hóa của các doanh nghiệp công nghiệp khác và phân tích khả năng ứng dụng của chúng của các doanh nghiệp trong ngành khai thác than của Nga. Mức độ trưởng thành số là mức độ phát triển kỹ thuật số của một công ty, khả năng tạo ra giá trị và cải thiện quy trình kinh doanh bằng công nghệ số.

2.1 Khái niệm đánh giá mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than

Đánh giá mức độ trưởng thành số sẽ được thực hiện trên cơ sở 18 chỉ số đánh giá tạo thành cấu trúc đánh giá mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp

khai thác than, mỗi chỉ số nhằm phân tích một lĩnh vực số riêng biệt (Hình 1).

15 chỉ số đầu tiên đặc trưng cho các công cụ số hóa cơ bản và ba chỉ số cuối cùng được sử dụng để đánh giá mức độ ứng dụng của các công nghệ tiên tiến và mối quan hệ của chúng với các công cụ cơ bản. Phương pháp này cho phép xác định mức độ thay thế nhập khẩu chung của phần mềm ứng dụng và phần mềm hệ thống chung.

Theo phương pháp đã phát triển, các tổ chức có mức độ trưởng thành số cao sẽ có các sản phẩm phần mềm được cấp phép trên tất cả các máy trạm tự động (AWP), được đặt trong mạng doanh nghiệp cục bộ và có khả năng tương tác với cả công ty quản lý và các tổ chức khác. Trong các công ty quản lý, tất cả các thiết bị khai thác được sử dụng đều được tích hợp vào mạng truyền dữ liệu của tổ chức và có thể trao đổi thông tin với các hệ thống quản lý doanh nghiệp, v.v.

2.2. Phương pháp đánh giá mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than

Việc tính toán chỉ số đầu tiên bao gồm đánh giá số lượng lớp phần mềm bắt buộc, sự thống nhất phần mềm và tỷ lệ phần mềm được cấp phép.

Đánh giá các lớp phần mềm cần thiết được tính toán bằng cách phân tích tính khả dụng của các lớp phần mềm sau tại doanh nghiệp: CAD (trừ ECAD), ECAD (trừ CAD cơ khí), CAE, CAPP, CAM, PDM, ERP, Hệ thống quản lý kế toán, Hệ thống lập ngân sách, Hệ thống quản lý dự án, Hệ thống quản lý nhân sự, MRP II, ILS, phần mềm cho IETR, MDM, EDMS, EAM. Nếu một lớp phần mềm chứa ít nhất một tên của một sản phẩm phần mềm, lớp phần mềm đó sẽ được gán cho Bảng 1.

Tỷ lệ phần mềm được cấp phép 2. Hệ thống hợp nhất 4. Tính khả dụng của thông tin liên lạc giữa các phòng ban 5. Sử dụng

Bảng 1 - Các chỉ số đánh giá mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than

Chỉ tiêu đánh giá	1. Tỷ trọng phần mềm được cấp phép
	2. Hệ thống hợp nhất
	3. Quy định về việc chuyển thông tin giữa các hệ thống hợp nhất
	4. Có sẵn khả năng giao tiếp giữa các phòng ban
	5. Sử dụng kho dữ liệu và trung tâm dữ liệu
	6. Công nghệ siêu máy tính
	7. Phần mềm hệ thống chung
	8. Tích hợp mạng truyền dữ liệu với thiết bị công nghệ
	9. Có sẵn hệ thống giám sát thiết bị sản xuất
	10. Mức độ thống nhất sử dụng hệ thống MDM
	11. Sự sẵn có của các tiêu chuẩn tổ chức trong lĩnh vực CNTT
	12. Ứng dụng phân tích BI
	13. Ứng dụng hệ thống điều tra nghiệp vụ
	14. Quản lý hợp đồng
	15. Hợp tác với các doanh nghiệp khác
	16. Nâng cao trình độ chuyên môn của các chuyên gia
	17. Hệ thống BIM
	18. Bảo mật thông tin

kho dữ liệu và trung tâm dữ liệu 6. Công nghệ siêu máy tính 7. Phần mềm hệ thống chung Các chỉ số đánh giá 11. Tính khả dụng của các tiêu chuẩn tổ chức trong lĩnh vực CNTT 12. Sử dụng phân tích BI 13. Sử dụng hệ thống quản lý tài liệu hoạt động 14. Quản lý hợp đồng 15. Hợp tác với các doanh nghiệp khác 16. Đào tạo nâng cao cho các chuyên gia 17. Hệ thống BIM 18. Bảo mật thông tin 8. Tích hợp mạng truyền dữ liệu với thiết bị xử lý 9. Tính khả dụng của hệ thống giám sát thiết bị sản xuất 10. Mức độ thống nhất của việc sử dụng hệ thống MDM 3. Quy định về việc chuyển thông tin giữa các hệ thống hợp nhất giá trị "1" được chỉ định. Điểm tối đa cho chỉ số này là 17.

Chỉ số (tỷ lệ phần mềm được cấp phép) được tính cho từng lớp của nó bằng công thức (1):

$$S_n = a_1 + a_2/a_1 + a_2 + b_1 + b_2, (1)$$

Trong đó S là phần chia sẻ của phần mềm được cấp phép,

n - số sê-ri của lớp phần mềm, a_1 - số giấy phép chính thức của phần mềm trong nước,

a_2 - số lượng giấy phép chính thức của phần mềm nước ngoài,

b_1 - số lượng bản sao khác của giấy phép phần mềm trong nước,

b_2 - số lượng bản sao khác của giấy phép phần mềm nước ngoài.

Để có được đánh giá cuối cùng của chỉ số, sẽ thực hiện tính toán theo công thức (2):

$$R_1 = \sum S_n / 17, (2)$$

Trong đó S_n là thị phần phần mềm được cấp phép cho mỗi lớp phần mềm.

Trong khuôn khổ của phương pháp luận, các hệ thống sau đây được hiểu là hệ thống hợp nhất: PDM, MRP-II, ERP, MDM, ILS.

Đánh giá cho mỗi lớp phần mềm được chỉ định theo dạng nhị phân: nếu có hệ thống của lớp trên, sẽ được 1 điểm; nếu không thì là 0. Điểm cuối cùng R_2 được hình thành dưới dạng tỷ lệ giữa tổng điểm của từng lớp phần mềm với số điểm tối đa, trong chỉ số này bằng 5. Chỉ số 3 được phân tích dựa trên dữ liệu về thị phần của các công ty con sử dụng từng loại truyền dữ liệu có thể có trong ba loại (sau đây gọi là a_1, a_2, a_3).

