

BẢN TIN KHOA HỌC



**CƠ KHÍ**

ISSN: 2354 - 1164

**NĂNG LƯỢNG - MỎ**

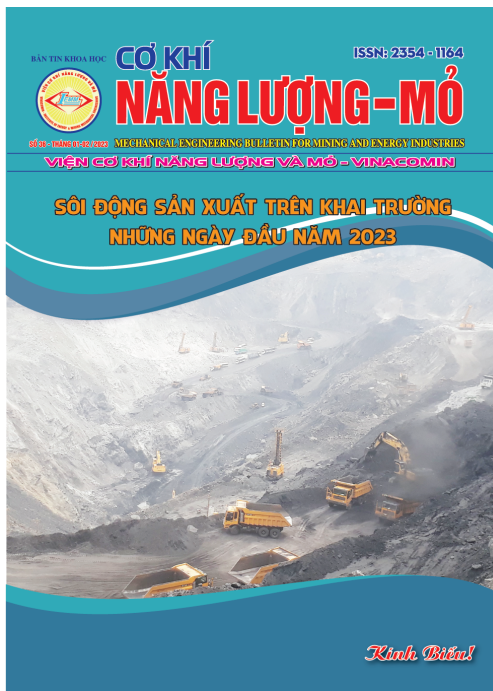
SỐ 36 - THÁNG 01-02 / 2023 MECHANICAL ENGINEERING BULLETIN FOR MINING AND ENERGY INDUSTRIES

**VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN**

**SÔI ĐỘNG SẢN XUẤT TRÊN KHAI TRƯỜNG  
NHỮNG NGÀY ĐẦU NĂM 2023**



*Kinh Biểu!*



# MỤC LỤC

Số 36 - Tháng 01-02/2023

## TIN TỨC

- 1- TKV TRIỂN KHAI NHIỆM VỤ THÁNG 1/2023
- 2- ĐẢNG ỦY TẬP ĐOÀN TRIỂN KHAI NHIỆM VỤ NĂM 2023
- 5- CÔNG ĐOÀN THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM: PHÁT HUY TINH THẦN SÁNG TẠO, VƯỢT KHÓ, THÍCH ỨNG AN TOÀN
- 7- SÔI NỔI KHÍ THỂ THI ĐUA SẢN XUẤT HOÀN THÀNH KẾ HOẠCH NĂM 2022
- 10- ĐOÀN THANH NIÊN VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN THAM GIA HOẠT ĐỘNG HIẾN MÁU TÌNH NGUYỆN NĂM 2023
- 12- VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN TIẾP TỤC THỰC HIỆN ĐỒNG BỘ CÁC GIẢI PHÁP NHẪM TĂNG CƯỜNG CÔNG TÁC DỊCH VỤ TƯ VẤN, THIẾT KẾ TRONG TKV VÀ KẾT QUẢ CỦA NĂM 2022

## ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA

- 15- SO SÁNH HIỆU QUẢ HOẠT ĐỘNG CỦA BỘ BIẾN ĐỔI TẦN SỐ CÓ CHỈNH LƯU TÍCH CỰC KHI SỬ DỤNG MẠCH NGHỊCH LƯU HAI MỨC VÀ BA MỨC

## CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU

- 23- ỨNG DỤNG MÔ HÌNH KRIGING KẾT HỢP THUẬT TOÁN CÁ VOI TRONG TỐI ƯU HÓA PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA KẾT CẤU VI MÔ ĐỐI VỚI HIỆU SUẤT MA SÁT CẤP MA SÁT LỚT XILANH-XEC MĂNG ĐỘNG CƠ Ô TÔ

## KHOA HỌC ỨNG DỤNG

- 37- NHẬN DIỆN, ĐÁNH GIÁ RỦI RO AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC ĐÁ VẬT LIỆU XÂY DỰNG CÔNG SUẤT NHỎ Ở VIỆT NAM

## SẢN PHẨM KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

- 44- KẾT QUẢ THỰC HIỆN NHIỆM VỤ TƯ VẤN "NGHIÊN CỨU THỬ NGHIỆM ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BIẾN TẦN TẠI NHÀ MÁY LỌC ĐẦU DUNG QUẤT"

## CHỊU TRÁCH NHIỆM NỘI DUNG:

Trưởng Ban biên tập

ThS. Lê Thái Hà

## BAN BIÊN TẬP:

TS. Đỗ Trung Hiếu – Phó Trưởng ban

ThS. Hứa Ngọc Sơn – Phó Trưởng ban

ThS. Nguyễn Chân Phương – Thư ký

TS. Lê Thùy Dương – Ủy viên Thường trực

TS. Lê Thanh Bình – Ủy viên

TS. Phùng Khắc Sỹ – Ủy viên

TS. Nguyễn Trọng Tài – Ủy viên

TS. Nguyễn Thu Hiền – Ủy viên

TS. Trần Ngọc Minh – Ủy viên

ThS. Trần Đức Thọ – Ủy viên

## TÒA SOẠN:

Địa chỉ: Số 565 Nguyễn Trãi, P. Thanh Xuân

Nam, Q. Thanh Xuân, TP. Hà Nội

ĐT: (024) 3552 5553

Fax: (024) 3854 3154

Email: bantiniemm@gmail.com

Giấy phép xuất bản số 41/GP-XBBT

ngày 08/7/2022 của Cục Báo chí.

## TKV TRIỂN KHAI NHIỆM VỤ THÁNG 1/2023

Chiều ngày 28/12/2022, Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải chủ trì hội nghị giao ban điều hành sản xuất tháng 12/2022 tại 2 điểm cầu trụ sở Tập đoàn tại Hà Nội và Trung tâm DHSX tại Quảng Ninh.



*TKV triển khai kế hoạch, nhiệm vụ SXKD tháng 01/2023*

Trong tháng 12, tháng cuối cùng của năm 2022, Tập đoàn đã khai thác được 2,98 triệu tấn than nguyên khai; than tiêu thụ 3,7 triệu tấn; sản xuất khoáng sản Alumin quy đổi 124.074 tấn; sản xuất điện và tiêu thụ điện đạt 817 triệu kWh; sản xuất 6.000 tấn thuốc nổ và tiêu thụ 9.200 tấn...

Kết thúc năm, than nguyên khai sản xuất toàn Tập đoàn đạt 39,4 triệu tấn; nhập khẩu than 4,75 triệu tấn; bốc xúc đất đá 157,6 triệu m<sup>3</sup>; tổng số mét lò đào 259.390 m; than tiêu thụ 46,5 triệu tấn. Về Khoáng sản: Sản xuất Alumin quy đổi 1,47 triệu tấn; tiêu thụ Alumin 1,45 triệu tấn; tinh quặng đồng sản xuất 105 nghìn tấn; đồng tấm sản xuất 30 ngàn tấn; sản xuất điện 8,23 tỷ kWh...

