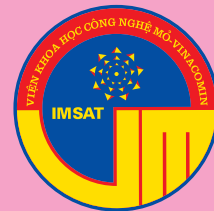


*Kinh biểu*



ISSN 1859 - 0063

SỐ 2/2026

**BẢN TIN**

**THÔNG TIN**

# **KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ**

**MINING TECHNOLOGY BULLETIN**

**VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ - VINACOMIN**

**TKV KIỂM TRA CÔNG TÁC CHỐNG LÒ BẰNG VÌ NEO DO VIỆN KHCN MỎ  
THIẾT KẾ THEO PHƯƠNG PHÁP MỚI TẠI CÔNG TY THAN DƯƠNG HUY**



## BẢN TIN

## THÔNG TIN

# KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ

SỐ 2/2026

ISSN 1859 - 0063

### BAN BIÊN TẬP

Trưởng Ban biên tập  
TS. ĐÀO HỒNG QUẢNG

Phó Ban biên tập  
TS. PHAN VĂN VIỆT

Thư ký thường trực  
KS. ĐÀO ANH TUẤN

Các thành viên  
TS. NHỮ VIỆT TUẤN  
TS. ĐOÀN VĂN THANH  
ThS. PHẠM CHÂN CHÍNH  
ThS. NGUYỄN VĂN MINH

Trình bày bìa  
KS. ĐÀO ANH TUẤN

### TÒA SOẠN

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ  
Số 3 Phố Phan Đình Giót, Phường  
Phương Liệt, Thành phố Hà Nội  
Điện thoại: 84-024-38647675  
Fax: 84-024-38641564

Email: [tkhcnm@gmail.com](mailto:tkhcnm@gmail.com)  
Website: [www.imsat.vn](http://www.imsat.vn)

## MỤC LỤC

CÔNG NGHỆ KHAI THÁC HÀM LÒ		
Một số kết quả bước đầu áp dụng giải pháp phá hỏa ban đầu bằng nổ mìn trong lỗ khoan dài tại lò chợ vỉa 4 mỏ than Khe Chuối - Công Ty 91 - Tổng Công Ty Đông Bắc	TS. Trần Minh Tiến TS. Đỗ Văn Hoàng KS. Nguyễn Quang Tiến KS. Trần Văn Nguyên	1
CÔNG NGHỆ KHAI THÁC LỘ THIÊN		
Sơ đồ công nghệ và các thông số khoan - phá đá bằng khí nén phù hợp cho các khu vực mỏ lộ thiên gần khu dân cư, công trình cần bảo vệ thuộc TKV	ThS. Đàm Công Khoa TS. Đoàn Văn Thanh	9
XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGÀM VÀ MỎ		
Đánh giá kết quả áp dụng thử nghiệm công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn thi công vỏ chống lò tại Công ty than Uông Bí - TKV	TS. Đinh Văn Cường TS. Nguyễn Văn Công KS. Nguyễn Khắc Hưng	15
TUYỂN, CHẾ BIẾN THAN - KHOÁNG SẢN		
Tính toán hệ số suy giảm tuyển tính và đánh giá tính khả tuyển than cấp hạt lớn bằng tia X cho một số mỏ than vùng Quảng Ninh	ThS. Nguyễn Hữu Nhân CN. Nguyễn Thành Tâm	22
ĐIỆN, TỰ ĐỘNG HÓA		
Xây dựng những tiêu chí về công nghệ áp dụng triển khai điện mặt trời để đánh giá khả năng triển khai ứng dụng cho các đơn vị sản xuất, kinh doanh của TKV	ThS. Nguyễn Kim Quý, ThS. Nguyễn Anh Nguyên TS. Phạm Thanh Liêm ThS. Nguyễn Minh Tâm	30
CÔNG NGHỆ MÔI TRƯỜNG		
Chuẩn hóa kiểm kê khí nhà kính cấp cơ sở: Nền tảng cho quản lý hạn ngạch phát thải ngành mỏ	KS. Trần Thị Thùy Linh CN. Ngô Nguyên Tùng	38
TRÍ TUỆ NHÂN TẠO & CHUYÊN ĐỒI SỐ		
MiccoRAG: Hệ thống quản lý tri thức cho Micco	KS. Đặng Đình Đạo CN. Hoàng Mạnh Hồng	44
Nghiên cứu phương pháp luận xây dựng giải pháp kiến trúc doanh nghiệp tại TKV và áp dụng thử nghiệm tại Micco	KS. Trần Văn Dũng ThS. Ngô Mạnh Hùng KS. Nguyễn Thị Mai Hiền ThS. Trịnh Thị Lan	50
TIN TRONG NGÀNH		
TKV chủ động xây dựng kịch bản điều hành sản xuất kinh doanh năm 2026; Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Nguyễn Văn Tuấn tiếp và làm việc với Hội Doanh nghiệp và Hội Tự động hóa LB Nga; Chủ tịch HĐTV Tập đoàn Ngô Hoàng Ngân tham gia đoàn công tác tại Indonesia	KS. Đào Anh Tuấn	58



## MỘT SỐ KẾT QUẢ BƯỚC ĐẦU ÁP DỤNG GIẢI PHÁP PHÁ HỎA BAN ĐẦU BẰNG NỔ MÌN TRONG LỖ KHOAN DÀI TẠI Lò CHỢ VỈA 4 MỎ THAN KHE CHUỐI - CÔNG TY 91 - TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC

**TS. Trần Minh Tiến, TS. Đỗ Văn Hoàng**

*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*

**KS. Nguyễn Quang Tiến, KS. Trần Văn Nguyên**

*Công ty 91 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc*

**Biên tập: TS. Phan Văn Việt**

### **Tóm tắt:**

*Bài báo tổng kết quá trình nghiên cứu lựa chọn, thiết kế và áp dụng thử nghiệm giải pháp phá hỏa ban đầu bằng nổ mìn trong lỗ khoan dài tại lò chợ vỉa 4 mỏ than Khe Chuối, Công ty 91 - Tổng Công ty Đông Bắc.*

### **1. Đặt vấn đề**

Trong khai thác than hầm lò, phá hỏa ban đầu là một công đoạn quan trọng nhằm làm sập đổ, giải phóng ứng suất tập trung trong đá vách để đưa lò chợ vào khai thác thường kỳ. Khi công đoạn này được thực hiện hiệu quả, đá vách sập đổ triệt để sẽ giảm tải cho vỉ chống lò chợ, ngăn ngừa nguy cơ xảy ra cú đấm mỏ, qua đó nâng cao mức độ an toàn cho quá trình khai thác thường kỳ. Ngược lại, nếu phá hỏa ban đầu không đạt hiệu quả, hệ thống thiết bị chống giữ lò chợ phải chịu áp lực lớn, tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn.

Tại các mỏ than hầm lò thuộc Tổng Công ty Đông Bắc, công tác phá hỏa ban đầu chủ yếu được thực hiện bằng giải pháp đào các đường lò cúp, thượng vách, hoặc cúp kết hợp thượng vách về phía sau thượng khởi điểm, sau đó khoan nổ mìn trong lỗ khoan ngắn để làm sập đổ đá vách. Thực tế áp dụng cho thấy giải pháp này phù hợp với các lò chợ có đá vách thuộc loại rất dễ sập đổ đến dễ sập đổ hoặc vị trí phá hỏa ban đầu gần khu vực khai thác cũ, các kiến tạo địa chất như đứt gãy, nếp uốn. Tuy nhiên, ở những lò chợ có đá vách thuộc loại sập đổ trung bình đến khó sập đổ, hiệu quả của giải pháp còn nhiều hạn chế như đá vách sập đổ không triệt để, treo với diện tích lớn làm gia tăng tải trọng lên thiết bị chống giữ lò chợ, kéo theo nguy cơ xảy ra cú đấm mỏ hoặc sập đổ đột ngột, đồng thời gây biến dạng các đường lò chuẩn bị, ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn và tính liên tục của sản xuất. Nguyên nhân chủ yếu do chiều dài theo phương các đường lò phục vụ phá hỏa ban đầu được thi công nhỏ hơn bước gãy ban đầu

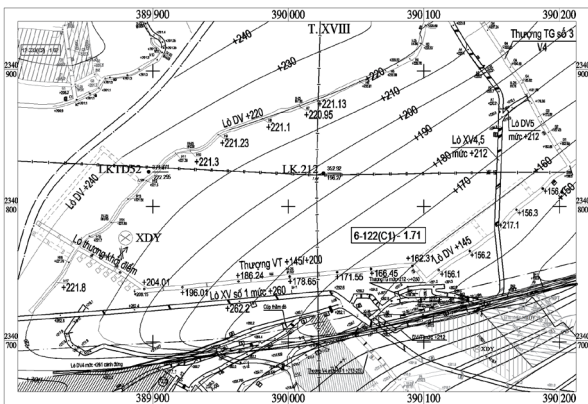
của đá vách trực tiếp, không đủ không gian cho quá trình sập đổ. Bên cạnh đó là hạn chế về công nghệ khoan với chiều sâu lỗ khoan chỉ đạt 2,0 ÷ 2,5m dẫn đến chiều cao sập đổ không đáp ứng yêu cầu lấp đầy khoảng trống đã khai thác. Những tồn tại trên đặt ra yêu cầu cấp thiết phải nghiên cứu, tìm kiếm các giải pháp phá hỏa ban đầu phù hợp hơn cho điều kiện lò chợ có đá vách sập đổ trung bình đến khó sập đổ tại các mỏ hầm lò thuộc Tổng Công ty Đông Bắc.

Từ thực tiễn trên, năm 2025, Tổng Công ty Đông Bắc đã đặt hàng Viện Khoa học Công nghệ Mỏ thực hiện đề tài: “Nghiên cứu áp dụng giải pháp phá hỏa ban đầu lò chợ cột dài theo phương bằng phương pháp nổ mìn lỗ khoan dài tại các mỏ hầm lò thuộc Tổng Công ty Đông Bắc” với mục tiêu chính là nâng cao hiệu quả công tác điều khiển áp lực mỏ và mức độ an toàn chống giữ lò chợ. Kết quả nghiên cứu của đề tài đã được áp dụng thử nghiệm tại một lò chợ thuộc vỉa 4 mỏ than Khe Chuối - Công ty 91. Bài viết này tóm tắt quá trình triển khai và đánh giá một số kết quả bước đầu đạt được trong thực tế sản xuất.

### **2. Lựa chọn khu vực áp dụng thử nghiệm**

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu của đề tài, Viện KHCN Mỏ đã phối hợp với Công ty 91 tiến hành khảo sát hiện trường, rà soát điều kiện địa chất, kỹ thuật mỏ và kế hoạch khai thác để lựa chọn khu vực thử nghiệm giải pháp phá hỏa ban đầu bằng khoan nổ mìn lỗ khoan dài. Việc lựa chọn khu vực lò chợ thử nghiệm được xác định theo các tiêu chí: (i) có đá vách thuộc loại sập đổ trung bình đến khó sập nhằm kiểm chứng hiệu quả so với các giải

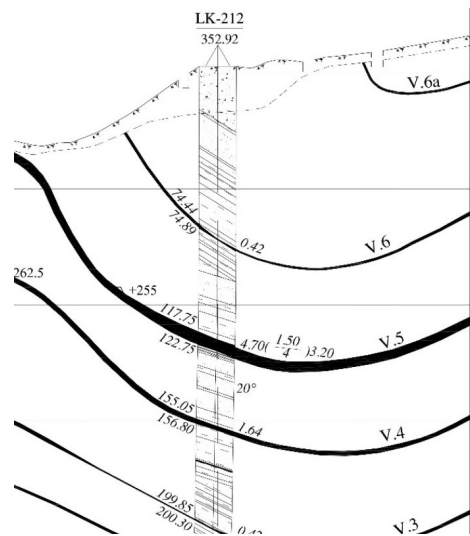
pháp truyền thống; (ii) lò chợ được huy động trong thời gian thực hiện đề tài để đảm bảo tính thực tiễn. Căn cứ các tiêu chí trên, hai bên đã thống nhất lựa chọn lò chợ mức +200/+220 vỉa 4 mỏ than Khe Chuối để áp dụng thử nghiệm giải pháp. Lò chợ có chiều dài theo phương khoảng 325m, chiều dài theo hướng dốc từ 62 ÷ 138m (tăng dần theo phương khấu). Các đường lò chuẩn bị cho lò chợ đã được Công ty 91 đào xong gồm lò dọc vỉa vận tải mức +145, thượng vận tải mức +145/+200 (đào bán xiên), lò dọc vỉa thông gió mức +220 và lò thượng khởi điểm +200/+220. Ngoài ra, để tận thu phần than trên mức +220, Công ty còn kéo dài thượng khởi điểm lên mức +240, mở lò thông gió mức +240 và thượng thông gió mức +220/+240. Sơ đồ chuẩn bị khu vực lò chợ được thể hiện tại hình 1.



Hình 1. Sơ đồ chuẩn bị lò chợ +200/+220 vỉa 4 mỏ than Khe Chuối

Theo các công trình thăm dò, đào lò hiện có trong phạm vi lò chợ, chiều dày toàn vỉa thay đổi từ 1,02 ÷ 2,99m, trung bình 2,0m. Vỉa có cấu tạo phức tạp, trong vỉa có từ 0 ÷ 3 lớp kẹp, chiều dày đá kẹp từ 0,00 ÷ 0,68m, trung bình 0,21m, thành phần đá kẹp là sét than, sét kết, đôi chỗ là bột kết. Góc dốc vỉa thay đổi từ 12 ÷ 29°, trung bình 20°. Đá vách trực tiếp của vỉa là lớp bột kết xen kẹp cát kết dạng thấu kính dày từ 3,7 ÷ 6,7m, trung bình 4,3m. Đá có màu xám sáng, rắn chắc, ít nứt nẻ, cấu tạo phân lớp với chiều dày phân lớp thay đổi từ 0,2 ÷ 0,4m, một số vị trí chiều dày phân lớp lên tới 0,5 ÷ 0,7m. Cường độ kháng nén thay đổi từ 412,3 ÷ 772,6kG/cm<sup>2</sup>, trung bình 635,2kG/cm<sup>2</sup>. Đôi chỗ nằm trực tiếp trên vỉa than là lớp vách giả (sét than, sét kết dạng thấu kính) mềm yếu có chiều dày từ 0,3 ÷ 0,5m. Vách cơ bản là tập cát kết màu xám tro, xám sáng có chiều dày từ 7,0 ÷ 21m,

trung bình 14m. Đá có cấu tạo phân lớp dày với chiều dày phân lớp từ 0,6 ÷ 1,0m. Đôi chỗ trong tập cát kết có xen kẽ các tập bột kết dạng thấu kính rắn chắc, ít nứt nẻ. Phía dưới vỉa than là tập bột kết có chiều dày từ 1,3 ÷ 6,2m, đôi chỗ là sét kết, sét than, than bản dạng thấu kính mềm yếu. Theo kinh nghiệm khai thác tại các lò chợ khác trong cùng vỉa chiều dài bước sập đổ ban đầu của đá vách khoảng 16 ÷ 22m, bước sập đổ thường kỳ từ 2,0 ÷ 3,0m, diện lộ trần khi khấu gương từ 15 ÷ 40m<sup>2</sup> ổn định trong thời gian từ hàng giờ đến hàng ca. Căn cứ vào đặc điểm cấu tạo, tính chất cơ lý và số liệu từ thực tế có thể xếp đá vách trực tiếp tại khu vực lò chợ vào loại ổn định trung bình đến ổn định, sập đổ trung bình đến khó sập đổ và tải trọng thuộc loại trung bình.



Hình 2. Thiết kế LK 212 - T. VIII

**3. Thiết kế giải pháp phá hòa ban đầu cho lò chợ**

Lò chợ mức +200/+220 vỉa 4 mỏ than Khe Chuối được Công ty 91 thiết kế khai thác bằng công nghệ khoan nổ mìn, chống giữ bằng giá thủy lực di động, điều khiển đá vách bằng phá hòa toàn phần. Để phù hợp với điều kiện địa chất, hiện trạng chuẩn bị và công nghệ khai thác tại khu vực lò chợ, giải pháp phá hòa ban đầu được lựa chọn áp dụng thử nghiệm là nổ mìn trong lỗ khoan dài kết hợp với các lỗ khoan ngắn từ các lò cúp. Theo giải pháp, từ phía sau thượng khởi điểm, đào các lò cúp, cách nhau 6 ÷ 8m theo hướng dốc để tạo không gian thi công khoan nổ mìn phá hòa ban đầu. Tại mỗi cúp, bố trí kết hợp giữa lỗ khoan dài và lỗ khoan ngắn vào đá vách và trụ than, sau đó

nạp nổ mìn trong các lỗ khoan để phá sập đá vách và trụ than. Căn cứ các tính toán, thiết kế đã xây dựng hệ chiếu khoan nổ mìn phá hỏa ban đầu đá vách cho khu vực lò chợ như sau:

Mỗi cúp bố trí 05 hàng lỗ khoan theo thứ tự từ hàng 1 đến hàng 5 theo chiều dốc. Mỗi hàng bố trí từ 4 ÷ 6 lỗ khoan lên vách và 2 lỗ khoan về phía trụ than giữa hai cúp. Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan là 1,4m.

- Hàng 1 bao gồm 06 lỗ khoan trong đó có 04 lỗ khoan bố trí về phía vách vỉa và 02 lỗ khoan về phía trụ than. Các lỗ khoan phá sập đá vách có chiều dài 2,0 ÷ 2,5m, mỗi lỗ nạp 0,8kg thuốc nổ và 02 kíp. Các lỗ khoan phá nổ trụ than dài từ 1,5 ÷ 2,0m, mỗi lỗ nạp 0,6kg thuốc nổ và 01 kíp;

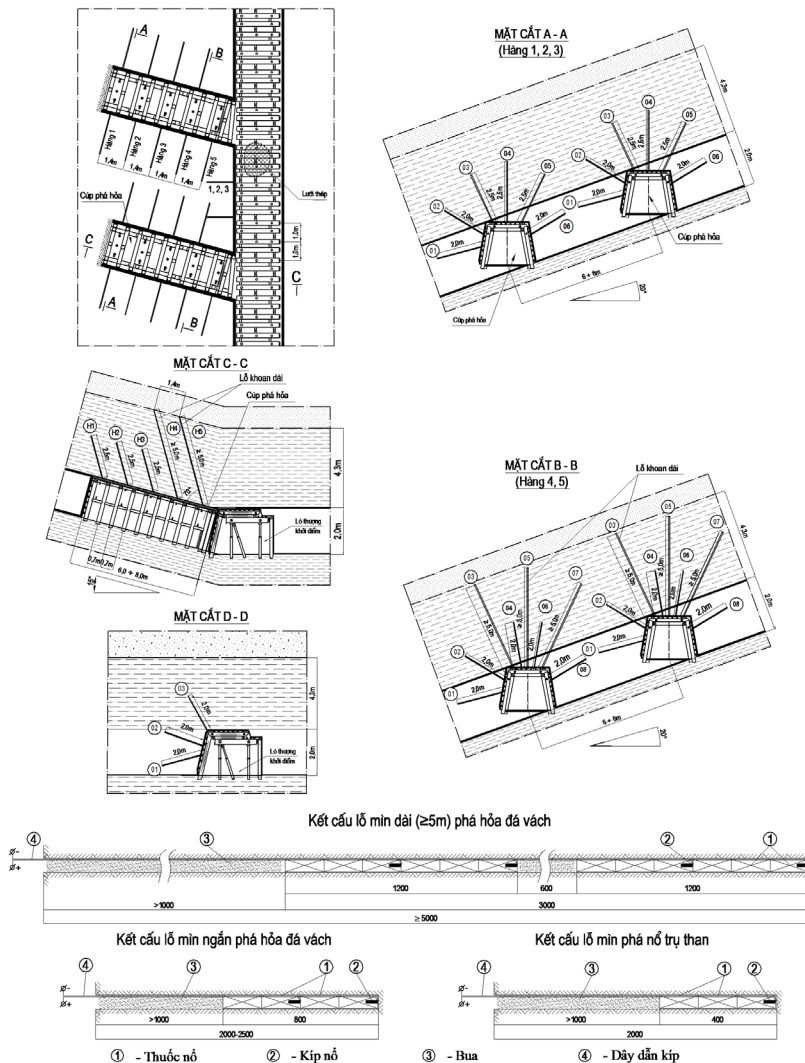
- Hàng 2, 3 bố trí khoan, nạp tương tự hàng 1;

- Hàng số 4 bao gồm 08 lỗ khoan trong đó có 06 lỗ khoan bố trí về phía vách vỉa và 02 lỗ khoan về phía trụ than. Các lỗ khoan phá sập đá vách dài 2,5 ÷ 5,0m, mỗi lỗ nạp 0,8 ÷ 2,4kg thuốc nổ và 02 ÷ 04 kíp. Các lỗ khoan phá nổ trụ than có chiều dài từ 1,5 ÷ 2,0m, mỗi lỗ nạp 0,6 kg thuốc nổ và 01 kíp;

- Hàng 5 bố trí tương tự hàng 4.

Theo hệ chiếu trên, số lượng lỗ khoan trong mỗi cúp phá hỏa là 34 lỗ trong đó có 06 lỗ khoan phá sập đá vách có chiều dài  $\geq 5,0m$ , 16 lỗ khoan phá sập đá vách có chiều dài 2,0 ÷ 2,5m và 12 lỗ khoan phá sập trụ than có chiều dài 1,5 ÷ 2,0m. Hệ chiếu khoan nổ mìn phá hỏa đá vách tại khu vực thử nghiệm được thể hiện trên hình 3.

Từ kết quả xây dựng hệ chiếu khoan nổ mìn



Hình 3. Hệ chiếu khoan nổ mìn phá hỏa đá vách lò chợ mức +200/+220 vỉa 4



a) Máy khoan ZQJC420/10



b) Máy khoan YT28

Hình 4. Các loại máy khoan lỗ khoan phá hỏa đá vách

Bảng 1. Đặc tính kỹ thuật của các máy khoan ZQJC420/10

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Trị số
1	Chiều dài lỗ khoan theo thiết kế	m	100 ÷ 150
2	Đường kính mũi khoan	mm	42 ÷ 50
3	Đường kính cần khoan	mm	35
4	Chiều dài cần khoan	m	1,0 ÷ 1,5m
5	Mô men thiết kế	N.m	420
6	Tốc độ thiết kế	vòng/phút	260/320
7	Lực đẩy khi khoan	KN	15
8	Áp lực khí làm việc	MPa	0,5
9	Lượng tiêu thụ khí ép	m <sup>3</sup> /ph	12

Bảng 2. Đặc tính kỹ thuật của thuốc nổ NTLT

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Trị số
1	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	1,05 ÷ 1,25
2	Tốc độ nổ	m/s	≥ 3800
3	Khả năng sinh công	cm <sup>3</sup>	270 ÷ 290
4	Độ nén trụ chì	mm	≥ 13
5	Khoảng cách truyền nổ	cm	≥ 4
6	Thời gian chịu nước	h	≥ 12
7	Lượng khí độc sinh ra khi nổ (quy ra CO)	lít/kg	≤ 150
8	Quy cách thời thuốc		
-	Đường kính thời thuốc	mm	36
-	Chiều dài thời thuốc	mm	200

phá hỏa đá vách, thiết kế lựa chọn các loại máy khoan để thi công các lỗ khoan như sau:

- Máy khoan dạng cột khí nén mã hiệu ZQJC420/10 được lựa chọn để thi công các lỗ khoan dài từ 5,0m trở lên trong đá vách. Thiết bị này được thiết kế để khoan trong đất đá có độ kiên cố (f) đến 10. Máy sử dụng nguồn khí nén làm động lực cho cơ cấu quay và tịnh tiến.

- Máy khoan khí nén cầm tay YT28 được sử dụng để thi công các lỗ khoan dài từ 1,5 ÷ 2,5m trong than và đá vách. Thiết bị này hiện đang được Công ty sử dụng tại các gương đào lò, khai thác với tính linh hoạt cao, đáp ứng tốt việc khoan các lỗ khoan trong than và đá có chiều dài như trên.

Cùng với các thiết bị khoan đã được lựa chọn và điều kiện sử dụng vật liệu nổ trong các mỏ hầm

lò có khí và bụi nổ, thiết kế lựa chọn thuốc nổ nhũ tương lò than (NTLT) để thực hiện công tác phá hỏa ban đầu tại lò chợ mức +200/+220, vỉa 4 mỏ than Khe Chuối. Từ năm 2010 đến nay, thuốc nổ NTLT đã được sử dụng rộng rãi thay thế thuốc nổ AH1 trong đào lò và khai thác nhờ đáp ứng tốt yêu cầu an toàn. Đồng thời, loại thuốc nổ này có những ưu điểm tốt hơn về khả năng công nổ và thân thiện với môi trường.

Để kích nổ thuốc nổ nhũ tương lò than, các mỏ

hầm lò hiện đều sử dụng kíp điện vi sai an toàn KVA.8Đ. Loại kíp này được thiết kế chuyên dùng cho môi trường mỏ than hầm lò có khí và bụi nổ. Kíp gồm 06 cấp vi sai với thời gian từ 25 ÷ 150ms, cho phép linh hoạt trong thiết kế mạng nổ, chiều dài dây dẫn kíp có thể đặt hàng chế tạo để phù hợp với các lỗ khoan có chiều dài đến 6m hoặc lớn hơn. Trên cơ sở đó, thiết kế lựa chọn kíp điện vi sai an toàn loại KVA.8Đ để kích nổ khối thuốc nổ trong các lỗ khoan phá hỏa ban đầu.



Hình 5. Kíp điện vi sai an toàn KVA.8Đ và máy nổ mìn KZS-1/02

Bảng 3. Đặc tính kỹ thuật của kíp điện an toàn KVA.8Đ

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Trị số
1	Đường kính ngoài kíp (max)	mm	7,3
2	Chiều dài kíp	mm	58
3	Dòng điện an toàn	A	0,18
4	Dòng điện phát hỏa	A	1,2
5	Cường độ nổ		Số 8
6	Điện trở	Ω	
-	Dây dẫn điện 2m		2,0 ÷ 3,2
-	Dây dẫn điện 3m		2,2 ÷ 3,4
-	Dây dẫn điện 5m		2,5 ÷ 3,7
-	Dây dẫn điện 6m		2,8 ÷ 4,0
7	Độ bền mỗi ghép miệng kíp	kg	2
8	Thời gian vi sai	ms	
-	Kíp số 1		25
-	Kíp số 2		50
-	Kíp số 3		75
-	Kíp số 4		100
-	Kíp số 5		125
-	Kíp số 6		150
9	Khả năng chịu nước (ở độ sâu 1m)	giờ	≥ 8

Bảng 4. Thông số kỹ thuật của máy nổ mìn KZS-1/02

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Trị số
1	Điện áp cực đại đặt trên các cọc nổi	V	700
2	Thời gian tồn tại của xung lực bắn	ms	≤ 4
3	Tổng trở mạng lớn nhất	Ω	360
4	Công suất bắn	kíp	≤ 120
5	Độ lớn của xung lực bắn	mJ/Ω	2,4
6	Năng lượng điểm hỏa lớn nhất	J	20
7	Thời gian sẵn sàng làm việc tối đa	s	15
8	Nguồn cấp	-	Pin, ắc quy 6V, ≥ 600mAh
9	Nhiệt độ làm việc	°C	-10 ÷ 40
10	Phạm vi ôm kế	Ω	0 ÷ 500

Để đáp ứng yêu cầu về an toàn ngày càng cao trong công tác nổ mìn, vài năm trở lại đây các mỏ than hầm lò trong nước đã đầu tư và sử dụng rộng rãi máy nổ mìn do Ba Lan sản xuất. Các loại máy nổ mìn này có ưu điểm là gọn nhẹ, tuổi thọ cao, làm việc ổn định trong điều kiện môi trường các mỏ than hầm lò. Đặc biệt máy có tích hợp đo điện trở mạch bắn mìn, nên kiểm tra được trường hợp mạch hở, hay mạch có tổng trở vượt quá ngưỡng cho phép. Trên cơ sở hiện trạng thiết bị phục vụ nổ mìn hầm lò hiện có của Công ty 91, thiết kế lựa chọn máy nổ mìn KZS-1/0.2 để phục vụ công tác phá hỏa ban đầu.

#### 4. Triển khai áp dụng thử nghiệm giải pháp

Công tác triển khai áp dụng thử nghiệm giải pháp phá hỏa ban đầu bằng nổ mìn trong lỗ khoan dài từ lò cúp tại lò chợ mức +200/+220 vỉa 4 mỏ than Khe Chuối được triển khai từ ngày 06/3/2026 ÷ 24/3/2026.

Công tác đào tạo, hướng dẫn lý thuyết và thực hành áp dụng giải pháp cho cán bộ, công nhân của Công ty 91 được tổ chức từ ngày 05/3/2026 đến ngày 07/3/2026 dưới sự hướng dẫn của các cán bộ Viện KHCNM. Nội dung hướng dẫn, đào tạo tập trung vào các vấn đề cơ bản sau: Giới thiệu về các giải pháp phá hỏa ban đầu bằng nổ mìn trong lỗ khoan dài; Trình tự khoan, nạp mìn, đấu nối mạng nổ và nổ mìn trong lỗ khoan dài phục vụ phá hỏa đá vách và các biện pháp kỹ thuật an toàn; Hướng dẫn sử dụng, vận hành máy khoan ZQJC420/10 ngoài mặt bằng. Tiếp đó, từ ngày 16/3/2026 ÷ 18/3/2026, đơn vị đã tổ chức vận chuyển máy khoan vào trong khu vực lò chợ và vận hành máy khoan thử thành công một số lỗ khoan dài từ 5 ÷ 6m trong đá vách. Tuy nhiên, trong quá trình khoan thử đã phát sinh một số sự

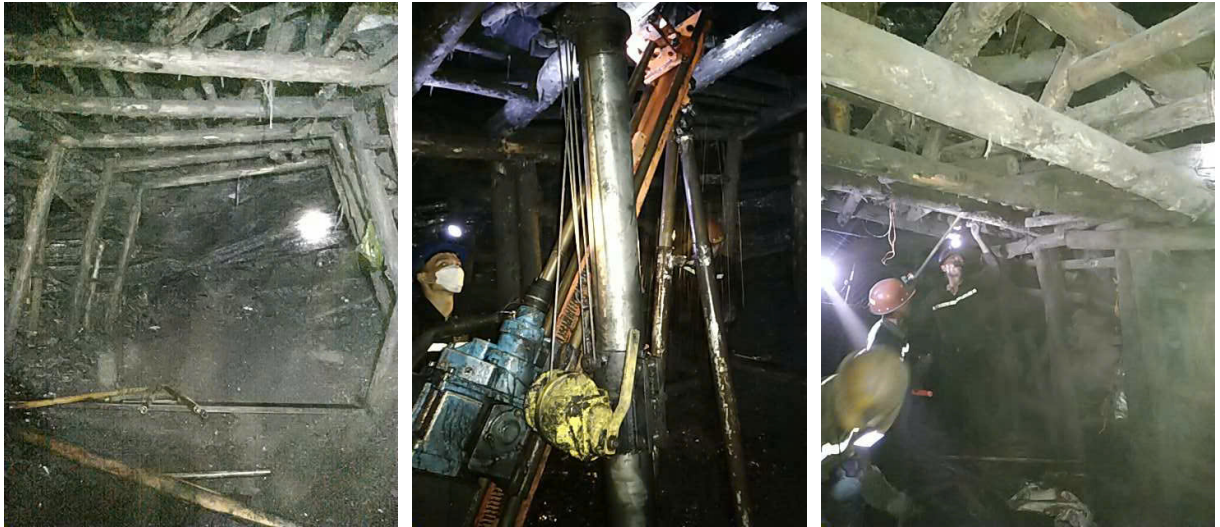
cố liên quan máy khoan như gãy ren đầu nối giữa trục quay động cơ và cần khoan, trượt bánh răng giữa động cơ và thanh dẫn hướng. Các sự cố trên được hai bên phối hợp khắc phục, bổ sung vật tư thay thế dự phòng kịp thời.

Sau khi thiết bị khoan hoạt động ổn định, hai bên đã phối hợp thi công, theo dõi kết quả áp dụng thử nghiệm giải pháp tại lò chợ mức +200/+220 vỉa 4 mỏ than Khe Chuối, một số kết quả đạt được như sau:

- Công tác khoan các lỗ mìn phá hỏa ban đầu được tiến hành từ ca 2 ngày 19/3/2026 đến ca 2 ngày 23/3/2026 trong đó:

- + Các lỗ khoan dài trong đá vách được thực hiện bằng máy khoan khí nén loại ZQJC420/10, sử dụng cần khoan loại 1,0m và 1,5m kết hợp mũi khoan đường kính Φ42. Trong mỗi cúp tiến hành khoan hai hàng lỗ khoan dài, mỗi hàng khoan 03 lỗ, vị trí khoan vào nóc lò cúp và cách đuôi giá từ 1,0 ÷ 1,5m. Kết quả bám giờ theo dõi cho thấy thời gian khoan mỗi lỗ khoan có chiều dài từ 6 ÷ 7m dao động từ 27 ÷ 68 phút. Tổng số lỗ khoan dài đã thực hiện là 40 lỗ (từ cúp 1 đến cúp 6, mỗi cúp 06 lỗ, riêng cúp 7 chỉ khoan được 04 lỗ do hạn chế về không gian). Thời gian thực hiện công tác khoan lỗ khoan dài trong cúp số 1 đến cúp số 7 từ ca 2 ngày 19/3/2026 đến ca 1 ngày 23/3/2026.

- + Các lỗ khoan ngắn trong lò cúp được thực hiện bằng máy khoan khí nén loại YT28, đường kính mũi khoan Φ42. Trong mỗi cúp tiến hành khoan từ 24 ÷ 28 lỗ khoan có chiều dài từ 2,0 ÷ 2,5m trong cả đá và than ở nóc và hông lò. Thời gian khoan mỗi lỗ khoan ngắn từ 5 ÷ 11 phút. Công tác khoan các lỗ khoan ngắn trong lò cúp thực hiện từ ca 1 ngày 21/3 đến hết ca 2 ngày 23/3/2026.



Hình 6. Một số hình ảnh trong quá trình triển khai áp dụng giải pháp

+ Các lỗ khoan ngắn vào trụ than nằm giữa hai cúp ở phía sau lò chợ được thi công trong ca 2 ngày 24/3/2026.

Công tác nạp mìn phá hỏa được tiến hành theo 3 đợt: ca 1 ngày 23/3/2026 nạp mìn trong các lỗ khoan tại các cúp 1, 2, 3; ca 1 ngày 24/3/2026 nạp mìn tại các cúp còn lại; ca 2 ngày 24/3/2026 nạp mìn các lỗ khoan trong trụ than phía sau lò chợ. Việc nạp mìn cho các lỗ khoan ngắn được thực hiện theo giải pháp hiện hành tại đơn vị với thời gian 2 ÷ 5 phút/lỗ. Đối với các lỗ khoan dài, sử dụng gậy nối bằng ống nhựa để nạp thuốc và búa, thời gian nạp 6 ÷ 11 phút/lỗ, khối lượng thuốc nổ, kíp nổ nạp cho mỗi lỗ tương đương mức thiết kế, một số vị trí điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện thực tế của đá vách. Kết quả theo dõi cho thấy tổng thời gian nạp mìn cho mỗi cúp dao động từ 87 ÷ 116 phút.

- Công tác đấu nối mạng nổ và nổ mìn: cũng được tiến hành theo 3 đợt tương ứng. Mạng nổ được đấu theo sơ đồ kết hợp các kíp trong lỗ khoan đấu song song, mạng ngoài lỗ khoan đấu nối tiếp. Để kích nổ mạng nổ sử dụng máy nổ mìn an toàn phòng nổ KZS-1/02.

- Sau khi nổ mìn, than và đất đá vách sập đổ lấp đầy không gian phía sau thượng khởi điểm. Tại một số vị trí (cúp 2, 3, 5, 6, 7), quan sát thấy các khối đá sập đổ cao khoảng 3 ÷ 5m, chỉ số áp lực của vỉ chống duy trì ổn định trong khoảng 6 ÷ 9MPa, không ghi nhận diễn biến bất thường sau phá hỏa (Hình 6).

Từ những kết quả bước đầu áp dụng giải pháp có thể đưa ra một số đánh giá sơ bộ như sau:

- Về công tác khoan lỗ khoan dài: Công tác khoan lỗ khoan dài đáp ứng yêu cầu về thông số thiết kế. Việc sử dụng máy khoan loại ZQJC420/10 cho phép thi công các lỗ khoan có chiều dài 6 ÷ 7m trong điều kiện đá vách có độ kiên cố ( $f$ ) lớn từ 4 ÷ 8. Tiến độ khoan phù hợp với điều kiện sản xuất thực tế, không ảnh hưởng tiến độ chung.