Để hình thành một đánh giá duy nhất cho chỉ số này, một hệ thống hệ số trọng số được đưa ra: khi thông tin được chuyển giữa các hệ thống hợp nhất, trọng số $p_1 = 2$ được tự động gán, khi thông tin được chuyển tự động một cách rời rạc, trọng số $p_2 = 1$ được gán, khi thông tin được chuyển thủ công một cách rời rạc, trọng số $p_3 = 0,5$ được gán, trong trường hợp không có một phần hệ thống hợp nhất, trọng số $p_4 = 0,25$ được gán, trong trường hợp không có hệ thống hợp nhất, trọng số $p_5 = 0$ được gán. Chỉ số cuối cùng được hình thành theo công thức (3):

$$R_3 = \sum a_n p_n / \text{số điểm tối đa} (3)$$

Số điểm tối đa trong chỉ số này là 2. Khi đánh giá chỉ số 4, cần đánh giá tổng thể việc cung cấp các trạm làm việc tự động cho

người lao động và tỷ lệ các trạm làm việc tự động của người lao động theo loại kết nối mạng. Dữ liệu về tổng thể việc cung cấp các trạm làm việc tự động của doanh nghiệp được tạo ra bằng công thức (4):

$$R_{4.1} = \text{Tổng số lượng APM} / (\text{Tổng số lượng có nhu cầu về APM}) (4)$$

Tổng số thiết bị cần ARM Tiếp theo, dữ liệu về thị phần ARM theo loại kết nối với mạng sẽ được tạo. Hãy gán các tên sau đây cho các loại "không có mạng", "trong mạng cục bộ của phòng ban", "trong mạng cục bộ của phòng ban và doanh nghiệp", "trong mạng cục bộ của phòng ban, doanh nghiệp và công ty quản lý" tương ứng: " a_1 ", " a_2 ", " a_3 ", " a_4 ". Để hình thành một đánh giá duy nhất dựa trên loại kết nối của nơi làm việc tự động với mạng, một hệ thống hệ số trọng số đã được đưa ra: không có mạng - $p_1 = 0$, trong mạng cục bộ của một bộ phận - $p_2 = 1$, trong mạng cục bộ của một bộ phận và một doanh nghiệp - $p_3 = 2$, trong mạng cục bộ của một bộ phận, doanh nghiệp và công ty quản lý - $p_4 = 3$.

Tiếp theo, sử dụng công thức tương tự như công thức (3), đánh giá cấu trúc tích hợp được tính toán. Đánh giá cuối cùng của chỉ số này liên kết việc cung cấp tổng thể các trạm làm việc tự động và loại kết nối của các trạm làm việc tự động hiện có theo công thức:

$$R_4 = R_{4.1} \times R_{4.2} / \text{Số lượng điểm tối đa} (5)$$

Số điểm tối đa trong chỉ số này là 3. Chỉ số 5 được hình thành bằng cách đánh giá ba chỉ số khác nhau. Chỉ số đầu tiên $R_{5.1}$ được đánh giá dựa trên sự phân bố tỷ trọng của các công ty con và công ty liên kết theo các lựa chọn sử dụng trung tâm xử lý dữ liệu (DPC) và kho dữ liệu:

a_1 - sử dụng trung tâm dữ liệu riêng, %, a_2 - sử dụng trung tâm dữ liệu của công ty quản lý cấu trúc tích hợp, %, a_3 - sử dụng trung tâm dữ liệu thuê từ tổ chức bên thứ ba bên ngoài khuôn khổ cấu trúc tích hợp, %, a_4 - không sử dụng trung tâm dữ liệu nhưng có nhu cầu, %, a_5 - không sử dụng trung tâm dữ liệu, %.

Chỉ số thứ hai $R_{5.2}$ được đánh giá tùy thuộc vào việc phân bố tỷ trọng của DZO

theo các quy định dự phòng được áp dụng, có tính đến các hệ số trọng số: a_1 - tự động, %, a_2 - tự động, %, a_3 - thủ công, %.

Chỉ số thứ ba $R_{5.3}$ được đánh giá dựa trên sự phân bổ tỷ trọng của các công ty con và công ty liên kết theo phân loại trung tâm dữ liệu và kho dữ liệu, có tính đến các hệ số trọng số:

a_1 - công khai và bảo mật, %, a_2 - bí mật và cao hơn, %, a_3 - cả hai loại, %, a_4 - không phân loại, %.

Để đánh giá, hệ thống các yếu tố trọng số và công thức tương tự công thức (3) được sử dụng và đánh giá cuối cùng của chỉ số liên kết việc cung cấp tổng thể các trạm làm việc tự động và loại kết nối của các trạm làm việc tự động hiện có theo công thức (5):

$R_5 = R_{5.1} + R_{5.2} + R_{5.3}$ / Số lượng điểm tối đa (5)

Số điểm tối đa trong chỉ số này là 3.

Đánh giá việc sử dụng công nghệ siêu máy tính (SCT) được thực hiện theo một số giai đoạn: đánh giá tỷ lệ các công ty con sử dụng công nghệ siêu máy tính $R_{6.1}$ và đánh giá các giai đoạn của vòng đời mà công nghệ siêu máy tính $R_{6.2}$ được sử dụng.

Các công ty công nghiệp liên kết được chia thành các loại: a_1 - sử dụng SCT, a_2 - không sử dụng SCT nhưng có nhu cầu, a_3 - không cần sử dụng SCT. Theo loại giai đoạn áp dụng SCT, các công ty công nghiệp liên kết được phân bổ có tính đến các hệ số trọng số thành các loại sau:

a_1 - trong quá trình thiết kế và mô phỏng thử nghiệm, a_2 - trong quá trình sản xuất (chuẩn bị sản xuất), a_3 - trong quá trình thiết kế và mô phỏng thử nghiệm, cũng như trong quá trình sản xuất (chuẩn bị sản xuất).

Để đánh giá, một hệ thống các hệ số trọng số và các công thức tương tự như các công thức (3) và (5) được sử dụng. Số điểm tối đa trong chỉ số này là 2.