Doanh thu toàn Tập đoàn ước đạt 165,9 ngàn tỷ đồng, đạt 126% kế hoạch, và bằng 119,5% so với cùng kỳ 2021. Nộp ngân sách Nhà nước 21,06 ngàn tỷ đồng. Lợi nhuận dự kiến tăng 4.600 tỷ đồng so với kế hoạch và tăng 154% so với cùng kỳ. Tiền lương bình quân toàn Tập đoàn đạt 14,6 triệu đồng/người-tháng.

Tháng 1/2023, Tập đoàn điều hành sản xuất 2,6 triệu tấn than nguyên khai; tiêu thụ than 3,8 triệu tấn; nhập khẩu than 520 ngàn tấn; đất bốc 12 triệu m<sup>3</sup>; mét lò đào 18 ngàn mét; sản phẩm Alumina 128 ngàn tấn; tinh quặng đồng 6.700 tấn; đồng tấm 2.600 tấn; kẽm thời 1.000 tấn; phối

thép 18,5 ngàn tấn; sản xuất điện 700 triệu kWh, bán điện cho EVN 620 triệu kWh...



*Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải chỉ đạo tập trung khai thác, chế biến, chuẩn bị sẵn sàng chân hàng, đảm bảo cung ứng đủ than cho các hộ tiêu thụ*

Phát biểu kết luận, Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải biểu dương thành quả CNCB toàn Tập đoàn đã đạt được, nhấn mạnh năm 2022, là năm các chỉ tiêu tổng hợp của Tập đoàn đạt mức cao kỷ lục kể từ khi thành lập Tập đoàn đến nay. Đây chính là tiền đề tạo động lực để Tập đoàn bước vào thực hiện nhiệm vụ năm 2023 dự báo sẽ nhiều khó khăn. Triển khai nhiệm vụ tháng 01/2023, Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải đề nghị các Ban chuyên môn Tập đoàn đôn đốc các đơn vị tập trung khai thác, chế biến, chuẩn bị sẵn sàng chân hàng, đảm bảo cung ứng đủ than cho các hộ tiêu thụ đã ký kết hợp đồng với TKV trong dịp nghỉ Tết Nguyên đán Quý Mão 2023. Đồng thời, xây dựng phương án bảo vệ tài nguyên ranh giới mỏ, bảo vệ tài sản, an ninh an toàn trong dịp Tết. Hoàn thành kế hoạch PHKD để giao cho các đơn vị triển khai sớm, ngay sau khi HĐTV phê duyệt. Chuẩn bị công tác tổng kết năm 2022 của TKV, đặc biệt là tổ chức các hoạt động chăm lo Tết cả về vật chất và tinh thần để CNCB và người lao động TKV đón Tết sum vầy, an vui, hạnh phúc và đủ đầy.

## ĐẢNG ỦY TẬP ĐOÀN TRIỂN KHAI NHIỆM VỤ NĂM 2023

Sáng 29/12/2022, tại Hạ Long, Đảng ủy Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) tổ chức hội nghị Ban chấp hành mở rộng, tổng kết công tác năm 2022, triển khai nhiệm vụ năm 2023.



*Quang cảnh tại hội nghị*

Dự hội nghị có các đại biểu Cơ quan UBKT Trung ương, Ban Nội chính Trung ương, Đảng ủy Khối doanh nghiệp Trung ương. Về phía TKV có các đồng chí: Lê Minh Chuẩn, Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch HĐQT Tập đoàn; Khuất Mạnh Thắng, Phó Bí thư Thường trực Đảng ủy Tập đoàn; Đặng Thanh Hải, Phó Bí thư Đảng ủy, Tổng Giám đốc Tập đoàn; các đồng chí Thành viên HĐQT, các Phó TGD Tập đoàn; Ủy viên BCH Đảng bộ Tập đoàn; lãnh đạo Công đoàn TKV; Đảng ủy TQN, Đoàn TN Tập đoàn, Đoàn TQN cùng các đồng chí Bí thư Đảng ủy các Đảng bộ trực thuộc Đảng bộ Tập đoàn và Đảng bộ TQN...

Khai mạc hội nghị, Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch HĐQT Tập đoàn Lê Minh Chuẩn nhấn mạnh,

vượt qua những khó khăn, tác động của tình hình kinh tế, chính trị thế giới đến hoạt động SXKD của TKV trong năm 2022; sức lao động bị suy giảm sau đại dịch Covid-19, Đảng bộ TKV cùng với Đảng bộ TQN đã phối hợp chặt chẽ, xây dựng nghị quyết lãnh, chỉ đạo hoạt động của các chi, đảng bộ trực thuộc. Từ đó, từng bước đã tháo gỡ được những khó khăn, hoàn thành xuất sắc kế hoạch SXKD, nộp ngân sách nhà nước tăng xấp xỉ 20.000 tỷ đồng, trong đó tại Quảng Ninh là 18.000 tỷ đồng, chiếm hơn 50% thu ngân sách nội địa tỉnh; thu nhập bình quân đạt trên 18 triệu đồng/người/tháng. Trong công tác xây dựng Đảng đã tăng cường vai trò lãnh đạo của Đảng trong mọi hoạt động. Năm 2022 được coi là năm TKV có nhiều điểm sáng, nhiều thành công vượt

bạc trong công tác triển khai thực hiện nhiệm vụ chính trị và kế hoạch SXKD.



*Phó Bí thư Thường trực Đảng ủy Tập đoàn Khuất Mạnh Thắng báo cáo tại hội nghị*

Những kết quả nổi bật trong năm 2022 của Đảng ủy Tập đoàn được nêu rõ trong báo cáo tổng kết công tác năm 2022 do Phó Bí thư Thường trực Đảng ủy Tập đoàn Khuất Mạnh Thắng trình bày tại hội nghị. Theo đó, trong năm 2022, Đảng ủy TKV đã mở 01 lớp bồi dưỡng lý luận chính trị cho 67 đảng viên mới; 01 lớp đối tượng kết nạp Đảng cho 121 quần chúng ưu tú; phối hợp với Đảng ủy TQN mở các lớp bồi dưỡng lý luận chính trị cho 143 đảng viên mới và 159 quần chúng ưu tú của các đảng bộ cơ sở khu vực Quảng Ninh. Đã lãnh, chỉ đạo hoàn thành xuất sắc kế hoạch SXKD, sản xuất than đạt 39,4 triệu tấn, tiêu thụ 46,5 triệu tấn; doanh thu toàn Tập đoàn ước đạt 165,9 nghìn tỷ đồng; lợi nhuận ước đạt 8,1 nghìn tỷ đồng; nộp ngân sách Nhà nước ước đạt 21,06 nghìn tỷ đồng...