- Về công tác nạp, nổ mìn trong lỗ khoan dài: Công tác nạp và nổ mìn trong lỗ khoan dài đáp ứng yêu cầu kỹ thuật và an toàn. Việc sử dụng gậy nối bằng ống nhựa cho phép nạp thuốc và búa hiệu quả đối với các lỗ khoan dài từ 6 ÷ 7m. Đáng chú ý, mặc dù đây là giải pháp mới và trước đây cán bộ, công nhân đơn vị chưa có kinh nghiệm nhưng sau quá trình thử nghiệm đã nhanh chóng làm chủ giải pháp nạp mìn trong lỗ khoan dài, thao tác ngày càng thuần thục, bảo đảm kỹ thuật và an toàn.

- Về hiệu quả bước đầu của giải pháp: Việc áp dụng giải pháp nổ mìn trong lỗ khoan dài đã làm gia tăng phạm vi và chiều cao vùng sập đổ của đá vách, thúc đẩy quá trình sập đổ diễn ra đồng đều hơn và hạn chế hiện tượng vách treo với diện tích lớn cũng như gia tăng áp lực đột ngột khi sử dụng lỗ khoan ngắn. Theo dõi thực tế cho thấy đá vách sập đổ lấp đầy khoảng trống phía sau lò chợ, áp lực mỏ duy trì ổn định và không xuất hiện biến động bất thường. Kết quả này cho thấy trạng thái sập đổ thường kỳ của đá vách được hình thành ngay sau khi phá hỏa ban đầu và góp phần nâng cao hiệu quả điều khiển áp lực mỏ. Qua đó, bước đầu có thể nhận định giải pháp phá hỏa ban đầu bằng nổ mìn trong lỗ khoan dài từ lò cúp phù hợp

với điều kiện đá vách tại lò chợ vỉa 4 mỏ than Khe Chuối.

### **5. Kết luận**

Giải pháp phá hỏa ban đầu bằng nổ mìn trong lỗ khoan dài từ các lò cúp đã được nghiên cứu, thiết kế và triển khai áp dụng thử nghiệm trong thực tế sản xuất tại lò chợ mức +200/+220 vỉa 4 mỏ than Khe Chuối - Công ty 91. Kết quả áp dụng bước đầu cho thấy giải pháp có hiệu quả trong việc điều khiển áp lực mỏ đồng thời góp phần nâng cao mức độ an toàn khai thác lò chợ.

Trong thời gian tới, cần tiếp tục quan trắc, đo đạc áp lực mỏ, theo dõi trạng thái sập đổ của đá vách đồng thời thu thập bổ sung các số liệu liên quan nhằm đánh giá đầy đủ hiệu quả của giải pháp. Bên cạnh đó, cần tiếp tục chuẩn hóa, hoàn thiện hộ chiếu, quy trình khoan nổ mìn trong lỗ khoan dài tạo cơ sở khoa học và thực tiễn để nhân rộng áp dụng giải pháp cho lò chợ có điều kiện tương tự tại các mỏ than hầm lò thuộc Tổng Công ty Đông Bắc./.

### **Tài liệu tham khảo:**

[1]. Nguyễn Trọng Hoan, *Nghiên cứu đánh giá mức độ ổn định của đá vách và đá trụ ở các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh*, Viện Nghiên cứu Khoa học Kỹ thuật Mỏ - 1990.

[2]. *Nghiên cứu đề xuất phương pháp phân loại đá vách, đá trụ phục vụ công tác cơ giới hóa khai thác than ở các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh*, Viện KHCN Mỏ - 2008.

[3]. Tiêu chuẩn Quốc gia của Trung Quốc, số hiệu GB/T25217.13: *Phương pháp quan trắc, giám sát và phòng ngừa cú đấm mỏ - Phần 13, nổ mìn trong các lỗ khoan dài điều khiển đá vách*.

[4]. *Thiết kế áp dụng thử nghiệm giải pháp phá hỏa ban đầu bằng nổ mìn trong lỗ khoan dài tại lò chợ vỉa 4 mỏ than Khe Chuối*, Viện KHCN Mỏ - 2026.

[5]. *Các số liệu thống kê trong quá trình triển khai áp dụng giải pháp tại lò chợ mức +200/+220 vỉa 4 mỏ than Khe Chuối tính đến ngày 24/03/2026*.

---

## **Preliminary Results of Initial Roof Caving by Longhole Blasting at the No. 4 Longwall Panel (Seam 4), Khe Chuoi Coal Mine – Company 91, Dong Bac Corporation**

**Dr. Tran Minh Tien, Dr. Do Van Hoang - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology**  
**Engineer Nguyen Quang Tien, Engineer Tran Van Nguyen**  
*Company 91 - Branch of Northeast Corporation*

### **Abstract:**

#### *Abstract:*

*This paper presents the research process of selecting, designing, and pilot testing a solution for initial roof caving using longhole blasting at the No. 4 Longwall Panel (Seam 4), Khe Chuoi Coal Mine, Company 91 – Dong Bac Corporation.*

# SƠ ĐỒ CÔNG NGHỆ VÀ CÁC THÔNG SỐ KHOAN - PHÁ ĐÁ BẰNG KHÍ NÉN PHÙ HỢP CHO CÁC KHU VỰC MỎ LỘ THIÊN GẦN KHU DÂN CƯ, CÔNG TRÌNH CẦN BẢO VỆ THUỘC TKV

**ThS. Đàm Công Khoa, TS. Đoàn Văn Thanh**  
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

**Biên tập: TS. Đoàn Văn Thanh**

## Tóm tắt:

Trong điều kiện khai thác mỏ lộ thiên tại Việt Nam, nhiều khu vực khai trường tại các mỏ thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) nằm gần khu dân cư và các công trình cần bảo vệ, đặt ra yêu cầu cấp thiết phải hạn chế tác động của công nghệ khoan nổ mìn truyền thống. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực nhạy cảm, nhằm xây dựng sơ đồ công nghệ và xác định các thông số kỹ thuật phù hợp. Nghiên cứu được thực hiện thông qua thí nghiệm thực địa tại khai trường lộ thiên - Công ty than Mạo Khê, với các phương án bố trí lỗ khoan và áp suất khí nén khác nhau. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm mức độ đập vỡ đất đá, vận tốc dao động nền (PPV) và sóng xung kích không khí. Kết quả cho thấy công nghệ khí nén đảm bảo khả năng làm tơi đất đá đáp ứng yêu cầu xúc bốc, đồng thời giảm đáng kể rung chấn và sóng xung kích không khí so với phương pháp nổ mìn truyền thống. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất sơ đồ công nghệ và bộ thông số khoan - phá đá phù hợp cho các khu vực gần dân cư tại các mỏ lộ thiên thuộc TKV.

## 1. Đặt vấn đề

Hiện tại, nhiều khu vực khai thác than lộ thiên tại các mỏ thuộc TKV đang ngày càng mở rộng về phía các khu dân cư, công trình hạ tầng kỹ thuật. Trong khi đó, phương pháp khoan nổ mìn truyền thống bộc lộ nhiều hạn chế, đặc biệt là các tác động phụ như rung chấn nền đất, đá văng và sóng xung kích không khí, gây ảnh hưởng đến an toàn công trình và đời sống người dân. Nhiều khu vực thậm chí không thể tiến hành công tác làm tơi bằng khoan-nổ mìn.

Công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén sử dụng nguyên lý giãn nở thể tích đột ngột của nén để tạo ra áp suất phá vỡ đất đá, giúp giảm thiểu tối đa chấn động, tiếng ồn, hạn chế đá văng và không tạo ra khí độc hại, qua đó tăng cường an toàn và thân thiện hơn với môi trường. Với những ưu điểm vượt trội này, công nghệ này đang là một giải pháp thay thế nổ mìn tại những khai trường giáp với khu dân cư, công trình cần bảo vệ. Tuy nhiên, việc áp dụng tại điều kiện mỏ Việt Nam còn hạn chế, đặc biệt chưa có bộ thông số kỹ thuật và sơ đồ công nghệ phù hợp với điều kiện địa chất - khai thác cụ thể.

Để có cơ sở ứng dụng vào thực tế tại các mỏ, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam giao Viện Khoa học Công nghệ Mỏ -

Vinacomin thực hiện đề tài “Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV”. Từ các kết quả nghiên cứu, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin đã phối hợp với Công ty than Mạo Khê - TKV triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO<sub>2</sub> lỏng tại khai trường lộ thiên thuộc Công ty than Mạo Khê, kết quả thử nghiệm cho thấy có nghệ có tính khả thi.

Xuất phát từ thực tiễn đó, bài báo này nhằm mục tiêu: (i) Đề sơ đồ công nghệ phá đá bằng khí nén phù hợp; (ii) Xác định các thông số khoan - phá đá tối ưu thông qua thí nghiệm thực địa; (iii) Đánh giá hiệu quả về mức độ đập vỡ, chấn động, sóng xung kích không khí, và mức độ phát thải khí độc trong quá trình phá đá.

## 2. Điều kiện và phương pháp thử nghiệm

### 2.1. Điều kiện khu vực thử nghiệm

Khu vực thử nghiệm được bố trí tại mỏ than Mạo Khê, thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV), nơi có điều kiện khai thác lộ thiên điển hình trong khu vực gần dân cư và công trình cần bảo vệ. Khu vực thử nghiệm tồn tại nhiều đối tượng nhạy cảm. Cụ thể, cách khoảng 30-50 m dọc từ phía Tây đến phía Nam là tuyến đường dân sinh bê tông và các nhà dân,

phía Bắc giáp chân cột điện 220 kV và trạm quạt gió thuộc Dự án khai thác hầm lò. Điều kiện này phản ánh rõ yêu cầu nghiêm ngặt về kiểm soát tác động môi trường khi tiến hành phá vỡ đất đá.

Về địa chất mỏ, khu vực nghiên cứu thuộc khối Nam, nằm trong hệ tầng chứa than Hòn Gai giữa. Thành phần thạch học chủ yếu là các đá trầm tích vụn như cuội sạn kết, cát kết, bột kết và sét kết. Kết quả tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý cho thấy cường độ kháng nén của các loại đá dao động trong khoảng rộng, trong khi cường độ kháng kéo thấp hơn nhiều, phù hợp với cơ chế phá vỡ bằng ứng suất kéo. Độ kiên cố đất đá theo thang Protodiconov trong khu vực khai thác chủ yếu nằm trong khoảng  $f = 7 \div 10$ , trung bình khoảng  $8,2 \div 8,6$ . Để đảm bảo tính đại diện, các bãi thử nghiệm được lựa chọn tại khu vực có độ kiên cố  $f = 7 \div 9$ , phù hợp với điều kiện khai thác thực tế [1].

Về điều kiện kỹ thuật khai thác, khu vực thí nghiệm thuộc khai trường lộ thiên khu II mở rộng, áp dụng hệ thống khai thác xuống sâu, khấu theo lớp đứng, hai bờ công tác. Chiều cao tầng khai thác phổ biến từ  $10 \div 12$  m, góc dốc sườn tầng  $55 \div 60^\circ$  khi sản xuất và có thể đạt  $60 \div 65^\circ$  khi kết thúc. Chiều rộng mặt tầng công tác tối thiểu từ  $20 \div 31$  m, đảm bảo điều kiện bố trí thiết bị khoan, xúc và vận tải [2].

Tổng hợp các đặc điểm trên cho thấy khu vực thí nghiệm có điều kiện địa chất - kỹ thuật điển hình của các mỏ than lộ thiên thuộc TKV, với đất đá có độ kiên cố trung bình, mức độ nứt nẻ trung bình và chịu ảnh hưởng của nước. Đồng thời, khoảng cách gần tới khu dân cư và công trình bảo vệ đặt ra yêu cầu cao về kiểm soát rung chấn, sóng đập không khí và an toàn, do đó rất phù hợp để nghiên cứu và đánh giá khả năng áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén.

**2.2. Đề xuất sơ đồ công nghệ và thông số phá đá bằng khí nén thử nghiệm**

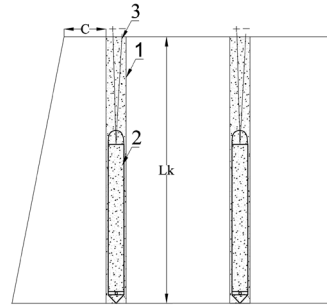
Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết, đề xuất quy trình, sơ đồ công nghệ và thông số phá đá bằng khí nén thử nghiệm như sau:

Quy trình công nghệ khoan-phá đá bằng khí nén gồm các bước chính:

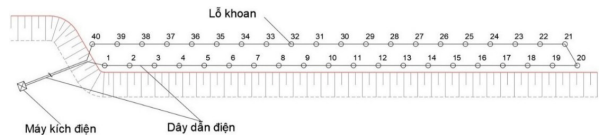
1. Khoan lỗ theo sơ đồ thiết kế;
2. Lắp đặt thiết bị khí nén vào lỗ khoan;
3. Bua kín miệng lỗ;
4. Kích hoạt giải phóng áp suất;
5. Kiểm tra và đánh giá kết quả phá vỡ.

Các lỗ khoan được bố trí theo mạng tam giác

đều, mỗi lỗ khoan được nạp một ống phá đá như hình 1. Sơ đồ đầu ghép mạng sử dụng phương pháp đầu nối tiếp, các ống thép phá đá được đầu nối tiếp với nhau và kích hoạt bằng máy kích điện tương tự như nổ mìn bằng kíp điện như hình 2 [3].



Hình 1. Sơ đồ khoan nạp ống chứa CO<sub>2</sub>  
1 - búa; 2- ống chứa CO<sub>2</sub> hóa lỏng; 3- dây dẫn điện kích hoạt; C- khoảng cách an toàn; L<sub>k</sub> - chiều sâu lỗ khoan; W đường kháng chân tầng



Hình 2. Sơ đồ đầu ghép mạng phá đá bằng CO<sub>2</sub>.

Các ống thép được kích hoạt bằng ống gia nhiệt gắn trên đầu khởi nổ của ống thép. Các thiết bị gia nhiệt được khởi động bằng cách sử dụng dòng điện có thể được cung cấp từ máy nổ mìn điện được đầu ghép với 2 cực của thiết bị. Các đầu cực của máy kích hoạt điện được đầu với các đầu cực của thiết bị gia nhiệt thông qua dây điện mạng. Các ống thép được đầu nối tiếp với nhau và được nối vào máy kích hoạt tương tự như nổ mìn điện.

**\* Thông số ống thép**

Ống phá đá được sử dụng cho các mỏ than lộ thiên được lựa chọn là loại có đường kính 108 mm có các thông số như sau:

- Chiều dài thân ống: 2 m;
- Chiều dài toàn ống: 2,2 m;
- Khả năng chứa khí: 8÷10 kg.

**\* Đường kính lỗ khoan phá đá**

Đường kính ống chứa bằng khoảng từ 0,7 ÷ 0,9 lần đường kính lỗ khoan để đảm bảo khả năng tối ưu khi nạp và khả năng phá vỡ đất đá, vì vậy đường kính lỗ khoan phù hợp từ 127 ÷ 152 mm.

**\* Khoảng cách giữa các lỗ khoan, a**

Theo công bố của nhà sản xuất đối với ống CO<sub>2</sub> nạp 8÷12 kg, P<sub>m</sub> = 5÷8 MPa. Theo số liệu



các báo cáo địa chất, kinh nghiệm thực tế, giá trị các thông số cơ lý đất đá có độ kiên cố  $f = 5 \div 12$  tại các mỏ lộ thiên thuộc TKV như sau: cường độ kháng kéo của đá  $\sigma_k = 6 \div 8$  MPa, hệ số tăng cường độ chịu kéo của đá dưới tải trọng động của đá  $K_k = 2,0 \div 3,0$ , chỉ số suy giảm sóng ứng suất  $\alpha \approx 1,5$ , tỷ số giữa vận tốc sóng ngang và sóng dọc của đá  $b = 0,5 \div 0,67$ . Sử dụng đường kính lỗ khoan  $0,152$  m. Thay vào công thức (5) tính được chiều dài nứt nứt tách tính từ tâm lỗ khoan có giá trị từ  $r_a = 0,65 \div 1,45$  m.

Với đường kính của ống phá đá là  $108$  mm và độ cứng đất đá  $f = 5 \div 12$  m, chọn  $a = 2r_a = 2,0 \div 2,7$  m.

**\* Xác định đường kháng chân tầng, W**

Với đường kính của ống phá đá là  $108$  mm, chọn  $W = a = 2,0 \div 2,7$  m.

**\* Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan, b**

Để tăng cường khả năng phá vỡ đất đá, Phương án bố trí mạng khoan tam giác đều nên khoảng cách giữa các hàng được xác định theo công thức:

$$b = \frac{a\sqrt{3}}{2} = 1,7 \div 2,3 \text{ m}, \quad (1)$$

**\* Chiều sâu lỗ khoan,  $L_k$**

Chiều sâu lỗ khoan được xác định theo khả năng phá vỡ của ống thép, chiều cao đồng đá sau khi phá đảm bảo cho thiết bị làm việc an toàn phù

*Bảng 1. Thông số kỹ thuật phá đá bằng CO<sub>2</sub> hóa lỏng thử nghiệm*

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Độ cứng đất đá f		$(5 \div 10) / 8$
2	Đường kính lỗ khoan	mm	$152 \div 165$
3	Đường kháng chân tầng	m	$(2,0 \div 2,7) / 2,5$
4	Khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng	m	$(2,0 \div 2,7) / 2,5$
5	Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan	m	$(1,7 \div 2,3) / 2$
6	Chiều sâu lỗ khoan	m	$5,5 \div 6,5$
7	Đường kính ống CO <sub>2</sub>	mm	108
8	Chiều dài ống CO <sub>2</sub>	m	2,2
9	Chiều cao búa	m	$2,8 \div 3,8$
10	Khối lượng CO <sub>2</sub> nạp trong một ống	kg	$8,0 \div 10,0$

hợp với đồng bộ thiết bị, hệ thống khai thác của các mỏ than lộ thiên. Căn cứ vào đường kính ống hợp lý là  $108$  mm có chiều dài  $2,2$  m, chiều sâu lỗ khoan  $L_k = 5,5 \div 6,5$  m

**\* Chiều dài búa,  $L_b$**

Chiều dài cột búa được tính như sau:

$$L_b = L_k - L_t, \quad (2)$$

Với các thông số kỹ thuật đã tính toán như trên có bảng thông số như bảng 1:

*Ghi chú: (Min÷Max)/trung bình*

**3. Kết quả thử nghiệm khoan - phá đá bằng khí nén cho các khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ ở các mỏ lộ thiên thuộc TKV**

Trong qua trình thử nghiệm, các cán bộ thực hiện đề tài của Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin đã phối hợp với Công ty than Mạo Khê - TKV theo dõi và đánh giá kết quả thi công các bãi phá đá thử nghiệm về mức độ đập vỡ đất đá, mức độ chấn động, sóng xung kích không khí cũng như phát thải khí ra môi trường.

**3.1. Mức độ đập vỡ đất đá**

Mức độ đập vỡ được đánh giá sơ bộ bằng ngay sau khi phá đá và trong quá trình xúc bốc, đồng thời thống kê, đo đạc bằng thước dây và chụp ảnh phân tích bằng phần mềm chuyên dụng (Hình 3 và 4). Kết quả đánh giá như sau:

+ Quá trình xúc bốc - vận tải của các tổ hợp ĐBTB diễn ra an toàn, máy xúc cỡ nhỏ (PC450 và PC500) có thể xúc toàn bộ bãi phá đá;

+ Thời gian chu kì xúc của máy xúc TLGN PC800 - E =  $4,5$  m<sup>3</sup> từ  $23 \div 28$  s, trung bình  $25$  s, TLGN PC450 và PC500 - E =  $2,5$  m<sup>3</sup> từ  $19 \div 26$  s, trung bình  $23$  s khi đường kính cỡ hạt trung bình từ  $0,34 \div 0,42$  m, năng suất máy xúc tương đương với xúc đá được làm toại bằng đầu đập thủy lực.

+ Đất đá có kích thước  $> 0,9$  m tại các bãi phá đá thử nghiệm được máy xúc gom đồng để làm toại bằng đầu đập thủy lực. Tỷ lệ quá cỡ từ  $0 \div 12$  % tùy từng bãi phá đá.

**3.2. Mức độ chấn động, sóng xung kích không khí và chất lượng không khí**

Công tác bố trí thiết bị đo: Sử dụng máy đo chấn động Blastmate III để đo chấn động, sóng xung kích không khí, Máy đo Testo 350 để đo nồng độ các loại khí phát thải. Các thông số: mức kích hoạt vận tốc giao động, sóng xung kích không khí được cài đặt, kiểm tra đo thử trước khi đo. Máy được đặt tại các vị trí với khoảng cách tới lỗ phá gần nhất khác nhau, cảm biến chấn động được chôn trong nền đất, micro gắn vào chân chuyên



dụng hướng về phía bãi phá đá. Khởi động máy trước khi di chuyển người ra khỏi khu vực phá đá. Kết quả đo các bãi phá đá thử nghiệm xem bảng 2.

Từ kết quả đo tại Bảng 2 cho thấy, Vận tốc dao động phần tử cực trị tại khoảng cách 42÷120 m đến lỗ khoan gần nhất: 0,22÷7,56 mm/s, tại khoảng cách 150 m không ghi nhận chấn động. Giá trị đo được tại các điểm quan trắc gần khu dân cư nằm trong giới hạn cho phép theo quy định tại Bảng 3 Điều 41 - QCVN 01:2019/BCT, thấp hơn đáng kể so với phương pháp nổ mìn truyền thống;

- Sóng xung kích không khí: 75÷120 dB nằm trong giới hạn cho phép theo quy định tại Bảng 4 Điều 42 - QCVN 01:2019/BCT, không ghi nhận hiện tượng sóng xung kích gây ảnh hưởng đến công trình, thiết bị xung quanh;

- Khí phát sinh (CO<sub>2</sub>): 0,04÷0,83 %; không phát sinh các loại khí CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>. Nồng độ khí CO<sub>2</sub> phát tán sau thử nghiệm nằm trong ngưỡng an toàn của giới hạn tiếp xúc ngắn theo quy định tại Bảng 1 Giá trị giới hạn tiếp xúc cho phép các yếu tố hóa học tại nơi làm việc - QCVN 03:2019/BYT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia giá trị giới hạn tiếp xúc cho phép của 50 yếu tố hóa học tại nơi làm việc do Bộ Y tế ban hành. Do đó, có thể đánh giá rằng mức phát thải khí trong điều kiện thử nghiệm ảnh hưởng không đáng kể đến môi trường và sức khỏe người lao động.

### 3.4. Phân tích tổng hợp

Tổng hợp các kết quả thí nghiệm cho thấy công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén có khả năng đáp ứng đồng thời các yêu cầu về kỹ thuật, an toàn và

môi trường trong điều kiện khai thác gần khu dân cư. Về hiệu quả phá vỡ, cỡ hạt trung bình và tỷ lệ đá quá cỡ thu được trong các bãi thử nghiệm đều nằm trong giới hạn cho phép, đảm bảo điều kiện thuận lợi cho công tác xúc bốc bằng các thiết bị hiện có tại mỏ. Điều này chứng tỏ năng lượng giải phóng từ quá trình giãn nở khí nén đủ để tạo hệ thống khe nứt phát triển trong khối đá, mặc dù không tạo sóng xung kích mạnh như nổ mìn truyền thống.

Về mặt an toàn, các giá trị vận tốc dao động nền (PPV) đo được trong khoảng 0,22÷7,56 mm/s, thấp hơn đáng kể so với ngưỡng giới hạn cho phép và đặc biệt thấp hơn nhiều so với phương pháp nổ mìn trong cùng điều kiện. Sóng đập không khí dao động trong khoảng 75÷132,7 dB, chủ yếu tập trung ở mức không gây ảnh hưởng đến công trình dân dụng, không ghi nhận hiện tượng vỡ kính hay hư hại kết cấu. Đồng thời, kết quả quan trắc môi trường không khí cho thấy nồng độ các khí độc hại như CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> gần như không phát sinh, phản ánh ưu điểm rõ rệt của công nghệ khí nén so với công nghệ sử dụng thuốc nổ.

Tuy nhiên, hiệu quả phá vỡ vẫn phụ thuộc vào điều kiện địa chất và mật độ bố trí lỗ khoan, do đó cần tối ưu hóa thông số thiết kế cho từng khu vực cụ thể. Nhìn chung, công nghệ khí nén thể hiện tính khả thi cao và là giải pháp phù hợp để thay thế hoặc bổ trợ nổ mìn tại các khu vực nhạy cảm.

### 4. Đề xuất sơ đồ công nghệ và thông số

#### 4.1. Đề xuất quy mô, sơ đồ công nghệ theo khoảng cách đến công trình cần bảo vệ

Từ kết quả nghiên cứu lý thuyết và thử nghiệm

Bảng 2. Kết quả đo chấn động, sóng xung kích không khí và chất lượng không khí

Số bãi	Thời gian	Ngày	Số lượng lỗ	Cốt cao: mặt bãi/ đặt máy	Kết quả đo				
					Chấn động		Sóng xung kích, dB	Không khí	
					Khoảng cách, m	Giá trị, mm/s		% CO <sub>2</sub>	CO, ppm
Bãi 1	17:40	27/3/2026	16	+3/-2	46	2,54	74,8	0,10	0
Bãi 2	16:06	31/3/2026	20	-5/-2	42	0,22	101,0	0,05	0
Bãi 3	16:26	1/4/2026	16	-4/-2	20	4,73	127,5	0,04	0
Bãi 4	11:05	3/4/2026	32	-2/+7	90	7,56	132,7	0,32	0
Bãi 5	15:01	4/4/2026	16	-8/7	120	1,82	117,5	0,05	0
Bãi 6	17:07	6/4/2026	18	-8/7	90	3,72	115,6	0,83	0
Bãi 7	17:00	7/4/2026	18	-6/7	65	5,32	119,0	0,61	0
Bãi 8	17:01	8/4/2026	18	-4/+10	70	4,38	117,9	0,08	0
Bãi 9	17:10	9/4/2026	18	-10/+20	150	-	-	0,04	0
Bãi 10	11:09	10/4/2026	16	-10/+15	120	0,22	105,5	0,04	0



tại hiện trường, đề xuất quy mô như bảng 3.

**4.2. Đề xuất thông số phá đá bằng khí nén**

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết, triển khai thử nghiệm tại mỏ Mạo Khê và kết quả thi công các bãi phá đá bằng khí nén ở các khu vực có điều kiện địa chất tương tự, đề xuất thông số khoan, phá đá bằng khí nén tại các khu vực mỏ lộ thiên gần khu dân cư, công trình cần bảo vệ như bản 4 và 5.

**5. Kết luận**

Kết quả nghiên cứu và thử nghiệm thực địa tại mỏ Mạo Khê cho thấy công nghệ phá vỡ đất

đá bằng khí nén hoàn toàn có khả năng áp dụng trong điều kiện khai thác lộ thiên gần khu dân cư và các công trình cần bảo vệ. Với các thông số kỹ thuật được lựa chọn phù hợp, công nghệ này đảm bảo mức độ đập vỡ đất đá đáp ứng yêu cầu sản xuất, tạo điều kiện thuận lợi cho công tác xúc bốc và vận tải, đồng thời duy trì tính ổn định của bờ mỏ.

Một trong những ưu điểm nổi bật của công nghệ là khả năng giảm thiểu đáng kể các tác động môi trường so với phương pháp nổ mìn truyền thống. Giá trị rung chấn nền đất và sóng đập không khí

*Bảng 3. Quy mô như bãi phá đá bằng khí nén theo khoảng cách đến khu dân cư, công trình cần bảo vệ*

TT		Giá trị theo khoảng cách đến khu dân cư, công trình cần bảo vệ, m			
		< 50	50÷150	150÷300	> 300
1	Phương pháp phá đá	Làm tơi bằng cơ học (đầu đập thủy lực, cây xới)	Phá đá bằng khí nén CO <sub>2</sub> nạp trong ống thép dùng nhiều lần	Phá đá bằng khí nén CO <sub>2</sub> hoặc O <sub>2</sub>	Phá đá bằng khí nén CO <sub>2</sub> hoặc nổ mìn nếu được cấp phép
2	Quy mô bãi phá	-	15÷20 lỗ khoan/lần phá đá	20÷40 lỗ khoan/lần phá đá	Không hạn chế khi phá đá bằng khí nén

*Bảng 4. Thông số kỹ thuật phá đá bằng CO<sub>2</sub> hóa lỏng cho các mỏ than lộ thiên*

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị					
			5	6	7	8	9	10
1	Độ cứng đất đá f		5	6	7	8	9	10
2	Đường kính lỗ khoan	mm	152÷165					
3	Đường kháng chân tầng	m	3	2,7	2,5	2,2	2	1,8
4	Khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng	m	3	2,7	2,5	2,2	2	1,8
5	Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan	m	2,6	2,3	2,2	1,9	1,7	1,6
6	Chiều sâu lỗ khoan	m	5,0÷6,0					
7	Đường kính ống CO <sub>2</sub>	mm	108					
8	Chiều dài ống CO <sub>2</sub>	m	2,2					
9	Chiều cao bua	m	2,8÷3,8					
10	Khối lượng CO <sub>2</sub> nạp trong một ống	kg	8,0÷10,0					

*Bảng 5. Thông số kỹ thuật phá đá bằng O<sub>2</sub> cho các mỏ than lộ thiên*

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị					
			5	6	7	8	9	10
1	Độ cứng đất đá f		5	6	7	8	9	10
2	Đường kính lỗ khoan	mm	105÷127					
3	Đường kháng chân tầng	m	3,0	2,7	2,5	2,2	2,0	1,8
4	Khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng	m	3,0	2,7	2,5	2,2	2,0	1,8
5	Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan	m	2,6	2,3	2,2	1,9	1,7	1,6
6	Chiều sâu lỗ khoan	m	5,0÷15,0					
7	Chỉ tiêu khí nén O <sub>2</sub>	kg/m <sup>3</sup>	0,42	0,54	0,66	0,82	1,05	1,20
8	Chiều dài ống O <sub>2</sub>	m	2,5÷11,0					
9	Chiều cao bua	m	2,5÷4,0					
10	Mật độ nạp O <sub>2</sub>	kg/m	0,18÷0,32					

đều nằm trong giới hạn cho phép, không gây ảnh hưởng đến công trình lân cận và đời sống người dân. Bên cạnh đó, việc không sử dụng thuốc nổ công nghiệp giúp loại bỏ nguy cơ đá văng nguy hiểm và giảm thiểu phát sinh khí độc hại, góp phần nâng cao mức độ an toàn và thân thiện môi trường trong khai thác mỏ.

Từ các kết quả đạt được, có thể khẳng định công nghệ phá đá bằng khí nén là một hướng đi phù hợp với điều kiện thực tế tại các mỏ than thuộc TKV, đặc biệt trong bối cảnh khai trường ngày càng tiến gần khu dân cư. Tuy nhiên, để triển khai rộng rãi trong sản xuất, cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện các thông số công nghệ theo từng điều kiện địa chất cụ thể, đồng thời đánh giá sâu hơn về hiệu quả kinh tế - kỹ thuật nhằm đảm bảo tính khả thi và bền vững trong dài hạn.

### **Tài liệu tham khảo:**

[1]. “Báo cáo kết quả thăm dò mỏ than Mạo Khê, thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh,” Công

ty cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin (VITE), Hà Nội, 2019.

[2]. “Báo cáo NCKT Dự án đầu tư mở rộng khai thác lộ thiên các lộ vỉa mỏ Mạo Khê,” Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội, 2018.

[3]. “Phương án thử nghiệm phá vỡ đất đá bằng CO<sub>2</sub> hóa lỏng,” Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội, 2025.

[4]. Zhongshun Chen, A Novel Carbon Dioxide Phase Transition Rock Breaking Technology: Theory and Application of Non-Explosive Blasting, 2022.

[5]. Qi-Yue Li, Guan Chen, Da-You Luo, Hai-Peng Ma, Yong Liu. An experimental study of a novel liquid carbon dioxide rock-breaking technology. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2020, 128(3).

---

## **Technological Scheme and Drilling–Rock Breaking Parameters Using Compressed Air for Open-Pit Mining Areas Located Near Residential Zones and Protected Structures in TKV**

**MSc. Dam Cong Khoa, Dr. Doan Van Thanh**  
*Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology*

### **Abstract:**

*Under the conditions of open-pit mining in Vietnam, many mining areas of mines operated by Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited (TKV) are located in close proximity to residential zones and protected structures, creating an urgent need to mitigate the impacts of conventional drilling and blasting techniques. This paper presents the results of research on the application of compressed air rock breaking technology in sensitive areas, aiming to develop an appropriate technological scheme and determine suitable technical parameters. The study was conducted through field experiments at an open-pit site of Mao Khe coal company, with various drilling patterns and compressed air pressure levels. The evaluation criteria included the degree of rock fragmentation, peak particle velocity (PPV), and airblast overpressure. The results show that the compressed air technology ensures sufficient rock loosening to meet loading requirements while significantly reducing ground vibration and airblast compared to conventional blasting methods. Based on these findings, the paper proposes a technological scheme and a set of drilling and rock-breaking parameters suitable for areas near residential zones in open-pit mining operations in TKV.*



## ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ÁP DỤNG THỬ NGHIỆM CÔNG NGHỆ PHUN BÊ TÔNG ƯỚT CHIỀU DÀY LỚN THI CÔNG VỎ CHỐNG LÒ TẠI CÔNG TY THAN UÔNG BÍ - TKV

**TS. Đinh Văn Cường, TS. Nguyễn Văn Công**  
**KS. Nguyễn Khắc Hưng**  
*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*

**Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn**

### Tóm tắt:

Trên cơ sở đề tài “Nghiên cứu áp dụng công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV” do Tập đoàn giao, Viện KHCN Mỏ đã phối hợp với Công ty than Uông Bí triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ tại ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam mỏ Tràng Bạch. Kết quả áp dụng đã thành công, khẳng định cho tính khả thi và sự cần thiết phải áp dụng công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn tại các mỏ than hầm lò TKV để nâng cao hiệu quả chống giữ và mở rộng phạm vi áp dụng. Bài báo này trình bày về kết quả triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ.

### 1. Đặt vấn đề

Thi công vỏ chống lò bằng công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn là tiến bộ trong lĩnh vực xây dựng công trình ngầm và mỏ nói riêng, trong lĩnh vực xây dựng nói chung. Công nghệ cho phép phun tạo vỏ chống bê tông có chiều dày tới hàng mét, mác bê tông phổ biến từ 30÷50 MPa, khi sử dụng vật liệu đặc biệt, đã đạt trên 100 MPa. Áp dụng công nghệ sẽ mang lại một loạt ưu điểm về kỹ thuật, kinh tế, an toàn so với công nghệ đổ bê tông truyền thống sử dụng vì cốp pha kết hợp ván khuôn hiện đang áp dụng tại các mỏ than hầm lò TKV, đó là: bê tông trong quá trình phun cho phép lấp đầy khoảng trống và khe nứt sát biên lò, sau thi công sẽ tự ngưng kết, không bị co ngót, tự treo bám và tương tác chủ động với khối đá biên lò, chất lượng vỏ chống bê tông cao; thời gian chịu lực nhanh, chỉ từ 8÷24h; không phải sử dụng vì cốp pha, mức độ cơ giới hóa cao, thời gian thi công ngắn; giảm cường độ và cải thiện điều kiện làm việc cho người lao động, hạ giá thành. Xuất phát từ ưu điểm của công nghệ và nhu cầu thực tế tại các mỏ than hầm lò TKV, Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam đã giao cho Viện KHCN Mỏ chủ trì thực hiện đề tài “Nghiên cứu áp dụng công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV”. Trong khuôn khổ đề tài, Viện KHCN Mỏ đã phối hợp với Công ty than Uông Bí lập thiết kế và triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ để thi công vỏ chống lò cho khu vực ngã ba

lò vòng mức -150 khu Tây Nam mỏ Tràng Bạch. Kết quả thử nghiệm đã đạt thành công bước đầu, đáp ứng mục tiêu đề ra, Bài báo này tổng hợp kết quả triển khai.