Đánh giá phần mềm hệ thống chung được thực hiện theo nhiều giai đoạn: đánh giá tính khả dụng của cơ sở dữ liệu và sự liên kết của hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu (DBMS) với các nhà phát triển Nga hoặc nước ngoài, đồng thời đánh giá các lớp phần mềm hệ thống chung được sử dụng và mức độ thống

nhất của chúng.

Đối với mỗi loại phần mềm, việc sử dụng cơ sở dữ liệu sẽ được chỉ ra và tỷ lệ DBMS do trong nước phát triển sẽ được tính toán.

Tiếp theo, tỷ lệ trung bình các cơ sở dữ liệu do DBMS trong nước quản lý được tính toán theo cấu trúc tích hợp. Chỉ số này được gán biến $R_{7.1}$.

Bước tiếp theo là xác định phạm vi phần mềm hệ thống chung được sử dụng và mức độ thống nhất của nó trong cấu trúc $R_{7.2}$ tích hợp dưới dạng tỷ lệ giữa các loại phần mềm hệ thống chung được sử dụng so với tổng số các loại phần mềm hệ thống chung. Trong khuôn khổ phần mềm hệ thống chung, các loại sau đây được phân tích: hệ điều hành, phần mềm diệt vi-rút, phần mềm văn phòng, chương trình quản lý ảo. Đánh giá cuối cùng của chỉ số này liên kết việc sử dụng phần mềm hệ thống chung và cơ sở dữ liệu bằng cách sử dụng công thức tương tự như công thức (5). Số điểm tối đa trong chỉ số này là 2.

Khi đánh giá mức độ tích hợp của thiết bị xử lý, thiết bị cho các loại công nghệ sau đây được xem xét: giàn khoan và máy liên hợp, thiết bị thông gió mỏ, băng tải mỏ và thiết bị xử lý than, thiết bị nghiền than, thiết bị tuyển than, thiết bị cung cấp điện, thiết bị thoát nước, thiết bị hệ thống an toàn đa chức năng, máy xúc lộ thiên, máy ủi lộ thiên, xe tự đổ mỏ lộ thiên.

Sau đó có ba lựa chọn: a_1 - thiết bị được tích hợp với hệ thống, a_2 - thiết bị không được tích hợp với hệ thống, a_3 - không cần tích hợp thiết bị. Sử dụng công thức tương tự công thức (3), đánh giá cấu trúc tích hợp được tính toán có tính đến hệ số trọng số p_n theo mức độ tích hợp thiết bị. Số điểm tối đa trong chỉ số này là 8.

Chỉ số 9 bao gồm các thiết bị cho năm hoạt động: khai thác than hầm lò, khai thác than lộ thiên, rửa than, lưu kho than và vận chuyển than.

Chỉ số R_9 này được đánh giá dựa trên tỷ lệ bao gồm trong các hệ thống giám sát thiết bị của doanh nghiệp. Khi đánh giá mức độ thống nhất của các hệ thống quản lý thông tin chuẩn và tham khảo (MDM), tỷ lệ tài liệu tham khảo được tải vào các hệ thống MDM

được đánh giá, tỷ lệ tài liệu tham khảo ngoài hệ thống MDM được đánh giá bằng chỉ số d - tỷ lệ tài liệu tham khảo được đồng bộ giữa các phần mềm thuộc các lớp khác nhau và chỉ số f - tỷ lệ tài liệu tham khảo được đồng bộ giữa các công ty con (DZO).

Đánh giá cấu trúc tích hợp cho ứng dụng hệ thống MDM được tính toán bằng công thức (6):

$$R_{10} = (a + b + c + 0,8x(d + f)) / 5, (6)$$

Chỉ số 11, sự hiện diện của các tiêu chuẩn tổ chức trong lĩnh vực CNTT, kiểm tra các tiêu chuẩn điều chỉnh việc sử dụng phần mềm cho các lớp tác vụ trong thiết kế, sản xuất và vận hành sản phẩm, quy trình sử dụng các quy trình kinh doanh được triển khai trong các lớp tác vụ khác nhau, quy trình sử dụng biểu mẫu báo cáo và quy trình sử dụng phân tích BI. Tiếp theo, sử dụng công thức (7), đánh giá cấu trúc tích hợp được tính toán dựa trên mức độ áp dụng các tiêu chuẩn trong lĩnh vực CNTT.

$$R_{11} = \sum a_n p_n / m, (7)$$

trong đó $m = 4 \times$ số công ty con, a_n là số công ty con sử dụng từ 0 đến 4 loại tiêu chuẩn, p_n là hệ số trọng số.

Chỉ số ứng dụng phân tích BI xem xét tỷ lệ các hệ thống ra quyết định tích hợp với các lớp phần mềm sau: a_1 - hệ thống quản lý dữ liệu kỹ thuật (PDM), %, a_2 - quản lý sản xuất, %, a_3 - quản lý hàng tồn kho, %, a_4 - quản lý cung ứng, %, a_5 - quản lý ngân sách, %, a_6 - quản lý kế toán, %, a_7 - quản lý kỹ thuật điện tử tương tác (IETM), %, a_8 - hệ thống giám sát trạng thái thiết bị, %.

Tiếp theo, chỉ số kết quả cho chỉ số này được tính toán bằng công thức (8):

$$R_{12} = \sum a_n / 8. (8)$$

Khi đánh giá chỉ số sử dụng hệ thống quản lý tài liệu hành chính của tổ chức R_{13} , tỷ lệ các máy trạm tự động trong các tổ chức sử dụng loại chữ ký số tương ứng sẽ được đánh giá.

Các chỉ số về tự động hóa quản lý hợp đồng R_{14} và việc sử dụng hệ thống quản lý hợp tác liên nhà máy R_{15} được đánh giá theo cách tương tự.