Đồng chí Phùng Văn Vịnh, Ủy viên Ban Thường vụ Đảng ủy Tập đoàn, Trưởng Ban TTQ đã triển khai Nghị quyết của Đảng bộ Tập đoàn về thực hiện nhiệm vụ năm 2023. Theo đó, Đảng bộ Tập đoàn đề ra mục tiêu tiếp tục tăng cường công tác xây dựng, chỉnh đốn Đảng; nâng cao vai trò lãnh đạo của các cấp ủy Đảng, xây dựng hệ thống chính trị vững mạnh; đẩy mạnh đầu tư, phát triển sản xuất, nâng cao hiệu quả SXKD, đáp ứng than cho nền kinh tế, đảm bảo an toàn lao động, môi trường trong quá trình sản xuất. Thực

hiện vừa sản xuất, vừa kinh doanh than, phấn đấu khai thác hơn 39 triệu tấn than, tiêu thụ 46,5 triệu tấn, nộp ngân sách Nhà nước đạt trên 20.000 tỷ đồng..., khẳng định vai trò là một trong ba trụ cột đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia.



*Đ/c Phan Công Nam, Ủy viên Ban Thường vụ, Chủ nhiệm UBKT Đảng ủy Khối DNTW ghi nhận những kết quả, thành tích năm 2022 của Đảng bộ Tập đoàn TKV*

Phát biểu chỉ đạo tại hội nghị, đồng chí Phan Công Nam, Ủy viên Ban Thường vụ, Chủ nhiệm UBKT Đảng ủy Khối doanh nghiệp Trung ương ghi nhận, với sự đoàn kết đồng lòng, phát huy truyền thống “Kỷ luật và Đồng tâm”, vượt khó thành công, Đảng bộ Tập đoàn TKV đã đạt được những kết quả, thành tích trong công tác lãnh chỉ đạo các chi, đảng bộ trực thuộc thực hiện nhiệm vụ chính trị, hoàn thành tốt nhiệm vụ SXKD năm 2022. Năm 2023 là năm có ý nghĩa quan trọng trong quá trình thực hiện nhiệm vụ của nhiệm kỳ, đồng chí đề nghị, Đảng ủy Tập đoàn tiếp tục quan tâm, nắm bắt, ổn định tư tưởng cho cán bộ, đảng viên, người lao động; xây dựng phong trào thi đua và tổ chức phát động thi đua phấn đấu hoàn thành và hoàn thành toàn diện các chỉ tiêu kế hoạch SXKD năm 2023; bám sát chỉ đạo của Đảng ủy Khối doanh nghiệp Trung ương về các quy định trong công tác cán bộ, quan tâm thực hiện đầy đủ công tác kiểm tra giám sát, xây dựng và triển khai thực hiện hoàn thành chương trình KTGS năm 2023; phát huy kết quả công tác KTGS năm 2022, đặc biệt trong KTGS khi có

dấu hiệu vi phạm; quan tâm bố trí cán bộ chuyên trách làm công tác KTGS; lãnh, chỉ đạo thực hiện triển khai đồng bộ công tác phòng chống tham nhũng, tiêu cực.



*Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch HĐQT Tập đoàn Lê Minh Chuẩn đề nghị, cán bộ, đảng viên toàn Đảng bộ phát huy cao vai trò, trách nhiệm trong lãnh, chỉ đạo hoàn thành nhiệm vụ chính trị năm 2023*

Phát biểu bế mạc hội nghị, Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch HĐQT Tập đoàn Lê Minh Chuẩn đề nghị, cán bộ, đảng viên toàn Đảng bộ phát huy cao vai trò, trách nhiệm trong lãnh, chỉ đạo chi, đảng bộ mình thực hiện nhiệm vụ chính trị, nhiệm vụ SXKD trên tinh thần “Không tô hồng thành tích, không bôi nhọ khuyết điểm”. Những thành tích đạt được trong năm 2022 sẽ là những kinh nghiệm quý báu, điều kiện thuận lợi để Đảng bộ triển khai nhiệm vụ công tác xây dựng Đảng và lãnh, chỉ đạo hoàn thành kế hoạch SXKD. Dự báo, những khó khăn của 2022 sẽ vẫn hiện hữu trong năm 2023, chính vì vậy cán bộ, đảng viên, CNLĐ cần nhận thức đúng đắn vai trò, trách nhiệm; tăng cường nắm bắt, định hướng tư tưởng, huy động sức mạnh của các tổ chức đoàn thể, phát huy dân chủ; đẩy mạnh công tác KTGS đảm bảo tính thực chất. Trong nhiệm vụ lãnh, chỉ đạo thực hiện nhiệm vụ SXKD, cần khai thác tối đa hiệu quả các dự án đầu tư; tăng cường quản trị

doanh nghiệp, nâng cao hiệu quả hoạt động của các đơn vị sau cổ phần hóa; nắm bắt kịp thời, hòa chung với tiến trình chuyển đổi số của đất nước; tăng cường áp dụng cơ giới hóa trong sản xuất; nâng cao hiệu quả công tác xanh hóa môi trường sản xuất; thắt chặt công tác đảm bảo ATVSLĐ; nâng cao đời sống, thu nhập cho CNLĐ.

Tại hội nghị, Đảng ủy Tập đoàn đã khen thưởng 05 tổ chức cơ sở Đảng hoàn thành xuất sắc nhiệm vụ năm 2022; khen thưởng 05 tập thể có thành tích tham gia giải Búa liềm vàng năm 2022.



*Đảng ủy Tập đoàn khen thưởng 05 tổ chức cơ sở Đảng hoàn thành xuất sắc nhiệm vụ năm 2022*



*Khen thưởng các tập thể đạt thành tích tham gia giải Búa liềm vàng năm 2022*

Theo <http://vinacomin.vn>

## CÔNG ĐOÀN THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM: PHÁT HUY TINH THẦN SÁNG TẠO, VƯỢT KHÓ, THÍCH ỨNG AN TOÀN

Sáng nay 30/12/2022 tại Hà Nội, Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam đã tổ chức Hội nghị Tổng kết hoạt động công đoàn năm 2022, triển khai nhiệm vụ năm 2023 với sự tham gia của trên 500 đại biểu đại diện cho gần 95.000 người lao động đến từ 65 công đoàn cơ sở trực thuộc Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam cùng đại diện lãnh đạo các Ban của Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam, Lãnh đạo Liên đoàn Lao động tỉnh Quảng Ninh và các địa phương...