### 2. Khái quát nội dung thiết kế công nghệ bê tông phun chiều dày lớn thi công vỏ chống lò tại ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam mỏ Tràng Bạch

Ngã ba lò vòng mức -150 là phạm vi tiếp giáp giữa lò dọc vỉa đá mức -150 và lò vòng mức -150. Tổng chiều dài lò thiết kế là 15,0m, trong đó phạm vi ngã ba trên lò dọc vỉa đá mức -150 là 12,0m (từ IIK684 ÷ IIK696), phạm vi trên lò vòng -150 là 3,0m (từ IIK00 ÷ IIK). Đặc điểm điều kiện địa chất – kỹ thuật mỏ khu vực thiết kế như sau:

- Điều kiện địa chất: khu vực thi công ngã ba đào qua các tập bột kết, cát kết và sét kết phân lớp mỏng, độ ổn định trung bình; không chịu ảnh hưởng bởi nước hay có hiện tượng nước xuất lộ vào lò, không có phay phá. Tuy nhiên, phạm vi ngã ba chịu ảnh hưởng áp lực lớn từ bãi thải lộ thiên, chiều sâu từ nóc lò lên đáy bãi thải là 148m. chiều cao bãi thải phía trên khoảng 100m. Theo thời gian, ảnh hưởng từ bãi thải sẽ gia tăng có thể gây tình trạng mất ổn định lâu dài của đường lò.

- Điều kiện kỹ thuật: Phạm vi ngã ba trên lò dọc vỉa đá -150 có diện tích tiết diện đào thay đổi từ 10,9 ÷ 32,2 m<sup>2</sup>, chống giữ bằng vì thép SVP-27, bước chống từ 0,5 ÷ 0,8 m/vì, chèn bằng tấm chèn BTCT đúc sẵn. Phạm vi áp dụng tại lò vòng mức -150 có tiết diện đào 13,4 m<sup>2</sup>, chống giữ bằng



**Bảng 1. Các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật tổng hợp công nghệ phun bê tông ướt ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam**

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
1	Diện tích tiết diện đào lò	m <sup>2</sup>	10,9 ÷ 32,2
2	Chiều dày vỏ chống bê tông thiết kế	mm	350
3	Mác bê tông thiết kế (M300)	MPa	30
4	Số lớp cốt thép mềm	lớp	1-2
5	Đường kính cốt thép	mm	6; 14; 20
6	Hệ số hoàn thành chu kỳ	-	0,9
7	Số mét lò thi công hoàn thành một chu kỳ	m	1,00
8	Thời gian một chu kỳ	Giờ	8
9	Khối lượng bê tông thi công trong một chu kỳ	m <sup>3</sup>	6,61
10	Nhân lực làm việc một ca	người	8
11	Năng suất lao động trực tiếp	m <sup>3</sup> /ng.ca	0,83

**Bảng 2. Tỷ lệ cấp phối BTP ướt mác 300, cho 1M<sup>3</sup> khối vữa phun**

TT	Các thông số	Quy cách	Đơn vị	Giá trị	
				Khối lượng	Thể tích xốp (m <sup>3</sup> )
1	Xi măng PC40		kg	520	0,168
2	Đá dăm	Cỡ hạt 5-10 mm	kg	605	0,390
3	Cát vàng		kg	885	0,68
4	Sợi thép		kg	20	0,003
5	Phụ gia:				
-	Hóa dẻo tăng cường độ vữa phun	Mepei Dynamon Easy 11 (1% khối lượng XM)	lít	5,20	0,0052
-	Phụ gia đông cứng nhanh	Mepeiquick AFK 888 (5% khối lượng XM)	lít	26,00	0,026
6	Nước	Nước sinh hoạt	lít	217	0,217
7	Độ sụt thiết kế		cm	12÷20	

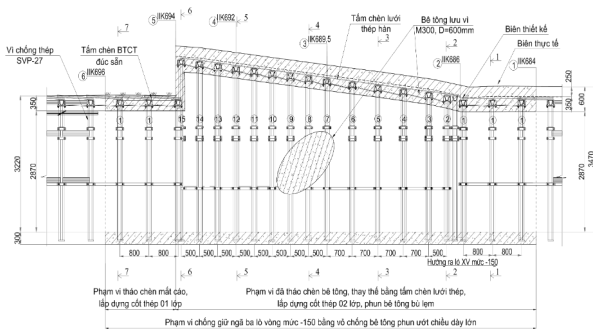
**Bảng 3. Bảng tổng hợp dây chuyền thiết bị phục vụ thi công phun bê tông ướt chiều dày lớn tại Công ty than Ưng Bí**

TT	Tên thiết bị	Mã hiệu	ĐVT	Số lượng	Ghi chú
1	Máy trộn bê tông	FC-ZC160	chiếc	1	Thuê/Mua
2	Máy phun bê tông	FC-PWS6I	chiếc	1	Thuê/Mua
3	Máy bơm phụ gia	FC-HJB-6	chiếc	1	Thuê/Mua

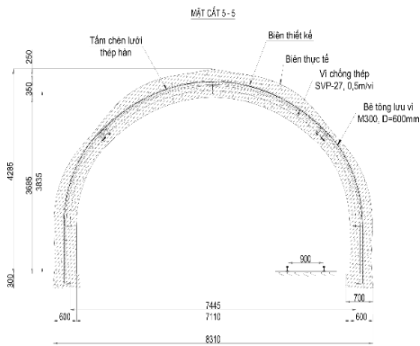
vì thép SVP-22, bước chống 0,7 m/vì, chèn bằng tấm chèn BTCT đúc sẵn. Qua khảo sát thực tế cho thấy, biên lò thực tế khu vực thi công bị lẹm thừa ra ngoài từ 20 ÷ 35cm, trung bình 25 cm.

Trên cơ sở hiện trạng điều kiện địa chất, kỹ thuật mỏ khu vực áp dụng thử nghiệm, thiết kế đã tiến hành tính toán, xác định các thông số chuyển vị và áp lực mỏ tác động lên biên các đường lò phạm vi ngã ba giao cắt. Kết quả cho thấy, áp lực

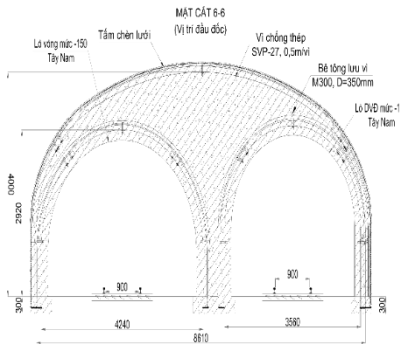
mỏ tác động lên khu vực ngã ba là khá lớn, trong đó tải trọng nóc là 123,6 kN/m, tải trọng nền 123,6 kN/m, tải trọng hông 104,9 kN/m. Tương ứng với điều kiện áp lực cần phải chống đỡ, kết cấu vỏ chống được thiết kế có mác M300, sử dụng 02 lớp cốt thép mềm bằng thép tròn f=14-20 mm, chiều dày vỏ chống 0,35m (tính cả bù lẹm là 0,6m). Chi tiết kết quả tính toán, một số chỉ tiêu KTKT chủ yếu, hộ chiếu thiết kế, cấp phối bê tông phun, dây



a) Trắc dọc ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam



b) Mặt cắt 5-5



c) Mặt cắt 6-6

Hình 1. Hệ chiếu chống giữ ngã ba lò vòng mức -150 bằng vỏ chống bê tông

chuyên thiết bị thi công xem tại các bảng từ 1 ÷ 3 và hình 1.

### 3. Đánh giá kết quả triển khai công nghệ

Công nghệ phun bê tông ướt thi công vỏ chống lò là công nghệ mới, lần đầu được áp dụng trong TKV. Do đó, công tác triển khai được Công ty than Uông Bí và Viện KHCN mỏ phối hợp thực hiện bài bản, nghiêm túc. Trên cơ sở thiết kế đã lập, Công ty than Uông Bí đã chuẩn bị đầy đủ vật tư, vật liệu (cốt thép, cát, xi măng, đá, phụ gia,...) và lắp đặt các thiết bị thuộc dây chuyền công nghệ đề xuất theo thiết kế (máy trộn bê tông, máy phun bê tông, máy bơm phụ gia). Công ty đã phối hợp với Viện

KHCN Mỏ triển khai lắp đặt, vận hành thiết bị và thi công phun bê tông tại lò ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam, cụ thể: công tác lắp đặt, chạy thử hướng dẫn vận hành thiết bị trên mặt bằng từ ngày 13 ÷ 14/01/2026; công tác gia công chế tạo cốt thép, vận chuyển lắp đặt cốt thép trong lò, vận chuyển thiết bị, nguyên vật liệu, chuẩn bị hiện trường trong lò thực hiện từ ngày 15 ÷ 26/01/2026; công tác thi công thực tế diễn ra trong hai giai đoạn trước và sau nghỉ Tết Nguyên đán, từ ngày 27/01/2026 ÷ 13/2/2026 và từ ngày 22/2/2026 ÷ 27/2/2026.

Để hướng dẫn thực hành công nghệ, Công ty than Uông Bí đã dựng mô hình giả định không gian đường lò cần phun bằng các palet gỗ treo lên giàn giáo tại mặt bằng +30 Tràng Bạch. Việc bố trí các mẫu palet phun theo các góc, hướng mô phỏng đường lò trong thực tế giúp các công nhân tiếp cận và nắm vững các kỹ thuật phun. Quá trình phun thử nghiệm tại mặt bằng, đề tài tiến hành lấy 02 tổ mẫu, mỗi tổ 03 mẫu, tương ứng 06 mẫu để thí nghiệm kiểm tra cường độ bê tông. Kết quả thí nghiệm kiểm tra độ bền nén của bê tông sau 7 ngày cho thấy cường độ bê tông đạt từ 23,5 ÷ 24,9 MPa, trung bình 24,2 MPa, đạt 80% cường độ thiết kế (30 MPa). Sau 28 ngày tuổi, cường độ kháng nén bê tông đạt từ 32,6 ÷ 35,6 MPa, trung bình 33,6 MPa, đạt 112% cường độ thiết kế. Như vậy, cả 03 mẫu bê tông đều đạt cường độ yêu cầu, cấp phối bê tông thiết kế cho ngã ba lò vòng là phù hợp, đủ điều kiện triển khai phun thực tế trong lò. Một số hình ảnh hướng dẫn thực hành công nghệ trên mặt bằng và kết quả thí nghiệm mẫu xem hình 3, bảng 4.

Công tác thi công thực tế có sự hướng dẫn và theo dõi, giám sát của cán bộ Viện KHCN Mỏ và các phòng ban kỹ thuật của Công ty than Uông Bí. Trong quá trình thi công, tổ giám sát luôn tiến hành kiểm soát và theo dõi sát sao chất lượng đầu vào vật liệu cũng như kiểm soát chất lượng trộn các mẻ bê tông. Quá trình đo độ sụt và lấy mẫu thí nghiệm kiểm tra chất lượng bê tông được thực hiện ngay tại hiện trường vị trí thi công, mẻ bê tông đạt độ sụt tiêu chuẩn mới tiến hành cấp liệu vào máy phun bê tông. Chiều dày phun thực tế phổ biến từ 35 ÷ 70cm, cá biệt một số điểm lên tới 80 ÷ 90cm (nguyên nhân là do trước khi phun đã tiến hành tháo dỡ toàn bộ tấm chèn và đá om le biên lò). Công tác bảo dưỡng bê tông được thực hiện đầy đủ theo đúng quy định ở mỗi cuối ca sản xuất



a) Thi công thử nghiệm và khoan lấy mẫu



b) Dây chuyền thiết bị thi công lắp đặt trên mặt bằng

Hình 2. Một số hình ảnh hướng dẫn công nghệ trên mặt bằng

Bảng 4. Kết quả nén mẫu bê tông phun ướt tại Công ty than Ưông Bí

TT	Ký hiệu mẫu	Ngày lấy mẫu	Ngày nén mẫu	Cường độ kháng nén mẫu bê tông (MPa)				
				Giá trị thiết kế	Giá trị thực tế	Giá trị trung bình thực tế	So với thiết kế	Trung bình so với thiết kế
<b>I Thí nghiệm kiểm tra cường độ kháng nén bê tông sau 7 ngày (R7)</b>								
1	BTP/UB/R7-01	14/01/2026	21/1/2026	30,00	23,5	24,2	78%	81%
2	BTP/UB/R7-02				24,9		83%	
3	BTP/UB/R7-03				24,3		81%	
<b>II Thí nghiệm kiểm tra cường độ kháng nén bê tông sau 28 ngày (R28)</b>								
1	BTP/UB/R28-01	14/01/2026	11/2/2026	30,00	35,6	33,6	119%	112%
2	BTP/UB/R28-02				32,6		109%	
3	BTP/UB/R28-03				32,7		109%	

bằng cách sử dụng máy phun bê tông để phun nước sạch lên bề mặt phạm vi khối phun bê tông đã được thi công trong ca trước. Để kiểm tra chất lượng vỏ chống bê tông phun trong lò, tổ giám sát đã tiến hành phun khay mẫu tại hiện trường thi công trong lò và lấy 2 tổ mẫu, mỗi tổ 03 mẫu để tiến hành kiểm tra cường độ kháng nén. Kết quả cả 6 mẫu thí nghiệm đều đạt cường độ yêu cầu,

trong đó 03 mẫu nén ở 07 ngày tuổi đạt từ 24,1 ÷ 24,6 Mpa, trung bình 24,4 Mpa, bằng từ 80 ÷ 82%, trung bình 81% so với thiết kế. Mẫu nén ở 28 ngày tuổi đạt từ 30,7 ÷ 34,0, trung bình 32,3 bằng từ 102 ÷ 113%, trung bình 108% so với thiết kế. Tổng chiều dài lò thi công thực tế là 15,0 m, khối lượng vừa đã phun 100,7 m<sup>3</sup>. Một số hình ảnh quá trình thi công thực tế tại ngã ba lò vòng mức -150 xem



Hình 3. Hình ảnh quá trình triển khai áp dụng công nghệ trong thực tế



Hình 4. Khoan lấy mẫu bê tông phun trong lò tại hình 3, hình 4.

Đánh giá chi tiết kết quả áp dụng như sau:

- Về điều kiện địa chất: Điều kiện địa chất công trình công trình và điều kiện thủy văn khu vực đường lò trong quá trình thi công không có sự sai khác nhiều so với điều kiện thiết kế. Toàn bộ quá trình thi công không có hiện tượng xuất lộ nước vào bên trong đường lò.

- Về công tác thực hiện hộ chiếu chống giữ: Phạm vi ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam được thi công theo đúng hộ chiếu thiết kế đã được phê duyệt. Phạm vi từ I1K684 ÷ I1K694 lò dọc vỉa đá mức -150 được thi công cốt thép 02 lớp, tháo tấm chèn bê tông và đá chèn om le giáp hông lò, chiều dày bê tông được phun từ 55 ÷ 65cm, trung bình 60cm. Phạm vi từ I1K694 ÷ I1K696 lò dọc vỉa đá mức -150, từ I1K0 ÷ I1K3 lò vòng mức -150 được thi công lắp dựng 01 lớp cốt thép, chỉ tháo cục bộ 1 vài tấm chèn bê tông biên lò, chiều dày bê tông được phun 35cm.

- Về công tác tổ chức thi công: Trong quá trình áp dụng thực tế, Công ty than Ưông Bí và các cán

bộ kỹ thuật Viện KHCN Mỏ đã phối hợp rất chặt chẽ, công tác tổ chức được thực hiện một cách hiệu quả và chuyên nghiệp. Do là công nghệ mới nên trong thời gian đầu, việc sử dụng tổ hợp thiết bị phục vụ quá trình thi công còn gặp một số khó khăn. Tuy nhiên trong quá trình thi công về sau, các công nhân cũng như cán bộ phân xưởng thi công đã nắm vững các thao tác cũng như rút ra một số kinh nghiệm thực tiễn. Các cán bộ giám sát của ca trước luôn thực hiện bàn giao cụ thể các vướng mắc, tồn tại chưa kịp xử lý trong ca mình cho ca tiếp theo, nhằm thông tin kịp thời để các cán bộ giám sát ca kế tiếp có thể tìm ra hướng xử lý trong thời gian ngắn nhất. Do đó, các vướng mắc trong quá trình thi công áp dụng công nghệ phun bê tông ướt tại ngã ba lò vòng mức-150 đã được xử lý kịp thời. Công tác triển khai đảm bảo an toàn.

- Về tỷ lệ hao hụt vật liệu do rơi vãi bê tông trong quá trình phun: Khối lượng bê tông hao hụt so với khối lượng thể tích cần lấp đầy (90,8 m<sup>3</sup>) là 9,9 m<sup>3</sup>, tương ứng tỷ lệ hao hụt bê tông chỉ là 10,90%, thấp hơn so với thiết kế (phần tường hao hụt 20%, phần vòm hao hụt 25%), qua đó giúp tiết kiệm vật liệu cho đơn vị. Nguyên nhân là do quá trình thi công đã chủ động rút kinh nghiệm, điều chỉnh khoảng cách từ súng phun đến biên công trình cũng như góc phun để tăng khả năng và tốc độ bám dính, từ đó giảm văng, bật và rơi vãi vật liệu.

- Về các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật chủ yếu quá trình áp dụng công nghệ: Trên cơ sở tổng hợp kết quả áp dụng thử nghiệm công nghệ phun bê tông ướt thi công vỏ chống lò tại ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam, báo cáo tiến hành tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật chủ yếu trong thực tế và so sánh với các chỉ tiêu theo thiết kế. Kết quả cho



**Bảng 5. Bảng so sánh các chỉ tiêu KTKT chủ yếu trong quá trình áp dụng thử nghiệm công nghệ phun bê tông ướt**

TT	Các chỉ tiêu KTKT	Đơn vị	Giá trị			
			Thiết kế	Thực tế	Chênh lệch	% chênh lệch
			1	2	2-1	(2-1)%
1	Chiều dài ngã ba thi công	m	15,00	15,00	0,00	0,00%
2	Tổng khối lượng vữa bê tông thi công	m <sup>3</sup>	110,22	100,70	-9,52	-8,64%
3	Tiến độ thi công trong 1 ca thi công	m/ca	0,90	0,83	-0,07	-7,41%
4	Khối lượng trung bình bê tông thi công trong 1 ca thi công	m <sup>3</sup> /ca	6,61	5,59	-1,02	-15,40%
5	Tổng số ca thi công thực hiện công tác phun bê tông	ca	16,67	18,00	1,33	8,00%
6	Nhân lực trung bình làm việc trong 1 ca	người	8,00	7,78	-0,22	-2,78%
7	Tổng số công cần thiết để hoàn thành công việc	công	133,33	140,00	6,67	5,00%
8	Năng suất lao động trực tiếp	m <sup>3</sup> /ng.ca	0,83	0,72	-0,11	-12,99%

thấy, các chỉ tiêu KTKT cơ bản tương đương so với các chỉ tiêu theo thiết kế. Trong đó, khối lượng bê tông thi công trung bình trong 1 ca trong thực tế giảm 1,02 m<sup>3</sup> so với thiết kế (tương ứng giảm 15,40%); tổng số ca thi công thực hiện công tác phun là 18,0 ca nhiều hơn 1,33 ca so với dự kiến theo thiết kế (16,67 ca); năng suất lao động trực tiếp trong thực tế là 0,72 m<sup>3</sup>/ng.ca, thấp hơn 0,11 m<sup>3</sup>/ng.ca so với thiết kế (0,83 m<sup>3</sup>/ng.ca). Nguyên nhân là do quá trình thi công thường xuyên bị gián đoạn bởi công tác vận chuyển goòng qua khu vực thi công. Chi tiết so sánh các chỉ tiêu KTKT chủ yếu trong quá trình áp dụng công nghệ xem tại bảng 5.

- **Đánh giá chất lượng vỏ chống và mức độ ổn định của đường lò:** Công tác thi công thực hiện phun đủ chiều dày, đảm bảo tuân thủ theo thiết kế. Từ thời điểm kết thúc quá trình thi công công tác phun bê tông (ngày 27/02/2026) đến nay, bê tông đã đạt trên 28 ngày tuổi, theo dõi độ ổn định bê tông ngã ba cho thấy: lớp bê tông phun ướt bám dính tốt với đá biên lò, chiều dày đảm bảo theo thiết kế và lấp kín được không gian biên bị rỗng ở hông, nóc trong quá trình đào, bề mặt khối bê tông tương đối phẳng, cường độ bê tông đạt yêu cầu so với thiết kế, bề mặt bê tông không có dấu hiệu nứt, vỡ, đường lò không xuất hiện biến dạng. Mặt khác, kết quả nén thí nghiệm cùng độ kháng nén của mẫu bê tông phun trong lò sau 28 ngày tuổi cũng đạt từ 102 ÷ 113% so với mức thiết kế. Qua

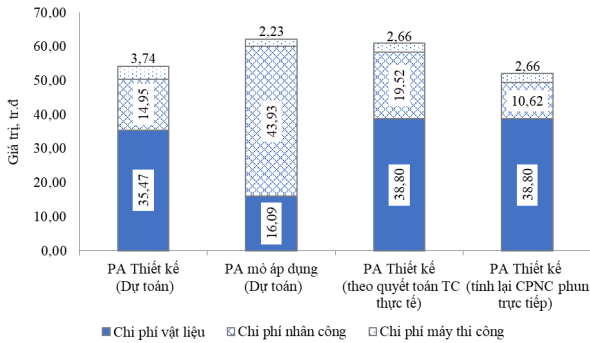
đó có thể khẳng định, chất lượng vỏ chống bê tông đảm bảo yêu cầu chống giữ đường lò.

- **Đánh giá hiệu quả kinh tế của công nghệ:** Đơn giá công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn thi công vỏ chống lò theo dự toán là 54.169.990 đồng/m. Đơn giá thi công bằng công nghệ truyền thống đổ bê tông lưu vì kết hợp ván khuôn mở đang áp dụng trong cùng điều kiện là 62.250.529 đồng/m. Tổng hợp thực tế các chi phí trực tiếp thi công vỏ chống lò ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam bằng công nghệ phun bê tông ướt trong thực tế theo quyết toán của Công ty than Uông Bí là 914.726.200 đồng cho 15,0m lò, tương ứng 60.981.747 đồng/m.

Như vậy, chi phí thi công ngã ba bằng công nghệ phun bê tông theo thực tế cao hơn dự toán là 6.811.757 đồng/m (tương ứng 12,57%). Nguyên nhân là do: quá trình thi công phát sinh một số chi phí chưa được tính vào dự toán như chi phí phục vụ lắp đặt cụm thiết bị phục vụ thi công, chi phí công trực vận hành, trực gác hệ thống thiết bị; đơn giá cốt thép thời điểm thi công tăng so với thời điểm lập dự toán, năng suất lao động thực tế thấp hơn so với thiết kế; đơn giá tiền công phun bê tông thanh toán hỗ trợ trong thời gian thử nghiệm cao hơn so với dự toán. Tuy nhiên, so với công nghệ truyền thống trong cùng điều kiện, chi phí thực tế vẫn thấp hơn 1.268.782 đồng/m (tương ứng 2,04%).

Trường hợp chi phí nhân công thực hiện công

tác phun được thanh toán theo đúng đơn giá nhân công quy định như đã lập trong dự toán, khi đó tổng chi phí giá thành trực tiếp thi công phun bê tông ngả ba lò vòng mức -150 chỉ là 52.085.153 đồng/m, giảm lần lượt là 2.084.837 đồng/m (3,8%) và 10.165.376 đồng/m (16,3%) so với dự toán và công nghệ truyền thống. Qua đó có thể khẳng định, khi áp dụng công nghệ phun bê tông ướt thi công vỏ chống lò tại ngả ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam, ngoài hiệu quả về mặt kỹ thuật công nghệ còn đem lại hiệu quả về mặt kinh tế cho đơn vị. Chi tiết xem biểu đồ hình 5.



Hình 5. Biểu đồ so sánh giá thành chi phí thi công theo các phương án

#### 4. Kết luận

Quá trình áp dụng thử nghiệm công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn thi công vỏ chống lò tại

ngả ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam mỏ Trảng Bạch – Công ty than Uông Bí đã được triển khai thành công, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật, an toàn, chất lượng vỏ chống đáp ứng yêu cầu chống giữ, đồng thời mang lại hiệu quả kinh tế cho đơn vị ứng dụng. Thành công tại Công ty than Uông Bí đã khẳng định cho tính khả thi và sự cần thiết phải áp dụng công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn tại các mỏ than hầm lò TKV để nâng cao hiệu quả chống giữ và mở rộng phạm vi áp dụng của kết cấu vỏ chống bằng bê tông. Trên cơ sở thành công này, Viện KHCN Mỏ sẽ tiếp tục phối hợp với các đơn vị mở rộng áp dụng công nghệ, làm cơ sở để theo dõi, đánh giá, hoàn thiện công nghệ tiến tới ban hành hướng dẫn áp dụng chung trong toàn TKV./.

#### Tài liệu tham khảo:

[1]. Nguyễn Văn Công và nnk, *Nghiên cứu đề xuất công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV, số 3/2025*, Thông tin KHCN mỏ - Viện KHCN Mỏ.

[2]. *Báo cáo đánh giá kết quả áp dụng thử nghiệm công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn thi công vỏ chống lò tại Công ty than Uông Bí - TKV*, Viện KHCN Mỏ - Vinacomin (2026).

## Evaluation of the Pilot Application of Large-Thickness Wet Shotcrete Technology for Underground Support Lining at Uong Bi Coal Company TKV

Dr. Dinh Van Cuong, Dr. Nguyen Van Cong, Eng. Nguyen Khac Hung  
Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

#### Abstract:

Based on the research project entitled “Study on the application of large-thickness wet shotcrete technology for underground support lining in underground coal mine in TKV”, assigned by the Corporation, the Institute of Mining Science and Technology coordinated with Uong Bi Coal Company to implement a pilot application of this technology at a roadway junction at level -150 in the Southwest area of Trang Bach Mine. The implementation results were successful, confirming both the feasibility and the necessity of applying large-thickness wet shotcrete technology in underground coal mines in TKV to enhance ground support efficiency and expand its application scope. This paper presents the results of the pilot implementation of this technology.



## TÍNH TOÁN HỆ SỐ SỰ SUY GIẢM TUYẾN TÍNH VÀ ĐÁNH GIÁ TÍNH KHẢ TUYỂN THAN CẤP HẠT LỚN BẰNG TIA X CHO MỘT SỐ MỎ THAN VÙNG QUẢNG NINH

**ThS. Nguyễn Hữu Nhân**

*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*

**CN. Nguyễn Thành Tâm**

*Viện Phát triển công nghệ và giáo dục*

**Biên tập: ThS. Nguyễn Văn Minh**

### **Tóm tắt:**

*Trong ngành tuyển khoáng nói chung và tuyển than nói riêng để phân loại khoáng sản thì việc nhận diện giữa các loại khoáng sản có ích, trung gian và đá thải là cơ sở ban đầu rất quan trọng nhằm phục vụ cho thiết kế công nghệ tuyển. Khi một chùm tia X đi qua vật liệu, cường độ của nó bị suy giảm, trong đó hệ số suy giảm tuyến tính là một đại lượng đặc trưng cho khả năng cản tia X của vật liệu. Bài báo này giới thiệu kết quả phân tích, tính toán hệ số sự suy giảm tuyến tính và đánh giá tính khả tuyển than bằng tia X đối với cấp hạt lớn cho một số mỏ than vùng Quảng Ninh.*

### **1. Mở đầu**

Hiện nay ở vùng than Quảng Ninh, hầu hết các NMST than trung tâm để thu hồi than cục từ than cấp hạt lớn +100mm (+50mm) đang phải sử dụng phương pháp nhặt tay thủ công trên băng tải chạy chậm, (NMST than TTCO3, TTCO4, NMST Lép Mỹ, TTCB&KTTT Hòn Gai). Cấp hạt -100 mm (-50,0mm) đang áp dụng các phương pháp tuyển khác nhau như đãi lắng, xoáy lốc huyền phù 2 sản phẩm (TTCO), tuyển than bằng thiết bị tuyển huyền phù tự sinh (NMST than Lép Mỹ). Đối với các NMST than Vàng Danh mặc dù giới hạn trên cấp hạt than vào tuyển đã lên tới 150mm do sử dụng thiết bị tuyển huyền phù nặng CKB, tuy nhiên cấp hạt +150mm vẫn phải sử dụng phương pháp nhặt tay thủ công, sử dụng nhiều lao động. Tại các mỏ than, than nguyên khai khi khai thác bằng phương pháp khai thác lộ thiên hay khai thác hầm lò trước khi cấp đến các NMST than trung tâm đều được sơ tuyển bằng sàng loại cấp hạt lớn +100m (+50mm) nhằm giảm đất đá thải trước khi đưa về các NMST than trung tâm và công nghệ thu hồi than cục từ cấp hạt lớn này vẫn phải sử dụng phương pháp truyền thống là nhặt tay thủ công trên các băng tải chạy chậm, sử dụng nhiều lao động. Hiện nay, tại một số mỏ cỡ hạt sàng sơ tuyển đang để kích thước 50x50 mm (Hà Lầm), 75x75mm (Thống Nhất), 80x80mm (Hạ Long), 90x90 mm (Nam Mẫu) và cấp hạt có  $d \leq 50$ mm đang được đưa tuyển trong máy lắng, xoáy lốc

huyền phù có hiệu quả tuyển tốt cho ra các sản phẩm than chất lượng cao, đem lại hiệu quả kinh tế. Do vậy, đối tượng cần nghiên cứu tuyển than bằng công nghệ tia X là than cấp hạt  $d > 50$ mm (than cấp hạt lớn). Do vậy, đối tượng cần nghiên cứu tuyển than bằng công nghệ tia X là than cấp hạt  $d > 50$ mm (than cấp hạt lớn).

Trên thế giới hiện nay, trong công nghệ tuyển than đã nghiên cứu và áp dụng thành công các thiết bị tuyển than bằng tia X để thu hồi than cục cấp hạt lớn tại nhiều nhà máy tuyển than, mỏ than ở Trung Quốc, Úc, Ấn Độ, Nam Phi, Châu Âu (Đức, Ba Lan...) và Bắc Mỹ ... người ta sử dụng thiết bị tuyển than bằng tia X thay thế cho khâu nhặt tay than cỡ hạt lớn. Các thiết bị tuyển than bằng tia X với năng suất và hiệu suất cao, cơ giới hóa, tự động hóa cao.

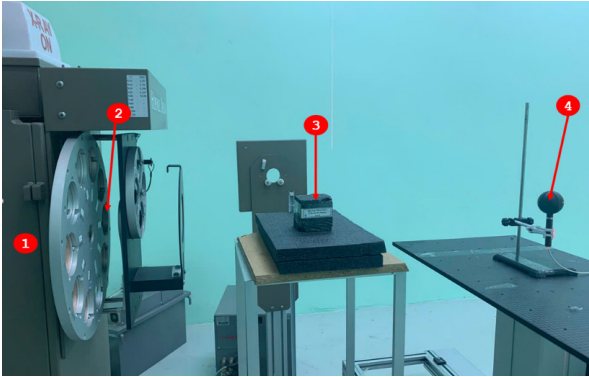
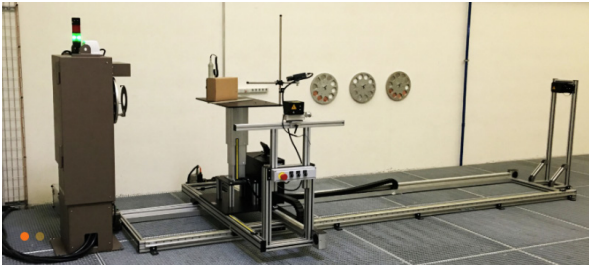
### **2. Quá trình thử nghiệm các mẫu than cấp hạt lớn vùng Quảng Ninh**

#### **2.1. Mô tả thiết bị thử nghiệm**

Hệ thống thiết bị thử nghiệm tại Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân, địa chỉ số 179, đường Hoàng Quốc Việt, Hà Nội được thể hiện trên hình 1. Hệ thống bao gồm các thành phần chính được mô tả chi tiết như sau:

##### **2.1.1. Nguồn phát tia X**

Hệ thống sử dụng ống phát tia X của hãng Hopewell Designs (Hoa Kỳ), model X80-160. Đây là hệ thống tia X tự chứa, được che chắn đầy đủ, không yêu cầu phòng chiếu đặc biệt và chiếm



Hình 1. Hệ thống thiết bị thí nghiệm nghiên cứu sự suy giảm cường độ tia X

- (1) Nguồn phát tia X (bên trong); (2) Màn lọc (loại bột năng lượng thấp); (3) Mẫu thí nghiệm; (4) Hệ thống detector - Buồng ion hóa (Hệ đo)

không gian phòng thí nghiệm tối thiểu.[1]

Hệ thống có khả năng hoạt động với dải điện áp từ 5-160 kV (điều chỉnh liên tục) và nhiều giá trị dòng điện ống khác nhau từ thấp đến cao. Anode được chế tạo từ tungsten (số nguyên tử  $Z=74$ ), một vật liệu lý tưởng do có số nguyên tử cao và điểm nóng chảy rất cao ( $3422^{\circ}\text{C}$ ), cho phép tạo ra các chùm tia X mạnh và ổn định. Thiết bị hoạt động với nguồn điện 230 VAC  $\pm 10\%$ , 50/60 Hz với công suất 4500 watts, đảm bảo vận hành ổn định trong thời gian kéo dài. Nguồn cao áp được kiểm soát với độ chính xác  $\pm 1\%$ , giúp duy trì phổ tia X ổn định. [1]

2.1.2. Hệ thống detector

Hệ thống sử dụng buồng ion hóa truyền qua (transmission ionization chamber) để đo liều và suất liều thực tế mà chùm tia cung cấp. Khi tia X đi qua, nó ion hóa khí argon bên trong buồng, tạo các cặp ion và electron dưới điện áp đặt vào khoảng vài chục đến vài trăm volt. Các hạt mang điện bị kéo về các điện cực, tạo dòng ion hóa tỷ lệ thuận với suất liều trong thể tích buồng. Dòng này được đo bằng electrometer, hiệu chỉnh theo nhiệt độ và áp suất, truy xuất chuẩn NIST (Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Hoa Kỳ).

Thông số kỹ thuật detector: (i) Kiểu detector: Buồng ion hóa truyền qua (transmission chamber); (ii) Khí làm việc: Argon (trơ, dễ ion hóa); (iii) Điện áp hoạt động: 50 - 300 V, vùng bão hòa ion; (iv) Độ phân giải năng lượng: Trung bình, phù hợp đo liều tích phân; (v) Dải năng lượng nhạy: Vài keV đến vài trăm keV (phù hợp 80 - 150 kV); (vi) Đặc tính đo: Tuyến tính, ổn định cao, sai số sau hiệu chuẩn khoảng 1- 2%.

2.1.3. Mẫu thí nghiệm

Thiết bị tuyển than bằng tia X cho cấp hạt lớn hiện nay trên thế giới chủ yếu với cỡ hạt lớn là từ 50mm tới 300mm, do vậy, chia mẫu thành 02 loại: Loại từ (50-100)mm (được gia công mẫu thành hình lập phương có cạnh bằng khoảng 75,0mm) và loại từ (100-300)mm (được gia công mẫu thành hình hộp cạnh khoảng 200,0mm). Để thuận tiện cho việc thí nghiệm tia X và giảm tối đa sai số giữa các thí nghiệm; các thí nghiệm có điều kiện tương tự và dễ dàng so sánh kết quả thí nghiệm, các mẫu sẽ được gia công như sau:

+ Mẫu nghiên cứu mỗi mỏ có 02 cỡ hạt và 04 chủng loại là: (i) Than loại I:  $\delta < 1,5 \text{ g/cm}^3$ ; Than loại II:  $1,5 < \delta < 1,8 \text{ g/cm}^3$ ; (ii) Trung gian:  $1,8 < \delta < 2,0 \text{ g/cm}^3$ ; (iii) Đá thải:  $\delta > 2,0 \text{ g/cm}^3$ . Như vậy mỗi mỏ có 08 mẫu.

+ Tổng số mẫu của 04 mỏ là 32 mẫu (Hình 2- hình 5).



Hình 2. Mẫu Than loại 1, than loại 2, trung gian và đá mỏ than Nam Mẫu



Hình 3. Mẫu Than loại 1, than loại 2, trung gian và đá mỏ than Hạ Long



Hình 4. Mẫu Than loại 1, than loại 2, trung gian và đá mỏ than Hà Lâm



Hình 5. Mẫu Than loại 1, than loại 2, trung gian và đá mỏ than Thống Nhất

**2.1.4. Hệ thống cơ khí**

Hệ thống cơ khí đảm bảo định vị chính xác và lặp lại của mẫu trong chùm tia X.

- Giá đỡ mẫu: (i) Giá đỡ được thiết kế để giữ cố định các mẫu vật có kích thước và hình dạng khác nhau. Vật liệu giá đỡ có hệ số suy giảm thấp để tránh ảnh hưởng đến phép đo; (ii) Điều chỉnh khoảng cách nguồn-detector: Khoảng cách nguồn-mẫu: 80 cm (cố định). Khoảng cách nguồn-detector: 150 cm (cố định); (iii) Cấu hình hình học của giá đỡ được giữ cố định cho tất cả các lần thí nghiệm để đảm bảo tính nhất quán và khả năng so sánh kết quả; (iv) Hệ thống cho phép thiết lập lại chính xác cùng một cấu hình hình học.