Các hoạt động nâng cao trình độ của nhân

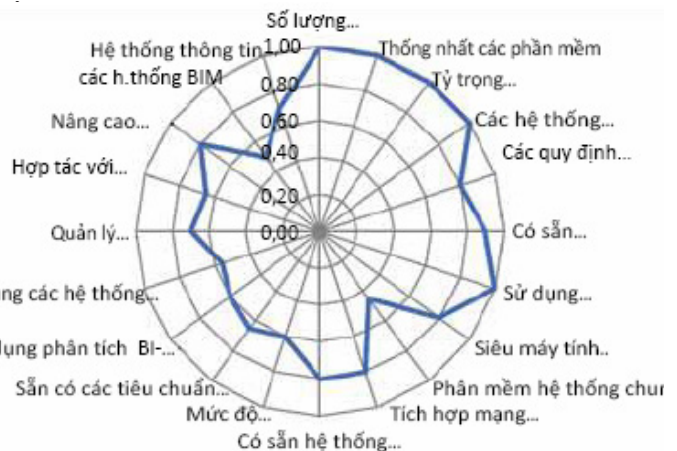
sự được đánh giá dựa trên sự hiện diện của các chuyên gia được chứng nhận trong bối cảnh các lớp học phần mềm trong năm qua bằng chỉ số R_{16} . Chỉ số R_{17} kiểm tra mức độ triển khai hệ thống BIM theo các cấp độ sau: a_1 : không sử dụng hệ thống BIM, a_2 : sản xuất, a_3 : công trường, a_4 : thiết bị khai thác, a_5 : thiết bị điện, a_6 : hệ thống kho, a_7 : bộ phận/phụ tùng thay thế, a_8 : kỹ thuật quy trình, a_9 : công nhân.

Tiếp theo, chúng tôi xem xét tỷ lệ các công ty con (phụ thuộc) đã triển khai hệ thống BIM ở mức độ cụ thể, có tính đến các hệ số trọng số và sử dụng công thức tương tự công thức (3), đánh giá cấu trúc tích hợp dựa trên mức độ ứng dụng hệ thống BIM. Số điểm tối đa trong chỉ số này là 8.

Chỉ số R_{18} kiểm tra mức độ tuân thủ các yêu cầu của luật pháp trong lĩnh vực an ninh thông tin của các công ty con (phụ thuộc), ví dụ, sự hiện diện tại doanh nghiệp của các viên chức được bổ nhiệm chịu trách nhiệm tổ chức và giám sát tình trạng bảo vệ thông tin, quản lý (hành chính) hệ thống bảo vệ thông tin của hệ thống tự động (thông tin), các quy định về việc xác định sự cố và ứng phó với chúng, v.v.

Đánh giá cuối cùng mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than.

Dựa trên kết quả tính toán của tất cả 18 chỉ số, một sơ đồ về mức độ trưởng thành số của một doanh nghiệp khai thác than được hình thành, xem (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ mạng mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than

Do đó, chỉ số cuối cùng về mức độ trưởng thành số của doanh nghiệp khai thác than được tính bằng công thức (9):

$$R = \Sigma R_n / m \times 100\%, (9)$$

Trong đó m là số điểm tối đa (bảng 20).

Đối với sơ đồ được trình bày, tỷ lệ này là 76,55%. Đánh giá mức độ số hóa cũng được hình thành theo công thức (10) và mức độ ứng dụng công nghệ tiên tiến theo công thức (11).

$$R = (\Sigma R_n - R_5 - R_6 - R_{17}) / m \times 100\%, (10)$$

trong đó m là số điểm tối đa cho cuộc khảo sát - 17.

$$R = (\Sigma R_5 + R_6 + R_{17}) / m \times 100\%, (11)$$

trong đó m là số điểm khảo sát tối đa - 3.

Đối với sơ đồ được trình bày, mức độ số hóa là 76,53%. Những khuyến nghị về phương pháp luận này cho phép đánh giá toàn diện các công ty khai thác than, có tính đến các công ty con (phụ thuộc) của họ cũng như các tổ chức riêng lẻ, để xác định điểm yếu và xác định các lĩnh vực phát triển ưu tiên trong lĩnh vực số hóa.

Kết luận

(Tiếp theo trang 46)

đang là một khoảng trống kỹ thuật.

Để khắc phục hạn chế này, cần nghiên cứu:

- Quy luật giải hấp khí mêtan từ mẫu than ướt trong lỗ khoan và xây dựng mô hình, phương pháp đo nhanh.

- Phát triển thiết bị tích hợp lấy mẫu bảo toàn - giải hấp khí mêtan trong khí khoan, đảm bảo thiết bị có kích thước phù hợp với không gian hẹp, đáp ứng yêu cầu về độ bền và chức năng.

- Rút ngắn thời gian xác định hàm lượng khí mêtan xuống dưới 30 phút.

4) Công nghệ truyền dữ liệu hiệu suất cao của đo lường trong khí khoan

Hiện nay, các phương pháp truyền dữ liệu trong đo đạc theo giếng khoan vẫn tồn tại nhiều hạn chế:

- Truyền có dây: Tốc độ truyền cao (300 ~ 1.000 bit/s), nhưng tín hiệu dễ bị ảnh hưởng bởi hệ thống bịt kín của cần khoan, chi phí cao và tính linh hoạt kém.

- Truyền qua xung áp suất bùn khoan: Tốc độ thấp (1 ~ 6 bit/s).

- Truyền qua sóng điện từ: Tốc độ cao

Các khuyến nghị về phương pháp luận này có tính đến các đặc thù của quá trình số hóa các công ty khai thác than ở Nga và cho phép đánh giá toàn diện, có tính đến các công ty con (phụ thuộc) cũng như các tổ chức riêng lẻ, để xác định điểm yếu và xác định các lĩnh vực ưu tiên phát triển của tổ chức trong lĩnh vực số hóa.

Phương pháp luận do tác giả đề xuất cũng có thể được các doanh nghiệp trong các ngành khác sử dụng khi điều chỉnh các thuật toán để tính toán các chỉ số có tính đến các đặc thù của quy trình công nghệ và phương pháp quản lý được sử dụng trong tổ chức mẹ và các công ty con) của công ty.

Tài liệu tham khảo

1. Цивилева А.Е., Голубев С.С. Методика проведения аудита цифровой зрелости организаций угледобывающей промышленности // Уголь. 2023. № 12. С. 24-29. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-24-29.

hơn (10 ~ 50 bit/s), nhưng phạm vi truyền ngắn và dễ bị nhiễu địa tầng.

Tất cả các phương pháp trên đều chưa thể đáp ứng yêu cầu truyền dữ liệu dung lượng lớn, tốc độ cao của khoan thông minh. Do đó, cần nghiên cứu các công nghệ truyền dữ liệu tiên tiến như: Phát triển cần khoan thông minh và công nghệ truyền dữ liệu qua cáp quang. Thiết kế hệ thống khoan định hướng với truyền dữ liệu hai chiều bằng cảm ứng điện từ, giải quyết các thách thức kỹ thuật gồm: Kết nối mềm của cần khoan, suy hao tín hiệu điện từ, cách bố trí dây dẫn thông tin, công nghệ gia công cần khoan.