*Quang cảnh hội nghị*

Phát biểu khai mạc hội nghị Chủ tịch Công đoàn TKV Lê Thanh Xuân cho biết: “Năm 2022, tình hình thế giới có nhiều biến động đã ảnh hưởng không nhỏ đến tình hình sản xuất kinh doanh của các đơn vị và của cả Tập đoàn. Trước tình hình khó khăn chung đó, Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam, cán bộ đoàn viên và người lao động toàn tập đoàn đã thể hiện bản lĩnh, sáng tạo và linh hoạt, ý chí quyết tâm cao, vượt mọi khó khăn, thách thức tác động rất phức tạp, phát huy tinh thần “Kỷ luật và đồng tâm”, với chủ đề công tác năm 2022 là “Sáng tạo - Thiết thực - Vượt khó - Thích ứng an toàn”, Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam và các đơn vị đã tổ chức phong trào công nhân viên lao động và hoạt động công đoàn với nhiều kết quả bút phá kỷ lục” và

tăng cường, làm cho lợi ích của người lao động ngày càng được tăng lên. Điểm nổi bật là tiền lương của người lao động được đảm bảo vượt mức kế hoạch; chương trình nhà ở Mái ấm công đoàn, nhà ở cho người lao động diện chính sách



*Chủ tịch Công đoàn TKV Lê Thanh Xuân  
phát biểu khai mạc hội nghị*

làm cho đời sống, sinh hoạt của người lao động được cải thiện rõ rệt, yên tâm công tác, người lao động bị ảnh hưởng dịch bệnh Covid-19 được quan tâm, hỗ trợ kịp thời vật chất lẫn tinh thần”.

Triển khai phương hướng nhiệm vụ năm 2023, với mục tiêu, chủ đề công tác là “Đoàn kết - Sáng tạo - Thiết thực vì Người lao động và Doanh nghiệp”. Đồng thời nỗ lực, sáng tạo quyết tâm thực hiện thắng lợi 15 chỉ tiêu, 08 biện pháp chuyên đề và đặc biệt là 38 chương trình công tác trọng tâm mà BCH Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam đã thông qua.

Phát biểu tại hội nghị, Chủ tịch HĐTV TKV Lê Minh Chuẩn biểu dương những nỗ lực của các cấp công đoàn, CNVLD trong việc đồng hành cùng với chuyên môn thực hiện thành công các chỉ tiêu sản xuất kinh doanh, góp phần đảm bảo đời sống, việc làm cho 95.000 CNVLD. Đồng chí nhấn mạnh, năm 2023, tình hình kinh tế chính trị diễn biến phức tạp, cũng như nhiều thách thức, vì thế, CBCNVLD toàn ngành phải luôn luôn đoàn kết, vượt mọi khó khăn, Công đoàn với chuyên môn tập trung bàn phương án xây nhà ở cho công nhân. Đối với phong trào thi đua lao động sản xuất, các cấp công đoàn tăng cường phát động thi đua phát huy sáng kiến cải tiến kỹ thuật, góp phần đem lại lợi ích kinh doanh, nâng cao thu nhập cho người lao động...



*Chủ tịch HĐTV TKV Lê Minh Chuẩn phát biểu tại hội nghị*

Tại Hội nghị, Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam đã phát động thi đua năm 2023 với các mục tiêu đặt ra: Sản xuất than nguyên khai đạt

39,18 triệu tấn, than tiêu thụ 46,5 triệu tấn; đất bóc 159,68 triệu m<sup>3</sup>; mét lò đào 247,86 km; sản xuất điện đạt 9,6 tỷ kWh; sản xuất alumin đạt 1.300 ngàn tấn; doanh thu toàn tập đoàn đạt 168.900 tỷ đồng, lợi nhuận đạt 4.000 tỷ đồng; tổ chức than công Đại hội công đoàn các cấp và Đại hội Công đoàn TKV lần thứ VI, nhiệm kỳ 2023-2028; phấn đấu đạt 80% tổ công đoàn, 85% công đoàn bộ phận và 90% công đoàn cơ sở đạt hoàn thành tốt nhiệm vụ trở lên; kết nạp 3.500 đoàn viên công đoàn mới; hoàn thành vượt chỉ tiêu 10 nghìn sáng kiến của Chương trình “01 triệu sáng kiến, nỗ lực vượt khó, sáng tạo, quyết tâm chiến thắng đại dịch” do Tổng Liên đoàn phát động...

Hội nghị cũng đã biểu dương, khen thưởng các tập thể, cá nhân có thành tích xuất sắc tiêu biểu.



*Chủ tịch HĐTV TKV Lê Minh Chuẩn trao bằng khen đơn vị xuất sắc trong phong trào công đoàn viên chức lao động và hoạt động công đoàn*



*Chủ tịch Công đoàn TKV Lê Thanh Xuân trao bằng khen đơn vị xuất sắc trong hoạt động văn hóa thể thao*

Theo <http://vinacomin.vn>



## SÔI NỔI KHÍ THỂ THI ĐUA SẢN XUẤT HOÀN THÀNH KẾ HOẠCH NĂM 2022

**Thực hiện phong trào thi đua lao động sản xuất 90 ngày đêm quý IV/2022 do Tổng Giám đốc Tập đoàn và Công đoàn TKV phát động, các đơn vị trong Tập đoàn đã đẩy lên phong trào thi đua sôi nổi, đẩy mạnh sản xuất, hoàn thành thắng lợi kế hoạch SXKD quý IV và cả năm 2022.**

Ghi nhận tại Quảng Ninh, trên các khai trường của các đơn vị sản xuất than lộ thiên và dưới lò sâu của các đơn vị khai thác than hầm lò, khí thể thi đua lao động sản xuất sôi động, tất cả đều tập trung cao độ cho chiến dịch sản xuất 90 ngày đêm để hoàn thành các chỉ tiêu kế hoạch quý IV, hoàn thành thắng lợi kế hoạch SXKD năm 2022. Ngoài việc hoàn thành các chỉ tiêu kế hoạch SXKD đầu năm, nhất là sản lượng than khai thác và các chỉ tiêu kỹ thuật công nghệ, nhiều đơn vị đã nỗ lực sản xuất để tăng thêm sản lượng được giao, đáp ứng than cho nền kinh tế.



*Thợ mỏ thi đua lao động sản xuất, hoàn thành kế hoạch năm 2022*

Tại vùng Hạ Long, trên khai trường sản xuất than của Công ty Cổ phần Than Hà Tu, các thiết bị xe máy công suất lớn, nhân lực được huy động tối đa. Nhằm tạo động lực, sức mạnh trong cán bộ, công nhân, người lao động (CB, CN, NLĐ), tích cực hưởng ứng kế hoạch thi đua lao động sản xuất 90 ngày đêm, phát huy nội lực, sáng tạo, vượt khó vươn lên hoàn thành kế hoạch SXKD năm 2022, Than Hà Tu đã phát động thi đua 90 ngày đêm quý IV/2022 với các chỉ tiêu phân đấu: Đất đá CBXS 15 triệu m<sup>3</sup>; than nguyên khai sản xuất 773.000 tấn; than tiêu thụ 718.500 tấn; doanh thu than 1.159.156 triệu đồng; thu nhập bình quân 12 triệu đồng/người/tháng... Các tổ

xe, máy thi đua giành năng suất cao, năng suất kỷ lục, đảm bảo an toàn, định mức khoán chi phí, phân đấu hoàn thành và hoàn thành vượt mức kế hoạch được giao.