**2.2. Quy trình và kết quả thử nghiệm**

**2.2.1. Ma trận thử nghiệm (Experimental Matrix)**

Ma trận thử nghiệm được lập với mục đích để khảo sát đầy đủ ảnh hưởng của các thông số vận hành đến khả năng phân biệt than, trung gian và đá.

Tổng số điều kiện thí nghiệm: (i) Cho mỗi mẫu: 4 (kVp) × 2 (mA) = 8 điều kiện; (ii) Tổng số mẫu: 4 (loại) × 2 (độ dày) × 4 (mỏ) = 32 mẫu; (iii) Tổng số phép đo: 32 × 8 = 256 điều kiện thí nghiệm; (iv) Mỗi điều kiện lặp lại 5 lần → Tổng số phép đo thực tế: 1.280.

Các biến phụ thuộc (Dependent variables): (i) Cường độ tia X truyền qua (Ix) đo bằng detector; (ii) Tỷ lệ suy giảm cường độ:  $\epsilon = (I_0 - I_x) / I_0 \times 100\%$

Bảng 1. Các biến độc lập (Independent variables)

Biến số	Các mức	Số mức
Điện áp ống (kVp)	80, 100, 120, 150	4
Dòng ống (mA)	5, 10	2
Loại vật liệu	Than loại 1, Than loại 2, Trung gian, Đá	4
Độ dày mẫu (mm)	75, 200	2
Nguồn mỏ than	Nam Mẫu, Hà Lâm, Khe Chàm II-IV, Thống Nhất	4

**2.2.2. Quy trình thực hiện**

Đo cường độ ban đầu lo là bước nền tảng để thiết lập giá trị tham chiếu cho việc tính toán độ suy giảm tia X. Phép đo được thực hiện với hệ thống cấu hình điểm nguồn - detector phẳng, không có mẫu vật, khoảng cách từ nguồn đến buồng ion hóa 150 cm (cố định).

Mỗi mẫu được đặt tại vị trí cố định 80 cm từ nguồn, căn chỉnh bằng hệ thống laser để đảm bảo vuông góc với trục chùm tia. Phép đo được lặp lại 5 lần với cùng điều kiện như đo lo. Dữ liệu được hiệu chỉnh môi trường, tính giá trị trung bình và độ suy giảm.

Việc lặp lại 5 lần cho mỗi phép đo đảm bảo đủ thống kê với 4 bậc tự do, cân bằng giữa độ tin cậy và thời gian thực hiện. Giá trị trung bình được tính bằng phương pháp trung bình số học.

**2.2.3. Kết quả thử nghiệm và tính toán hệ số suy giảm tuyến tính  $\mu$**

Các khái niệm: Suy giảm tuyệt đối và tương đối, hệ số suy giảm tuyến tính ( $\mu$ ), Độ lệch chuẩn, Hệ số biến thiên. Khi chùm tia X truyền qua vật liệu, cường độ bị suy giảm do các quá trình tương tác photon-vật chất bao gồm hấp thụ quang điện, tán xạ Compton và tạo cặp (tại năng lượng rất cao). Định luật Beer-Lambert [2] mô tả sự suy giảm này theo phương trình:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

Trong đó  $I_0$  là cường độ ban đầu (pA),  $I(x)$  là cường độ sau khi truyền qua độ dày  $x$  (mm), và  $\mu$  là hệ số suy giảm tuyến tính ( $cm^{-1}$ ).

- Suy giảm tuyệt đối biểu thị độ giảm tuyệt đối của cường độ:

$$\Delta I = I_0 - I(x)$$

- Suy giảm tương đối (phần tăng) định lượng tỷ lệ cường độ bị mất:



Suy giảm tương đối

$$= \frac{I_0 - I(x)}{I_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{I(x)}{I_0}\right) \times 100\%$$

- Từ phương trình Beer-Lambert

$I(x) = I_0 \exp(-\mu x)$ , lấy logarit tự nhiên hai vế:

$$\ln(I(x)) = \ln(I_0) - \mu x$$

Suy ra hệ số suy giảm tuyến tính:

$$\mu = \frac{\ln(I_0) - \ln(I(x))}{x} = \frac{\ln(I_0 / I(x))}{x}$$

- SD (Độ lệch chuẩn) – Độ lệch chuẩn mẫu được tính theo công thức:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (M_i - TB)^2}{5-1}}$$

Phản ánh mức độ phân tán của các phép đo xung quanh giá trị trung bình.

- CV (Hệ số biến thiên): Được tính bằng CV(%) = (SD/TB) × 100%, là chỉ số không thứ nguyên giúp so sánh độ lặp lại giữa các điều kiện có cường độ tín hiệu khác nhau. CV < 1% được coi là độ lặp lại xuất sắc cho phép đo này.

Kết quả thu được từ các thử nghiệm thể hiện trên các bảng 2 và 3.

**Nhận xét:**

- Suy giảm tuyệt đối và suy giảm tương đối của các mẫu vật liệu có độ dày từ 50 - 100mm tăng rõ rệt khi tỉ trọng vật liệu tăng tại cùng một mức năng lượng, suy giảm tuyệt đối từ 345,74 pA (Than I) lên 389,44 pA (Đá thải), suy giảm tương đối tăng

Bảng 2. Suy giảm tuyệt đối (pA) theo tỉ trọng vật liệu tại 100 kV, 5 mA tại các mỏ than khác nhau

Loại vật liệu	Tỉ trọng (đ)	I <sub>0</sub> (pA)	Hà Lâm (50-100mm)		Nam Mẫu (50-100mm)		Hạ Long (50-100mm)	
			I <sub>x</sub> (pA)		I <sub>x</sub> (pA)		I <sub>x</sub> (pA)	
Than loại I	<1,5	392,4	50,92	341,48	40,61	351,79	40,48	351,92
Than loại II	1,5-1,8	392,4	8,36	384,04	29,84	362,56	21,61	370,79
Trung gian	1,8-2,0	392,4	7,05	385,35	13,80	378,60	9,84	382,56
Đá	>2,0	392,4	2,91	389,49	2,67	389,73	2,51	389,89
Loại vật liệu	Tỉ trọng (đ)	I <sub>0</sub>	Hà Lâm (100-300mm)		Nam Mẫu (100-300mm)		Hạ Long (100-300mm)	
			I <sub>x</sub> (pA)		I <sub>x</sub> (pA)		I <sub>x</sub> (pA)	
Than loại I	<1,5	392,4	11,56	380,84	13,66	378,74	22,88	369,52
Than loại II	1,5-1,8	392,4	10,08	382,32	11,63	380,77	4,40	388,00
Trung gian	1,8-2,0	392,4	3,99	388,41	1,52	390,88	1,26	391,14
Đá	>2,0	392,4	0,42	391,98	0,20	392,20	0,27	392,13
Loại vật liệu	Tỉ trọng (đ)	I <sub>0</sub> (pA)	Tổng Nhất (50-100mm)		Trung bình(pA)	SD	CV (%)	
			I <sub>x</sub> (pA)					
Than loại I	<1,5	392,4	54,62	337,78	345,74	6,44	1,86	
Than loại II	1,5-1,8	392,4	15,54	376,86	373,56	8,84	2,37	
Trung gian	1,8-2,0	392,4	31,31	361,09	376,90	10,35	2,75	
Đá	>2,0	392,4	3,75	388,65	389,44	0,5	0,13	
Loại vật liệu	Tỉ trọng (đ)	I <sub>0</sub>	Tổng Nhất (100-300mm)		Trung bình	SD	CV (%)	
			I <sub>x</sub> (pA)					
Than loại I	<1,5	392,4	17,40	375,00	376,03	4,3	1,14	
Than loại II	1,5-1,8	392,4	6,69	385,71	384,20	2,83	0,74	
Trung gian	1,8-2,0	392,4	2,82	389,58	390,00	1,09	0,28	
Đá	>2,0	392,4	0,38	392,02	392,08	0,09	0,02	

*Bảng 3. Suy giảm tương đối (%) theo tỉ trọng vật liệu tại 100 kV, tại các mỏ than khác nhau*

Loại vật liệu	Tỉ trọng (đ)	Hà Lâm (50-100mm)	Nam Mẫu (50-100mm)	Hạ Long (50-100mm)	Thống Nhất (50-100mm)	Trung bình	SD	CV (%)
Than loại I	<1,5	87,02	89,65	89,69	86,08	88,11	1,69	1,92
Than loại II	1,5-1,8	97,87	92,40	94,49	96,04	95,20	2,34	2,46
Trung gian	1,8-2,0	98,20	96,48	97,49	92,02	96,05	2,57	2,68
Đá	>2,0	99,26	99,32	99,36	99,05	99,25	0,13	0,13
Loại vật liệu	Tỉ trọng (đ)	Hà Lâm (100-300mm)	Nam Mẫu (100-300mm)	Hạ Long (100-300mm)	Thống Nhất (100-300mm)	Trung bình	SD	CV (%)
Than loại I	<1,5	97,05	96,52	94,17	95,57	95,83	1,09	1,14
Than loại II	1,5-1,8	97,43	97,04	98,88	98,29	97,91	0,72	0,74
Trung gian	1,8-2,0	98,98	99,61	99,68	99,28	99,39	0,28	0,28
Đá	>2,0	99,89	99,95	99,93	99,90	99,92	0,02	0,02

khoảng 11,14% (từ 88,11% đến 99,25%). Điều này phản ánh mật độ vật chất cao hơn dẫn đến xác suất tương tác photon-vật chất lớn hơn. Các giá trị SD nhỏ và CV trong khoảng 0 - 3 % thể hiện các thí nghiệm có kết quả đáng tin cậy.

- Suy giảm tuyệt đối và suy giảm tương đối của các mẫu vật liệu có độ dày từ 100 - 300 mm cũng có xu hướng tăng khi tỉ trọng vật liệu tăng tại cùng một mức năng lượng, nhưng giá trị tăng không lớn. Suy giảm tuyệt đối từ 376,03 pA (Than I) lên 392,08 pA (Đá thải), suy giảm tương đối tăng khoảng 4,09% (từ 95,83% đến 99,92%). Điều này vẫn phản ánh được quy luật mật độ vật chất cao hơn dẫn đến xác suất tương tác photon-vật chất lớn hơn, nhưng tỷ lệ tăng giá trị không đồng nhất với số liệu của các mẫu vật liệu có độ dày từ 50 - 100 mm do ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Tuy nhiên các giá trị SD rất nhỏ và CV ≤ 1% thể hiện các thí nghiệm có kết quả đáng tin cậy.

- Các sự suy giảm phản ánh đúng quy luật Beer - Lambert  $I = I_0 e^{-\mu x}$ ; với  $\mu$  nhỏ (than) khi thay đổi x làm tỉ số  $I/I_0$  thay đổi mạnh trong vùng đang đo, còn với  $\mu$  lớn (đá) thì trong cùng khoảng x độ thay đổi tương đối nhỏ hơn.

Ảnh hưởng các yếu tố mức năng lượng và độ dày vật liệu đến hệ số suy giảm tuyến tính được minh họa trong bảng 4.

**3. Đánh giá tính khả tuyển than bằng tia X dựa trên hệ số suy giảm tuyến tính  $\mu$**

Hiện nay, chưa có công trình nghiên cứu nào ở Việt Nam về việc đánh giá khả năng tuyển than bằng tia X. Căn cứ trên hệ số suy giảm tuyến tính của các loại vật liệu (Than, trung gian, đá) như đã trình bày ở trên là khác nhau, hệ số suy giảm này tăng dần từ than tới trung gian và lớn nhất là đá, đồng thời hệ số suy giảm này cũng là thông số vật lý của tia X khi đi qua các vật liệu. Đề xuất các khái niệm sau:

**\* Ngưỡng phân loại hai sản phẩm bằng tia X:**

Ngưỡng phân loại hai sản phẩm bằng tia X theo công thức sau:

$$\mu_{tb} = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$$

Trong đó:

$\mu_{tb}$ : Hệ số suy giảm phân chia ( $cm^{-1}$ )

$\mu_1$ : Hệ số suy giảm phần tỷ trọng thấp ( $cm^{-1}$ )

$\mu_2$ : Hệ số suy giảm phần tỷ trọng cao ( $cm^{-1}$ )

**\* Phương pháp đánh giá tính khả tuyển than bằng tia X:**

Xác định giá trị chênh lệch hệ số suy giảm của vật liệu được tính toán theo công thức sau:

$$\Delta\mu = |\mu_1 - \mu_2| \times 100$$

Đề xuất lấy giá trị chênh lệch hệ số suy giảm tuyến tính của vật liệu và bảng đánh giá tính khả



Bảng 4. Ảnh hưởng của các mức năng lượng và độ dày mẫu than đến hệ số suy giảm tuyến tính  $\mu$  ( $\text{cm}^{-1}$ )

Loại vật liệu/mỏ than	Độ dày (mm)	Mức năng lượng (5mA)				$\mu$ ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Trung bình)	SD	CV
		80 kV	100 kV	120 kV	150 kV			
<b>Mỏ than Hà Lâm</b>								
Than loại I	50-100	0,285	0,262	0,242	0,227	0,254	0,022	8%
	100-300	0,372	0,334	0,303	0,278	0,322	0,035	11%
Than loại II	50-100	0,573	0,488	0,417	0,357	0,459	0,081	18%
	100-300	0,370	0,331	0,298	0,272	0,318	0,037	12%
Trung gian	50-100	0,584	0,504	0,435	0,376	0,475	0,078	16%
	100-300	0,389	0,366	0,340	0,315	0,353	0,027	8%
Đá thải	50-100	0,684	0,629	0,566	0,502	0,595	0,068	11%
	100-300	0,601	0,578	0,533	0,480	0,548	0,047	8%
<b>Mỏ than Nam Mẫu</b>								
Than loại I	50-100	0,341	0,312	0,285	0,265	0,301	0,029	9%
	100-300	0,323	0,296	0,272	0,254	0,286	0,026	9%
Than loại II	50-100	0,353	0,320	0,291	0,269	0,308	0,031	10%
	100-300	0,335	0,304	0,278	0,258	0,294	0,029	10%
Trung gian	50-100	0,529	0,455	0,394	0,346	0,431	0,069	16%
	100-300	0,572	0,520	0,464	0,409	0,491	0,061	12%
Đá thải	50-100	0,676	0,629	0,570	0,508	0,596	0,063	11%
	100-300	0,643	0,605	0,546	0,488	0,570	0,059	10%
<b>Mỏ than Hạ Long</b>								
Than loại I	50-100	0,311	0,282	0,257	0,238	0,272	0,027	10%
	100-300	0,266	0,246	0,228	0,215	0,239	0,019	8%
Than loại II	50-100	0,477	0,409	0,354	0,312	0,388	0,062	16%
	100-300	0,438	0,386	0,343	0,307	0,368	0,049	13%
Trung gian	50-100	0,612	0,522	0,447	0,386	0,492	0,085	17%
	100-300	0,511	0,488	0,452	0,407	0,465	0,039	8%
Đá thải	50-100	0,690	0,640	0,578	0,514	0,606	0,066	11%
	100-300	0,650	0,628	0,571	0,505	0,588	0,056	10%
<b>Mỏ than Thống Nhất</b>								
Than loại I	50-100	0,287	0,264	0,243	0,228	0,256	0,022	9%
	100-300	0,291	0,267	0,247	0,231	0,259	0,022	9%
Than loại II	50-100	0,452	0,394	0,347	0,310	0,376	0,053	14%
	100-300	0,405	0,356	0,317	0,286	0,341	0,044	13%
Trung gian	50-100	0,675	0,556	0,462	0,392	0,521	0,106	20%
	100-300	0,445	0,398	0,357	0,323	0,381	0,046	12%
Đá thải	50-100	0,658	0,596	0,533	0,476	0,566	0,068	12%
	100-300	0,594	0,547	0,490	0,437	0,517	0,059	11%

tuyến than bằng tia X như bảng 5.

Xác định tính khả tuyến than bằng tia X đối với cấp hạt lớn cho các mỏ Hà Lâm, Nam Mẫu, Hạ Long, Thống Nhất thông qua hệ số suy giảm tuyến

tính được thể hiện trong bảng 6.

#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm về sự thay đổi các tham số vật lý của tia X khi tương tác với



**Bảng 5. Đánh giá tính khả tuyển than bằng tia X theo giá trị chênh lệch hệ số suy giảm tuyến tính**

TT	Giá trị chênh lệch hệ số suy giảm tuyến tính (cm <sup>-1</sup> )	Tính khả tuyển than bằng tia X
1	$\Delta\mu > 20$	Rất dễ tuyển
2	$15 \leq \Delta\mu \leq 20$	Dễ tuyển
3	$10 < \Delta\mu < 15$	Trung bình tuyển
4	$5 < \Delta\mu \leq 10$	Khó tuyển
5	$\Delta\mu \leq 5$	Rất khó tuyển

**Bảng 6. Xác định khả năng tuyển than bằng tia X thông qua hệ số suy giảm tuyến tính**

Tên mô	Cấp hạt	Khi tuyển ra 3 sản phẩm						Khi tuyển ra 2 sản phẩm		
		Tỷ trọng thấp 1,6			Tỷ trọng cao 2,0			Tỷ trọng 1,8		
		Hệ số suy giảm phân chia		Tính khả tuyển	Hệ số suy giảm phân chia		Tính khả tuyển	Hệ số suy giảm phân chia		Tính khả tuyển
		Hệ số	Chênh lệch $\Delta\mu$		Hệ số	Chênh lệch $\Delta\mu$		Hệ số	Chênh lệch $\Delta\mu$	
Hà Lầm	50-100	0,416	11,82	Trung bình tuyển	0,535	12,09	Trung bình tuyển	0,446	17,86	Dễ tuyển
Nam Mẫu		0,368	12,629	Trung bình tuyển	0,513	16,51	Dễ tuyển	0,409	20,88	Rất dễ tuyển
Hạ Long		0,411	16,191	Dễ tuyển	0,549	11,40	Trung bình tuyển	0,439	21,89	Rất dễ tuyển
Thống Nhất		0,418	20,545	Rất dễ tuyển	0,544	4,48	Rất khó tuyển	0,430	22,79	Rất dễ tuyển
Hà Lầm	100-300	0,336	3,268	Rất khó tuyển	0,450	19,55	Dễ tuyển	0,385	13,04	Trung bình tuyển
Nam Mẫu		0,391	20,135	Rất dễ tuyển	0,531	7,90	Khó tuyển	0,410	24,08	Rất dễ tuyển
Hạ Long		0,384	16,107	Dễ tuyển	0,527	12,39	Trung bình tuyển	0,415	22,30	Rất dễ tuyển
Thống Nhất		0,340	8,087	Khó tuyển	0,449	13,62	Trung bình tuyển	0,374	14,90	Trung bình tuyển

đá, than và sản phẩm trung gian từ 04 mỏ than ở Quảng Ninh (Hạ Long, Hà Lầm, Thống Nhất và Nam Mẫu), cho thấy:

- Suy giảm tuyệt đối và suy giảm tương đối của các mẫu vật liệu tăng rõ rệt khi tỉ trọng vật liệu tăng tại cùng một mức năng lượng, phản ánh mật độ vật chất cao hơn dẫn đến xác suất tương tác photon-vật chất lớn hơn. Các giá trị SD nhỏ và CV trong khoảng 0 - 3 % thể hiện các thí nghiệm có kết quả đáng tin cậy. Điều này phản ánh đúng quy

luật Beer - Lambert:  $I = I_0 e^{-\mu x}$  với  $\mu$  nhỏ (than) thì thay đổi  $x$  làm tỉ số  $I/I_0$  thay đổi mạnh trong vùng đang đo, còn với  $\mu$  lớn (đá) thì trong cùng khoảng  $x$  độ thay đổi tương đối nhỏ hơn.

- Kết quả phân tích, tính toán đã xác định được hệ số suy giảm tuyến tính cho từng chủng loại than, trung gian và đá là cơ sở ban đầu rất quan trọng nhằm phục vụ cho thiết kế công nghệ tuyển than.

- Số liệu về sự suy giảm tia X, hệ số suy giảm



tuyến tính, phương pháp đánh tính khả tuyến than bằng tia X là lần đầu tiên được nghiên cứu ở Việt Nam. Tuy nhiên, các số liệu phân tích thực nghiệm được tính toán theo cơ sở quy luật Beer - Lambert do đó các kết luận đưa ra là hoàn toàn có thể áp dụng trên thực tế.

**Tài liệu tham khảo:**

[1] Hopewell Designs, "X-ray Irradiator Systems" Products, Hopewell Designs, Inc. [Online]. Available: <https://www.hopewelldesigns.com/products/x-ray-irradiator-systems/>.

[2] V. A. Streltsov, "X-ray absorption"

University of Melbourne Physics, 2015.

[3] Pencina, Michael J et al. "Understanding increments in model performance metrics" Lifetime data analysis vol. 19,2 (2013): 202-18. doi:10.1007/s10985-012-9238-0

[4] Kết quả đo sự suy giảm của cường độ tia X tại Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân ngày 25 tháng 11 năm 2025 .

---

## Calculation of the Linear Attenuation Coefficient and Evaluation of X-ray-Based Washability of Coarse Coal for Selected Coal Mines in Quang Ninh Region

MSc. Nguyen Huu Nhan - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

BSc. Nguyen Thanh Tam - Institute for Technology and Education Development

**Abstract:**

*In mineral processing in general, and coal preparation in particular, the identification and classification of valuable minerals, middlings, and waste rock constitute a crucial initial step for the design of processing technologies. When an X-ray beam passes through a material, its intensity is attenuated; the linear attenuation coefficient is a characteristic parameter representing the material's ability to absorb or attenuate X-rays. This paper presents the results of analysis and calculation of the linear attenuation coefficient, as well as the evaluation of X-ray-based washability of coarse coal for selected coal mines in the Quang Ninh region.*



**PHÂN TÍCH, XÂY DỰNG TIÊU CHÍ KỸ THUẬT PHÙ HỢP ÁP DỤNG CHO HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI TẠI CÁC ĐƠN VỊ SẢN XUẤT CỦA TKV**

**ThS. Nguyễn Kim Quý, TS. Phạm Thanh Liêm  
ThS. Nguyễn Anh Nguyên, KS. Phạm Văn Long  
ThS. Nguyễn Minh Tâm, KS. Phạm Vũ Hải  
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin**

**Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn**

**Tóm tắt:**

Hệ thống điện mặt trời thường hoạt động liên tục khoảng 20 năm để đảm bảo khả năng thu hồi vốn và lợi suất đầu tư. Tấm Pin mặt trời, biến tần, dây cáp điện DC, bộ khung giá đỡ là những thành phần chính của hệ thống điện mặt trời có giá trị lớn, hoạt động ngoài trời, trực tiếp tiếp xúc với mưa nắng và những điều kiện thời tiết khắc nghiệt. Thị trường vật tư thiết bị điện mặt trời có nhiều sản phẩm với các mức tiêu chuẩn chất lượng khác nhau, gây khó khăn cho công tác lựa chọn. Do vậy, bài báo sẽ phân tích, so sánh, tổng hợp để đưa ra nhận định và xây dựng được những tiêu chí kỹ thuật phù hợp áp dụng triển khai điện mặt trời cho các đơn vị sản xuất, kinh doanh của TKV.

**1. Đặt vấn đề**

Tập đoàn công nghiệp Than- Khoáng sản Việt Nam (TKV) hoạt động trải dài từ Bắc tới Nam. Lĩnh vực hoạt động chính của tập đoàn là khai thác than và khoáng sản với diện tích chiếm đất rộng lớn tại các đơn vị khai thác lộ thiên, khai thác hầm lò, sản xuất hóa chất, nhiệt điện than, hệ thống các công trình xây dựng lớn gồm các văn phòng và nhà xưởng. Trong đó, các đơn vị khai thác thường hoạt động chủ yếu tại khu vực đồi núi, địa hình phức tạp, công trình xây dựng phân tán và các đơn vị chế biến khoáng sản có hạ tầng khá đồng đều, lý tưởng để phát triển năng lượng mặt trời.

Với yêu cầu gia tăng tỉ trọng năng lượng xanh trong thành phần năng lượng điện, TKV đã giao

cho Viện Khoa học Công nghệ Mỏ thực hiện nhiệm vụ “Rà soát, đánh giá khả năng phát triển điện mặt trời phục vụ tự sản, tự tiêu tại các đơn vị sản xuất, kinh doanh trong TKV giai đoạn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050”. Viện Khoa học công nghệ Mỏ đã tiến hành khảo sát toàn bộ các đơn vị tiêu thụ năng lượng trọng điểm của Tập đoàn và đánh giá tiềm năng theo các khu vực cụ thể thuộc TKV.

Nhóm tác giả đã kết hợp nhiều phương pháp tính và sử dụng cơ sở dữ liệu Global Solar Atlas để ước tính tiềm năng năng lượng mặt trời (NLMT) của các đơn vị thuộc TKV. Tổng hợp kết quả đánh giá tiềm năng theo nhóm đơn vị trong TKV trong bảng 1.

*Bảng 1. Tổng hợp tiềm năng NLMT của các đơn vị trong TKV*

TT	Tên cơ sở	Tổng diện tích khả dụng (ha)	Tổng diện tích lắp đặt (ha)	CS lắp đặt DC dự kiến (MWp)	SL điện dự kiến (MWh/năm)
<b>I</b>	<b>Các đơn vị khai thác than hầm lò</b>				
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	14,31	11,59	26,16	28.398,21
2	Tiềm năng NLMT Bãi thải và khu khai thác sau khi kết thúc khai thác				
-	Đến năm 2030	1.408,06	422,42	951,94	1.033.430,41
-	Đến năm 2050	2.021,90	606,57	1.366,92	1.483.926,18
<b>II</b>	<b>Các đơn vị khai thác than lộ thiên</b>				
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	5,51	4,47	10,09	10.814,89
2	Tiềm năng NLMT Bãi thải và khu khai thác sau khi kết thúc khai thác				



-	Đến năm 2030	1.296,62	388,99	876,58	944.567,58
-	Đến năm 2050	3.525,00	1.057,50	2.383,05	2.579.983,81
<b>III</b>	<b>Các đơn vị sàng tuyển than</b>	<b>16,58</b>	<b>13,43</b>	<b>30,26</b>	<b>32.851,34</b>
<b>IV</b>	<b>Các đơn vị khai thác, sản xuất khoáng sản</b>				
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	21,03	17,03	38,41	49311,25
2	Tiềm năng NLMT Bãi thải và khu khai thác sau khi kết thúc khai thác	341,07	172,47	388,65	570576,85
<b>V</b>	<b>Các nhà máy nhiệt điện than</b>	<b>7,25</b>	<b>5,87</b>	<b>13,25</b>	<b>14.033,18</b>
<b>VI</b>	<b>các đơn vị sản xuất kinh doanh khác</b>				
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	13,68	11,08	25,01	27189,65
2	Tiềm năng NLMT mặt nước	368,00	8,83	284,32	199.024,50

Bảng 2. So sánh nhu cầu điện tiêu thụ và tiềm năng NLMT, lượng CO<sub>2</sub> cắt giảm khi sử dụng năng lượng sạch

TT	Tên cơ sở	SL điện dự kiến (MWh/năm)	Lượng điện tiêu thụ (MWh/năm)	Lượng CO <sub>2</sub> cắt giảm (TCO <sub>2</sub> )
<b>I</b>	<b>Các đơn vị khai thác than hầm lò</b>	<b>2.545.754,80</b>	<b>750.652,4</b>	<b>1.722.457,70</b>
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	28.398,21		19.214,23
2	Tiềm năng NLMT Bãi thải và khu khai thác sau khi kết thúc khai thác			
-	Đến năm 2030	1.033.430,41		699.219,01
-	Đến năm 2050	1.483.926,18		1.004.024,45
<b>II</b>	<b>Các đơn vị khai thác than lộ thiên</b>	<b>3.604.001,90</b>	<b>252.188,6</b>	<b>2.438.467,69</b>
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	7.742,30		5.238
2	Tiềm năng NLMT Bãi thải và khu khai thác sau khi kết thúc khai thác			
-	Đến năm 2030	980.422,80		663.354
-	Đến năm 2050	2.615.836,80		1.769.875
<b>III</b>	<b>Các đơn vị sàng tuyển than</b>	<b>32.844,00</b>	<b>57.717.720,0</b>	<b>22.222</b>
<b>IV</b>	<b>Các đơn vị khai thác, sản xuất khoáng sản</b>	<b>1.029.699,60</b>	<b>770.570,2</b>	<b>696.694,75</b>
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	49.276,80		33.341
2	Tiềm năng NLMT Bãi thải và khu khai thác sau khi kết thúc khai thác	980.422,80		663.354
<b>V</b>	<b>Các nhà máy nhiệt điện than</b>	<b>14.007,30</b>	<b>1.119.514,0</b>	<b>9.477</b>
<b>VI</b>	<b>Các đơn vị sản xuất kinh doanh khác</b>	<b>223.349,20</b>	<b>259.328,7</b>	<b>151.118,07</b>
1	Tiềm năng NLMT mái nhà	24.324,70		16.458
2	Tiềm năng NLMT mặt nước	199.024,50		134.660

Trong đó tiềm năng mặt trời mái nhà có thể triển khai sớm khoảng 143,18 MWp và tiềm năng lớn từ bãi thải, khu khai thác kết thúc và mặt nước khoảng 2502 MWp năm 2030 và 4423 MWp năm 2050.

Bảng 2 tổng hợp giữa phụ tải tiêu thụ ở các nhóm ngành và sản lượng điện dự kiến khi lắp

đặt điện mặt trời.

Qua bảng tổng hợp ta thấy, điện mặt trời có thể đáp ứng nhu cầu sử dụng điện tại các đơn vị như sau: ĐMT mái nhà có thể đáp ứng 4% nhu cầu, ĐMT mặt đất có thể đáp ứng 138% năm 2030 và tới 198% năm 2050 nhu cầu tại các công ty than hầm lò; ĐMT mái nhà có thể đáp ứng 3% nhu cầu,

DMT mặt đất có thể đáp ứng 389% năm 2030 và 1037% năm 2050 nhu cầu của các Công ty than lộ thiên; DMT mái nhà có thể đáp ứng 7% nhu cầu, DMT mặt đất có thể đáp ứng 131% nhu cầu các Công ty chế biến khoáng sản; DMT mái nhà có thể đáp ứng 2% nhu cầu của các công ty nhiệt điện than; DMT mái nhà có thể đáp ứng 4% nhu cầu của các công ty sàng tuyển than.

Theo Chiến lược phát triển của Tập đoàn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 cũng đã định hướng theo mô hình sản xuất - kinh doanh thân thiện môi trường, phát thải carbon thấp, góp phần thực hiện mục tiêu trung hòa carbon theo cam kết quốc gia. Những năm gần đây, TKV đã rất quan tâm đến việc phát triển điện mặt trời để sử dụng trong nội bộ Tập đoàn. Nghị quyết số 161/NQ/ĐU và Kế hoạch số 151/KH-TKV của Đảng ủy và Cơ quan điều hành Tập đoàn đã nêu rõ cần tập trung khảo sát, đánh giá tiềm năng và nghiên cứu triển khai các dự án điện mặt trời, điện gió theo hướng tự sản, tự tiêu. Trên cơ sở đó, việc nghiên cứu và đánh giá khả năng phát triển điện mặt trời trong nội bộ TKV có ý nghĩa thiết thực, vừa góp phần tối ưu chi phí năng lượng, nâng cao hiệu quả vận hành, vừa tăng tỷ trọng “năng lượng xanh” trong cơ cấu tiêu thụ điện của các đơn vị, qua đó hỗ trợ lộ trình giảm phát thải trong toàn Tập đoàn.

### 2. Công nghệ sản xuất điện mặt trời

Năng lượng mặt trời có thể chuyển thành điện năng bằng hai cách: (1) sử dụng pin năng lượng mặt trời (PV), bằng các vật liệu bán dẫn có khả năng hấp thụ photon và phát ra electron (hiệu ứng quang điện); (2) sử dụng những tua-bin nhiệt như những máy phát điện khác, nhiệt năng từ ánh sáng mặt trời sẽ làm nước bốc hơi, và từ đó làm quay tua-bin và tạo ra dòng điện. Đây cũng chính là cơ chế của các nhà máy điện sử dụng công nghệ nhiệt mặt trời hội tụ (nhiệt độ cao).

(1) Nhà máy điện mặt trời sử dụng công nghệ quang điện PV (Photovoltaic hay PV) có hiệu suất chuyển đổi quang điện trong khoảng từ 20% ÷ 23%. Hệ số chuyển đổi này tuy không cao, nhưng hệ thống có cấu trúc đơn giản, hoạt động tin cậy và lâu dài, công việc vận hành và bảo trì bảo dưỡng cũng đơn giản và chi phí rất thấp. Hệ thống chỉ gồm các tấm pin mặt trời có kích thước từ 2-3m<sup>2</sup>/tấm, thiết bị biến tần chuyển đổi năng lượng từ DC sang AC và các thiết bị truyền tải điện phổ biến khác như trạm phân phối, hệ thống điều khiển truyền thống...

(2) Nhà máy điện mặt trời sử dụng công nghệ CSP (concentrated solar power) có hiệu suất chuyển đổi cao hơn, khoảng 25-28%, nhưng nó chỉ có hiệu quả ở các khu vực có bức xạ mặt trời cao hơn 5,5 kWh/m<sup>2</sup>/ngày (vùng sa mạc). Hệ thống này có cấu trúc phức tạp (cần có thiết bị điều khiển các bộ thu luôn đổi theo chuyển động của mặt trời), quy mô lắp đặt lớn, công việc vận hành và bảo trì bảo dưỡng phức tạp và chi phí cao. Như vậy, công nghệ nhà máy điện mặt trời CSP hiện tại chưa phù hợp với điều kiện ở Việt Nam.

Các đơn vị của TKV có đặc điểm sản xuất trong điều kiện phức tạp, khai thác mỏ tại những khu vực đồi núi, địa hình khó khăn, các công trình xây dựng phân tán. Do vậy, việc lựa chọn áp dụng công nghệ điện mặt trời sử dụng tấm Pin quang điện PV (1) sẽ phù hợp với các điều kiện sản xuất của TKV, có thể linh hoạt trong lựa chọn quy mô công suất và triển khai tại các địa hình phức tạp mà không cần cải tạo.

Trên cơ sở điều kiện tự nhiên, kỹ thuật, mô hình phát triển điện mặt trời phù hợp được lựa chọn cho các đơn vị sản xuất của TKV gồm:

- Điện mặt trời mái nhà: Là hệ thống điện mặt trời nổi lưới, có thể có lưu trữ điện năng, thường được lắp đặt tại mái của các công trình xây dựng, quy mô công suất thay đổi theo diện tích lắp đặt (xưởng cơ khí, xưởng nhiệt điện, nhà điều hành, kho chứa...).

- Điện mặt trời mặt đất: Là hệ thống điện mặt trời có quy mô công suất lớn tới hàng trăm MW, thường là nguồn cung cấp điện cho một khu vực rộng lớn với diện tích chiếm đất lớn (bãi thải, hồ bùn đỏ).

- Điện mặt trời mặt nước: Là hệ thống điện mặt trời nổi trên mặt nước có quy mô công suất lớn tới hàng trăm MW, thường là nguồn cung cấp điện cho một khu vực rộng lớn với diện tích chiếm mặt nước lớn (hồ quặng đuôi, hồ chứa nước đầu vào nhiệt điện, hồ thủy điện, moong nước).

Với cả 3 mô hình trên, quy trình công nghệ sản xuất điện mặt trời bao gồm: năng lượng mặt trời → điện một chiều DC → Pin lưu trữ (nếu có) → chuyển đổi điện xoay chiều AC. Với các mô hình công nghệ trên, hệ thống thiết bị vật tư chính bao gồm như sau: (1) Tấm Pin mặt trời; (2) Biến tần; (3) Pin lưu trữ; (4) khung giá đỡ tấm Pin mặt trời; (5) Cáp điện DC; (6) Đầu kết nối MC4.

### 3. Xây dựng các tiêu chí kỹ thuật



**3.1. Tiêu chí lựa chọn tấm Pin mặt trời**

Tấm Pin mặt trời là thành phần chính và chủ yếu trong việc tạo ra điện năng. Tấm Pin mặt trời phải đảm bảo hoạt động liên tục trong suốt vòng đời dự án đầu tư (khoảng 20 năm) mà vẫn đảm bảo được thông số kỹ thuật. Từ năm 2015 tới nay, mỗi năm có thêm hàng chục nhà sản xuất tấm Pin mặt trời gia nhập thị trường toàn cầu và mỗi nhà sản xuất lại có những sản phẩm với chất lượng, thông số kỹ thuật, thương mại khác nhau [1]. Do vậy, để lựa chọn được tấm Pin mặt trời có chất lượng tốt thì tấm Pin cần đảm bảo đáp ứng được những yêu cầu như: Hiệu suất quang điện cao; Độ bền tấm Pin tối thiểu 20 năm; Thương hiệu nhà sản xuất uy tín.