Về mặt lý thuyết, tốc độ truyền dữ liệu có thể đạt trên 20 Kbit/s, đảm bảo truyền tín hiệu thời gian thực, đo lường và truyền đi dữ liệu dung lượng lớn ngay lập tức và gửi lệnh điều khiển nhanh chóng. Điều này sẽ cung cấp nền tảng công nghệ quan trọng cho khoan thông minh và hiện đại hóa khai thác than.

Cơ chế, chính sách hỗ trợ và quy trình lựa chọn phát triển mỏ xanh ở Trung Quốc

>> **KS. Trần Tiến Huệ**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

Tóm tắt: Để đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường sinh thái và đạt được mục tiêu trung hòa carbon đối với sản xuất than của Việt Nam, việc xây dựng các mỏ xanh đã trở thành vấn đề cấp thiết. Công nghệ khai thác mỏ xanh nhằm: bảo tồn nước, bảo vệ đất đai và các công trình, phát thải khí, v.v. Bài báo tìm hiểu về cơ chế, chính sách thúc đẩy khai thác mỏ xanh của Trung Quốc làm cơ sở tham khảo cho ngành than Việt Nam. Quy trình đưa vào và quản lý danh mục các mỏ xanh tại Trung Quốc đã được giới thiệu để giúp hiểu các mục tiêu và nhiệm vụ xây dựng của các mỏ xanh. Kinh nghiệm của Trung Quốc trong việc phát triển mỏ xanh là: việc xây dựng các mỏ xanh trong tương lai đòi hỏi sự nỗ lực chung của các doanh nghiệp, chính quyền và xã hội.

Abstract: In order to meet the requirements of ecological environmental protection and achieve the goal of carbon neutrality in Vietnam's coal production, the construction of green mines has become an urgent issue. Green mining technology aims to: conserve water, protect land and structures, reduce gas emissions, etc. This article explores the mechanisms and policies promoting green mining in China as a reference for the Vietnamese coal industry. The process of listing and managing green mines in China is introduced to help understand the construction goals and tasks of green mines. China's experience in developing green mines is that the construction of green mines in the future requires joint efforts of enterprises, governments and society.

1. Mở đầu

Hoạt động khai thác mỏ luôn tiềm ẩn nguy cơ gây thiệt hại cho bề mặt khu mỏ, cùng với khai thác mỏ, sẽ dẫn đến một loạt các hủy hoại sinh thái và ô nhiễm môi trường. Than là một nguồn năng lượng quan trọng đối với đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia nhưng trong quá trình khai thác than, vẫn còn nhiều vấn đề nảy sinh như: các vấn đề an toàn nghiêm trọng trong khai thác than như con số tử vong diễn ra hàng năm; sụt lún bề mặt, biến dạng đất đá mỏ sau khai thác; tỷ lệ thu hồi tài nguyên than thấp đáng kể; cần nâng cao mức độ cơ giới hóa chung.

Cùng với sự phát triển khai thác mỏ, thiệt hại về môi trường cũng gia tăng. Vì vậy, việc thiết lập mô hình khai thác mỏ xanh là xu hướng tất yếu về khai thác mỏ. Than, nước ngầm, khí mê-tan (khí) trong vỉa than, đất đai, than và các khoáng sản khác trong vùng lân cận của khu vực khai thác than là các đối tượng phát triển cần bảo vệ của mỏ. Khai thác mỏ xanh và công nghệ khai thác mỏ xanh xử lý than, khí, nước và tất cả các loại tài nguyên có thể sử dụng. Đầu tiên là ngăn

ngừa hoặc giảm thiểu các tác động tiêu cực của khai thác than đối với môi trường và các tài nguyên khác. Mục tiêu là đạt được lợi ích kinh tế và xã hội tốt nhất. Công nghệ khai thác mỏ xanh nhằm: bảo tồn nước, bảo vệ đất đai và các công trình, phát thải khí, v.v.

Theo Quyết định số 1658/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ, Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050 đã được phê duyệt. Vì vậy, công nghệ khai thác mỏ xanh trong hoạt động khai thác than để đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường sinh thái và đạt được mục tiêu trung hòa carbon là rất cần thiết, tuy vậy, vấn đề phát triển mỏ xanh của các doanh nghiệp mỏ còn hết sức mới mẻ. Trong khi đó, chính sách phát triển mỏ xanh ở các nước, chẳng hạn, như ở Trung Quốc đã khởi động từ rất lâu - năm 2007. Bài báo tìm hiểu về cơ chế, chính sách thúc đẩy khai thác mỏ xanh của Trung Quốc làm cơ sở tham khảo cho ngành than Việt Nam.

2. Cơ chế xây dựng mỏ xanh

Bảo vệ môi trường sinh thái, giải quyết biến đổi khí hậu và duy trì an ninh năng lượng

và tài nguyên đồng thời là những thách thức chung trên toàn cầu. Thúc đẩy chuyển đổi khai thác và hiện thực hóa phát triển xanh là mục tiêu xây dựng của các mỏ xanh. Từ năm 2007, nhiều nỗ lực đã được thực hiện và đã đạt được tiến bộ đáng kể trong việc xây dựng các mỏ xanh ở Trung Quốc.

Năm 2007, sáng kiến được đề xuất nhằm chuyển đổi cơ bản phương thức phát triển và phương thức tăng trưởng kinh tế, thực sự hiện thực hóa sự phát triển phối hợp giữa sử dụng tài nguyên hợp lý và bảo vệ môi trường, trở thành lựa chọn tất yếu cho sự phát triển của các doanh nghiệp khai thác mỏ. Đây cũng là lần đầu tiên Trung Quốc đề xuất khái niệm “khai thác mỏ xanh”. Năm 2008, Diễn đàn Kinh tế tuần hoàn khai thác mỏ Trung Quốc được tổ chức tại Nam Ninh, Quảng Tây. Liên đoàn khai thác mỏ Trung Quốc và 11 doanh nghiệp khai thác mỏ lớn đã vận động ký kết “Công ước khai thác mỏ xanh”, công ước này đã nhận được sự công nhận và phản hồi tích cực từ nhiều doanh nghiệp khai thác mỏ.