*Sôi động sản xuất trên khai trường Than Hà Tu những ngày cuối năm*

Chủ tịch Công đoàn Công ty Đặng Văn Tỉnh cho biết: “thực hiện kế hoạch SXKD năm 2022, Công ty được giao sản xuất than nguyên khai 2,5 triệu tấn, đất đá bóc xúc 44 triệu m<sup>3</sup>. Quý IV/2022 để đáp ứng nhu cầu tiêu thụ, TKV giao sản xuất thêm 50.000 tấn than so với kế hoạch. Ngay sau khi phát động phong trào thi đua 90 ngày đêm, Công ty đã giao kế hoạch sản lượng cho Công trường KT1, KT2. Đồng thời, tổ chức giao ca tại chỗ để tăng giờ làm việc hữu ích. Các công trường, phân xưởng đã bám sát các mục tiêu thi đua, tinh thần thi đua của người lao động luôn được nâng cao, sản lượng ở hầu hết các khâu đều đạt và vượt theo yêu cầu đề ra. Ban lãnh đạo Công ty cũng phân công trực sản xuất hằng ngày trên khai trường, bám sát hiện trường để chỉ đạo, điều hành, tháo gỡ khó khăn và khen thưởng động viên kịp thời các tập thể, cá nhân đạt thành tích trong sản xuất”.

Kết thúc tháng 11, Giám đốc Công ty đã quyết định khen thưởng cho 91 tổ xe, máy, cụm sàng tổng tiền thưởng là 170 triệu đồng. Công đoàn Công ty cũng đã trao thưởng động viên các tổ sản xuất tiêu biểu xuất sắc của 07 đơn vị trong tháng 11 gồm Công trường KT1, KT2; Công trường Than, Công trường Khoan và Phân xưởng Xe 1, 2, 7. Với khí thế thi đua sản xuất, ngày 7/12 Công ty sản xuất đạt 21.000 tấn than, là mức cao nhất trong tháng và duy trì mức sản lượng cao trong những ngày cuối năm.

Dự kiến Công ty sẽ hoàn thành vượt mức kế hoạch quý IV và cả năm 2022, tạo đà cho sản xuất năm 2023 với kế hoạch khai thác 2,55 triệu tấn – Chủ tịch Công đoàn Công ty Đặng Văn Tỉnh phấn khởi nói.



*Công đoàn Than Hà Tu động viên kịp thời các thể hoàn thành xuất sắc kế hoạch*

Là đơn vị khai thác than hầm lò áp dụng cơ giới hoá sản xuất có sản lượng cao của TKV, Công ty Cổ phần Than Hà Lâm đã phát huy hiệu quả của hai lò chợ CGH đồng bộ công suất lớn; triển khai đầu tư các thiết bị phục vụ sản xuất như máy đào lò EBH-45 để đẩy nhanh tiến độ đào lò; đưa vào sử dụng hai bộ tời hỗ trợ dạng ngòi RJKY55 phục vụ công tác đi lại cho người lao động. Công ty đã khắc phục những khó khăn, đẩy mạnh thi đua sản xuất hoàn thành kế hoạch quý IV và cả năm 2022, nhiều chỉ tiêu SXKD chính của Công ty đã hoàn thành và hoàn thành vượt mức kế hoạch như than nguyên khai sản xuất trên 2,4 triệu tấn, bằng 100% KH năm; tiêu

thụ trên 2,6 triệu tấn, bằng 113,7% KH năm; doanh thu sản xuất than đạt 3.445 tỷ đồng, bằng 115,5% KH năm. Đặc biệt, tiền lương bình quân của người lao động đạt 17,3 triệu đồng/người/tháng, tăng 1,2% so với năm 2021, trong đó, tiền lương thợ lò đạt 21,4 triệu đồng/người/tháng, tăng 14,9% so với năm 2021. Cùng với đó, Công ty đã chuẩn bị tốt các điều kiện cho năm 2023 với kế hoạch sản xuất 2,45 triệu tấn than. Theo Trưởng phòng KCM Phạm Thành Công, thực hiện chỉ đạo của Công ty, Phòng KCM đã lập kế hoạch, chuẩn bị diện sản xuất, giao các chỉ tiêu kỹ thuật công nghệ cho các đơn vị, phân đấu hoàn thành kế hoạch ngay từ ngày đầu, tháng đầu và trong quý I/2023 sản xuất đạt 589.000 tấn than.



*Than Hạ Long trao thưởng đơn vị hoàn thành xuất sắc kế hoạch quý IV/2022*

Tại vùng Cẩm Phả, chuyên môn và Công đoàn Công ty Than Thống Nhất đã phối hợp phát động phong trào thi đua và triển khai thực hiện hiệu quả phong trào thi đua LĐSX 90 ngày đêm quý IV. Nhờ đó, Than Thống Nhất đã tạo bút phá, hoàn thành sản lượng than theo kế hoạch đầu năm và đặc biệt là hoàn thành sản lượng than khai thác Tập đoàn giao thêm trong quý IV/2022, tăng thêm 192.000 tấn so với kế hoạch đầu năm. Kết thúc năm, Công ty đã hoàn thành toàn diện, vượt mức các chỉ tiêu kế hoạch SXKD năm 2022 và tăng trưởng so với năm 2021. Cụ thể: Than nguyên khai sản xuất trên 1,892 triệu tấn, tăng 192.000 tấn so với kế hoạch đầu năm

(1,7 triệu tấn), bằng 111,3% và tăng hơn 37.000 tấn so với kế hoạch điều chỉnh (1,855 triệu tấn), bằng 102%, so với cùng kỳ năm 2021 bằng 104,27%; mét lò CBSX đạt 8.850 m, bằng 100,57% KH và bằng 105,09% cùng kỳ 2021; than tiêu thụ đạt hơn 1,881 triệu tấn, bằng 110,93% KH và bằng 103,5% so với cùng kỳ 2021; tiền lương bình quân đạt trên 17,4 triệu đồng/người/tháng, bằng 112,27% KH và bằng 107,72% cùng kỳ 2021, trong đó thợ lò đạt bình quân 21,5 triệu đồng/người/tháng...

Là đơn vị khai thác than lộ thiên có sản lượng lớn nhất Tập đoàn, năm 2022, Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV được TKV giao nhiệm vụ sản xuất trên 6,2 triệu tấn than nguyên khai. Để hoàn thành sản lượng lớn, ngay từ đầu năm, Than Cao Sơn đã có nhiều giải pháp trong công tác điều hành sản xuất, cải thiện chất lượng mặt đường vận chuyển, giải phóng tốc độ cho các phương tiện vận tải, phát huy tối đa năng suất các thiết bị và tiết kiệm được chi phí sản xuất. Đồng thời, đẩy mạnh phong trào thi đua LDSX, đặc biệt là chiến dịch 90 ngày đêm quý IV/2022 với tinh thần thi đua lao động sôi nổi của công nhân, thợ mỏ, đến thời điểm cuối tháng 12, Than Cao Sơn đã hoàn thành sản lượng 6,8 triệu tấn than, bóc xúc trên 58 triệu m<sup>3</sup> đất đá, tiêu thụ hơn 6,9 triệu tấn, hoàn thành sớm và vượt mức so với kế hoạch và tăng trưởng so với cùng kỳ năm 2021, đóng góp quan trọng sản lượng than cho Tập đoàn.