Theo quyết định số 11/2017/QĐ-TTg ngày 11/4/2017 của Thủ tướng Chính phủ có quy định dự án điện mặt trời chỉ áp dụng cho các tấm Pin mặt trời có hiệu suất lớn hơn 15% hoặc hiệu suất của tế bào quang điện lớn hơn 16%. Tuy nhiên, công nghệ chế tạo Tấm Pin mặt trời có sự tiến bộ nhanh chóng, hiệu suất chuyển đổi quang điện được nâng cấp theo từng năm và các hãng sản xuất tấm pin mặt trời cũng liên tục cập nhật công nghệ mới và loại biên công nghệ cũ có hiệu suất thấp, tới nay hiệu suất của các tấm Pin mặt trời đã tốt hơn quy định 11/2017/QĐ-TTg khá nhiều. Báo cáo phân tích dữ liệu các model sản phẩm

tấm Pin mặt trời đang lưu hành từ 05 hãng sản xuất lớn nhất thế giới (theo xếp hạng Tier 1 của Bloomberg) được trình bày tại bảng 3.

Báo cáo làm rõ các chỉ tiêu quan trọng của Tấm Pin mặt trời như sau:

- Hiệu suất quang điện: Hiệu suất tấm Pin càng cao thì khả năng sản sinh năng lượng trên đơn vị diện tích càng lớn.

- Chứng nhận chất lượng: TUV SUD (Đức) là chứng nhận tiêu chuẩn chất lượng toàn diện và uy tín nhất được công nhận để khẳng định mọi cam kết kỹ thuật của tấm Pin mặt trời được công bố là chính xác (bao gồm kiểm định sản phẩm, kiểm định nhà máy, quy trình sản xuất, kiểm định chất lượng sản phẩm, kiểm định độ tin cậy, kiểm định nguồn vật tư chế tạo) [2]. Các tiêu chuẩn CE, CSA US, TUV NORD, TUV Rheinland là các tiêu chuẩn cho thị trường riêng.

- Xếp hạng thương hiệu: TIER 1 là bảng xếp hạng quy mô sản xuất tấm Pin mặt trời có chất lượng, tình hình tài chính, tình hình kinh doanh và có bảo hiểm uy tín, được xếp hạng theo Quý mỗi năm do tổ chức Bloomberg thống kê và được coi là tiêu chuẩn để đánh giá mức độ uy tín thương hiệu. Danh sách TIER 1 gồm tối đa 50 nhà sản xuất tấm Pin mặt trời trên toàn thế giới.

Bảng 3. Thông số công suất, hiệu suất các loại Tấm pin mặt trời

Stt	Hạng mục	Top 1 Jinko Solar	Top 2 Longi	Top 3 Trina	Top 4 JA solar	Top 5 Tongwei
1	Tấm Pin công suất nhỏ nhất hiện hành	450W	405W	405W	460W	450W
2	Năm lưu hành	2020	2020	2020	2020	2020
3	Hiệu suất tấm Pin thấp nhất	22.52%	21.5%	20.8	23%	22.5
4	Kích thước tấm Pin (mm)	1762x1134	1772x1134	1754x1096	1762x1134	1762x1134
5	Tỉ lệ công suất/ diện tích (W/m <sup>2</sup> )	225,3	201,6	210,7	230,3	225,3
6	Tấm Pin công suất lớn nhất hiện hành	670W	670W	720W	720W	750W
7	Hiệu suất tấm Pin lớn nhất	24.8%	24.8%	23.2%	23.2%	24.8%
8	Kích thước tấm Pin (mm)	2382x1134	2382x1134	2384x1303	2384x1303	2384x1303
9	Tỉ lệ công suất/ diện tích (W/m <sup>2</sup> )	248,1	248,1	231,8	231,8	241,5
10	Năm lưu hành	2025	2025	2025	2025	2025
11	Thời gian bảo hành	15 năm	15 năm	15 năm	15 năm	15 năm
12	Chứng nhận chất lượng	TUV SUD, CE, TIER1	TUV Rheinland, TUV SUD, CSA US, CE, TIER1	TUV Rheinland, TUV SUD, CE, TIER1	TUV SUD, CE, Intertek, TIER1	TUV NORD, CE, TIER1

Qua thu thập dữ liệu cơ sở từ 05 hãng sản xuất tấm Pin mặt trời lớn nhất thế giới (theo xếp hạng Tier 1 của Bloomberg) tại Q3/2025 cho thấy tấm Pin mặt trời có mức công suất/điện tích thấp nhất hiện nay là 201W/m<sup>2</sup>, tấm Pin mặt trời có mức công suất/điện tích lớn nhất hiện nay là 248,1W/m<sup>2</sup> và mức công suất/điện tích trung bình là ≥230W/m<sup>2</sup> tương ứng với mức hiệu suất chuyển đổi quang điện của tấm Pin ≥23%.

Bài báo tổng hợp, đề xuất tiêu chí lựa chọn tấm Pin mặt trời phải đạt được các yêu cầu như sau:

- Hiệu suất quang điện của tấm Pin mặt trời: ≥23%

- Chứng nhận chất lượng: TUV SUD, CE
- Xếp hạng thương hiệu: TIER 1 (Bloomberg)

**3.2. Tiêu chí lựa chọn biến tần**

Biến tần/ Inverter là thiết bị chuyển đổi điện áp DC sang điện áp AC tương thích với hệ thống điện hiện hữu. Trên thế giới có rất nhiều hãng sản xuất biến tần cho năng lượng mặt trời, mỗi sản phẩm được thiết kế chế tạo theo những nguyên lý và đặc tính kỹ thuật riêng. Do vậy, mỗi hệ thống điện mặt trời sẽ được thiết kế và lựa chọn thông số kỹ thuật riêng và phù hợp. Tuy nhiên, thiết bị biến tần Inverter do các hãng sản xuất khác nhau có thể có tuổi thọ, thời gian bảo hành, các tính năng bảo vệ và giá thành khác nhau. Do vậy, việc tìm kiếm những hãng sản xuất thiết bị biến tần uy tín, chất lượng tốt là rất cần thiết.

Trên thị trường hiện nay, đa số các biến tần điện mặt trời được cung cấp từ các nhà sản xuất Trung Quốc, các thương hiệu tới từ Châu Âu, Mỹ hay Nhật bản hầu như không cạnh tranh được về **Bảng 4. Một số thương hiệu biến tần mặt trời xếp hạng Tier1**

Stt	Thương hiệu biến tần xếp hạng Tier 1	Nước sản xuất	Thời gian bảo hành
1	SMA	Đức	5-20 năm
2	Huawei	Trung Quốc	5-10 năm
3	SolarEdge	Israel	12-25 năm
4	Goodwe	Trung Quốc	5 năm
5	Sungrow	Trung Quốc	5-10 năm
6	Enphase	Mỹ	25 năm
7	Solis	Trung Quốc	5-10 năm
8	Growatt	Trung Quốc	5-10 năm
9	Sofar	Trung Quốc	5 năm
10	TMEIC	Nhật Bản	5-15 năm

giá và chế độ bảo hành. Sau khi tổng hợp thông tin từ các hãng sản xuất biến tần lớn theo bảng trên, bài báo đề xuất tiêu chí lựa chọn biến tần Inverter cần đạt các yêu cầu như sau (bảng 4):

- Số năm bảo hành (của hãng sản xuất): ≥ 05 năm
- Xếp hạng thương hiệu: Tier 1 (BloombergNef)
- Hệ số sóng hài THD≤3%
- Hiệu suất chuyển đổi AC ≥98%

**3.3. Tiêu chí lựa chọn pin lưu trữ**

Pin lưu trữ là đơn vị tích trữ điện năng sản sinh dư thừa từ các tấm Pin mặt trời tại thời điểm phụ tải tiêu thụ không hết điện năng từ tấm Pin. Khi phụ tải có nhu cầu cao hơn khả năng cung cấp điện từ Pin mặt trời thì Pin lưu trữ sẽ xả điện tích trữ từ trước ra tải với mục đích bù đắp năng lượng thiếu hụt.

Pin lưu trữ hiện đang được sử dụng phổ biến dưới nhiều loại hình như:Ắc quy (Axit-Chì) hoặc Lithium (LiFePo4). Trong đó, Pin Lithium vượt trội hơn hẳn Ắc quy về mật độ lưu trữ năng lượng, tuổi thọ và đặc tính sạc-xả. Báo cáo thực hiện so sánh thông số kỹ thuật của một số hãng sản xuất Pin Lithium lưu trữ cho điện mặt trời để làm căn cứ đánh giá như trong bảng 5.

Do đặc tính Pin lithium khó kiểm soát khi Lithium bị cháy nổ, nên một số sản phẩm Pin lithium có lắp **Bảng 5. Một số hãng sản xuất Pin Lithium lưu trữ cho điện mặt trời**

Stt	Nội dung	Hãng Dyness	Hãng Bett-energy	Hãng SVE
1	Loại Cell	LiFePO4	LiFePO4	LiFePO4
2	Tuổi thọ (chu kỳ sạc- xả)	≥8000 chu kỳ	≥8000 chu kỳ	≥6000 chu kỳ
3	Khả năng xả sâu (%SOC)	5%	5%	15%
4	Quản lý Cell	BMS	BMS	BMS
5	Kết nối nhiều Pack Pin	Có	Có	Có
6	Bảo vệ	IP20/ IP65	IP20/IP65	IP20
7	Bảo hành	10 năm	10 năm	5 năm
8	Tự chữa cháy	Có	Có	Không



đặt sẵn bộ phận tự chữa cháy bên trong khối Pin, đảm bảo an toàn trong trường hợp sự cố. Nếu Pin lithium không trang bị tự chữa cháy bên trong khối Pin, cần lắp đặt thêm thiết bị chữa cháy tự động (bằng bột, khí) để đảm bảo an toàn. Bài báo đề xuất tiêu chí lựa chọn Pin lưu trữ phải đạt các yêu cầu như sau:

- Số năm bảo hành (của hãng sản xuất):  $\geq 05$  năm
- Tuổi thọ:  $\geq 8000$  chu kỳ
- Khả năng xả sâu (%SOC): 5%
- Khả năng mở rộng: Có
- Quản lý Pin: BMS
- Tự chữa cháy: tích hợp hoặc lắp ngoài

**3.4. Tiêu chí lựa chọn khung giá đỡ tấm Pin mặt trời**

Để lắp đặt hoàn thiện được các tấm Pin mặt trời trên mái nhà xưởng có sẵn hoặc lắp đặt trên mặt đất hoặc mặt hồ nổi cần có các bộ khung giá đỡ, các phụ kiện lắp đặt như Ốc ren, bulong, vòng đệm hoặc những cấu kiện giá. Các bộ khung, giá đỡ, phụ kiện này phải chịu tác động trực tiếp của các điều kiện môi trường như mưa, nắng, khói, bụi, hơi nước, hơi hóa học... Các bộ khung đỡ, phụ kiện trên thị trường hiện nay khá đa dạng về chủng loại, giá thành, chất lượng. Do vậy, báo cáo tiến hành phân tích một số sản phẩm hiện có trên thị trường để đánh giá và lựa chọn tiêu chí cho chất lượng bộ phụ kiện lắp đặt tấm Pin mặt trời như sau (bảng 6-9):

*Bảng 6. Bộ phụ kiện lắp đặt Pin mặt trời trên mái tôn bằng nhôm*

Stt	Nội dung	Chủng loại	Tuổi thọ
1	Bộ kẹp tôn	Bộ kẹp tôn công nghiệp	20-50 năm
		Bộ neo tôn sóng	20-50 năm
2	Khung đỡ tấm Pin	Thanh ray dài	20-50 năm
3	Ngàm giữ tấm Pin	Ngàm kẹp dạng V	20-50 năm

*Bảng 7. Bộ phụ kiện lắp đặt Pin mặt trời trên mái tôn bằng thép*

Stt	Nội dung	Chủng loại	Tuổi thọ
1	Khung đỡ tấm Pin	Thép mạ kẽm nhúng nóng	20-50 năm
2	Ngàm giữ tấm Pin	Ngàm kẹp dạng V	20-50 năm

*Bảng 8. Bộ phụ kiện lắp đặt Pin mặt trời trên mặt đất*

Stt	Nội dung	Chủng loại	Tuổi thọ
1	Móng khung đỡ tấm Pin mặt trời	Kết cấu bê tông	20-50 năm
		Kết cấu dạng vít	20-30 năm
2	Khung đỡ tấm Pin	Thép mạ kẽm nhúng nóng	20-50 năm
2	Ngàm giữ tấm Pin	Ngàm kẹp dạng V	20-50 năm

*Bảng 9. Bộ phụ kiện lắp đặt Pin mặt trời nổi trên mặt nước*

Stt	Nội dung	Chủng loại	Tuổi thọ
1	Khung đỡ tấm Pin	Nhựa HDPE	25-50 năm
2	Ngàm giữ tấm Pin	Ngàm kẹp dạng Z	20-50 năm

Qua dữ liệu tổng hợp từ các bảng trên, nhận thấy các bộ khung đỡ, phụ kiện thường được chế tạo bằng nhôm hợp kim, inox 304 hoặc thép mạ kẽm. Những sản phẩm nhôm hợp kim có khả năng tự chống ăn mòn do có lớp oxy hóa bảo vệ hoặc được anot hóa bề mặt giúp tăng tuổi thọ, những phụ kiện bằng inox 304 hoặc thép mạ kẽm nhúng nóng đều có khả năng chống ăn mòn hiệu quả. Tuy nhiên, một số phụ kiện trên thị trường được chế tạo bằng thép mạ kẽm thường có thể không đảm bảo được độ bền sản phẩm trong quá trình sử dụng hoặc han rỉ gây mất thẩm mỹ, và giảm tuổi thọ của những kết cấu bên cạnh do han rỉ gây ra. Đối với những hệ thống điện mặt trời nổi trên mặt nước, bộ phụ kiện lắp đặt Pin mặt trời cũng chính là các phao nổi đỡ tấm Pin và tiếp xúc trực tiếp với nước, do vậy cần lựa chọn sản phẩm được chế tạo bằng loại nhựa nguyên sinh, không giải phóng chất độc hoặc vi nhựa ra môi trường nước.

Qua phân tích và đánh giá, bài báo tổng hợp, đề xuất tiêu chí lựa chọn bộ phụ kiện lắp đặt tấm Pin mặt trời phải sử dụng các loại vật liệu đạt được các yêu cầu như sau:

- Nhôm: Nhôm hợp kim
- Thép: Thép mạ kẽm nhúng nóng
- Inox:  $\geq$ Sus304
- Nhựa: HDPE nguyên sinh

**3.5. Tiêu chí lựa chọn dây cáp điện DC**

Cáp điện DC dùng kết nối các chuỗi Pin mặt trời về biến tần thường xuyên hoạt động ở điện áp cao

từ 600-1500VDC và trực tiếp ngoài trời thường phải chịu những tác động bất lợi như:

- Tia UV từ mặt trời gây lão hóa lớp bọc cách điện với những vật liệu thông thường như PVC, XLPE.

- Lõi đồng bị oxy hóa do nước mưa/ hơi ẩm thấm dọc.

Cáp điện có thể được luồn trong ống bảo vệ PVC hoặc HDPE, tuy nhiên do đặc trưng lắp đặt cùng tấm Pin mặt trời, cáp DC phải tiếp xúc trực tiếp với ánh nắng và tia UV. Do vậy, để giải quyết những tồn tại gặp phải cho cáp điện DC, cần phải lựa chọn loại cáp chuyên dụng lõi đồng mạ thiếc chống oxy hóa và lớp bọc cách điện vật liệu XLPO kháng tia UV. Trên thị trường hiện nay đang lưu hành nhiều loại cáp điện DC với các thông số kỹ thuật như trong bảng 10.

*Bảng 10. Thông số kỹ thuật cáp điện DC của các hãng trên thế giới*

Stt	Hạng mục	Thông số kỹ thuật	Tiêu chuẩn
1	Đường kính lõi	4/6/10mm <sup>2</sup>	TUV/IEC/CE/RoHS
2	Vật liệu lõi	Cu/Al	
3	Vật liệu vỏ bọc	XLPO/XLPO	
4	Cấp điện áp	1000/1500/2000VDC	

Qua phân tích đề xuất tiêu chí lựa chọn cáp điện DC phải đạt các yêu cầu như sau:

- Vật liệu lõi: Đồng mạ thiếc.
- Vật liệu vỏ bọc: XLPO/XLPO hoặc kháng UV
- Cấp điện áp tối thiểu: 1500VDC
- Tiêu chuẩn: TUV/IEC/CE/RoHS

**3.6. Tiêu chí lựa chọn đầu kết nối MC4**

Giắc cắm MC4 cho các tấm Pin mặt trời là một thành phần có tỉ trọng và giá trị kinh tế nhỏ so với dự án tổng thể, tuy nhiên MC4 lại đóng vai trò quan trọng vì MC4 cung cấp sự an toàn, tin cậy và hiệu quả để kết nối các tấm Pin mặt trời về biển tần. Việc đấu nối các dây dẫn khi đi xa là không thể tránh khỏi, nên mỗi nối trong những trường hợp này nếu bị oxy hóa, nhiễm nước thì sẽ nhanh chóng xuống cấp, sinh hiện tượng đánh lửa, phát nóng mỗi nối. MC4 là thành phần đấu nối nhanh cấp DC điện áp cao, đồng thời là phần tử bao bọc, bảo vệ khớp nối an toàn khỏi nước, hơi ẩm. Trên thị trường hiện nay đang lưu hành nhiều loại đầu Jack MC4 của các hãng với thông số kỹ thuật đặc trưng như trong Bảng 11.

*Bảng 11. Thông số kỹ thuật đầu Jack MC4 của các hãng trên thế giới*

Stt	Nội dung	Hãng Leader	Hãng Sunkean	Hãng Ningbo
1	Cấp điện áp (V)	1000/1500	1000/1500	1000/1500
2	Điện trở tiếp xúc	≤0.35mΩ	≤0.3mΩ	≤0.3mΩ
3	Dòng điện định mức	35A/40A/45A	25A/35A/45A	25A/35A/45A
4	Cấp cách điện	6kV trong 1 phút	6kV trong 1 phút	6kV trong 1 phút
5	Bảo vệ	IP68	IP68	IP67
6	Tuổi thọ công bố	25 năm	25 năm	20 năm

Bảng trên cho thấy đặc tính kỹ thuật của jack MC4 của 3 hãng sản xuất khá tương đồng và về cơ bản đáp ứng được vòng đời đầu tư của một dự án điện mặt trời. Bài báo đề xuất tiêu chí lựa chọn Jack MC4 phải đạt các yêu cầu như sau:

- Cấp điện áp: 1500V
- Điện trở tiếp xúc: ≤0.35mΩ
- Cấp bảo vệ: IP68

**4. Kết luận**

Tập đoàn công nghiệp Than- Khoáng sản Việt Nam có tiềm năng rất lớn để phát triển điện mặt trời nhờ quản lý diện tích không gian khá lớn, trải dài từ bắc đến nam, bao gồm: các bãi thải khai thác than, khoáng sản, mái nhà của các công trình công nghiệp (điện, hóa chất, chế biến than – khoáng sản), văn phòng, v.v. Điều kiện các khu vực này thuận lợi để phát triển điện mặt trời, ngoài yếu tố không gian và diện tích lớn, quang năng khá cao; tuy nhiên, môi trường, khí hậu khá phức tạp: nhiều khu vực ảnh hưởng mạnh bởi bụi, chênh lệch lớn về nhiệt độ theo mùa, mưa bão nhiều, v.v.

Trong điều kiện như vậy, mô hình phát triển điện mặt trời được lựa chọn phù hợp cho TKV gồm: Điện mặt trời mái nhà, có quy mô công suất nhỏ đến trung bình (thường có công suất dưới 10 MW), áp dụng trên mái các công trình, xưởng sản xuất công nghiệp (nhà máy nhiệt điện, chế biến than, khoáng sản, cơ khí, nhà văn phòng); Điện mặt trời mặt đất, có quy mô công suất lớn, áp dụng cho các bãi thải khai thác than – khoáng



sản; Điện mặt trời mặt nước, có quy mô công suất lớn, áp dụng cho hồ chứa nước thủy điện, moong khai thác lộ thiên, hồ chứa nước đầu vào nhà máy nhiệt điện. Các mô hình trên có thể lưu trữ hoặc không lưu trữ và đều sử dụng công nghệ sản xuất điện giống nhau. Cùng với đó, các tác giả cũng đã phân tích, lựa chọn được những tiêu chí kỹ thuật chủ yếu cho hệ thống điện mặt trời (thiết bị, vật tư) gồm: Tấm Pin mặt trời: hiệu suất quang điện không nhỏ hơn 23%; Biến tần Inverter: hệ số sóng hài THD $\leq$ 3%, hiệu suất chuyển đổi AC  $\geq$ 98%; Pin lưu trữ: tuổi thọ  $\geq$ 8000 chu kỳ sạc xả; Cấp điện DC: vật liệu lõi là đồng mạ thiếc, vật liệu vỏ bọc là XLPO/XLPO hoặc kháng UV, cấp điện áp tối thiểu là 1500VDC.

Với tiềm năng lớn và các tiêu chí kỹ thuật cho hệ thống điện mặt trời được lựa chọn phù hợp sẽ là cơ sở để TKV thúc đẩy việc khai thác, sản

xuất, sử dụng năng lượng xanh, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh, phát triển bền vững cho doanh nghiệp.

#### **Tài liệu tham khảo:**

[1]. ReportLinker, „Photovoltaics Industry,” [https://www.reportlinker.com/market-report/Photovoltaics/8103/Photovoltaics?term=pv%20solar%20industry&matchtype=p&loc\\_interest=&loc\\_physical=9198242&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=15072746546&g\\_braid=0AAAAAD19yGfZhBrjXabhfV6K11Xd\\_pmWX&gclid=CjwKCAjwr8LHBhBKE](https://www.reportlinker.com/market-report/Photovoltaics/8103/Photovoltaics?term=pv%20solar%20industry&matchtype=p&loc_interest=&loc_physical=9198242&gad_source=1&gad_campaignid=15072746546&g_braid=0AAAAAD19yGfZhBrjXabhfV6K11Xd_pmWX&gclid=CjwKCAjwr8LHBhBKE), 2025.

[2]. T. SUD, „Certification mark for photovoltaic (PV) modules,” <https://www.tuvsud.com/en/customer-hub/ps-cert/certification-mark-for-pv-module>, 2025.

---

## **Analysis and Development of Technical Criteria for the Application of Solar Power Systems in Production Units of TKV**

**MSc. Nguyen Kim Quy, MSc. Nguyen Anh Nguyen, Dr. Pham Thanh Liem, MSc. Nguyen Minh Tam, Eng. Pham Van Long, Eng. Pham Vu Hai**  
*Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology*

#### **Abstract:**

*Solar power systems are typically designed to operate continuously for approximately 20 years to ensure capital recovery and investment returns. Solar panels, inverters, DC electrical cables, and mounting structures are the main components of solar power systems, characterized by high value and continuous outdoor operation under direct exposure to sunlight, rain, and harsh environmental conditions. The solar equipment market offers a wide range of products with varying quality standards, creating challenges in equipment selection. Therefore, this paper analyzes, compares, and synthesizes relevant factors to provide assessments and develop appropriate technical criteria for the deployment of solar power systems in production and business units of TKV.*



## **CHUẨN HÓA KIỂM KÊ KHÍ NHÀ KÍNH CẤP CƠ SỞ: NỀN TẢNG CHO QUẢN LÝ HẠN NGẠCH PHÁT THẢI NGÀNH MỎ**

**KS. Trần Thị Thùy Linh, CN. Ngô Nguyên Tùng**  
*Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin*

**Biên tập: TS. Phan Văn Việt**

### **Tóm tắt:**

*Bài báo phân tích vai trò của việc chuẩn hóa kiểm kê khí nhà kính cấp cơ sở trong bối cảnh Việt Nam bắt đầu triển khai phân bổ hạn ngạch phát thải cho một số ngành công nghiệp trọng điểm. Phạm vi nghiên cứu tập trung vào ngành mỏ - các cơ sở khai thác và chế biến than - khoáng sản. Bài viết sử dụng phương pháp phân tích các quy định hiện hành, tổng hợp hướng dẫn của IPCC và xem xét thực tiễn triển khai kiểm kê KNK tại cơ sở. Phân tích cho thấy, mặc dù khung pháp lý đã cho phép linh hoạt trong lựa chọn phương pháp và hệ số phát thải, sự không thống nhất giữa các cơ sở làm giảm tính so sánh của dữ liệu và hạn chế khả năng sử dụng kết quả kiểm kê cho xây dựng đường cơ sở và phân bổ hạn ngạch phát thải. Trong bối cảnh cơ chế hạn ngạch đã được áp dụng, yêu cầu về tính chính xác, minh bạch và nhất quán của dữ liệu kiểm kê trở nên đặc biệt quan trọng nhằm hạn chế rủi ro báo cáo thấp hơn thực tế để tuân thủ hạn ngạch hoặc hưởng lợi từ hạn ngạch dư thừa. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất tiếp cận chuẩn hóa phương pháp kiểm kê cấp cơ sở như một giải pháp bảo đảm tính toàn vẹn dữ liệu và nâng cao hiệu quả quản lý hạn ngạch phát thải trong ngành mỏ.*

### **1. Mở đầu**

Biến đổi khí hậu và yêu cầu giảm phát thải khí nhà kính (KNK) đang trở thành một trong những thách thức lớn đối với các ngành công nghiệp sử dụng nhiều năng lượng và tài nguyên, trong đó có ngành khai thác và chế biến than - khoáng sản. Trong bối cảnh Việt Nam từng bước triển khai các cam kết giảm phát thải và tiến tới vận hành cơ chế quản lý phát thải theo hạn ngạch, kiểm kê KNK cấp cơ sở được xác định là nền tảng quan trọng cho công tác quản lý phát thải và xây dựng các chính sách giảm nhẹ phù hợp.

Trong thời gian qua, các văn bản quy phạm pháp luật đã ban hành hướng dẫn kiểm kê KNK cấp cơ sở, cho phép các đơn vị lựa chọn phương pháp và hệ số phát thải phù hợp với điều kiện thực tế. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai cho thấy cách tiếp cận này, dù cần thiết trong giai đoạn đầu, lại dẫn đến sự khác biệt đáng kể giữa các cơ sở trong cùng lĩnh vực về phạm vi nguồn phát thải được xem xét, phương pháp tính toán và hệ số phát thải được áp dụng. Sự thiếu thống nhất này làm giảm tính so sánh của kết quả kiểm kê, gây khó khăn cho việc tổng hợp dữ liệu và hạn chế khả năng sử dụng kết quả kiểm kê như một công cụ quản lý trong bối cảnh triển khai hạn ngạch phát thải.

Đặc biệt, khi cơ chế hạn ngạch phát thải được

áp dụng, yêu cầu đối với dữ liệu phát thải không chỉ dừng lại ở việc đáp ứng nghĩa vụ báo cáo, mà còn phải đảm bảo tính nhất quán, minh bạch giữa các cơ sở trong cùng lĩnh vực và trong nội bộ một tập đoàn hoặc ngành. Điều này đặt ra vấn đề rằng, bên cạnh các hướng dẫn chung đã được ban hành, cần thiết phải xây dựng các quy trình kiểm kê KNK thống nhất theo lĩnh vực ở cấp cơ sở, làm cơ sở cho việc so sánh phát thải, xây dựng đường cơ sở và phân bổ hạn ngạch phát thải.

Tại Việt Nam, danh mục các cơ sở phải thực hiện kiểm kê KNK do Chính phủ ban hành hiện nay bao gồm nhiều cơ sở thuộc lĩnh vực khai thác và chế biến khoáng sản. Mặc dù trong giai đoạn đầu của thị trường các-bon, hạn ngạch phát thải chủ yếu được phân bổ cho một số lĩnh vực phát thải lớn như nhiệt điện, xi măng và sắt thép [1], các cơ sở trong ngành mỏ vẫn được xem là nhóm đối tượng tham gia cơ chế phân bổ hạn ngạch trong các giai đoạn mở rộng của thị trường các-bon.

Trên cơ sở đó, bài viết phân tích vai trò của kiểm kê KNK cấp cơ sở trong quản lý hạn ngạch phát thải đối với ngành khai thác và chế biến khoáng sản, đồng thời làm rõ sự cần thiết của việc chuẩn hóa phương pháp kiểm kê theo lĩnh vực nhằm phục vụ mục tiêu phát triển bền vững trong



giai đoạn chuyển tiếp hiện nay.

**2. Tổng quan kiểm kê KNK cấp cơ sở và quản lý hạn ngạch phát thải**

**2.1. Kiểm kê KNK cấp cơ sở**

Kiểm kê KNK cấp cơ sở là quá trình nhận diện, định lượng và báo cáo lượng phát thải khí nhà kính trong phạm vi ranh giới xác định. Theo hướng dẫn của IPCC, kiểm kê KNK không chỉ phục vụ mục tiêu thống kê phát thải mà còn là nền tảng cho việc xây dựng các công cụ quản lý phát thải, bao gồm xây dựng đường cơ sở, đánh giá hiệu quả các biện pháp giảm nhẹ và triển khai các cơ chế thị trường các-bon.

Các hướng dẫn của IPCC (2006, 2019) cho phép áp dụng nhiều bậc tiếp cận (Bậc 1–3) tùy theo mức độ chi tiết của số liệu và năng lực kỹ thuật của cơ sở. Trong đó, Bậc 1 sử dụng các hệ số phát thải và tham số mặc định, được coi là thực hành tốt đối với các quốc gia và lĩnh vực còn hạn chế về số liệu; Bậc 2 và Bậc 3 yêu cầu số liệu chi tiết hơn, cho phép giảm độ sai số nhưng làm tăng đáng kể yêu cầu về thu thập và xử lý số liệu. [2] [3]

Trong bối cảnh nhiều quốc gia đang triển khai các cơ chế quản lý phát thải dựa trên hạn ngạch và thị trường các-bon, kết quả kiểm kê KNK cấp cơ sở ngày càng đóng vai trò quan trọng không chỉ trong báo cáo phát thải mà còn trong việc phân bổ hạn ngạch và giám sát tuân thủ của các cơ sở phát thải. Do đó, việc hiểu rõ cơ chế quản lý hạn ngạch phát thải là cần thiết để làm rõ vai trò của hệ thống kiểm kê KNK trong quản lý phát thải.

**2.2. Quản lý hạn ngạch phát thải**

Trong các hệ thống quản lý phát thải dựa trên hạn ngạch (cap-and-trade), việc xác định và phân bổ hạn ngạch phát thải cho các cơ sở là một trong những nội dung quan trọng quyết định hiệu quả vận hành của hệ thống. rên thế giới, hai phương pháp phân bổ hạn ngạch phát thải KNK được sử dụng phổ biến là grandfathering và benchmarking.

Phương pháp grandfathering xác định hạn ngạch phát thải dựa trên mức phát thải trong quá khứ của các cơ sở, thường được tính toán theo trung bình phát thải của một số năm trước khi hệ thống hạn ngạch được áp dụng. Phương pháp này có ưu điểm là dễ triển khai trong giai đoạn đầu do sử dụng các số liệu phát thải sẵn có, đồng thời giảm bớt tác động đột ngột đối với hoạt động sản xuất của các doanh nghiệp.

Trong khi đó, phương pháp benchmarking

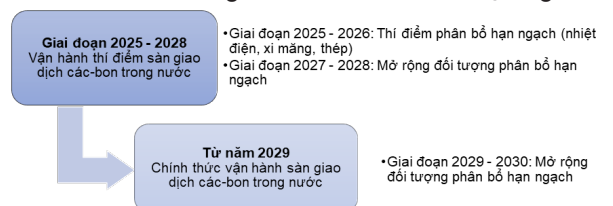
phân bổ hạn ngạch dựa trên mức phát thải chuẩn cho một ngành, một nhóm sản phẩm hoặc một đơn vị đầu ra. Cách tiếp cận này khuyến khích các cơ sở nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và giảm cường độ phát thải, tuy nhiên đòi hỏi hệ thống dữ liệu phát thải và dữ liệu sản xuất có độ tin cậy cao.

Kinh nghiệm triển khai hệ thống hạn ngạch phát thải tại một số quốc gia cho thấy trong giai đoạn đầu, nhiều nước lựa chọn phân bổ hạn ngạch dựa trên lịch sử phát thải của các cơ sở, sau đó từng bước chuyển sang áp dụng các chỉ số chuẩn phát thải khi hệ thống dữ liệu và phương pháp đánh giá đã được hoàn thiện. Đồng thời, hạn ngạch phát thải thường được ưu tiên phân bổ trước cho các lĩnh vực có mức phát thải lớn nhằm kiểm soát hiệu quả tổng lượng phát thải của nền kinh tế. Trong bối cảnh đó, dữ liệu kiểm kê KNK cấp cơ sở đóng vai trò quan trọng trong việc xác định mức phát thải lịch sử, xây dựng các chỉ số so sánh và hỗ trợ quá trình phân bổ hạn ngạch phát thải giữa các cơ sở trong cùng lĩnh vực.

**3. Chuẩn hóa kiểm kê khí nhà kính cấp cơ sở trong ngành mỏ**

**3.1. Sự cần thiết của việc chuẩn hóa kiểm kê KNK cấp cơ sở trong ngành mỏ**

Tại Việt Nam, việc hình thành thị trường các-bon trong nước đã được đặt nền tảng trong Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 cùng các văn bản hướng dẫn như Nghị định số 06/2022/NĐ-CP và Nghị định số 119/2025/NĐ-CP. Theo lộ trình hiện hành, trong giai đoạn 2025-2026 việc phân bổ hạn ngạch phát thải KNK được thí điểm đối với một số lĩnh vực phát thải lớn như nhiệt điện, sản xuất sắt thép và xi măng [1]. Giai đoạn sau năm 2027, danh mục cơ sở được phân bổ hạn ngạch dự kiến sẽ do các bộ quản lý lĩnh vực đề xuất trên cơ sở danh mục cơ sở phải thực hiện kiểm kê KNK do Thủ tướng Chính phủ ban hành (Hình 1). Điều này cho thấy phạm vi áp dụng cơ chế phân bổ hạn ngạch có khả năng được mở rộng sang các lĩnh vực phát thải lớn khác, trong đó có các cơ sở thuộc ngành



Hình 1. Lộ trình phát triển thị trường các-bon tại Việt Nam [1]

khai thác và chế biến than - khoáng sản.

Trong bối cảnh chuyển từ giai đoạn xây dựng hệ thống kiểm kê sang giai đoạn sử dụng dữ liệu phát thải cho mục tiêu quản lý, một trong những thách thức lớn là sự thiếu thống nhất trong cách áp dụng các hướng dẫn kiểm kê giữa các cơ sở. Trong giai đoạn đầu triển khai kiểm kê KNK, cách tiếp cận linh hoạt các hướng dẫn hiện hành là cần thiết nhằm khuyến khích các cơ sở tham gia và từng bước hình thành hệ thống dữ liệu phát thải. Tuy nhiên, các kết quả kiểm kê được xây dựng trên những giả định và phương pháp khác nhau sẽ khó có thể so sánh trực tiếp. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các tập đoàn hoặc ngành có nhiều cơ sở sản xuất, nơi yêu cầu tổng hợp và so sánh phát thải là cơ sở cho việc phân bổ hạn ngạch và đánh giá hiệu quả giảm phát thải. Việc xây dựng các quy trình kiểm kê KNK thống nhất theo lĩnh vực ở cấp cơ sở không nhằm thay thế hay mâu thuẫn với các hướng dẫn hiện hành, mà đóng vai trò cụ thể hóa và chuẩn hóa việc áp dụng các hướng dẫn đó trong điều kiện thực tiễn. Cách tiếp cận này cho phép đảm bảo tính nhất quán của kết quả kiểm kê, giảm bất định do lựa chọn phương pháp không đồng nhất, đồng thời vẫn duy trì được mức độ linh hoạt cần thiết để thích ứng với điều kiện kỹ thuật và quản lý của các cơ sở.