Năm 2009, “Kế hoạch tài nguyên khoáng sản quốc gia (2008–2015)” do Ủy ban Cải cách và Phát triển Quốc gia và Bộ Đất đai và Tài nguyên trước đây cùng ban hành đã đưa ra các yêu cầu rõ ràng về phát triển “khai thác xanh” lần đầu tiên và đặt ra mục tiêu chiến lược là “về cơ bản thiết lập mô hình khai thác xanh vào năm 2020”. Đây cũng là bước khởi đầu cho việc thúc đẩy toàn diện xây dựng khai thác xanh ở cấp chính phủ.

Năm 2010, Bộ Đất đai và Tài nguyên trước đây đã ban hành Ý kiến chỉ đạo về việc thực hiện “Quy hoạch tài nguyên khoáng sản quốc gia, phát triển mỏ xanh và xây dựng mỏ xanh”. Đây là lần đầu tiên các yêu cầu rõ ràng về xây dựng “mỏ xanh” được đưa ra dưới hình thức văn bản chính thức và các điều kiện cơ bản đối với các mỏ xanh cấp quốc gia đã được liệt kê.

Năm 2011, Bộ Đất đai và Tài nguyên trước đây đã công bố lô đơn vị thí điểm đầu tiên cho “mỏ xanh”, đánh dấu sự ra mắt chính thức của công tác thí điểm khai thác xanh quốc gia của Trung Quốc.

Năm 2015, “Ý kiến của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Trung Quốc và Quốc vụ viện về việc đẩy nhanh xây dựng nền văn minh sinh thái” chính thức đưa mỏ xanh vào văn kiện. Điều này đánh dấu sự chuyển dịch công tác này từ tự quản của doanh nghiệp sang vận động của các sở, nâng lên thành chiến lược quốc gia.

Năm 2016, Bộ Đất đai và Tài nguyên thiên nhiên đã ban hành “Kế hoạch Tài nguyên khoáng sản quốc gia (2016–2020)”, trong đó đề xuất nâng cao chất lượng và hiệu quả phát triển khai thác khoáng sản, đẩy nhanh quá trình chuyển đổi xanh và nâng cấp khai thác.

Năm 2017, Bộ Đất đai và Tài nguyên trước đây, phối hợp với Bộ Tài chính và sáu bộ khác, đã ban hành “Ý kiến thực hiện về việc đẩy nhanh xây dựng các mỏ xanh (Quy định về Đất đai và Tài nguyên (2017) số 4)”, đánh dấu sự chuyển đổi xây dựng khai thác xanh của Trung Quốc từ giai đoạn “thăm dò thí điểm” sang giai đoạn “thúc đẩy toàn diện”.

Năm 2020, Bộ Tài nguyên thiên nhiên đã ban hành “Các chỉ số đánh giá mỏ xanh”, trong đó làm rõ các điều kiện tiên quyết để lựa chọn mỏ xanh và thống nhất các tiêu chuẩn chỉ số đánh giá.

3. Chính sách hỗ trợ các mỏ xanh

Để đẩy nhanh quá trình xây dựng các mỏ xanh, các sở ban ngành và tỉnh liên quan (khu tự trị và thành phố) đã đưa ra một loạt các chính sách liên quan đến các mỏ xanh. Năm 2009, Bộ Đất đai và Tài nguyên đã ban hành Quy định về bảo vệ môi trường địa chất trong các mỏ, trong đó quy định trách nhiệm, quyền và lợi ích của việc bảo vệ môi trường địa chất trong các mỏ. Quy định này cũng quy định về việc phòng ngừa và phục hồi thiệt hại về địa hình và cảnh quan do hoạt động thăm dò tài nguyên khoáng sản và các hoạt động khác gây ra.

- Năm 2010, để đẩy nhanh quá trình xây dựng các mỏ xanh, Bộ Đất đai và Tài nguyên Trung Quốc đã ban hành Ý kiến chỉ đạo về việc thực hiện Quy hoạch tài nguyên khoáng sản quốc gia để phát triển khai thác mỏ xanh và xây dựng các mỏ xanh.

- Năm 2017, sáu bộ của Trung Quốc, bao gồm Bộ Đất đai và Tài nguyên, đã ban hành Hướng dẫn về việc đẩy nhanh xây dựng các mỏ xanh, trong đó thực hiện các chính sách khuyến khích ở bốn khía cạnh: sử dụng đất, sử dụng mỏ, tài chính và tài trợ.

- Năm 2021, Ủy ban Cải cách và Phát triển Quốc gia, Bộ Tài chính và Bộ Tài nguyên thiên nhiên đã ban hành Kế hoạch 5 năm lần thứ 14 về Thúc đẩy Phát triển Chất lượng cao các Khu vực dựa vào Tài nguyên, trong đó đề xuất nên thúc đẩy mạnh mẽ việc xây dựng mỏ xanh và tất cả các mỏ mới và mở rộng phải đáp ứng các yêu cầu.

Các tỉnh như Sơn Đông, Sơn Tây đã đưa ra các chính sách có liên quan. Năm 2020, Tỉnh Sơn Đông đã ban hành Phương pháp tiếp cận quản lý xây dựng mỏ xanh của Tỉnh Sơn Đông. Năm 2022, Tỉnh Sơn Tây đã ban hành thông báo có tiêu đề Ý kiến chỉ đạo về Thúc đẩy toàn diện việc xây dựng mỏ xanh.

4. Quy trình lựa chọn mỏ xanh và Quản lý danh mục

Các mỏ có trình độ xây dựng đáp ứng các tiêu chuẩn về mỏ xanh có thể được đưa vào Danh sách mỏ xanh quốc gia của Trung Quốc. Các chính sách khuyến khích trong danh sách đã được thực hiện đối với các mỏ xanh, có thể thúc đẩy họ hoàn thành nghĩa vụ của mình tốt hơn. Quy trình lựa chọn và quản lý danh sách các mỏ xanh được thể hiện trong Hình 1.