Than Cao Sơn đẩy mạnh sản xuất quý IV, hoàn thành sản lượng 6,8 triệu tấn than năm 2022

Tinh thần thi đua sôi nổi thực hiện phong trào thi đua lao động sản xuất 90 ngày đêm quý IV đã góp phần quan trọng thực hiện hoàn thành vượt mức kế hoạch SXKD năm 2022 của các đơn vị và toàn Tập đoàn. Kết quả: Than nguyên khai sản xuất toàn Tập đoàn đạt 39,4 triệu tấn; bóc xúc đất đá đạt 157,6 triệu m<sup>3</sup>; tổng số mét lò đào 259.390 m; than tiêu thụ 46,5 triệu tấn; sản xuất Alumin quy đổi 1,47 triệu tấn; tiêu thụ Alumin 1,45 triệu tấn; tinh quặng đồng sản xuất 105 nghìn tấn; đồng tấm sản xuất 30 ngàn tấn; sản xuất điện 8,23 tỷ kWh... Doanh thu toàn Tập đoàn ước đạt 165,9 ngàn tỷ đồng, đạt 126% kế hoạch, và bằng 119,5% so với cùng kỳ 2021. Nộp ngân sách Nhà nước 21,06 ngàn tỷ đồng. Tiền lương bình quân toàn Tập đoàn đạt 14,6 triệu đồng/người-tháng.

Tại hội nghị giao ban điều hành sản xuất, triển khai kế hoạch tháng 1/2023, Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải đã biểu dương những kết quả, thành tích của CB, CN, NLĐ toàn Tập đoàn, đặc biệt là kết quả phong trào thi đua LDSX 90 ngày đêm quý IV, góp phần quan trọng hoàn thành xuất sắc kế hoạch năm 2022, là năm các chỉ tiêu kế hoạch SXKD của Tập đoàn đạt mức cao kỷ lục kể từ khi thành lập Tập đoàn đến nay. Đây chính là tiền đề, tạo động lực để Tập đoàn bước vào thực hiện nhiệm vụ năm 2023 với những thành tích cao hơn, xây dựng TKV phát triển bền vững.



Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải tặng quà, động viên thợ lò Than Vàng Danh

Theo <http://vinacomin.vn>

## ĐOÀN THANH NIÊN VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN THAM GIA HOẠT ĐỘNG HIẾN MÁU TÌNH NGUYỆN NĂM 2023

Hưởng ứng lời kêu gọi của Ban Chỉ đạo quốc gia vận động hiến máu tình nguyện, nhằm góp phần hỗ trợ tình trạng thiếu máu tại các cơ sở y tế trong dịp Tết Nguyên đán Quý Mão 2023, ngày 04/01/2023, Đoàn Thanh niên Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin đã tham gia Chương trình hiến máu tình nguyện do Đoàn Khối Doanh nghiệp Trung ương tổ chức với chủ đề “Doanh nghiệp Trung ương – Giọt hồng yêu thương”.



*Các đồng chí lãnh đạo Đảng, Đoàn Thanh niên Khối DNTW tham gia hiến máu tình nguyện*

Tham dự có các đồng chí: Hồ Xuân Trường, Phó Bí thư Đảng ủy Khối Doanh nghiệp Trung ương; PGS.TS. Nguyễn Hà Thanh, Viện trưởng Viện Huyết học - Truyền máu Trung ương; Trần Hoài Minh, Ủy viên Ban Chấp hành, Phó Trưởng Ban Quốc tế Trung ương Đoàn; Nguyễn Hữu Tú, Ủy viên Ban Chấp, Phó trưởng Ban Đoàn kết tập hợp Thanh niên Trung ương Đoàn, Phó Chủ tịch Thường trực kiêm Tổng thư ký Hội Thầy thuốc trẻ Việt Nam.



*Hơn 1.500 cán bộ, ĐVTN tham gia hiến máu tình nguyện*

Chương trình được tổ chức tại hai địa điểm của Viện Huyết học - Truyền máu Trung ương, thu hút sự tham gia của hơn 1.500 đồng chí cán bộ, đoàn viên thanh niên đến từ 38 cơ sở Đoàn trực thuộc Đoàn Khối Doanh nghiệp Trung ương. Phát biểu khai mạc Chương trình, đồng chí Hoàng Thị Minh Thu - Ủy viên BTV Trung ương Đoàn, Ủy viên BCH Đảng bộ Khối, Bí thư Đoàn Khối Doanh nghiệp Trung ương chia sẻ: Trong những năm qua, phong trào hiến máu tình nguyện tại các đơn vị trong Khối Doanh nghiệp Trung ương được tổ chức sôi nổi và đã nhận được sự tham gia hưởng ứng của đông đảo cán bộ, đoàn viên thanh niên các đơn vị trong Khối. Hiến máu nhân đạo là một hành động cao cả, một nghĩa cử cao đẹp thể hiện sự hiểu biết, lòng nhân ái và trách nhiệm của mỗi cá nhân với cộng đồng; thể hiện sâu sắc truyền thống tương thân, tương ái của dân tộc ta.



*Hoạt động thể hiện tinh thần tương thân tương ái, sự sẻ chia, tình nguyện vì cuộc sống cộng đồng của tuổi trẻ Khối DNTW*

Với những nghĩa cử cao đẹp đó, đồng chí Hoàng Thị Minh Thu mong muốn các đồng chí cán bộ và các bạn đoàn viên, thanh niên Khối Doanh nghiệp Trung ương tiếp tục lan tỏa tinh thần hiến máu cứu người đến bạn bè, gia đình, cộng đồng. Đồng chí cũng hy vọng rằng lượng máu được hiến tặng trong ngày 04/01 sẽ góp thêm những giọt máu hồng quý giá vào ngân hàng máu, mang lại sự sống cho hàng trăm người bệnh cần truyền máu.

Để tri ân những đóng góp quý báu, thiết thực của các nhà lãnh đạo, nhà quản lý, các tập thể trong việc tổ chức hiến máu tình nguyện, duy trì ổn định nguồn máu an toàn, chất lượng, Viện Huyết học - Truyền máu Trung ương đã tổ chức trao Giải thưởng Giọt Hồng với thông điệp “Hiến máu cứu người – Trách nhiệm từ Nhà Quản lý” năm 2022 dành tặng cho đồng chí Hoàng Thị Minh Thu, Ủy viên BTV Trung ương Đoàn, Ủy viên BCH Đảng bộ Khối, Bí thư Đoàn Khối Doanh nghiệp Trung ương có nhiều đóng góp cho phong trào hiến máu tình nguyện.