Bên cạnh đó, việc chuẩn hóa quy trình kiểm kê KNK còn hỗ trợ các cơ sở triển khai kiểm kê một cách hệ thống và đầy đủ, hạn chế tình trạng bỏ sót hoặc xác định không nhất quán các nguồn phát thải. Khi các nguồn phát thải được nhận diện và định lượng theo cùng một phương pháp, doanh nghiệp có thể xác định rõ các nguồn phát thải trọng điểm, đánh giá mức độ đóng góp của từng nguồn và xây dựng các kế hoạch giảm phát thải phù hợp với đặc điểm công nghệ và quy mô sản xuất.

Khi hạn ngạch phát thải được ban hành và là cơ sở bắt buộc cho hoạt động quản lý, một rủi ro quan trọng cần được lưu ý là việc kiểm kê thấp hơn thực tế để tuân thủ hạn ngạch hoặc tận dụng hạn ngạch dư thừa trên thị trường. Nếu các phương pháp kiểm kê không được chuẩn hóa và giám sát chặt chẽ, tồn tại nguy cơ kết quả kiểm kê bị tối ưu hóa theo cách làm giảm kết quả kiểm kê thay vì phản ánh đúng phát thải thực tế. Điều này vừa tạo sự thiếu công bằng giữa các cơ sở, vừa ảnh hưởng đến tính hiệu quả của cơ chế hạn ngạch và làm sai lệch bức tranh tổng thể phát thải của ngành. Do đó, đảm bảo chất lượng kiểm kê,

minh bạch số liệu và áp dụng các nguyên tắc kiểm soát nội bộ là yếu tố then chốt để giảm thiểu rủi ro gian lận trong quản lý hạn ngạch.

Từ góc độ quản lý, công tác kiểm kê KNK cấp cơ sở được chuẩn hóa theo lĩnh vực sẽ tạo tiền đề cho việc xây dựng đường cơ sở phát thải, thiết lập các chỉ số so sánh và triển khai phân bổ hạn ngạch phát thải một cách minh bạch, công bằng và hiệu quả. Đây là bước chuyển quan trọng từ kiểm kê mang tính tuân thủ sang kiểm kê phục vụ quản lý và phát triển bền vững.

### **3.2. Đề xuất phương pháp kiểm kê KNK cấp cơ sở đối với ngành mỏ**

Trên cơ sở phạm vi đánh giá và đặc điểm hoạt động của các cơ sở khai thác và chế biến than - khoáng sản, đề xuất phương pháp tính toán phát thải KNK cho từng nhóm nguồn phát thải theo các nguyên tắc: (i) phù hợp với các quy định và hướng dẫn hiện hành; (ii) phản ánh được đặc thù công nghệ và điều kiện sản xuất của các đơn vị; (iii) đảm bảo tính khả thi trong thu thập số liệu và khả năng áp dụng thống nhất; (iv) đáp ứng yêu cầu so sánh, tổng hợp và phục vụ cho công tác quản lý, phân bổ hạn ngạch phát thải KNK cho ngành mỏ.

Bài viết đề xuất cách tiếp cận thống nhất đối với các nhóm nguồn phát thải chính, được tổng hợp trong Bảng 1.

Các nhóm nguồn phát thải chính được xem xét bao gồm: phát thải trực tiếp từ đốt nhiên liệu; phát thải do phát tán trong khai thác; phát thải từ xử lý nước thải; phát thải từ rò rỉ môi chất lạnh; phát thải gián tiếp do sử dụng điện và hơi mua ngoài.

#### **a) Phát thải trực tiếp từ đốt nhiên liệu tại thiết bị cố định và di động:**

Đối với các nguồn phát thải phát sinh từ hoạt động đốt nhiên liệu (bao gồm nhiên liệu sử dụng cho lò hơi, máy phát điện, phương tiện vận tải, máy móc thiết bị), nghiên cứu lựa chọn phương pháp tính toán dựa trên lượng nhiên liệu tiêu thụ thực tế kết hợp với hệ số phát thải tương ứng [2] [4].

Cách tiếp cận này được lựa chọn vì:

- Lượng nhiên liệu tiêu thụ là số liệu được các cơ sở theo dõi tương đối đầy đủ, có hóa đơn, chứng từ và sổ sách quản lý;
- Phương pháp này đã được quy định rõ trong Thông tư số 38/2023/TT-BCT và phù hợp với phương pháp tiếp cận bậc 1 và bậc 2 của IPCC;
- Cho phép áp dụng thống nhất cho cả thiết bị cố định và di động, không phụ thuộc vào quy mô hay mức độ hiện đại của thiết bị.

**Bảng 1. Tổng hợp phương pháp kiểm kê KNK áp dụng cho các nhóm nguồn phát thải ở cấp cơ sở**

Nhóm nguồn phát thải	Phương pháp áp dụng	Lý do lựa chọn
Đốt nhiên liệu tại thiết bị cố định và di động	Bậc 1 (dựa trên lượng nhiên liệu tiêu thụ và hệ số phát thải)	Dữ liệu nhiên liệu sẵn có, được theo dõi thường xuyên; phù hợp Thông tư 38/2023/TT-BCT và IPCC
Phát thải do phát tán trong khai thác than	Bậc 2 (sử dụng hệ số phát thải đặc trưng quốc gia)	Phù hợp điều kiện khai thác hiện nay; thiếu số liệu chi tiết cho Bậc cao hơn
Xử lý nước thải	Bậc 1 (theo hướng dẫn của IPCC 2019)	Phát thải chiếm tỷ trọng nhỏ; hạn chế về số liệu; đảm bảo áp dụng thống nhất
Rò rỉ môi chất lạnh	Bậc 1 (lượng môi chất nạp bổ sung)	Dễ áp dụng, không yêu cầu theo dõi chi tiết rò rỉ
Sử dụng điện và hơi mua ngoài	Bậc 1 (sản lượng tiêu thụ x hệ số phát thải công bố)	Phù hợp quy định hiện hành; dễ cập nhật theo năm

Theo hướng dẫn tại Bảng 2.1 trang 2.7 Chương 2 Phần 2 IPCC 2006, trường hợp cơ sở sản xuất nhôm có bố trí nhà máy nhiệt điện trong tổ hợp để phục vụ nhu cầu sử dụng nội bộ, phát thải KNK được xác định và hạch toán như phát thải từ hoạt động đốt nhiên liệu cố định trong lĩnh vực công nghiệp, không phân loại vào lĩnh vực sản xuất điện [2].

**b) Phát thải trực tiếp do phát tán:**

Phát thải KNK do phát tán chủ yếu là từ quá trình khai thác than và sau khai thác (bao gồm các công đoạn chế biến, lưu giữ và vận chuyển than). Trong hoạt động khai thác than (Hình 2), khí mêtan (CH<sub>4</sub>) được giải phóng từ các vỉa than trong quá trình đào lò và khai thác, là nguồn phát thải KNK đặc trưng của ngành khai thác than. Hiện tại, các mỏ hầm lò tại Việt Nam chưa triển khai áp dụng biện pháp tháo khí trước khai thác, do đó không phát sinh các nguồn phát thải liên quan đến thu hồi khí.

Đối với phát thải từ hoạt động thăm dò than, do IPCC chưa cung cấp phương pháp và hệ số phát thải mặc định, đồng thời các phát thải này được đánh giá là không đáng kể so với tổng phát thải của toàn bộ quá trình khai thác nên hiện tại đề xuất chưa xem xét phát thải từ nguồn này.

Như vậy, lượng KNK từ quá trình phát tán đối với ngành mỏ được tính toán từ quá trình khai thác và sau khai thác than tại các cơ sở.

**c) Phát thải trực tiếp từ quá trình xử lý nước thải:**

Đối với phát thải từ xử lý nước thải, đề xuất lựa chọn phạm vi đánh giá là nước thải sinh hoạt



**Hình 2. Khai thác than hầm lò - Nguồn phát thải KNK do phát tán từ quá trình khai thác [5]**

phát sinh từ hoạt động của cán bộ công nhân viên tại cơ sở. Nước thải công nghiệp không đưa vào phạm vi tính toán do phần lớn nước thải công nghiệp tại các cơ sở khai thác và chế biến than - khoáng sản được xử lý bằng các công trình vật lý - hóa lý, không hình thành hoặc chỉ hình thành ở mức không đáng kể các quá trình phân hủy sinh học tạo ra CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O. Việc đưa nước thải công nghiệp vào kiểm kê KNK không mang lại hiệu quả tương xứng với yêu cầu thu thập số liệu phức tạp.

Để tính toán lượng phát thải KNK từ quá trình xử lý nước thải, phương pháp tiếp cận Bậc 1 theo IPCC 2019 được áp dụng nhằm đảm bảo tính đơn giản, thống nhất và khả năng triển khai đồng bộ giữa các đơn vị. Việc áp dụng các phương pháp Bậc cao hơn chỉ được xem xét mang tính tham khảo và kiểm tra chéo trong trường hợp có đủ số liệu chi tiết.

**d) Phát thải trực tiếp do phát thải là các dung môi chất lạnh:**

Đối với phát thải phát sinh từ rò rỉ môi chất lạnh trong quá trình vận hành các thiết bị điều hòa, kho lạnh và thiết bị làm mát, đề xuất lựa chọn phương pháp tiếp cận bậc 1, dựa trên lượng môi chất lạnh nạp bổ sung hàng năm [4].

Phương pháp này được đề xuất lựa chọn do: Phù hợp với phương pháp tiếp cận bậc 1 theo hướng dẫn của IPCC và Thông tư số 38/2023/TT-BCT; Dễ áp dụng, không yêu cầu theo dõi chi tiết lượng rò rỉ thực tế; Phản ánh được xu hướng phát thải trong điều kiện quản lý hiện tại của các đơn vị.

Các phương pháp dựa trên đo đạc trực tiếp tỷ

lệ rõ ràng theo từng thiết bị không được đề xuất thực hiện do đây không phải là nguồn phát thải chính và hiện chưa có hệ thống theo dõi đồng bộ, khó áp dụng đại trà.

**e) Phát thải gián tiếp do sử dụng điện mua ngoài:**

Đối với phát thải KNK do sử dụng điện và hơi mua ngoài, đề xuất lựa chọn phương pháp tiếp cận bậc 1. Lượng phát thải được xác định dựa trên lượng năng lượng tiêu thụ kết hợp với hệ số phát thải do cơ quan có thẩm quyền công bố [4].

Cách tiếp cận này đảm bảo: Phù hợp với các quy định hiện hành; dễ áp dụng và kiểm chứng; cho phép cập nhật hệ số phát thải theo từng năm mà không cần thay đổi phương pháp tính.

**f) Các nguồn phát thải khác:**

Một số nguồn phát thải tiềm năng như phát thải gián tiếp trong chuỗi cung ứng, vận chuyển ngoài ranh giới cơ sở (Phạm vi 3) chưa được xem xét. Các nguồn này được định hướng là nội dung mở rộng trong các giai đoạn tiếp theo, khi hệ thống MRV nội bộ và cơ sở dữ liệu phát thải của ngành được hoàn thiện.

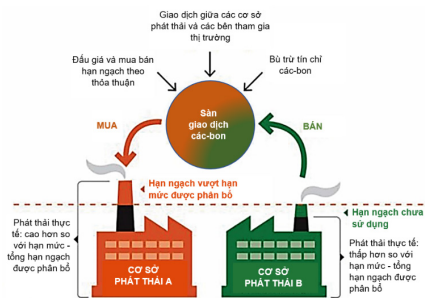
**3.3. Chuẩn hóa kiểm kê KNK – nền tảng cho quản lý hạn ngạch phát thải ngành mỏ**

Trong bối cảnh Việt Nam đang từng bước triển khai cơ chế quản lý hạn ngạch phát thải KNK theo quy định của pháp luật về bảo vệ môi trường và biến đổi khí hậu, việc chuẩn hóa quy trình kiểm kê cấp cơ sở có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với ngành công nghiệp khai thác mỏ. Kết quả kiểm kê không chỉ phục vụ mục đích báo cáo phát thải định kỳ mà còn là cơ sở dữ liệu đầu vào cho việc thiết lập tổng hạn ngạch phát thải và phân bổ hạn ngạch cho từng cơ sở trong ngành.

Theo quy định của Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 và các văn bản hướng dẫn như Nghị định số 06/2022/NĐ-CP, hoạt động kiểm kê KNK được triển khai từ cấp quốc gia đến cấp ngành và cấp cơ sở, nhằm xác định đầy đủ các nguồn phát thải và xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ công tác quản lý phát thải. Các cơ sở có mức tiêu thụ năng lượng lớn thuộc các lĩnh vực công nghiệp, năng lượng, giao thông vận tải, xây dựng và xử lý chất thải phải thực hiện kiểm kê KNK định kỳ hai năm một lần và báo cáo kết quả cho cơ quan quản lý nhà nước [6]. Dữ liệu phát thải thu được từ hoạt động kiểm kê KNK tại cấp cơ sở là cơ sở quan trọng để thiết kế và vận hành các công cụ quản lý phát thải, trong đó có cơ chế phân bổ hạn ngạch phát thải. Trong mô hình này, tổng lượng phát thải

được xác định cho từng ngành hoặc lĩnh vực trong một giai đoạn nhất định, sau đó hạn ngạch phát thải được phân bổ cho các cơ sở. Các cơ sở có lượng phát thải thấp hơn hạn ngạch được phân bổ có thể bán phần hạn ngạch dư thừa, trong khi các cơ sở phát thải vượt mức phải thực hiện các biện pháp giảm phát thải hoặc mua thêm hạn ngạch trên thị trường các-bon (Hình 3). Vì vậy, độ chính xác và tính minh bạch của hệ thống kiểm kê KNK có ý nghĩa quyết định đối với hiệu quả vận hành của cơ chế quản lý hạn ngạch phát thải.

Đối với ngành mỏ, các nguồn phát thải KNK chủ yếu phát sinh từ việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch cho thiết bị khai thác và phương tiện vận tải, tiêu thụ điện năng trong các công đoạn chế biến khoáng sản và phát tán từ quá trình khai thác than. Trong nhiều trường hợp, các hoạt động này có cường độ năng lượng cao, dẫn đến lượng phát thải đáng kể trên mỗi đơn vị sản phẩm. Việc chuẩn hóa kiểm kê KNK giúp các doanh nghiệp khai thác mỏ xác định rõ các nguồn phát thải chính, tính toán cường độ phát thải theo đơn vị sản phẩm, từ đó xác định tiềm năng giảm phát thải và xây dựng lộ trình cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng. Bên cạnh đó, việc chuẩn hóa phương pháp kiểm kê KNK còn góp phần tăng cường tính minh bạch và khả năng so sánh dữ liệu phát thải giữa các cơ sở trong cùng ngành. Điều này đặc biệt quan trọng trong quá trình xây dựng định mức phát thải và đảm bảo tính công bằng trong phân bổ hạn ngạch. Khi dữ liệu phát thải được thu thập và tính toán theo cùng một phương pháp, cơ quan quản lý có thể đánh giá chính xác mức độ phát thải của từng loại hình sản xuất, từ đó xây dựng các định mức phát thải và phương án phân bổ hạn ngạch phù hợp với điều kiện công nghệ của ngành khai thác mỏ tại Việt Nam, đồng thời bảo đảm tính công bằng giữa các cơ sở trong quá trình triển khai cơ chế quản lý phát thải.



Hình 3. Cơ chế trao đổi hạn ngạch phát thải/tín chỉ các-bon trong thị trường các-bon



Do đó, chuẩn hóa kiểm kê KNK không chỉ là yêu cầu kỹ thuật trong công tác báo cáo phát thải mà còn là điều kiện nền tảng để xây dựng và vận hành hiệu quả cơ chế quản lý hạn ngạch phát thải trong ngành khai thác và chế biến than - khoáng sản.

#### 4. Kết luận

Như vậy, việc xây dựng và áp dụng các quy trình kiểm kê KNK thống nhất theo lĩnh vực không chỉ đảm bảo tính nhất quán và khả năng so sánh của kết quả phát thải, mà còn tạo tiền đề cho việc triển khai hiệu quả cơ chế hạn ngạch phát thải tại Việt Nam trong giai đoạn tới. Việc phân bổ hạn ngạch phát thải cho các cơ sở đòi hỏi kiểm kê KNK cấp cơ sở phải được thực hiện chính xác, minh bạch và tuân thủ các nguyên tắc thống nhất. Điều này không chỉ giúp đảm bảo công bằng trong phân bổ hạn ngạch, mà còn giảm thiểu nguy cơ gian lận kiểm kê nhằm tuân thủ hạn ngạch hoặc tận dụng hạn ngạch dư thừa không chính đáng. Do đó, việc áp dụng quy trình kiểm kê KNK thống nhất và hệ thống kiểm soát dữ liệu nghiêm ngặt là biện pháp thiết yếu để nâng cao hiệu quả quản lý hạn ngạch và thúc đẩy phát triển bền vững trong

ngành mỏ và các ngành công nghiệp liên quan.

#### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bộ Nông nghiệp và Môi trường, 2026. Quyết định số 699/QĐ-BNNMT ngày 27/02/2026 *Thí điểm phân bổ hạn ngạch phát thải khí nhà kính cho năm 2025 và năm 2026.*
- [2]. IPCC, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*
- [3]. IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*
- [4]. Bộ Công Thương, 2023. Thông tư số 38/2023/TT-BCT ngày 27/12/2023 *Quy định kỹ thuật đo đạc, báo cáo, thẩm định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và kiểm kê khí nhà kính ngành Công Thương.*
- [5] Phạm Tăng, 2023. *TKV: Cơ giới hóa trong khai thác than hầm lò.* Báo Quảng Ninh <https://baoquangninh.vn/co-gioi-hoa-trong-khai-thac-than-ham-lo-3239298.html>
- [6] Chính phủ Việt Nam, 2022. Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 27/01/2022 *Quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn.*

## Standardization of Facility-Level Greenhouse Gas Inventories: A Foundation for Emission Quota Management in the Mining Sector

Eng. Tran Thi Thuy Linh, BSc. Ngo Nguyen Tung  
Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

#### Abstract:

*This paper analyzes the role of standardizing facility-level greenhouse gas (GHG) inventories in the context of Vietnam initiating the allocation of emission quotas for key industrial sectors. The scope of the study focuses on the mining sector, particularly coal and mineral extraction and processing facilities. The study employs an analytical approach to review current regulatory frameworks, synthesize guidelines from the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), and examine the practical implementation of GHG inventories at the facility level. The analysis indicates that although the existing regulatory framework allows flexibility in the selection of methodologies and emission factors, inconsistencies among facilities reduce data comparability and limit the applicability of inventory results for baseline development and emission quota allocation. In the context where emission quota mechanisms have been introduced, the requirements for accuracy, transparency, and consistency of inventory data become critically important to mitigate the risks of underreporting emissions for compliance purposes or gaining undue benefits from surplus quotas. Based on these findings, the paper proposes a standardized approach to facility-level GHG inventory methodologies as a solution to ensure data integrity and enhance the effectiveness of emission quota management in the mining sector.*



## MICCORAG: HỆ THỐNG QUẢN LÝ TRI THỨC CHO MICCO

**KS. Đặng Đình Đạo, CN. Hoàng Mạnh Hồng**  
*Tổng công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ - Vinacominn*  
**PGS. TS. Nguyễn Xuân Hoài**  
*Viện Trí tuệ nhân tạo Việt Nam*  
**TS. Trần Hữu Phi, KS. Nguyễn Khắc Tuấn Anh**  
**KS. Nguyễn Ngọc Hải, TS. Nguyễn Thị Hiền**  
*Học viện Kỹ thuật quân sự*

**Biên tập: TS. Phan Văn Việt**

### Tóm tắt:

Quá trình khảo sát của đề tài KC.02.Đ16-25/21-25 cho thấy tại các đơn vị trọng yếu của TKV (Ban KSH, Ban SXT, Ban CĐVT, Than Hòn Gai, Mỏ Việt Bắc) có nhu cầu cao đối với một trợ lý ảo AI (chatbot) hỗ trợ truy vấn thông tin nghiệp vụ. Bài báo này trình bày về **MiccoRAG** - một hệ thống KMS đa lĩnh vực, tự lưu trữ (self-hosted), tích hợp truy vấn kết hợp (Hybrid Retrieval) và kiểm soát truy cập dựa trên vai trò (Role-Based Access Control - RBAC) ba cấp độ để giải quyết vấn đề của TKV. Hệ thống kết hợp lưu trữ cơ sở dữ liệu véc-tơ ChromaDB (ChromaDB vector store), làm giàu đồ thị tri thức (Knowledge Graph enrichment) và tái xếp hạng kết quả truy hồi bằng mô hình mã hoá chéo của Cohere (Cohere Cross-encoder Reranking) theo chiến lược hợp nhất xếp hạng nghịch đảo (Reciprocal Rank Fusion - RRF) để tối ưu hóa độ chính xác truy vấn trên tài liệu kỹ thuật tiếng Việt. Một luồng xác thực tài liệu (Document Approval Workflow - DAWF) sẽ đảm bảo tri thức được kiểm soát chất lượng trước khi phổ biến nội bộ, phù hợp với đặc thù quản trị của Micco và TKV. Kết quả đánh giá với framework RAGAS cho thấy chế độ truy vấn kết hợp đạt độ trung thực (Faithfulness) là 89%, độ tương thích câu trả lời (Answer Relevancy) là 81%, độ phù hợp ngữ cảnh (Context Precision) đạt 78%, tăng lần lượt 24%, 19% và 20% so với chế độ tìm kiếm chỉ theo véc-tơ. MiccoRAG được đóng gói hoàn chỉnh trong Docker Compose, hỗ trợ chạy ngoại tuyến với Ollama, và cung cấp pipeline xử lý tài liệu đầu-cuối (end-to-end) tự động từ tải lên cho đến lập chỉ mục.

### 1. Giới thiệu

Với sự bùng nổ của các mô hình ngôn ngữ lớn (LLM), nhu cầu triển khai hệ thống quản lý tri thức (Knowledge Management System — KMS) tự động trả lời câu hỏi dựa trên tài liệu nội bộ ngày càng tăng cao [1]. Tuy nhiên, các tổ chức tại Việt Nam đang phải đối mặt với bốn thách thức chính: (i) dữ liệu nhạy cảm không thể gửi lên dịch vụ đám mây ở các máy chủ nước ngoài, (ii) tài liệu nội bộ cần quy trình phê duyệt trước khi công khai, (iii) tài liệu tiếng Việt có đặc thù ngôn ngữ mà các hệ thống RAG hiện có chưa tối ưu, và (iv) cần kiểm soát truy cập theo quy định của tổ chức doanh nghiệp.

Các giải pháp KMS truyền thống thiếu khả năng hỏi và trả lời (Q&A) tự động; các giải pháp RAG như Llamaindex [8] hay LangChain [9] cung cấp nền tảng linh hoạt nhưng không tích hợp

sẵn RBAC hay quy trình phê duyệt. Các dịch vụ đám mây như Amazon Kendra [10] hay Azure AI Search [11] không hỗ trợ triển khai nội bộ hoàn toàn. Khoảng cách này tạo ra nhu cầu thực tiễn cho một giải pháp KMS doanh nghiệp tích hợp đầy đủ.

Vi vậy bài báo này tập trung vào những đóng góp chính: (1) Xây dựng hệ thống KMS đa phòng ban với pipeline xử lý tài liệu đầu-cuối tự động cho Tổng công ty hoá chất Mỏ (Micco) đại diện cho doanh nghiệp Việt Nam; (2) Chiến lược truy vấn (Hybrid Retrieval) kết hợp tìm kiếm véc-tơ (vector search) và tái xếp hạng bằng mã hoá chéo (cross-encoder reranking); (3) Mô hình RBAC ba cấp kết hợp DAWF đảm bảo chất lượng tri thức; (4) Stack triển khai docker tự chứa, hỗ trợ hoạt động ngoại tuyến.

Phần còn lại của bài báo được tổ chức như

sau: phần 2 trình bày tổng quan các công trình nghiên cứu liên quan; phần 3 mô tả kiến trúc hệ thống KMS xây dựng; phần 4 trình bày chi tiết về thiết kế và logic xử lý; phần 5 phân tích vấn đề bảo mật; phần 6 kết luận và đề xuất hướng mở rộng hoàn thiện hệ thống.

**2. Các công trình liên quan**

**Hệ thống quản lý tri thức** đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ tạo lập, chia sẻ và khai thác tri thức bên trong tổ chức. Trong bối cảnh việc ra quyết định ngày càng dựa trên dữ liệu, việc tích hợp đồ thị tri thức (knowledge graph) và các công nghệ ngữ nghĩa (semantic technologies) vào KMS đã thu hút sự quan tâm đáng kể từ cả giới nghiên cứu và thực tiễn [20]. Đồ thị tri thức được xem là một yếu tố then chốt cho phân tích thông tin ngữ nghĩa, nhờ khả năng biểu diễn một cách toàn diện các sự kiện và mối quan hệ theo thời gian—điều đặc biệt cần thiết trong nhiều lĩnh vực như kinh doanh, quản lý và kế toán [21]. Bên cạnh đó, việc ứng dụng đồ thị tri thức trong KMS cho thấy tiềm năng khắc phục những hạn chế phổ biến của các phương pháp quản lý tri thức hiện nay, đặc biệt về hiệu quả, khả năng mở rộng và tính ứng dụng [20].

**Sinh văn bản tăng cường truy hồi (Retrieval-Augmented Generation)** [1] đề xuất kiến trúc RAG gốc kết hợp bộ truy hồi đoạn văn dựa trên biểu diễn đặc trưng dày (retriever Dense Passage Retrieval) [4] với bộ sinh (generator) seq2seq. Các cải tiến tiếp theo bao gồm ColBERT [5] (late-interaction), Self-RAG [6] (tự phản chiếu), và BM25/Anserini [3] như baseline thừa hiệu quả. BEIR [2] cung cấp benchmark đa lĩnh vực để so

*Bảng 1. So sánh miccoRAG với các giải pháp hiện có*

Tham số	micco-RAG	Llama	LC	Kendra
Tự lưu trữ	✓	✓	✓	✗
KMS doanh nghiệp tích hợp	✓	✗	✗	~
RBAC tích hợp	✓	✗	✗	~
DAWF	✓	✗	✗	✗
Tìm kiếm kết hợp (véc-tơ)	✓	~	~	~
Tiếng Việt	✓	~	~	~
Stack Docker đơn (single-stack)	✓	~	~	✗
RAGAS benchmark	✓	✗	✗	✗

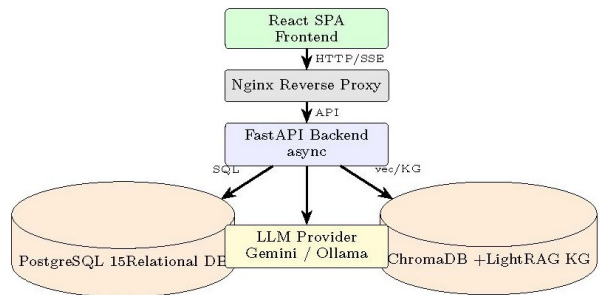
sánh các phương pháp truy hồi. RAGAS [7] định nghĩa các độ đo (metric) đánh giá pipeline RAG đầu cuối mà chúng tôi áp dụng trong nghiên cứu này.

**So sánh với giải pháp hiện có**, Bảng 1 tổng hợp sự khác biệt giữa miccoRAG và các hệ thống tiêu biểu. MiccoRAG là hệ thống duy nhất đồng thời hỗ trợ tự lưu trữ, RBAC tích hợp sẵn, DAWF, đồ thị tri thức trực quan và benchmark NDCG@8 trên tài liệu tiếng Việt.

**3. Kiến trúc hệ thống**

**3.1. Tổng quan kiến trúc**

MiccoRAG được triển khai hoàn toàn bằng container. Hệ thống gồm 3 thành phần chính: tầng giao diện người dùng (React SPA), tầng xử lý nghiệp vụ (FastAPI async backend), và tầng lưu trữ (PostgreSQL, ChromaDB và đồ thị tri thức LightRAG). Hình 1 dưới đây minh họa kiến trúc tổng thể và luồng dữ liệu.



*Hình 1. Kiến trúc tổng quan KMS miccoRAG*

**3.2. Tổ chức dữ liệu KMS**

Hệ thống tổ chức tri thức theo mô hình phân cấp: mỗi phòng ban được ánh xạ trực tiếp sang một không gian tri thức (workspace - KnowledgeBase) riêng biệt thông qua ràng buộc quan hệ 1:1 ở tầng cơ sở dữ liệu, đảm bảo tri thức của phòng ban này không bị lẫn với phòng ban khác. Mỗi workspace sở hữu tập hợp véc-tơ (collection vector) riêng trong ChromaDB và thư mục đồ thị tri thức (Knowledge Graph), tạo nền tảng cho cơ chế cô lập tri thức ở cấp độ lưu trữ.

**3.3. Stack công nghệ**

Bảng 2 trình bày các thành phần kỹ thuật chính của hệ thống, phân theo tầng kiến trúc và tiêu chí lựa chọn.

**3.4. Logic xử lý**

**3.4.1. RBAC và DAWF**

Hệ thống triển khai RBAC ba cấp gắn chặt với cơ cấu tổ chức doanh nghiệp: **Giám đốc** (quyền kiểm soát cao nhất), **Trưởng phòng** (quản lý

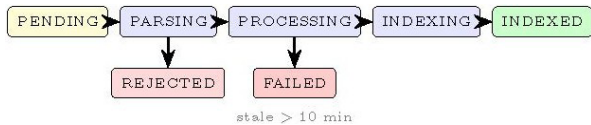
*Bảng 2. Các thành phần kỹ thuật chính của hệ thống*

Tầng	Công cụ	Đặc điểm
Giao diện Backend	React SPA	Truyền dữ liệu thời gian thực, Tailwind CSS
Cơ sở dữ liệu	FastAPI (async) PostgreSQL 15	Hỗ trợ SSE gốc, tự động tạo OpenAPI ACID, bảo mật cấp độ dòng dữ liệu Row-Level Security
CSDL véc-tơ	ChromaDB	Lưu trữ bền vững theo từng không gian làm việc Persistent per workspace
Đồ thị tri thức	LightRAG	Trích rút Thực thể/ Quan hệ (Entity/relation)
LLM	Gemini 2.5 / Ollama	Cloud-first, offline fallback
Embedding	Gemini Embed (3072d)	Đa ngôn ngữ, tiếng Việt
Reranking	Cohere Cross-encoder	Đa ngôn ngữ
Triển khai	Docker Compose	Self-contained, portable

workspace và duyệt tài liệu thuộc phòng ban mình), và **Nhân viên** (chỉ truy vấn tài liệu đã duyệt trong phòng ban được gán). Kiểm soát truy cập được thực thi ở tầng dịch vụ (service), đảm bảo mỗi người dùng chỉ nhìn thấy tài liệu thuộc phạm vi phòng ban mình — ngăn chặn lỗi tham chiếu trực tiếp tới đối tượng không an toàn (Insecure Direct Object Reference - IDOR).

Quy trình phê duyệt tài liệu đảm bảo chất lượng tri thức trước khi phổ biến nội bộ, tuân theo máy trạng thái: **Pipeline PENDING NexusRAG**

Pipeline xử lý tài liệu của hệ thống KMS gồm bốn pha như trong Hình 2:



*Hình 2. NexusRAG Pipeline - máy trạng thái xử lý tài liệu*

- Pha 1: Phân tích tài liệu (Parsing): sử dụng Docling 2.0+ [15] trích xuất văn bản, bảng biểu và hình ảnh từ PDF/DOCX với nhận thức bố cục (layout-aware).

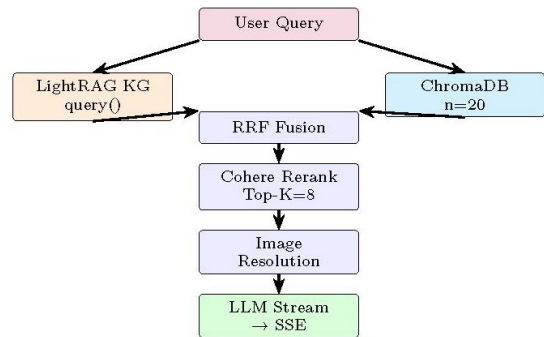
- Pha 2: Phân đoạn và loại bỏ trùng lặp (Chunking & Deduplication): Phương pháp phân đoạn văn bản theo ký tự theo cơ chế đệ quy (Recursive Character Text Splitter) tạo các đoạn văn bản có phần chồng lấn (overlap). Quá trình loại bỏ trùng lặp trước khi nạp dữ liệu (Pre-ingestion deduplication) thực hiện ba bước: loại bỏ nhiễu (header/footer/footnote), phát hiện trùng lặp chính xác qua băm nội dung (content hash), và phát hiện gần-trùng qua độ tương tự (Jaccard similarity) [20], giảm 10–15% dung lượng lưu trữ véc-tơ (vector store).

- Pha 3: **Đánh chỉ mục** (Indexing): sử dụng Gemini Embedding (3072 chiều) [16] mã hóa các đoạn (chunk) vào ChromaDB [18]. Song song đó, LightRAG [14] nạp dữ liệu (ingest) đồ thị tri thức theo cơ chế pipeline không chặn (non-blocking – pipeline) nếu KG nạp thất bại.

- Pha 4: **Đã lập chỉ mục hay thất bại** (Indexed/Failed): Trạng thái cuối; cơ chế SR (Stale Recovery) tự phục hồi các tài liệu bị treo.

**3.4.2. Pipeline truy hồi kết hợp**

Đây là thành phần cốt lõi của KMS, kết hợp hai chiến lược truy vấn bổ sung cho nhau (Hình 3):



*Hình 3. Truy vấn kết hợp trong KMS miccoRAG - vector + làm giàu KG + RRF + cross-encoder*

Bước 1 - Truy vấn song song: LightRAG trích xuất thực thể (entities) và quan hệ (relationships) liên quan đến câu hỏi; đồng thời ChromaDB thực hiện tìm kiếm véc-tơ với hệ số truy xuất dư (over-fetch factor) để lấy nhiều ứng viên nhất có thể. Hai tác vụ chạy bất đồng bộ để giảm thời gian thực tế (wall-clock time).

Bước 2 - Hợp nhất xếp hạng và xếp hạng lại (RRF Fusion và Reranking): RRF (Reciprocal Rank Fusion) hợp nhất hai danh sách xếp hạng, sau đó sử dụng Cohere rerank-multilingual-v3.0



[13] (cross-encoder) thu gọn còn K (Top- K) kết quả có độ liên quan cao nhất.

Bước 3 - Giải quyết hình ảnh: Hệ thống giải quyết tối đa ba hình ảnh liên quan từ metadata của các đoạn đã truy xuất, cung cấp ngữ cảnh trực quan cho LLM.

**4. Bảo mật hệ thống**

Hệ thống triển khai các lớp bảo mật: xác thực JWT kết hợp mã hóa mật khẩu bcrypt cho phòng chống truy cập trái phép; SQLAlchemy ORM với truy vấn có tham số (parameterized queries) ngăn tấn công SQL (SQL injection); RBAC và kiểm soát truy cập tầng dịch vụ (service) ngăn chặn IDOR; và nhật ký kiểm toán (audit log) ghi nhận toàn bộ tương tác tri thức. Các hạn chế hiện tại bao gồm chưa có giới hạn tần suất truy cập (rate limiting), mã làm mới phiên (refresh token), và CI/CD pipeline quét CVE tự động — đây là hướng cải thiện ưu tiên trong phiên bản tiếp theo.

**5. Đánh giá kết quả**

Thử nghiệm được thực hiện trên tập dữ liệu gồm 5 câu hỏi nghiệp vụ phân loại theo độ phức tạp, đại diện cho các tình huống thực tế trong doanh nghiệp đa phòng ban (Bảng 3). Hai mô hình LLM được đánh giá: Gemini 2.5 Flash (cloud) và Ollama gemma3:12b (local/offline).

*Bảng 3. Bộ câu hỏi thử nghiệm*

Loại câu hỏi	Mô tả
Liệt kê/Truy xuất đơn giản	Câu hỏi yêu cầu trả lời dựa trên một tài liệu, keyword rõ ràng
Giải thích/So sánh	Câu hỏi yêu cầu tổng hợp hoặc đối chiếu nhiều khái niệm
Quy trình/Đa bước	Câu hỏi phức tạp đòi hỏi truy vấn từ nhiều nguồn tri thức

Bảng 4 so sánh ba chế độ retrieval trên các metric chuẩn trong công trình IR [2, 3]: NDCG@8, MRR@8 và độ trễ (latency). Truy vấn kết hợp đạt NDCG@8 = 0.55–0.65, cải thiện đáng kể so với BM25 (0.40–0.50) và chỉ có véc-tơ (vector-only) (0.45–0.55).