(1) Quy trình tuyển chọn

Theo thông báo tuyển chọn mỏ xanh năm 2020 do Tổng cục Tài nguyên thiên nhiên Trung Quốc ban hành, các thủ tục tạo chính như sau.

i. Nộp đơn trực tuyến. Các doanh nghiệp khai thác đăng nhập vào Hệ thống thông tin quản lý danh mục mỏ xanh quốc gia và điền thông tin đơn đăng ký có liên quan.

ii. Tự đánh giá của các doanh nghiệp khai thác. Các doanh nghiệp khai thác tiến hành tự đánh giá và lập báo cáo tự đánh giá theo yêu cầu xây dựng mỏ xanh và tiêu chuẩn ngành. Sau đó, các doanh nghiệp khai thác điền báo cáo tự đánh giá thông qua hệ thống danh mục.

iii. Đánh giá của bên thứ ba. Dưới hình thức dịch vụ do chính phủ mua, các cơ quan đánh giá của bên thứ ba được giao nhiệm vụ tiến hành đánh giá cấp độ xây dựng mỏ xanh tại chỗ. Báo cáo đánh giá của bên thứ ba được lập theo yêu cầu của các chỉ số đánh giá thống nhất. Bộ phận phụ trách tài nguyên thiên nhiên lựa chọn các mỏ và tiến hành xác minh thực địa.

iv. Công khai. Các ứng viên mỏ xanh được công khai trực tuyến, trên báo và thông qua các kênh khác. Sau khi công khai và không có phản đối hoặc bất đồng quan điểm, các ứng viên sẽ được đưa vào danh sách mỏ xanh quốc gia.

(2) Quản lý danh mục

Đề khen thưởng các mỏ có trong danh sách mỏ xanh và thúc đẩy họ thực hiện tuân thủ các nghĩa vụ của mình, việc quản lý danh sách mỏ xanh được thực hiện bởi các Sở Quản lý Đất đai và Tài nguyên. Nó chủ yếu bao gồm các cơ chế giám sát, chính sách khuyến khích và cơ chế suy thoái.

i. Cơ chế giám sát. Các mỏ xanh trong danh sách quốc gia được công khai cho công chúng và chịu sự giám sát. Cục Quản lý Tài nguyên Thiên nhiên tiến hành thanh tra tại chỗ các mỏ xanh. Nếu trình độ xây dựng của các mỏ không đáp ứng các tiêu chuẩn về mỏ xanh, các mỏ sẽ được lệnh khắc phục vấn đề và bị loại khỏi danh sách. Trong khi đó, các sở quản lý tài nguyên thiên nhiên của mỗi tỉnh tiến hành kiểm tra tại chỗ các mỏ xanh theo yêu cầu "kiểm tra ngẫu nhiên kếp và một lần công khai".

ii. Chính sách khuyến khích. Các mỏ xanh trong danh sách có thể được hưởng chính sách hỗ trợ khuyến khích tương ứng và các mỏ xanh được lệnh khắc phục sẽ ngừng hưởng chính sách khuyến khích.

iii. Cơ chế hạ cấp. Các bộ phận có liên quan sẽ đưa lại các mỏ đã qua quá trình khắc phục vào danh sách mỏ xanh. Các mỏ có quá trình khắc phục không đủ điều kiện sẽ bị xóa khỏi danh sách và không còn được hưởng chính sách khuyến khích.

5. Đánh giá, chứng nhận cấp độ mỏ xanh
Nhìn chung, các mỏ xanh trong danh sách



Hình 1. Quy trình đưa vào và quản lý danh mục các mỏ xanh ở Trung Quốc

quốc gia đã trải qua quá trình tự đánh giá và đánh giá của bên thứ ba trong quá trình công bố. Tự đánh giá là việc chuẩn bị các báo cáo tự đánh giá của các doanh nghiệp khai thác hoặc các tổ chức đánh giá có liên

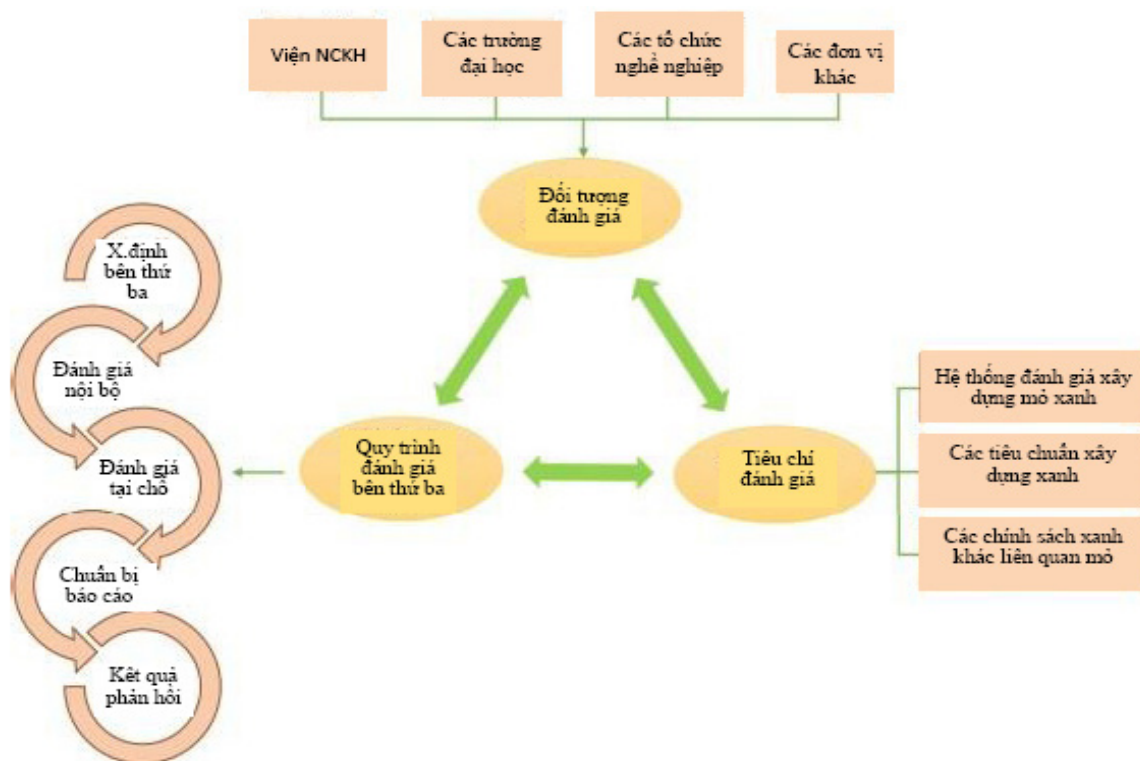
quan được các mỏ ủy thác để đáp ứng các tiêu chuẩn xây dựng liên quan cho các mỏ xanh. Các đơn vị được ủy ban công nhận cũng có thể được mời để chứng nhận mức độ xây dựng của các doanh nghiệp khai thác.

Sau khi được chứng nhận, mỏ tiếp tục triển khai xây dựng mỏ xanh dựa trên các thiếu sót của mình. Sau khi nộp đơn xin mỏ xanh, cơ quan chính phủ sẽ mua dịch vụ đánh giá của bên thứ ba để đánh giá xem mỏ có đáp ứng các thông số kỹ thuật xây dựng mỏ xanh hay không theo "Thực hiện ý kiến về việc đẩy nhanh việc xây dựng các mỏ xanh", "chín tiêu chuẩn công nghiệp", "Hệ thống

chỉ số đánh giá xanh" và các thông số kỹ thuật khác. Quá trình đánh giá được thể hiện trong Hình 2.

Kết luận

Với những tác động về môi trường của khai thác mỏ, việc xây dựng các mỏ xanh đã trở thành xu hướng tất yếu trong sự phát triển của ngành khai thác mỏ để thực hiện mục tiêu phát thải ròng bằng không.



Hình 2. Lưu đồ đánh giá của bên thứ ba

Kinh nghiệm của Trung Quốc trong việc phát triển mỏ xanh là: việc xây dựng các mỏ xanh trong tương lai đòi hỏi sự nỗ lực chung của các doanh nghiệp, chính quyền và xã hội, theo mô hình phát triển “do chính phủ chỉ đạo, doanh nghiệp định hướng, hiệp hội hỗ trợ, chính sách bảo lãnh và hoạt động thị trường”, để thúc đẩy việc liên tục khám phá và đổi mới công nghệ và phương pháp xây dựng mỏ xanh.

Chính phủ cần hoàn thiện chính sách và hệ thống tiêu chuẩn, tăng cường hỗ trợ tài chính và tăng cường giám sát và quản lý các mỏ hiện có. Các doanh nghiệp cần xây dựng kế hoạch chi tiết phù hợp điều

kiện từng nơi, từng doanh nghiệp một cách tích cực và chủ động, đẩy nhanh việc nâng cấp và chuyển đổi phù hợp với điều kiện của địa phương và dần đáp ứng các tiêu chuẩn xây dựng mỏ xanh.

Tài liệu tham khảo

1. Zhengkang Shi, Green Mining Technology in Mining Zhengkang Shi, International Conference on Applied Science and Engineering Innovation (ASEI 2015).
2. Du, K.; Xie, J.; Xi, W.; Wang, L.; Zhou, J. Construction Practices of Green Mines in China. Sustainability 2024, 16, 461. <https://doi.org/10.3390/su16010461>

Sáng ngày 23/4/2025, Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin đã tổ chức thành công Đại hội đồng cổ đông thường niên năm 2025. Đại hội có sự tham dự của 72 đại biểu, đại diện cho 82,14% cổ phần có quyền biểu quyết.



Ông Ngô Thế Phiệt - Chủ tịch Hội đồng quản trị - Chủ tọa khai mạc Đại hội

Tại Đại hội, các cổ đông đã thảo luận và thống nhất thông qua nhiều nội dung quan trọng, mang tính chiến lược đảm bảo sự phát triển bền vững của Công ty trong giai đoạn tới.

Năm 2024, Công ty đã ghi nhận kết quả sản xuất kinh doanh tích cực, cụ thể:

+ Doanh thu: 162.21 tỷ đồng (tăng 100,9% so với cùng kỳ và 101,4% so với kế hoạch),

+ Lợi nhuận trước thuế: 3,657 tỷ đồng (tăng 132,8% so với cùng kỳ và 215,1% so với kế hoạch).

+ Lợi nhuận sau thuế: 1,81 tỷ đồng (tăng 102,5% so với cùng kỳ và 133,2% so với kế hoạch).

+ Thu nhập bình quân: 22,69 triệu đồng/người (tăng 122,5% so với cùng kỳ và 128,3% so với kế hoạch).

+ Tỷ lệ chi trả cổ tức: 5% (đạt 100% so với cùng kỳ và 166,7% so với kế hoạch).

Những kết quả nổi bật này là minh chứng cho sự lãnh đạo linh hoạt, quyết liệt của Ban điều hành; tinh thần đoàn kết, nỗ lực vượt khó của tập thể CBCVN; cùng sự quan tâm, chỉ đạo kịp thời của lãnh đạo Tập đoàn và các cơ quan quản lý các cấp.

Phát biểu tại Đại hội, Ông Lê Văn Duẩn, Giám đốc Công ty khẳng định định hướng năm 2025 của Công ty là tiếp tục nâng cao chất lượng sản phẩm, cải tiến quy trình, nâng cao trình độ chuyên môn của đội ngũ thiết kế, tiết

kiệm chi phí và đẩy mạnh mở rộng thị trường ngoài ngành. Công ty đặt mục tiêu doanh thu từ dịch vụ tư vấn ngoài ngành chiếm trên 10% tổng doanh thu trong năm.



Ông Lê Văn Duẩn - Giám đốc Công ty báo cáo Kết quả sản xuất kinh doanh năm 2024 và Kế hoạch năm 2025

Đại hội đã xem xét, thảo luận và biểu quyết thông qua các nội dung quan trọng gồm: Báo cáo kết quả SXKD năm 2025 và Kế hoạch năm 2025; Báo cáo của Hội đồng quản trị và Ban kiểm soát; Phương án phân phối lợi nhuận năm 2024; Báo cáo thù lao, tiền lương của HĐQT, BKS, Người quản trị kiêm Thư ký Công ty năm 2024 và kế hoạch năm 2025; Đề án cơ cấu lại Công ty đến hết năm 2025; Việc thay đổi địa chỉ trụ sở và Sửa đổi Điều lệ Công ty.



Đại biểu biểu quyết thông qua các nội dung quan trọng

Đại hội đồng cổ đông thường niên năm 2025 Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin đã kết thúc thành công. Đại hội thể hiện sự đồng thuận cao và tin tưởng của các cổ đông vào chiến lược phát triển của Công ty, khẳng định quyết tâm duy trì đà tăng trưởng và khẳng định vai trò là đơn vị tư vấn hàng đầu trong Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam.



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

Địa chỉ: Số 565 đường Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Nam, quận Thanh Xuân, 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 Hòn Gai, thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Tel: 020303939637

2. Xí nghiệp Thương mại và Dịch vụ tổng hợp

Địa chỉ: Tổ 35b, khu 3, phường Cẩm Thành, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. Tel: 020303939637