*Bảng 4. Hiệu năng Retrieval theo chế độ*

Chế độ	Latency TB (s)	NDCG@8	MRR@8
BM25 baseline	2–5	0.40–0.50	0.35–0.50
Vector-only	10.4	0.45–0.55	0.40–0.55
<b>Hybrid</b>	<b>38.8</b>	<b>0.55–0.65</b>	<b>0.50–0.65</b>

Bảng 5 trình bày kết quả đánh giá với framework RAGAS [7], định lượng ba chiều chất lượng pipeline RAG. Truy vấn kết hợp cải thiện đồng đều: Tính trung thực (Faithfulness) tăng 24% (0.72 → 0.89), độ liên quan câu trả lời (Answer Relevancy) tăng 19% (0.68 → 0.81), độ chính xác theo ngữ cảnh (Context Precision) tăng 20% (0.65 → 0.78).

*Bảng 5. RAGAS metrics: Vector-only vs Hybrid*

Định lượng	Vector	Hybrid	Δ
Faithfulness	0.72	<b>0.89</b>	+24%
Answer Relevancy	0.68	<b>0.81</b>	+19%
Context Precision	0.65	<b>0.78</b>	+20%

Phân tích độ trễ cho thấy LLM sinh kết quả theo luồng (LLM streaming) chiếm 52–77% tổng thời gian phản hồi (20–30s), tiếp theo là tái xếp hạng (Cohere Rerank) (13–26%, 5–10s). Kết quả này làm cơ sở cho đề xuất truy hồi thích ứng (*Adaptive Retrieval*): chế độ chỉ tìm kiếm véc-tơ cho câu hỏi đơn giản (< 20 token) và kết hợp cho câu hỏi phức tạp đa khái niệm.

Như vậy dựa trên bảng kết quả trên cho thấy những điểm mạnh của miccoRAG là đã giải quyết bốn vấn đề thực tiễn mà các giải pháp hiện có chưa làm rõ được: (i) cô lập tri thức theo phòng ban ở tầng CSDL, (ii) quy trình phê duyệt tài liệu đảm bảo chất lượng tri thức trước khi phổ biến, (iii) kiểm soát truy cập RBAC ba cấp, và (iv) triển khai ngoại tuyến hoàn toàn. Truy vấn kết hợp cho thấy lợi thế rõ ràng với câu hỏi phức tạp, đa-bước (Q2, Q3, Q5).

Bên cạnh đó vẫn còn một số hạn chế như Benchmark chỉ gồm 5 câu hỏi, chưa đủ để kết luận thống kê. Độ trễ của chế độ tìm kiếm kết hợp (38.8s) chưa phù hợp cho ứng dụng yêu cầu phản hồi nhanh. Đồ thị tri thức LightRAG dựa trên file sẽ gặp giới hạn khi workspace vượt 50.000 thực thể. Hệ thống chưa có giới hạn tần suất truy cập và giới hạn khả năng phục vụ nhiều người dùng đồng thời.

**Vai trò KG trong KMS.** KG (LightRAG) được thiết kế làm tầng làm giàu (**enrichment layer**), cung cấp ngữ cảnh bổ sung cho LLM — không dùng làm nguồn tham chiếu vì có thể gây ảo giác (hallucinate) quan hệ. Trích dẫn chính được lấy từ các đoạn đã được duyệt trong ChromaDB. Cách

tiếp cận này phù hợp với nguyên tắc KMS: tri thức đáng tin cậy đến từ tài liệu đã phê duyệt.

**So sánh phương pháp.** Hybrid Retrieval sử dụng RRF thay vì weighted sum để tránh phụ thuộc việc chỉnh tham số thủ công, và đặt cross-encoder reranking sau RRF để tận dụng ưu thế của cả ANN search và cross-encoder scoring — thiết kế hai giai đoạn phù hợp với nguyên tắc recall-first, precision- second [4].

### \* **Tối ưu hiệu năng:**

Bốn tối ưu kỹ thuật chính được triển khai nhằm nâng cao hiệu suất hệ thống: (1) Loại bỏ trùng lặp trước khi đánh chỉ mục giảm 10– 15% dung lượng lưu trữ; (2) Chiến lược truy xuất dư rồi xếp hạng lại ( $N \rightarrow K$ ) cải thiện độ bao phủ (recall); (3) Nạp dữ liệu vào đồ thị tri thức theo cơ chế không chặn (Non-blocking KG ingest) đảm bảo pipeline không bị chặn khi KG lỗi; (4) Tự phục hồi (Auto-recovery) tài liệu bị treo giữ cho hệ thống luôn ổn định.

### \* **Triển khai và vận hành:**

Hệ thống được đóng gói hoàn toàn bằng Docker Compose, bao gồm các dịch vụ cốt lõi, máy chủ proxy ngược (reverse proxy) và cấu hình ghi đè cho môi trường production (production override). Công cụ Alembic quản lý di trú CSDL (database migrations) tự động tại điểm khởi động (startup). Chế độ ngoại tuyến (offline) hoàn toàn khả dụng khi sử dụng Ollama thay cho Gemini cloud, đảm bảo dữ liệu nội bộ trong hạ tầng doanh nghiệp.

### \* **Hiệu quả khi triển khai thử nghiệm tại Micco:**

Các kết quả đo lường khi triển khai thử nghiệm tại MICCO khẳng định hệ thống MiccoRAG đã giải quyết triệt để các vấn đề được ghi nhận trong quá trình khảo sát với người dùng:

- Giảm thiểu thời gian tìm kiếm (< 5 giây): Nếu như trước đây, 100% các ban/đơn vị thừa nhận phải mất từ 1 đến 3 tiếng mỗi tuần chỉ để lọc lại tài liệu phân mảnh, thì nay, nhờ công cụ tìm kiếm ngữ nghĩa và cơ sở dữ liệu véc-tơ, hệ thống có khả năng truy xuất hàng vạn trang tài liệu và trả về kết quả chính xác trong thời gian chưa tới 5 giây.

- Loại bỏ hoàn toàn ảo giác AI (Zero Hallucination) các kết quả đánh giá xác nhận mức độ tin cậy tuyệt đối của hệ thống. Nhờ ứng dụng kiến trúc RAG, mô hình ngôn ngữ gắn chặt vào tập dữ liệu gốc của doanh nghiệp

nền trợ lý AI luôn cung cấp câu trả lời ngắn gọn, chính xác và bắt buộc kèm theo trích dẫn (citation) cùng đường link trực tiếp tới tài liệu. Cơ chế này

đã triệt tiêu hoàn toàn rủi ro AI tự bịa đặt thông tin, đáp ứng trọn vẹn yêu cầu khắt khe về an toàn thông tin trong ngành công nghiệp hóa chất mỏ.

### **6. Kết luận và hướng phát triển**

Bài báo trình bày MiccoRAG - hệ thống quản lý tri thức (KMS) đa phòng ban, tự lưu trữ, tích hợp truy vấn kết hợp và RBAC ba cấp. Kết quả thực nghiệm xác nhận chế độ kết hợp đã cải thiện độ trung thực RAGAS Faithfulness lên 0.89 (+24%), vượt trội so với chỉ tìm kiếm véc-tơ trên câu hỏi phức tạp. DAWF đảm bảo chất lượng tri thức trước khi phổ biến nội bộ. Hệ thống được đóng gói Docker đầy đủ, hỗ trợ cả triển khai trên cloud và tại chỗ (on-premise).

Hướng phát triển tiếp theo để cải thiện độ chính xác tìm kiếm và triển khai thực tế bao gồm: đánh giá trên tập dữ liệu (dataset) lớn hơn; truy vấn thích ứng (Adaptive Retrieval) tự động chọn chế độ theo độ phức tạp câu hỏi; sử dụng chiến lược ReAct để điều khiển quá trình truy vấn (ReAct Agentic Retrieval) cho suy luận nhiều bước (multi-hop reasoning); CI/CD và công cụ giám sát (monitoring) để đảm bảo triển khai ổn định; và mô hình hỗ trợ đầu vào đa phương thức (multi-modal RAG) suy luận trên hình ảnh và biểu đồ.

### **Tài liệu tham khảo:**

- [1]. P. Lewis et al., “Retrieval-Augmented Generation for Knowledge- Intensive NLP Tasks,” *NeurIPS*, 2020.
- [2]. N. Thakur et al., “BEIR: A Heterogeneous Benchmark for Zero-shot Evaluation of Information Retrieval Models,” *NeurIPS Datasets & Benchmarks*, 2021.
- [3]. P. Yang et al., “Anserini: Reproducible Ranking Baselines Using Lucene,” *ACM TOIS*, 2018.
- [4]. V. Karpukhin et al., “Dense Passage Retrieval for Open-Domain Question Answering,” *EMNLP*, 2020. O. Khattab and M. Zaharia, “ColBERT: Efficient and Effective Passage Search via Contextualized Late Interaction over BERT,” *ACM SIGIR*, 2020.
- [5]. A. Asai et al., “Self-RAG: Learning to Retrieve, Generate, and Critique through Self-Reflection,” *ICLR*, 2024.
- [6]. S. Es et al., “RAGAS: Automated Evaluation of Retrieval Augmented Generation,” *arXiv:2309.15217*, 2023.
- [7]. Llamaindex, *Llamaindex Documentation*, <https://docs.llamaindex.ai>, 2024.
- [8]. LangChain, *LangChain Documentation*, <https://python.langchain.com>, 2024.
- [9]. Amazon Web Services, *Amazon Kendra*



*Developer Guide*, [https:// docs.aws.amazon.com/ kendra](https://docs.aws.amazon.com/kendra), 2024.

[10]. Microsoft, *Azure AI Search Documentation*, <https://learn.microsoft.com/azure/search>, 2024.

[11]. S. Ramirez, *FastAPI Documentation*, <https://fastapi.tiangolo.com>, 2024.

[12]. Cohere, *Rerank API Documentation*, <https://docs.cohere.com/reference/rerank>, 2024.

[13]. Z. Edge and Z. Graph, *LightRAG: Simple and Fast Retrieval-Augmented Generation*, GitHub, 2024. [https://github.com/ HKUDS/ LightRAG](https://github.com/HKUDS/LightRAG)

[14]. IBM Research, *Docling: Document Parsing Library*, [https:// github.com/DS4SD/ docling](https://github.com/DS4SD/docling), 2024.

[15]. Google, *Gemini Embedding API*, [https:// ai.google.dev/ api/embeddings](https://ai.google.dev/api/embeddings), 2024.

[16]. PostgreSQL Global Development Group, *PostgreSQL 15 Documentation*, <https://www.postgresql.org/docs/15>, 2023.

[17]. ChromaDB, *ChromaDB Documentation*, <https://docs.trychroma.com>, 2024.

[18]. N. Reimers and I. Gurevych, "Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks," *EMNLP*, 2019.

[19]. G. Alcock, "A Survey of Near-Duplicate Detection Methods," *ACM Computing Surveys*, 2021.

[20]. Xiaoxue, L., Xuesong, B., Longhe, W., Bingyuan, R., Shuhan, L., & Lin, L. (2019). Review and trend analysis of knowledge graphs for crop pest and diseases. *IEEE Access : Practical Innovations, Open Solutions*, 7, 62251–62264. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2915987

[21]. Gottschalk, S., & Demidova, E. (2018). Eventkg: A multilingual event-centric temporal knowledge graph. In *The Semantic Web: 15th international conference, ESWC 2018, Heraklion, Crete, Greece, June 3–7, 2018, proceedings 15* (pp. 272–287). Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-93417-4\_18

## MiccoRAG: A Knowledge Management System for Micco

**Eng. Dang Dinh Dao, Eng. Hoang Manh Hong**

*Mining Chemical Industry Corporation - Vinacomin*

**Assoc. Prof. Dr. Nguyen Xuan Hoai** - *Vietnam Institute of Artificial Intelligence*

**Dr. Tran Huu Phi, Eng. Nguyen Khac Tuan Anh, Eng. Nguyen Ngoc Hai**

*Dr. Nguyen Thi Hien - Military Technical Academy*

### Abstract:

The survey conducted under project KC.02.Đ16-25/21-25 indicates a strong demand among key units of TKV (KSH Department, SXT Department, CDVT Department, Hon Gai Coal, Viet Bac Mining) for an AI-powered virtual assistant (chatbot) to support operational information retrieval. This paper presents MiccoRAG, a multi-domain, self-hosted knowledge management system (KMS) that integrates hybrid retrieval and a three-tier role-based access control (RBAC) mechanism to address the needs of TKV. The system combines a ChromaDB vector store, knowledge graph enrichment, and Cohere cross-encoder reranking, employing the Reciprocal Rank Fusion (RRF) strategy to optimize query accuracy for Vietnamese technical documents. A Document Approval Workflow (DAWF) is implemented to ensure quality-controlled knowledge before internal dissemination, aligning with the governance requirements of Micco and TKV. Evaluation results using the RAGAS framework show that the hybrid retrieval mode achieves 89% faithfulness, 81% answer relevancy, and 78% context precision, representing improvements of 24%, 19%, and 20%, respectively, compared to vector-only retrieval. MiccoRAG is fully packaged using Docker Compose, supports offline deployment with Ollama, and provides an automated end-to-end document processing pipeline from ingestion to indexing.



# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP LUẬN XÂY DỰNG GIẢI PHÁP KIẾN TRÚC DOANH NGHIỆP TẠI TKV VÀ ÁP DỤNG THỬ NGHIỆM TẠI MICCO

**KS. Trần Văn Dũng, ThS. Ngô Mạnh Hùng**  
**KS. Nguyễn Đình Ánh, KS. Lê Minh Hoàng**  
**KS. Nguyễn Thị Mai Hiền**

*Tổng Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ - Vinacomin*

**ThS. Trịnh Thị Lan, CN. Lê Thị Mỹ Linh**

**CN. Đinh Kông Thành, CN. Lê Khả Minh Phúc**

*Tổng Công ty giải pháp doanh nghiệp Viettel*

**Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn**

### Tóm tắt:

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) là một tổ chức quy mô lớn hoạt động trong lĩnh vực khai thác khoáng sản và năng lượng. Trong các hoạt động quy trình nghiệp vụ, Công nghệ thông tin (CNTT) và Chuyển đổi số (CĐS) đã chứng minh được giá trị trong việc nâng cao hiệu lực và hiệu quả hoạch định chiến lược sản xuất kinh doanh, đồng thời tối ưu hóa chuỗi cung ứng và quản lý các đơn vị thành viên nhằm tạo ra lợi thế cạnh tranh. Tuy nhiên, quá trình triển khai CNTT và CĐS trong toàn TKV vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức, như: sự thiếu hụt về năng lực, quy trình, công cụ, dữ liệu, hạ tầng công nghệ; sự trùng lặp trong triển khai các ứng dụng, hạ tầng công nghệ, dữ liệu khi triển khai các sáng kiến CĐS; sự thiếu đồng bộ giữa kế hoạch phát triển CNTT với chiến lược kinh doanh. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tiếp cận Kiến trúc Doanh nghiệp (Enterprise Architecture - EA) dựa trên khung TOGAF ADM 9.2 để xác định kiến trúc hiện trạng (Baseline), kiến trúc mục tiêu (Target) và thực hiện phân tích khoảng cách (Gap Analysis). Kết quả nghiên cứu đưa ra phương pháp giúp xây dựng kiến trúc nghiệp vụ, kiến trúc dữ liệu, ứng dụng và kiến trúc công nghệ, định hướng giúp TKV chuẩn bị các năng lực triển khai đồng bộ các hoạt động trong sản xuất kinh doanh (SXKD). Đồng thời, nghiên cứu cũng đưa ra các khuyến nghị giúp xây dựng kiến trúc đồng bộ, nhất quán và hiệu quả trong toàn TKV.

### 1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh hội nhập kinh tế quốc tế và áp lực từ cuộc Cách mạng Công nghiệp 4.0, các tập đoàn khai thác và sản xuất năng lượng quy mô lớn phải đối mặt với bài toán tối ưu hóa chuỗi cung ứng và quy trình sản xuất phức tạp. Đối với TKV, việc duy trì sự liên mạch trong quản lý điều hành từ khâu thăm dò, khai thác đến phân phối là yếu tố quyết định sự phát triển bền vững và đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia [1]. Mặc dù đã có những bước tiến đáng kể trong ứng dụng CNTT và CĐS, TKV vẫn đang vấp phải những rào cản trong khâu quy hoạch và triển khai thực tiễn, dẫn đến thiếu hụt năng lực, quy trình, công cụ khi triển khai các sáng kiến CNTT/CĐS; sự phân mảnh về dữ liệu và hạ tầng, sự chưa thống nhất giữa kiến trúc của công ty mẹ và các đơn vị thành viên.

Các thách thức hiện tại của TKV được phân

ánh cụ thể hóa qua bốn miền kiến trúc cốt lõi. Trong miền nghiệp vụ, tại thời điểm khảo sát còn thiếu quy hoạch về năng lực số đáp ứng các yêu cầu trong chiến lược tổng thể và chiến lược CĐS của TKV. Các quy trình chưa được tái cấu trúc và tự động hóa nhờ công nghệ và dữ liệu. Miền dữ liệu đang bị phân mảnh chưa được quản lý tập trung, nhiều báo cáo quan trọng như quản lý số liệu khai thác vẫn phải thực hiện thủ công, gây khó khăn cho ban lãnh đạo trong việc đưa ra quyết định kịp thời. Miền ứng dụng được triển khai rời rạc, thiếu sự liên thông giữa các phần mềm, trong khi miền công nghệ lại chưa tận dụng được sức mạnh về hạ tầng về điện toán đám mây và tối ưu trong công tác quản trị, khai thác vận hành.

Để giải quyết những vấn đề này, việc xây dựng một bản thiết kế quy hoạch kiến trúc doanh nghiệp mang tính hệ thống là hết sức cần thiết. Chính vì

vậy, TKV đã giao cho MICCO đề tài “**Nghiên cứu xây dựng giải pháp kiến trúc doanh nghiệp (Enterprise Architecture) của TKV, áp dụng thí điểm tại Tổng công ty Công nghiệp Hóa chất Mỏ - Vinacomin**” nhằm nghiên cứu phương pháp, mô hình kiến trúc để có thể giải quyết triệt để các vấn đề còn tồn tại, từ đó thúc đẩy được các kế hoạch chuyển đổi số trong tập đoàn. Kiến trúc doanh nghiệp không chỉ là một khung kỹ thuật mà còn là công cụ chiến lược để kiến tạo sự thành công. Nghiên cứu này tập trung vào việc áp dụng khung phương pháp luận TOGAF (The Open Group Architecture Framework) - một tiêu chuẩn phổ biến và toàn diện nhất hiện nay để xây dựng giải pháp kiến trúc doanh nghiệp cho TKV [2]. Mục tiêu của nghiên cứu là xác lập các mô hình nghiệp vụ, kiến trúc thông tin và hạ tầng công nghệ đồng bộ, giúp TKV hiện thực hóa chiến lược chuyển đổi số và nâng cao hiệu suất toàn hệ thống.

**2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

**2.1. Nguồn dữ liệu**

Tài liệu của doanh nghiệp bao gồm:

- Kiến trúc nghiệp vụ: các tài liệu về chiến lược, kế hoạch, mô hình tổ chức, mô tả chức năng



Hình 1. Phương pháp phát triển kiến trúc (ADM) [3] nhiệm vụ, quy trình nghiệp vụ của các Phòng ban, đơn vị;

- Kiến trúc hệ thống thông tin: Các tài liệu về danh mục dữ liệu, mô hình kiến trúc hiện trạng dữ liệu; danh mục ứng dụng (Application Portfolio); sơ đồ hiện trạng tích hợp ứng dụng.

Bảng 1. Các nội dung thực hiện theo giai đoạn

Giai đoạn	Nội dung thực hiện chính
<b>Chuẩn bị (Preliminary)</b>	Tập trung vào các hoạt động chuẩn bị và khởi tạo cần thiết nhằm đáp ứng mục tiêu chiến lược cho kiến trúc mới của doanh nghiệp. Nội dung bao gồm việc xác lập khung kiến trúc đặc thù cho tổ chức và định nghĩa các nguyên tắc cốt lõi
<b>Tầm nhìn (Phase A)</b>	Giai đoạn khởi đầu của chu trình phát triển kiến trúc, bao gồm việc xác định phạm vi không gian, nhận diện các bên liên quan, thiết lập tầm nhìn kiến trúc tổng thể và phê duyệt lộ trình thực hiện
<b>Nghiệp vụ (Phase B)</b>	Phát triển các mô hình nghiệp vụ nhằm hỗ trợ trực tiếp cho tầm nhìn kiến trúc đã được thống nhất.
<b>Hệ thống thông tin (Phase C)</b>	Mô tả tiến trình xây dựng kiến trúc hệ thống thông tin cho các dự án, bao gồm hai thành phần trọng yếu là Kiến trúc dữ liệu và Kiến trúc ứng dụng.
<b>Công nghệ (Phase D)</b>	Mô tả việc phát triển nền tảng công nghệ và hạ tầng kỹ thuật hỗ trợ cho các dự án kiến trúc.
<b>Cơ hội và Giải pháp (Phase E)</b>	Lập kế hoạch thực thi và xác định các phương thức bàn giao cho kiến trúc đã được xác lập trong các giai đoạn trước đó.
<b>Lập kế hoạch chuyển đổi (Phase F)</b>	Xây dựng chuỗi trình tự kiến trúc chuyển đổi chi tiết, đi kèm với kế hoạch thực thi và lộ trình di chuyển dữ liệu/hệ thống cụ thể.
<b>Quản trị thực thi (Phase G)</b>	Thiết lập cơ chế giám sát kiến trúc trong suốt quá trình triển khai thực tế
<b>Quản lý thay đổi kiến trúc (Phase H)</b>	Xây dựng các quy trình quản lý và thích ứng với những thay đổi đối với kiến trúc mới đã thiết lập

- Kiến trúc công nghệ: Các tài liệu về tiêu chuẩn công nghệ và danh mục sản phẩm thiết kế (Technology Standards/Portfolio); sơ đồ môi trường và phân rã nền tảng (Platform Decomposition); thiết kế hạ tầng mạng, máy chủ và thiết bị đầu cuối; kiến trúc hiện trạng an toàn thông tin.

*Ghi chú: Khi xây dựng kiến trúc doanh nghiệp thì mỗi đơn vị và mỗi miền kiến trúc đều phải được chuẩn bị các tài liệu đầy đủ nêu trên.*

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Kiến trúc doanh nghiệp được định nghĩa là một phương thức thực hành quản trị nhằm tối ưu hóa hiệu suất vận hành thông qua việc kết nối chặt chẽ giữa định hướng chiến lược, quy trình nghiệp vụ và nguồn lực công nghệ. Trong nghiên cứu này, quy trình phát triển kiến trúc được thực hiện dựa trên phương pháp ADM (Architecture Development Method) của TOGAF phiên bản 9.2. ADM là một chu trình lặp lại, có khả năng tùy biến cao, đặc biệt phù hợp với các ngành công nghiệp có độ phức tạp lớn như khai khoáng.

Chu trình ADM được triển khai qua các giai đoạn chính nhằm đảm bảo tính toàn diện từ lúc khởi tạo đến khi vận hành thực tế như mô tả trên hình 1, với các nội dung chính trong bảng 1.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Kiến trúc nghiệp vụ mục tiêu

Giai đoạn xây dựng Kiến trúc nghiệp vụ (Phase B) đóng vai trò then chốt trong việc chuyển hóa tầm nhìn chiến lược của TKV thành một khung vận hành chuẩn hóa. Kiến trúc mục tiêu lấy **Bản đồ năng lực (Business Capability Map)** và khung quy trình **APQC** làm khung tham chiếu, tập trung vào các năng lực cốt lõi như điều hành sản xuất thời gian thực, quản trị an toàn chủ động và quản lý vật tư tập trung, các năng lực mới trong giai đoạn chuyển đổi số như năng lực về dữ liệu, năng lực quản lý, khai thác và sử dụng AI... [4], [5]. Song song với đó, **mô hình tổ chức/Tác nhân (Organization/Actor), Vai trò (Role)** ... được thiết lập để đảm bảo sự đồng bộ trong quản lý nhân sự và thực thi quy định trên toàn hệ thống [6], [7].

Để tối ưu hóa sự phối hợp giữa các đơn vị, kiến trúc nghiệp vụ sử dụng hệ thống **Ma trận (Matrices)** nhằm phân tích mối quan hệ giữa các thành phần nghiệp vụ. Cụ thể, **Ma trận Chiến lược/Năng lực (Strategy/Capability)** và **Ma trận Chuỗi giá trị/Năng lực (Value Stream/Capability)** đảm bảo mọi hoạt động sản xuất đều

bám sát mục tiêu chiến lược đã đề ra [6]. **Ma trận Năng lực/Tổ chức (Capability/Organization)** giúp phân định rõ trách nhiệm của Tập đoàn và các đơn vị, trong khi **Ma trận Tương tác nghiệp vụ (Business Interaction)** và **Ma trận Tác nhân/Vai trò (Actor/Role)** chuẩn hóa luồng trao đổi thông tin, xóa bỏ tình trạng đứt gãy trong vận hành thực tế giữa các cấp [6].

Kết quả đầu ra quan trọng nhất của giai đoạn này là hệ thống **bản đồ (Map)** mô tả chi tiết năng lực nghiệp vụ cần có, quy trình và luồng phối hợp để thực hiện công việc đảm bảo thực thi được các mục tiêu đặt ra của tổ chức. Việc bổ sung thêm năng lực có thể kéo theo sự thay đổi trong mô hình **tổ chức (Organization Map)**, **sơ đồ luồng quy trình (Process Flow)** tạo cơ sở vững chắc cho việc thiết kế các dịch vụ nghiệp vụ (**Business Service**) và hệ thống hóa dữ liệu ở các giai đoạn kiến trúc tiếp theo [6].

### 3.2. Kiến trúc hệ thống thông tin

**Kiến trúc Hệ thống thông tin (Phase C)** đóng vai trò là cầu nối chiến lược nhằm chuyển hóa các yêu cầu nghiệp vụ thành những giải pháp số cụ thể và đồng bộ [8]. Trọng tâm của giai đoạn này là tái thiết kế cấu trúc dữ liệu và danh mục ứng dụng để xóa bỏ triệt để tình trạng “ốc đảo thông tin” (data silos) và tình trạng dư thừa, trùng lặp hệ thống ứng dụng [9].

Trong đó, **kiến trúc dữ liệu** đóng vai trò định hình cấu trúc, quy chuẩn quản lý và phương thức khai thác tài sản số của toàn TKV nhằm đảm bảo tính nhất quán, bảo mật và tạo ra nguồn dữ liệu thống nhất, giúp dữ liệu trở thành tài nguyên sẵn sàng cho việc phân tích và ra quyết định chính xác [10], [11].

Song song với đó, **kiến trúc ứng dụng** được hoạch định chặt chẽ nhằm đảm bảo cung cấp đầy đủ các công cụ hỗ trợ cần thiết cho mọi hoạt động vận hành, đồng thời loại bỏ các hệ thống ứng dụng chông chéo để tránh tình trạng đầu tư trùng lặp gây lãng phí nguồn lực. Để duy trì tính hệ thống, các giải pháp phần mềm được thiết lập cơ chế giao tiếp và tương tác liên tục, cho phép dữ liệu được luân chuyển và đồng bộ hóa theo thời gian thực trên toàn bộ hệ sinh thái thông tin [8], [12]. Mục tiêu cuối cùng là tối ưu hóa khả năng hỗ trợ cho các năng lực nghiệp vụ cốt lõi, đảm bảo mọi hoạt động từ điều hành sản xuất trực tiếp đến quản trị chiến lược đều được dựa trên nền tảng công nghệ hiện đại và nguồn dữ liệu tin cậy.

Để xây dựng một hệ thống thông tin liên thông và mạnh mẽ, phương thức triển khai được thực hiện song song trên hai kiến trúc chính [8]:

- **Kiến trúc dữ liệu:** Tập trung xây dựng **Danh mục Thực thể dữ liệu (Data Entity catalog)**, cách dữ liệu được thu thập, lưu trữ, tích hợp và bảo vệ để phục vụ các mục tiêu kinh doanh của doanh nghiệp. Quyền sở hữu và luồng truy cập được kiểm soát chặt chẽ thông qua **Ma trận Thực thể dữ liệu/Chức năng nghiệp vụ** và **Ma trận Ứng dụng/Dữ liệu** [13].

- **Kiến trúc ứng dụng:** Thiết lập một **Danh mục ứng dụng (Application Portfolio catalog)** tinh gọn, tập trung vào các nền tảng dùng chung và loại bỏ các phần mềm chồng chéo chức năng. Sự tương tác giữa các hệ thống được thực hiện thông qua **Trực tích hợp doanh nghiệp (ESB)** làm nền tảng kết nối chủ đạo [14]. Các giải pháp phần mềm được ánh xạ vào bộ máy vận hành thông qua các **Ma trận Ứng dụng/Tổ chức** và **Ma trận Ứng dụng/Chức năng**, đảm bảo tính thực thi từ cấp cao nhất đến các cơ sở [15].

Kết quả của giai đoạn này là bộ hồ sơ thiết kế kỹ thuật chi tiết, xác lập lộ trình và phương án tổ chức của doanh nghiệp thông qua hệ thống các sản phẩm cần phải có:

- **Về Kiến trúc Dữ liệu (Data Architecture):** Bộ sản phẩm tập trung vào việc định hình cấu trúc lưu trữ và luân chuyển thông tin, bao gồm [13]:

+ **Danh mục Thực thể dữ liệu/Thành phần dữ liệu (Data Entity/Data Component catalog)** thống nhất, đóng vai trò là “tư điển số” cho toàn bộ tài sản dữ liệu của tổ chức.

+ **Ma trận (Matrices):**

a) **Ma trận Thực thể dữ liệu/Chức năng nghiệp vụ (Data Entity/Business Function matrix):** Xác định mối quan hệ cung - cầu dữ liệu cho từng hoạt động nghiệp vụ.

b) **Ma trận Ứng dụng/Dữ liệu (Application/Data matrix):** Làm rõ quyền truy cập, tạo mới hoặc thay đổi dữ liệu của từng phần mềm cụ thể.

+ **Sơ đồ (Diagrams):**

a) **Sơ đồ dữ liệu Khái niệm và Logic (Conceptual & Logical Data diagram):** Mô hình hóa cấu trúc thông tin từ mức tổng quát đến chi tiết kỹ thuật.

b) **Sơ đồ chuyển đổi dữ liệu (Data Migration diagram):** Phác thảo lộ trình làm sạch và dịch chuyển dữ liệu từ các hệ thống cũ sang kho dữ liệu tập trung.

- **Về Kiến trúc Ứng dụng (Application Architecture):** Bộ sản phẩm hướng tới việc chuẩn hóa hệ sinh thái phần mềm và tăng cường tính liên kết [15]:

+ **Danh mục Ứng dụng (Application Portfolio catalog)** cung cấp cái nhìn tổng thể về tình trạng, vai trò và vòng đời của tất cả các phần mềm đang vận hành.

+ **Ma trận (Matrices):**

a) **Ma trận Ứng dụng/Tổ chức (Application/Organization matrix):** Ánh xạ các giải pháp phần mềm vào sơ đồ bộ máy đơn vị.

b) **Ma trận Vai trò/Ứng dụng (Role/Application matrix):** Cụ thể hóa phân quyền sử dụng hệ thống theo chức danh công việc.

c) **Ma trận Ứng dụng/Dữ liệu (Application/Data matrix):** Đảm bảo sự tương thích giữa phần mềm và các luồng thông tin hệ thống.

+ **Sơ đồ (Diagrams):**

a) **Sơ đồ tích hợp ứng dụng (Application Integration diagram):** Thiết kế phương án kết nối các ứng dụng thông qua trực tích hợp (ESB) để đảm bảo dữ liệu thông suốt.

b) **Sơ đồ chuyển đổi ứng dụng (Application Migration diagram):** Xác lập lộ trình thay thế, nâng cấp hoặc tích hợp các hệ thống ứng dụng theo từng giai đoạn phát triển của doanh nghiệp thông qua quản trị dữ liệu, nhằm tối ưu hóa hiệu quả quản trị và sẵn sàng cho các bước đột phá công nghệ tiếp theo.

### 3.3. Kiến trúc công nghệ

Giai đoạn xây dựng Kiến trúc Công nghệ đóng vai trò thiết lập nền tảng hạ tầng kỹ thuật trọng yếu (bao gồm phần cứng, phần mềm hệ thống, hạ tầng mạng và các dịch vụ nền tảng), tạo điều kiện cần thiết để vận hành ổn định các hệ thống ứng dụng và quản lý tài sản dữ liệu đã được xác lập tại Giai đoạn B (Kiến trúc Nghiệp vụ) và Giai đoạn C (Kiến trúc Hệ thống Thông tin). Thông qua việc chuyển hóa Tầm nhìn Kiến trúc thành một môi trường kỹ thuật thực tế, kiến trúc này bảo đảm khả năng vận hành thông suốt, đáp ứng trọn vẹn các tiêu chuẩn kỹ thuật và kỳ vọng của các bên liên quan. Đặc biệt, trên cơ sở phân tích khoa học sự chênh lệch giữa hiện trạng và mô hình mục tiêu, Kiến trúc Công nghệ cung cấp căn cứ chiến lược để xây dựng Lộ trình Kiến trúc (Architecture Roadmap). Điều này giúp cụ thể hóa các gói công việc và dự án đầu tư hạ tầng trọng điểm, từ đó tối ưu hóa nguồn lực và đảm bảo tính khả thi trong

suốt tiến trình chuyển đổi hệ thống của TKV.

Để hiện thực hóa tầm nhìn này, kiến trúc công nghệ tập trung vào ba trụ cột cốt lõi:

- **Hạ tầng vật lý:** Tập trung chuẩn hóa và hiện đại hóa hệ thống Trung tâm dữ liệu (Data Center) đạt tiêu chuẩn Tier III, bảo đảm tính sẵn sàng cao, khả năng dự phòng và vận hành liên tục [16]. Đồng thời, đầu tư đồng bộ hạ tầng mạng truyền thông, hệ thống thiết bị đầu cuối chuyên dụng, bao gồm các thiết bị đạt chuẩn an toàn, chống cháy nổ tại hiện trường sản xuất. Toàn bộ hạ tầng được mô hình hóa, quản lý thống nhất thông qua Sơ đồ Môi trường và Địa điểm cùng Sơ đồ Phân rã Nền tảng, phục vụ công tác vận hành, giám sát và mở rộng trong dài hạn [17].

- **Hạ tầng số:** Thúc đẩy chuyển đổi sang mô hình điện toán đám mây kết hợp điện toán biên nhằm tối ưu hóa hiệu quả xử lý và khai thác dữ liệu. Theo đó, các tác vụ quản trị, phân tích tổng hợp được tập trung tại Trung tâm dữ liệu hoặc nền tảng Cloud; trong khi các dữ liệu sản xuất thời gian thực được xử lý tại biên để bảo đảm độ trễ thấp và khả năng phản ứng nhanh. Kiến trúc này được thiết kế, vận hành dựa trên Sơ đồ Xử lý (Processing Diagram), bảo đảm tính linh hoạt, khả năng mở rộng và đáp ứng yêu cầu vận hành liên tục của hoạt động sản xuất [17].

- **Kiến trúc an toàn thông tin:** Được xác lập là lớp bảo vệ cốt lõi, xuyên suốt toàn bộ hệ thống, nhằm bảo đảm an toàn cho các tài sản số, từ dữ liệu sản xuất tại mỏ đến thông tin quản trị chiến lược. Kiến trúc áp dụng mô hình phòng thủ nhiều lớp, tích hợp các giải pháp như phát hiện và ngăn chặn xâm nhập (IDS/IPS), mã hóa dữ liệu, quản lý định danh và truy cập tập trung (IAM), giám sát an ninh tập trung (SOC) [18], [19]. Đồng thời, bảo đảm tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn, quy định về an toàn thông tin theo quy định quốc gia và thông lệ quốc tế, góp phần nâng cao năng lực phòng ngừa, phát hiện và ứng phó với các rủi ro an ninh mạng.

Kết quả đầu ra của giai đoạn xây dựng Kiến trúc Công nghệ bao gồm hệ thống các tài liệu và hồ sơ thiết kế kỹ thuật giúp định hình hạ tầng vật lý của tổ chức, cụ thể bao gồm [17]:

- **Nhóm các Danh mục (Catalogs):**

+ **Danh mục Tiêu chuẩn Công nghệ (Technology Standards catalog):** Xác lập các quy chuẩn, định hướng kỹ thuật và tiêu chuẩn hóa thiết bị thống nhất trong toàn hệ thống.

+ **Danh mục Sản phẩm Công nghệ (Technology Portfolio catalog):** Quản lý tập trung danh sách các giải pháp, thiết bị và thành phần công nghệ được phê duyệt sử dụng.

- **Nhóm các Ma trận (Matrices):**

+ **Ma trận Ứng dụng/Công nghệ (Application/Technology matrix):** Ánh xạ mối tương quan và tính tương thích giữa các hệ thống phần mềm ứng dụng với nền tảng hạ tầng kỹ thuật tương ứng.

- **Nhóm các Sơ đồ thiết kế (Diagrams):**

+ **Sơ đồ Môi trường và Địa điểm (Environments and Locations diagram):** Mô hình hóa sự phân bố hạ tầng và các môi trường vận hành (thử nghiệm, sản xuất, dự phòng) theo vị trí địa lý thực tế.

+ **Sơ đồ Phân rã Nền tảng (Platform Decomposition diagram):** Bóc tách chi tiết các lớp thành phần cấu thành nên hệ sinh thái nền tảng công nghệ của doanh nghiệp.

+ **Sơ đồ Xử lý (Processing diagram):** Mô tả quy trình và cách thức phân phối năng lực xử lý dữ liệu giữa trung tâm dữ liệu và các điểm nút (biên).

+ **Sơ đồ Tính toán mạng và Phần cứng (Networked Computing/Hardware diagram):** Cụ thể hóa cấu trúc thiết bị phần cứng, máy chủ và năng lực tính toán tại các đơn vị thành viên.

+ **Sơ đồ Mạng và Truyền thông (Network and Communications diagram):** Phác thảo hạ tầng kết nối, băng thông và các luồng truyền dẫn thông tin đảm bảo tính liên thông toàn diện.

Việc hoàn thiện hệ thống sản phẩm này cung cấp cái nhìn xuyên suốt về năng lực hạ tầng, đồng thời là căn cứ pháp lý và kỹ thuật để triển khai các dự án đầu tư công nghệ trong tương lai.

### **3.4. Lộ trình xây dựng kiến trúc doanh nghiệp**

Giai đoạn xây dựng lộ trình và kế hoạch chuyển đổi (Phase E & F) đóng vai trò biến các bản thiết kế thành hành động thực tế. Nghiên cứu đã xác lập một danh mục các gói công việc (Work Packages) và phân nhóm chúng thành các dự án thành phần dựa trên mức độ ưu tiên và giá trị mang lại cho doanh nghiệp.

Lộ trình thực hiện được chia thành các trạng thái kiến trúc chuyển tiếp (Transition Architectures) để đảm bảo quá trình dịch chuyển diễn ra nhịp nhàng, không gây sốc cho tổ chức:

- **Giai đoạn 1 (Khởi động):** Thiết lập “bộ não số” và hạ tầng cốt lõi tại khối cơ quan TKV để định



hướng và kiểm soát toàn hệ thống.

- **Giai đoạn 2 (Tích hợp):** Hiện thực hóa các giải pháp kiến trúc vào thực tế sản xuất, lấy Micco làm đơn vị hình mẫu (Pilot) trước khi nhân rộng.

- **Giai đoạn 3 (Tối ưu hóa):** Lan tỏa mô hình thành công từ MICCO sang các công ty tương tự và nâng cao năng suất bằng công nghệ thông minh.

Để đảm bảo lộ trình này được thực thi thành công, TKV cần thiết lập một cơ chế quản trị thực thi (Phase G) nghiêm ngặt. Ban chỉ đạo chuyển đổi số của tập đoàn đóng vai trò giám sát tính tuân thủ kiến trúc (Architecture Compliance) của tất cả các dự án đầu tư CNTT. Mọi thay đổi phát sinh trong quá trình vận hành đều phải được đánh giá tác động và cập nhật vào kho lưu trữ kiến trúc thông qua quy trình quản lý thay đổi (Phase H).

Việc triển khai kiến trúc doanh nghiệp tại một doanh nghiệp có quy mô và tính chất đặc thù như TKV mang lại những giá trị to lớn, nhưng cũng đối mặt với không ít thách thức. Kết quả nghiên cứu cho thấy, EA không chỉ giúp giải quyết bài toán kỹ thuật mà còn là tác nhân thúc đẩy sự thay đổi trong tư duy quản trị. Sự liên thông về dữ liệu giữa công ty mẹ và các đơn vị thành viên giúp xóa bỏ các “rào cản thông tin”, tạo ra một luồng giá trị liền mạch từ khâu thăm dò trữ lượng tại bể than Đông Bắc đến khâu bán hàng cho các nhà máy điện. Điều này đặc biệt quan trọng khi TKV đang nỗ lực chuyển dịch từ mô hình sản xuất than đơn thuần sang tập đoàn năng lượng đa ngành, bền vững và thân thiện với môi trường [20].

### 3.5. Kết quả áp dụng tại TKV và MICCO

Sau giai đoạn triển khai ban đầu, Đề tài đã ghi nhận các kết quả tích cực trên bốn phương diện chính:

- Phương pháp luận và kiến trúc phù hợp với thực tiễn: Ở cấp TKV, kiến trúc High-level cung cấp góc nhìn tổng thể phục vụ hoạch định chiến lược. Ở cấp MICCO và đơn vị thành viên, khung High/Middle-level đóng vai trò “bản đồ dẫn đường”, giúp lãnh đạo có cơ sở quy hoạch nghiệp vụ, ứng dụng, công nghệ và định hướng đầu tư sát thực tế hơn trước.

- Xây dựng đội ngũ EA Core team bước đầu hình thành với sự phối hợp giữa nhân sự nghiệp vụ (các đơn vị chức năng) và nhân sự IT (Phòng Chiến lược và CNTT), tạo nền móng cho một đội ngũ có khả năng duy trì và phát triển kiến trúc dài hạn.

- Áp dụng quy trình EA giúp các phòng ban nắm được vòng đời quản lý kiến trúc từ xây dựng đến cải tiến, đồng thời hỗ trợ ban quản lý đánh giá cơ hội cải tiến có hệ thống, giảm phụ thuộc vào nhận định cảm tính.

- Chuẩn bị kiến trúc chi tiết: Kết quả từ kiến trúc High/Middle-level tạo nền tảng vững chắc để TKV và MICCO triển khai kiến trúc cấp nghiệp vụ chi tiết, hướng tới mục tiêu chuyển đổi số đồng bộ cho toàn hệ thống.

## 4. Kết luận

Dựa trên kết quả nghiên cứu, thiết kế mô hình nghiệp vụ và phân tích hệ thống kiến trúc tại TKV và đơn vị thực tế MICCO, có thể rút ra các kết luận chính như sau:

- **Thiết kế mô hình nghiệp vụ và kiến trúc doanh nghiệp:** Quá trình nghiên cứu đã thực hiện toàn diện các giai đoạn từ thiết lập tầm nhìn đến xây dựng lộ trình và quản trị thực thi (từ Giai đoạn sơ bộ đến Giai đoạn H). Việc áp dụng khung năng lực nghiệp vụ (Business Capability Map) và chuẩn hóa quy trình giúp chuyển hóa tầm nhìn chiến lược của TKV thành một khung vận hành thực tế. Điều này đáp ứng nhu cầu cấp thiết của doanh nghiệp trong việc hiện đại hóa quản trị điều hành sản xuất và quản lý an toàn hầm lò trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp 4.0 [21].

- **Quy hoạch và thiết kế kiến trúc hệ thống thông tin:** Giai đoạn này đã xác lập mục tiêu tái cấu trúc toàn diện hệ thống dữ liệu và ứng dụng nhằm xóa bỏ các “ốc đảo thông tin”, sự trùng lặp (nếu có) của các hệ thống thông tin đang hoạt động [9]. Việc xây dựng danh mục thực thể dữ liệu thống nhất và danh mục ứng dụng tinh gọn, kết hợp với trực tích hợp doanh nghiệp (ESB), tạo ra một hệ sinh thái số liên thông [14]. Thiết kế này không chỉ đảm bảo tính nhất quán của dữ liệu từ cấp đơn vị cơ sở đến khối cơ quan TKV, mà còn đảm bảo tính liên thông của hệ thống ứng dụng nhằm tối ưu hóa khả năng hỗ trợ cho các năng lực cốt lõi như điều hành và quản lý chuỗi cung ứng theo thời gian thực.

- **Thiết kế kiến trúc công nghệ và hiện đại hóa hạ tầng:** Trong giai đoạn này, các điều chỉnh công nghệ quan trọng đã được thực hiện để phù hợp với định hướng chuyển đổi số. Từ thực trạng hạ tầng phân tán và chưa đồng bộ, kiến trúc mục tiêu đã chuyển dịch sang mô hình điện toán đám mây kết hợp điện toán biên, hạ tầng trung tâm dữ liệu đạt chuẩn Tier III và mạng WAN tốc độ cao

[16]. Đặc biệt, việc tích hợp kiến trúc an toàn thông tin đa lớp (SOC, IAM, Zero Trust) và thiết bị hiện trường chuyên dụng đảm bảo tính sẵn sàng và an toàn tuyệt đối cho các hoạt động sản xuất đặc thù của ngành than - khoáng sản [22].

### - Hệ thống sản phẩm và giá trị chiến lược:

Nghiên cứu đã xây dựng một bộ sản phẩm kiến trúc đa dạng và chuẩn hóa, bao gồm các danh mục (Catalogs), ma trận phân tích (Matrices) và sơ đồ thiết kế (Diagrams). Các sản phẩm này không chỉ đóng vai trò là bản thiết kế kỹ thuật mà còn là công cụ quản trị chiến lược, giúp TKV cụ thể hóa lộ trình đầu tư, giảm thiểu rủi ro trong quá trình chuyển đổi và thúc đẩy sự thay đổi tư duy quản trị dựa trên dữ liệu, hướng tới mục tiêu trở thành tập đoàn năng lượng đa ngành bền vững [9].

### Tài liệu tham khảo:

[1]. "Chiến lược phát triển Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045," Báo chính Phủ, 2025. [Trực tuyến]. Available: <https://baochinhphu.vn/phan-trien-tap-doan-cong-nghiep-than-khoang-san-viet-nam-thanh-tap-doan-kinh-te-manh-102250320152940313.htm>. [Đã truy cập 21 March 2026].

[2]. T. O. Group, "TOGAF® Standard, Version 9.2 Overview," The Open Group, 2018. [Trực tuyến]. [Đã truy cập 26 3 2026].

[3]. T. O. Group, "Introduction to Part II," in *The TOGAF® Standard, Version 9.2*, an Haren Publishing, 2018, pp. 37-49.

[4]. APQC, "APQC Process Classification Framework (PCF) - Cross-Industry," APQC, 2026. [Trực tuyến]. [Đã truy cập 26 3 2026].

[5]. T. H. D. a. R. Ronanki, "Artificial Intelligence for the Real World," *Harvard Business Review*, vol. 96, p. 108–116, 2018.

[6]. T. O. Group, "Phase B: Business Architecture," in *The TOGAF® Standard, Version 9.2*, an Haren Publishing, 2018, pp. 77-93.

[7]. M. Lankhorst, *Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis*, 4th ed, Berlin, Germany: Springer, 2017.

[8]. T. O. Group, "Phase C: Information Systems Architectures," in *The TOGAF® Standard, Version 9.2*, an Haren Publishing, 2018, pp. 95-96.

[9]. P. W. a. D. R. J. W. Ross, *Enterprise Architecture as Strategy: Creating a Foundation for Business Execution*, Boston, MA: Harvard Business Press, 2006.

[10]. D. International, DAMA-DMBOK: *Data Management Body of Knowledge*, 2nd ed, Basking Ridge, NJ: Technics Publications, 2017.

[11]. ISO/IEC, "Information technology — Governance of IT — Governance of data," ISO/IEC 38505-1:2017, 2017.

[12]. T. Erl, *Service-Oriented Architecture: Analysis and Design for Services and Microservices*, 2nd ed, Boston, MA: Prentice Hall, 2016.

[13]. T. O. Group, "Phase C: Information Systems Architectures — Data Architecture," in *The TOGAF® Standard, Version 9.2*, an Haren Publishing, 2018, pp. 97-107.

[14]. T. Erl, *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2016.

[15]. T. O. Group, "Phase C: Information Systems Architectures — Application Architecture," in *The TOGAF® Standard, Version 9.2*, an Haren Publishing, 2018, pp. 109-118.

[16]. "Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology," Uptime Institute, 2020. [Online]. [Accessed 26 3 2026].

[17]. T. O. Group, "Phase D: Technology Architecture," in *The TOGAF® Standard, Version 9.2*, an Haren Publishing, 2018, pp. 119-130.

[18]. NIST, "Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity, Version 1.1," Gaithersburg, MD, 2018.

[19]. ISO/IEC, "Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems," ISO/IEC 27001:2022, 2022.

[20]. "Chiến lược phát triển Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045," Báo chính Phủ, 2025. [Trực tuyến]. [Đã truy cập 26 3 2026].

[21]. K. Schwab, "The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond," World Economic Forum, 2016.

[22]. NIST, "Zero Trust Architecture," NIST Special Publication 800-207, 2020.



## **A Methodological Study on Developing Enterprise Architecture Solutions for Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited and Pilot Application at Micco**

**Eng. Tran Van Dung, MSc. Ngo Manh Hung, Eng. Nguyen Dinh Anh, Eng. Le Minh Hoang**  
**Eng. Nguyen Thi Mai Hien - Mining Chemical Industry Corporation - Vinacomin**  
**MSc. Trinh Thi Lan, BSc. Le Thi My Linh, BSc. Dinh Kong Thanh, BSc. Le Kha Minh Phuc**  
*Viettel Enterprise Solutions Corporation*

### **Abstract:**

*Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited is a large-scale organization operating in the mining and energy sectors. In its business processes, Information Technology (IT) and Digital Transformation (DX) have demonstrated significant value in enhancing the effectiveness and efficiency of production and business strategy planning, while optimizing supply chains and managing subsidiaries to create competitive advantages. However, the implementation of IT and DX across the Group still faces numerous challenges, including limitations in capabilities, processes, tools, data, and technological infrastructure; redundancy in the deployment of applications, infrastructure, and data during digital transformation initiatives; and a lack of alignment between IT development plans and business strategies. This study adopts an Enterprise Architecture (EA) approach based on the TOGAF ADM 9.2 framework to define the baseline architecture, target architecture, and conduct gap analysis. The research results provide a methodological approach for developing business architecture, data architecture, application architecture, and technology architecture, thereby enabling Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited to build the necessary capabilities for synchronized implementation of production and business activities. Additionally, the study offers recommendations to support the Corporation in establishing a unified, consistent, and effective enterprise architecture across the entire organization.*

## **TKV chủ động xây dựng kịch bản điều hành sản xuất kinh doanh năm 2026 ứng phó biến động quốc tế**

**Chiều ngày 15/4, tại Trụ sở TKV, Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn chủ trì cuộc họp về Kế hoạch điều hành sản xuất kinh doanh năm 2026 ứng phó với tình hình xung đột Trung Đông**



*Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn chủ trì cuộc họp*

Tham dự cuộc họp có các Phó Tổng giám đốc, Kế toán trưởng cùng lãnh đạo các Ban chuyên môn Tập đoàn. Đây là cuộc họp quan trọng nhằm đánh giá, dự báo tác động của tình hình địa chính trị thế giới, đặc biệt là xung đột tại khu vực Trung Đông đến hoạt động sản xuất kinh doanh của Tập đoàn trong năm 2026.

Tại cuộc họp, Ban Kế hoạch đã chủ trì trình bày báo cáo tổng hợp các kịch bản điều hành sản xuất kinh doanh năm 2026 trong bối cảnh thị trường năng lượng và khoáng sản toàn cầu có nhiều biến động khó lường. Các nội dung tập trung vào việc phân tích tác động các mặt đến giá nhiên liệu, chi phí đầu vào, thị trường tiêu thụ cũng như chuỗi cung ứng quốc tế.

Các ý kiến trao đổi tại cuộc họp cũng tập trung làm rõ các giải pháp trọng tâm như: điều hành sản xuất phù hợp với nhu cầu thị trường; đảm bảo cân đối cung - cầu than, khoáng sản; chủ động nguồn cung vật tư, thiết bị; tăng cường tiết giảm chi phí và đẩy mạnh ứng dụng khoa học công nghệ trong quản lý, điều hành...

Trong quý I/2026, TKV đã chủ động triển khai đồng bộ các giải pháp ứng phó với biến động của thị trường năng lượng và tình hình quốc tế, qua đó đạt được những kết quả tích cực trong hoạt động sản xuất kinh doanh. Tập đoàn đã linh hoạt điều hành sản xuất phù hợp với nhu cầu thị trường, đảm bảo ổn định sản lượng than cung cấp cho các

hộ tiêu thụ trọng điểm, đặc biệt là sản xuất điện; đồng thời kiểm soát chặt chẽ chi phí, tối ưu hóa hoạt động vận hành và logistics.

Công tác dự báo, xây dựng kịch bản điều hành được thực hiện sát thực tiễn, giúp TKV chủ động trước các biến động về giá cả, nguồn cung vật tư và nhiên liệu đầu vào. Nhờ đó, các chỉ tiêu sản xuất kinh doanh chủ yếu trong quý I cơ bản đạt và vượt kế hoạch đề ra, tạo nền tảng quan trọng để Tập đoàn tiếp tục hoàn thành mục tiêu năm 2026.

Phát biểu chỉ đạo, Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn nhấn mạnh yêu cầu các Ban chuyên môn cần chủ động bám sát diễn biến tình hình thế giới, đặc biệt là những diễn biến cùng ảnh hưởng của chiến sự tại Trung Đông đến thị trường cung ứng toàn cầu. Từ đó, xây dựng các phương án điều hành linh hoạt, đảm bảo mục tiêu sản xuất kinh doanh ổn định, an toàn và hiệu quả.

Trên tinh thần phải đảm bảo mục tiêu tăng trưởng, Tập đoàn cần tập trung giữ vững và phát huy tối đa năng lực sản xuất, trong đó đặc biệt ưu tiên đảm bảo sản lượng than cung cấp cho sản xuất điện. Đối với các giải pháp cân đối tài chính, Tổng Giám đốc chỉ đạo tiếp tục nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh các sản phẩm khoáng sản, đồng thời tiết giảm tối đa chi phí đầu vào. Riêng đối với lĩnh vực than, cần tập trung phát huy tối đa năng suất thiết bị, đẩy mạnh tiết kiệm năng lượng, kiểm soát chặt chẽ và cắt giảm chi phí đầu vào, qua đó nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh và năng lực cạnh tranh của Tập đoàn.

*Tác giả: Truyền thông TKV*

## **Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Nguyễn Văn Tuấn tiếp và làm việc với Hội Doanh nghiệp và Hội Tự động hóa Liên Bang Nga**

**Chiều ngày 07/4, tại trụ sở TKV, Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Nguyễn Văn Tuấn tiếp và làm việc với Đoàn công tác của Hội Doanh nghiệp và Hội Tự động hóa Liên bang Nga do ông Aleksandr Oleg - Phó Bộ trưởng Bộ Đối ngoại và Quốc tế vùng Sverdlovsk làm trưởng đoàn**

Tham dự buổi làm việc có đại diện các ban chuyên môn của Tập đoàn cùng các thành viên đoàn công tác Liên bang Nga là đại diện các doanh nghiệp, tổ chức hoạt động trong lĩnh vực công nghiệp, tự động hóa và khai khoáng.



*Đoàn công tác của Hội Doanh nghiệp và Hội Tự động hóa Liên bang Nga làm việc với Vinacomin*

Tại buổi làm việc, Phó Tổng giám đốc Nguyễn Văn Tuấn đã giới thiệu tổng quan về quá trình hình thành, phát triển của Vinacomin cũng như tình hình sản xuất kinh doanh những năm gần đây. Trong bối cảnh Tập đoàn đang đẩy mạnh tái cơ cấu, nâng cao năng suất, chất lượng và hiệu quả, Vinacomin đặc biệt quan tâm đến việc ứng dụng khoa học công nghệ, tự động hóa và chuyển đổi số trong khai thác, chế biến khoáng sản.

Phó Tổng giám đốc Tập đoàn nhấn mạnh, Vinacomin luôn coi trọng việc mở rộng hợp tác quốc tế, trong đó Liên bang Nga là đối tác truyền thống, có nhiều kinh nghiệm và thế mạnh trong lĩnh vực khai thác mỏ, cơ khí, tự động hóa và đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao.

Về phía đoàn công tác, ông Aleksandr Oleg bày tỏ cảm ơn sự đón tiếp trọng thị của Vinacomin, đồng thời giới thiệu về tiềm năng, thế mạnh của vùng Sverdlovsk một trong những trung tâm công nghiệp lớn của Liên bang Nga, với hệ sinh thái doanh nghiệp phát triển mạnh trong các lĩnh vực cơ khí chế tạo, khai khoáng và công nghệ tự động hóa.

Hai bên đã trao đổi sâu về các khả năng hợp tác cụ thể, tập trung vào các lĩnh vực ứng dụng công nghệ tự động hóa, điều khiển thông minh trong khai thác hầm lò và lộ thiên; giải pháp số hóa, giám sát và tối ưu hóa sản xuất mỏ; cung cấp thiết bị, dây chuyền công nghệ hiện đại phục vụ khai thác, chế biến than, khoáng sản; đào tạo, phát triển nguồn nhân lực kỹ thuật cao; tăng cường kết nối doanh nghiệp giữa Vinacomin và các doanh nghiệp vùng Sverdlovsk.

Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Nguyễn Văn Tuấn khẳng định, Vinacomin sẵn sàng tạo điều kiện để các doanh nghiệp hai bên tìm hiểu, khảo sát thực tế, tiến triển khai các dự án hợp tác cụ



*Hai bên thống nhất tiếp tục tăng cường trao đổi thông tin, kết nối doanh nghiệp và nghiên cứu các cơ hội hợp tác trong thời gian tới.*

thể, phù hợp với nhu cầu và định hướng phát triển của Tập đoàn.

Kết thúc buổi làm việc, hai bên thống nhất tiếp tục tăng cường trao đổi thông tin, kết nối doanh nghiệp và nghiên cứu các cơ hội hợp tác trong thời gian tới, góp phần làm sâu sắc hơn quan hệ hợp tác truyền thống giữa Việt Nam và Liên bang Nga, đặc biệt trong lĩnh vực công nghiệp khai khoáng, tự động hóa và công nghệ cao.

*Tác giả: Truyền thông TKV*

### **Chủ tịch HĐTV Tập đoàn Ngô Hoàng Ngân tham gia đoàn công tác tại Indonesia, tăng cường hợp tác đảm bảo nguồn than cho sản xuất điện**

*Từ ngày 31/3 đến 04/4, Chủ tịch Hội đồng thành viên Tập đoàn Ngô Hoàng Ngân tham gia đoàn công tác làm việc với các đối tác thương mại, các nhà sản xuất than lớn, đồng thời khảo sát thực tế tại các mỏ và cảng than trọng điểm của Indonesia. Chương trình có sự tham gia của lãnh đạo Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) và các đơn vị liên quan nhằm tăng cường phối hợp trong việc nhập khẩu than phục vụ các nhà máy nhiệt điện*





Trong khuôn khổ chương trình công tác, đoàn công tác làm việc với các đối tác cung cấp than lớn của Indonesia như PT Berau Coal, PT Bukit Asam (PTBA) và PT Kaltim Prima Coal (KPC) - những doanh nghiệp có vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng than của khu vực châu Á và toàn cầu. Đây đều là các nhà sản xuất có trữ lượng lớn, năng lực khai thác hàng chục triệu tấn mỗi năm, với hệ thống logistics, cảng xuất khẩu và quản trị vận hành hiện đại.

Đoàn công tác cũng làm việc với các đối tác thương mại như Welhunt, HMS và Glencore nhằm rà soát các hợp đồng cung cấp than đã ký kết, đồng thời trao đổi về khả năng mở rộng hợp tác trong thời gian tới. Nội dung tập trung vào việc đảm bảo nguồn cung ổn định, lâu dài, phù hợp với yêu cầu về chủng loại, chất lượng than cho các nhà máy nhiệt điện của EVN trong bối cảnh nhu cầu nhập khẩu than ngày càng gia tăng.

Trong chương trình, đoàn công tác trực tiếp khảo sát thực tế tại các mỏ và cảng than lớn, tiêu biểu như mỏ Sangatta của KPC - một trong những mỏ than lộ thiên lớn nhất thế giới, cũng như các khu vực khai thác tại Đông Kalimantan. Qua khảo sát, đoàn ghi nhận quy mô khai thác lớn, công nghệ hiện đại, quy trình vận hành đồng bộ từ khai thác, vận chuyển đến xuất khẩu, qua đó có thêm cơ sở thực tiễn để nghiên cứu, áp dụng phù hợp vào điều kiện sản xuất của TKV.

Chương trình công tác góp phần củng cố quan hệ hợp tác giữa TKV, EVN và các đối tác quốc tế; đồng thời tạo nền tảng quan trọng để triển khai hiệu quả các hợp đồng nhập khẩu than trong thời gian tới, đáp ứng nhu cầu nhiên liệu cho các nhà máy nhiệt điện, phục vụ phát triển kinh tế - xã hội của đất nước.

*Tác giả: Truyền thông TKV*

<b>Contents</b>	<b>Page</b>
<b>Dr. Tran Minh Tien, Dr. Do Van Hoang, Eng. Nguyen Quang Tien, Eng. Tran Van Nguyen - Preliminary Results of Initial Roof Caving by Longhole Blasting at the No. 4 Longwall Panel (Seam 4), Khe Chuoi Coal Mine – Company 91, Dong Bac Corporation</b>	<b>1</b>
<b>MSc. Dam Cong Khoa, Dr. Doan Van Thanh - Technological Scheme and Drilling–Rock Breaking Parameters Using Compressed Air for Open-Pit Mining Areas Located Near Residential Zones and Protected Structures in TKV</b>	<b>9</b>
<b>Dr. Dinh Van Cuong, Dr. Nguyen Van Cong, Eng. Nguyen Khac Hung - Evaluation of the Pilot Application of Large-Thickness Wet Shotcrete Technology for Underground Support Lining at Uong Bi Coal Company (TKV)</b>	<b>15</b>
<b>MSc. Nguyen Huu Nhan, BSc. Nguyen Thanh Tam - Calculation of the Linear Attenuation Coefficient and Evaluation of X-ray-Based Washability of Coarse Coal for Selected Coal Mines in Quang Ninh Region</b>	<b>22</b>
<b>MSc. Nguyen Kim Quy, MSc. Nguyen Anh Nguyen, Dr. Pham Thanh Liem, MSc. Nguyen Minh Tam, Eng. Pham Van Long, Eng. Pham Vu Hai - Analysis and Development of Technical Criteria for the Application of Solar Power Systems in Production Units of TKV</b>	<b>30</b>
<b>Eng. Tran Thi Thuy Linh, BSc. Ngo Nguyen Tung - Standardization of Facility-Level Greenhouse Gas Inventories: A Foundation for Emission Quota Management in the Mining Sector</b>	<b>38</b>
<b>Eng. Dang Dinh Dao, BSc. Hoang Manh Hong, Assoc. Prof. Dr. Nguyen Xuan Hoai, Dr. Tran Huu Phi, Eng. Nguyen Khac Tuan Anh, Eng. Nguyen Ngoc Hai, Dr. Nguyen Thi Hien - MiccoRAG: A Knowledge Management System for Micco</b>	<b>44</b>
<b>Eng. Tran Van Dung, MSc. Ngo Manh Hung, Eng. Nguyen Dinh Anh, Eng. Le Minh Hoang, Eng. Nguyen Thi Mai Hien, MSc. Trinh Thi Lan, BSc. Le Thi My Linh, BSc. Dinh Kong Thanh, BSc. Le Kha Minh Phuc - A Methodological Study on Developing Enterprise Architecture Solutions for Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited and Pilot Application at Micco</b>	<b>50</b>

## Triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn thi công vỏ chống lò

*Trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu áp dụng công nghệ thi công vỏ chống lò bằng phun bê tông ướt chiều dày lớn tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV”, từ tháng 01 đến tháng 2/2026 Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin đã phối hợp với Công ty than Ưông Bí triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ phun bê tông ướt chiều dày lớn thi công vỏ chống lò*

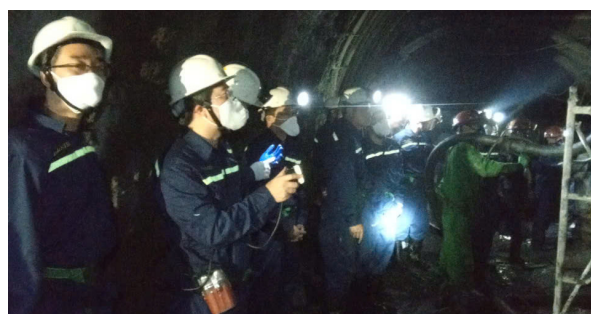
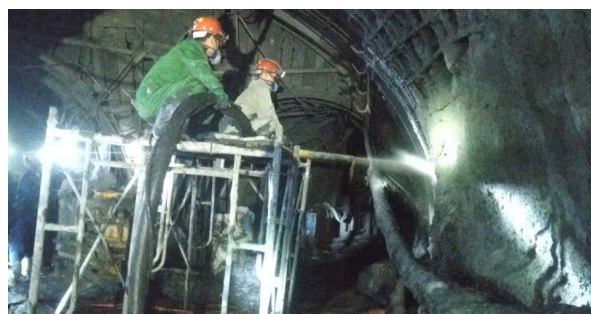
Những năm gần đây và trong kế hoạch sắp tới, TKV duy trì khối lượng đào lò khoảng 300.000 m/năm. Kết quả khảo sát địa chất và thực tế khai thác cho thấy xu hướng xuống sâu làm điều kiện địa chất và áp lực mỏ ngày càng phức tạp, từ đó làm gia tăng nhu cầu sử dụng vỏ chống lò bằng bê tông vì đây là kết cấu liên khối có khả năng cách nước tốt, chịu lực lớn và phù hợp nhiều điều kiện địa chất khác nhau.

Tuy nhiên, thực trạng thi công vỏ chống bê tông tại các mỏ hầm lò TKV hiện nay cho thấy phần lớn các công đoạn vẫn mang tính thủ công, phụ thuộc nhiều nhân lực, dẫn đến hiệu suất thấp. Chất lượng vỏ chống sau thi công còn hạn chế, bê tông dễ bị sụt lún và co ngót, làm giảm khả năng tiếp xúc và liên kết với khối đá biên lò. Đặc biệt tại khu vực nóc lò, do khó hoặc không thể thực hiện đầm lên hiệu quả, bê tông sau co ngót thường xuất hiện khe rỗng, không tiếp xúc hoàn toàn với đất đá xung quanh, làm phát sinh nứt vỡ và suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu. Trong một số trường hợp, nếu công tác giám sát không chặt chẽ, chiều dày bê tông tại nóc lò không đảm bảo thiết kế, có thể tạo khoảng rỗng lớn giữa vỏ chống và biên lò, tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định, thậm chí sập đổ.

Trước những hạn chế đó, cùng với sự phát triển của công nghệ vật liệu và thi công công trình ngầm, nhiều quốc gia như Trung Quốc, Nga và Úc đã chuyển sang áp dụng công nghệ phun bê tông ướt. Công nghệ này được sử dụng rộng rãi trong nhiều giải pháp như vỏ chống bê tông liên khối, kết hợp neo - bê tông hoặc gia cường vỏ chống lò. Ưu điểm của công nghệ là mức độ cơ giới hóa cao, bê tông phun có khả năng lấp đầy khe rỗng và bám sát biên lò, hạn chế co ngót sau thi công, tăng khả năng tương tác với khối đá. Đồng thời, thời gian đạt cường độ nhanh (khoảng 8-24 giờ), không cần sử dụng cốp pha, rút ngắn thời gian thi công và nâng cao hiệu quả tổ chức sản xuất. Ngoài ra, vỏ

chống có thể đạt chiều dày lớn và cường độ cao, phổ biến 30-50 MPa, thậm chí trên 100 MPa, đáp ứng tốt yêu cầu chống giữ trong điều kiện địa chất phức tạp.

Đoàn kiểm tra của đại diện các Ban của TKV do ban KCL chủ trì đã kiểm tra thực tế hiện trường tại khu vực ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam, Mỏ Tráng Bạch cho thấy, lớp bê tông phun ướt bám dính tốt với đá biên lò, chiều dày đảm bảo theo thiết kế và lấp kín được không gian biên bị rỗng ở hông, nóc trong quá trình đào, bề mặt khối bê tông không có dấu hiệu nứt, vỡ. Đây là giải pháp công nghệ mới, lần đầu tiên được áp dụng để thi công vỏ chống lò tại Công ty than Ưông Bí cũng như TKV (công nghệ thi công đổ bê tông không dùng ván khuôn). Đoàn kiểm tra Tập đoàn ghi nhận kết quả thử nghiệm phù hợp với yêu cầu cấu đề tài, đề nghị Công ty than Ưông Bí và Viện KHCN Mỏ tiếp tục phối hợp thi công hoàn thiện toàn bộ khu vực ngã ba lò vòng mức -150 khu Tây Nam theo thiết kế đã lập.



Hình ảnh hiện trường thử nghiệm công nghệ

Đ.T.



## Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

### Triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO<sub>2</sub> lỏng

*Trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV”, tháng 4/2026 Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin đã phối hợp với Công ty than Mạo Khê triển khai áp dụng thử nghiệm công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO<sub>2</sub> lỏng tại khai trường lộ thiên thuộc Công ty than Mạo Khê*

Trước những yêu cầu ngày càng khắt khe về phát triển bền vững, công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO<sub>2</sub> lỏng đang là một giải pháp thay thế nổ mìn tại những khai trường giáp với khu dân cư, công trình cần bảo vệ, với nhiều ưu điểm vượt trội. Công nghệ này sử dụng nguyên lý giãn nở thể tích đột ngột của CO<sub>2</sub> lỏng để tạo ra áp suất phá vỡ đất đá, giúp giảm thiểu tối đa chấn động, tiếng ồn, hạn chế đá văng và không tạo ra khí độc hại, qua đó tăng cường an toàn và thân thiện hơn với môi trường.

Thực hiện đề tài được Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam giao, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin đã hoàn thành các nội dung nghiên cứu đảm bảo tiến độ và triển khai áp dụng thử nghiệm giải pháp công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO<sub>2</sub> lỏng tại khai trường lộ thiên gần khu dân cư và công trình cần bảo vệ của Công ty Than Mạo Khê - TKV nhằm đánh giá hiệu quả kỹ thuật, mức độ an toàn và khả năng áp dụng trong điều kiện sản xuất thực tế.



*Đoàn kiểm tra theo dõi quá trình thi công thử nghiệm tại hiện trường*

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đã thành lập đoàn kiểm tra do ông Lưu Văn Thực - Phó Trưởng ban Khoa học, Công nghệ thông tin và Chiến lược phát triển chủ trì, cùng với các đại diện của Ban An toàn, Ban Kỹ thuật

- Công nghệ mỏ và Ban Môi trường đánh giá kết quả áp dụng thử nghiệm công nghệ. Đoàn đã tiến hành kiểm tra thực tế bãi thử với 20 lỗ khoan, mỗi lỗ có độ sâu 6m, khoảng cách giữa các lỗ 2,2 - 2,5m. Kết quả cho thấy công nghệ phá vỡ đất đá bằng CO<sub>2</sub> lỏng cho hiệu quả tốt, khối đá được tách thành các khe nứt theo lưới lỗ khoan, các khâu công nghệ xúc bốc - vận tải diễn ra an toàn, năng suất thiết bị làm việc được cải thiện tốt so với hiện tại. Kết quả thử nghiệm cho thấy công nghệ có tính khả thi và có thể xem xét nhân rộng tại các mỏ than có điều kiện tương tự.



*Công tác nạp ống CO<sub>2</sub> lỏng vào lỗ khoan*

Phát biểu tại buổi làm việc, ông Lưu Văn Thực đã đánh giá cao sự chủ động của các đơn vị trong công tác chuẩn bị, tổ chức thi công và theo dõi đánh giá kết quả thử nghiệm, đồng thời khẳng định việc nghiên cứu và áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO<sub>2</sub> lỏng là hướng đi phù hợp, góp phần nâng cao mức độ an toàn trong khai thác, giảm thiểu tác động đến môi trường và các công trình lân cận khu vực khai trường. Đoàn kiểm tra đề nghị các đơn vị tiếp tục công tác thử nghiệm theo kế hoạch, tổng hợp số liệu, đánh giá đầy đủ các chỉ tiêu kỹ thuật, kinh tế và mức độ ảnh hưởng đến môi trường, trên cơ sở đó xây dựng các hướng dẫn kỹ thuật và đề xuất các thông số công nghệ phù hợp với điều kiện địa chất, làm cơ sở cho việc xem xét áp dụng nhân rộng tại các mỏ than thuộc Tập đoàn trong thời gian tới.



*Hình ảnh kết quả phá vỡ đất đá sau thử nghiệm Đ.T.*