Năm 2022, Ban Thường vụ Đoàn Khối đã lãnh đạo, chỉ đạo công tác Đoàn và phong trào thanh niên của Khối Doanh nghiệp Trung ương đạt được nhiều thành tích xuất sắc trên mặt công tác, công tác hiến máu tình nguyện đã đạt nhiều kết quả tích cực, toàn khối đã hiến 11.500 đơn vị máu. Để ghi nhận và biểu dương những tập thể, cá nhân đã đóng góp tích cực trong phong trào thanh niên tình nguyện năm 2022, Ban Thường vụ Đoàn Khối Doanh nghiệp Trung ương đã trao tặng Bằng khen cho 03 tập thể và 13 cá nhân đã có thành tích xuất sắc trong phong trào hiến máu tình nguyện năm 2022.

Trong ngày 04/01, Ban tổ chức dự kiến thu được 1.300 đơn vị máu. Đây là hoạt động thiết thực và đầy ý nghĩa nhân văn trong bối cảnh nguồn máu dự trữ điều trị tại các bệnh viện trên cả nước đang giảm mạnh trước dịp Tết Nguyên đán.

Hoạt động tham gia hiến máu tình nguyện

của cán bộ, đoàn viên thanh niên Khối Doanh nghiệp Trung ương góp phần cung cấp nguồn máu cho các bệnh viện trong quá trình cấp cứu và điều trị các bệnh nhân nặng, đồng thời tuyên truyền ý nghĩa cao đẹp của hiến máu, nhân rộng, lan tỏa hình ảnh đẹp của đoàn viên thanh niên, thể hiện tinh thần tương thân tương ái, sự sẻ chia, tình nguyện vì cuộc sống cộng đồng của tuổi trẻ Khối Doanh nghiệp Trung ương “Một giọt máu cho đi, một cuộc đời ở lại”.

*Một số hình ảnh Đoàn Thanh niên Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin tham gia hiến máu tình nguyện*



# VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN TIẾP TỤC THỰC HIỆN ĐỒNG BỘ CÁC GIẢI PHÁP NHẪM TĂNG CƯỜNG CÔNG TÁC DỊCH VỤ TƯ VẤN, THIẾT KẾ TRONG TKV VÀ KẾT QUẢ CỦA NĂM 2022

*TS. Đỗ Trung Hiếu – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin*

Thực hiện Chỉ thị số 160/CT-TKV ngày 05/9/2019 của Tổng Giám đốc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam về việc Thực hiện đồng bộ các giải pháp nhằm tăng cường quản lý, sử dụng các dịch vụ tư vấn trong TKV. Trong hơn ba năm vừa qua, Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin (gọi tắt là Viện) đã tập trung thực hiện đồng bộ các giải pháp nhằm phát triển công tác dịch vụ tư vấn, thiết kế góp phần vào sự phát triển của Viện nói riêng, đồng thời đem lại hiệu quả cho các đơn vị sản xuất kinh doanh trong toàn Tập đoàn TKV nói chung.

Một số giải pháp Viện đã tập trung thực hiện gồm:

## 1 Tiếp tục sắp xếp, tái cơ cấu lao động

Sau khi hoàn thành đề án tái cơ cấu giai đoạn 2017-2020, ngày 31/3/2022, Viện tiếp tục ban hành đề án tái cơ cấu giai đoạn 2021-2025 theo quyết định số 208/QĐ-VCNM. Đến nay, Viện đang thực hiện tái cơ cấu sắp xếp lao động theo đề án này và tinh thần Chỉ thị 160/CT-TKV ngày 05/9/2019 của Tổng Giám đốc Tập đoàn, rà soát chức năng nhiệm vụ các phòng ban, trung tâm, sắp xếp hợp lý, nâng cao năng suất lao động, bước đầu hình thành bộ phận nghiên cứu - tư vấn chuyên nghiệp, cơ cấu lại lao động theo hướng nâng cao tỷ lệ lao động công nghệ, hạ thấp tỷ lệ gián tiếp, phụ trợ trong cơ cấu lao động. Kết quả thực hiện đến hết 31/12/2022 như sau:

Chỉ tiêu	Đến 31/12/2021		Đến 31/12/2022	
	Số người	Tỷ lệ %	Số người	Tỷ lệ %
Lao động công nghệ	174	67,7	178	69,3
Lao động phục vụ, phụ trợ	29	11,3	30	10,8
Lao động quản lý, gián tiếp	54	21,0	56	19,9
<b>Tổng số</b>	<b>255</b>	<b>100,0</b>	<b>264</b>	<b>100,0</b>

## 2 Tập trung phát triển các lĩnh vực thế mạnh

### 2.1 Công tác nghiên cứu KH&CN

Trong những năm gần đây, Viện chú trọng đẩy mạnh công tác nghiên cứu KH&CN, bên cạnh việc tập trung đơn đốc, đẩy nhanh tiến độ,

nâng cao chất lượng các nhiệm vụ KH&CN trong kế hoạch năm 2022, Viện còn chủ động, nghiên cứu, đề xuất với BCT với Tập đoàn TKV các nhiệm vụ KH&CN mang tính thiết thực, có tính ứng dụng cao, ưu tiên các nhiệm vụ nghiên cứu thiết kế, chế tạo nội địa hóa các thiết bị cơ - điện, các giải pháp công nghệ gắn với thực hiện chương trình “3 hóa” của TKV: Cơ giới hoá - Tự động hoá - Tin học hoá.



*Lãnh đạo Viện kiểm tra, đánh giá công tác áp dụng các kết quả nghiên cứu vào phục vụ sản xuất ngành Than - Khoáng sản*

Cho đến hết năm 2022, Viện cơ bản hoàn thành các nhiệm vụ nghiên cứu, không còn nhiệm vụ tồn đọng, kéo dài. Kết quả các nhiệm vụ đã hoàn thành, phần lớn đều tạo ra các sản phẩm mới, dịch vụ mới cho Viện nói riêng và cho Tập đoàn nói chung. Có thể kể đến một số kết quả điển hình trong giai đoạn vừa qua như: Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thành công: Khởi động mềm trung thế phòng nổ; Biến tần phòng nổ làm mát bằng không khí; các Tủ điều khiển - giám sát phòng nổ trong mỏ hầm lò; Hệ thống các trạm mạch vòng sử dụng cho mỏ hầm lò; Tời cáp treo cho đường lò hẹp; Thiết bị phun sương dập bụi; Cổng gió tự động mỏ hầm lò; Cánh quạt gió chính mỏ hầm lò; Hệ thống giám sát, điều khiển từ xa mạng cung cấp điện mỏ hầm lò; Hệ thống quản lý, giám sát và điều khiển từ xa bằng thẻ wifi phòng nổ; Hệ thống giám sát, điều khiển tập trung các tuyến băng tải mỏ hầm lò; Hệ thống điều vận tự động các tuyến tàu điện mỏ hầm lò; Thiết bị khoan thăm dò, khoan tháo nước, tháo khí trong hầm lò... Một số chỉ tiêu cụ thể của kế hoạch KH&CN năm 2022 như sau:

Cấp quản lý	Nhiệm vụ chuyển tiếp từ năm 2021		Nhiệm vụ mới năm 2022	
	Số nhiệm vụ	Kinh phí (Tr. đ)	Số nhiệm vụ	Kinh phí (Tr. đ)
Quốc gia	0	0	1	3.324
Bộ Công Thương	1	1.000	0	0
Tập đoàn TKV	15	23.145	9	28.673
<b>Tổng số</b>	<b>16</b>	<b>24.145</b>	<b>10</b>	<b>31.997</b>

## 2.2 Công tác tư vấn

*\* Tăng cường năng lực thực hiện các dịch vụ tư vấn*

Là viện nghiên cứu triển khai trong lĩnh vực cơ khí năng lượng - mỏ, với trên 40 năm hoạt động, Viện có nhiều kinh nghiệm tư vấn các giải pháp công nghệ hợp lý trong thiết kế, chế tạo, xây dựng, lắp đặt và đưa vào sử dụng các hệ thống thiết bị cơ - điện phục vụ khai thác, vận chuyển và chế biến than - khoáng sản. Trong năm 2022, bên cạnh việc tập trung củng cố, phát triển thế mạnh này, Viện còn chủ động nghiên

cứu, đổi mới công nghệ, dựa trên các thế mạnh về nguồn nhân lực trình độ cao được đào tạo bài bản, trang thiết bị máy móc hiện đại của hệ thống phòng thí nghiệm - thử nghiệm để tham gia thực hiện các dịch vụ tư vấn cho các công trình liên quan đến đặc thù của ngành sản xuất than - khoáng sản như: Cung cấp dịch vụ thử nghiệm hiệu suất động cơ điện; Dịch vụ thử nghiệm an toàn điện từ trường cho các thiết bị điện; Dịch vụ quan trắc, đánh giá và cấp chứng nhận hệ thống quản lý môi trường; Dịch vụ quan trắc môi trường; Dịch vụ kiểm toán năng lượng và tư vấn các giải pháp sử dụng năng lượng tiết kiệm hiệu quả; Dịch vụ đào tạo, tư vấn xây dựng và chứng nhận các hệ thống ISO; Dịch vụ thí nghiệm, hiệu chỉnh, sửa chữa các thiết bị điện; Dịch vụ tư vấn lập dự án đầu tư; Dịch vụ tư vấn thẩm tra dự án; Dịch vụ tư vấn giám sát, thi công công trình...



*Đoàn cán bộ của Viện khảo sát, thực hiện nhiệm vụ tư vấn lập báo cáo đầu tư duy trì sản xuất tại Công ty Tuyển Than Cửa Ông - TKV*

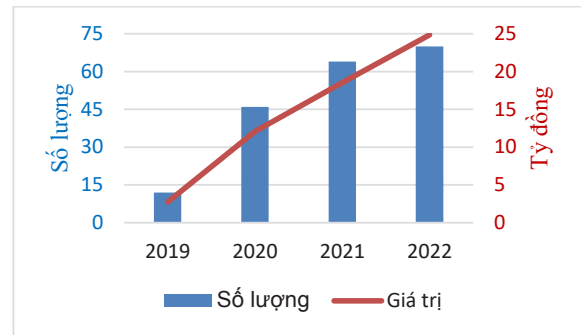
\* *Kết quả thực hiện các nhiệm vụ tư vấn năm 2022*

Năm 2022, nhờ có sự chỉ đạo của Tập đoàn về thực hiện đồng bộ các giải pháp nhằm tăng cường quản lý sử dụng các dịch vụ tư vấn trong TKV (Chỉ thị 160) và sự giúp đỡ, tạo điều kiện của các đơn vị sản xuất kinh doanh trong và ngoài ngành, công tác tư vấn của Viện đã thu được nhiều kết quả đáng khích lệ, duy trì đà tăng trưởng cao cả về số lượng và tổng giá trị các hợp đồng dịch vụ, tư vấn ký được với khách hàng.

Đặc biệt trong thời gian vừa qua, Viện tập trung xây dựng, tăng cường năng lực đội ngũ làm công tác tư vấn. Với năng lực hiện nay, Viện đã được TKV và các đơn vị thành viên tin tưởng, giao thực hiện nhiều nhiệm vụ tư vấn lớn như: Tư vấn xây dựng bộ tiêu chí về tự động hóa hầm bơm trong toàn TKV; Tư vấn xây dựng bộ định mức kinh tế - kỹ thuật trong lĩnh vực sản xuất cơ khí của TKV; Tư vấn xây dựng bộ tiêu chí tự động hóa giám sát trạm biến áp 35/6 kV và trạm khí nén trung tâm trong toàn TKV...

**Số lượng và giá trị hợp đồng tư vấn giai đoạn 2019-2022:**

Năm	Số lượng hợp đồng tư vấn	Giá trị hợp đồng trước thuế (Tỷ đồng)
2019	12	2,74
2020	46	12,06
2021	64	18,55
2022	70	24,85



### 3 Thay cho lời kết

Nhìn một cách tổng thể từ năm 2019 đến nay, việc nỗ lực đẩy mạnh thực hiện đồng bộ các giải pháp nhằm tăng cường quản lý, sử dụng các dịch vụ tư vấn trong TKV - thực hiện Chỉ thị 160/CT-TKV của Tổng Giám đốc Tập đoàn và những giải pháp quan trọng khác, Viện Cơ khí

Năng lượng và Mỏ - Vinacomin đã thu được những kết quả quan trọng, tiếp tục khẳng định được vị thế là đơn vị nghiên cứu, tư vấn của Tập đoàn, góp phần tạo thêm việc làm, tăng thu nhập cho đội ngũ cán bộ, công nhân viên và người lao động của Viện, tạo khí thế phấn khởi, yên tâm xây dựng và phát triển ổn định, bền vững.



# SO SÁNH HIỆU QUẢ HOẠT ĐỘNG CỦA BỘ BIẾN TẦN SỬ DỤNG CHỈNH LƯU TÍCH CỰC KHI SỬ DỤNG MẠCH NGHỊCH LƯU HAI MỨC VÀ BA MỨC

*TS. Lê Văn Tùng, ThS. Phạm Hữu Chiến, ThS. Bùi Thị Thềm  
Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh*

**Tóm tắt:** Hiện nay, các bộ biến tần sử dụng chỉnh lưu không điều khiển kết hợp với mạch nghịch lưu hai mức được sử dụng phổ biến trong công nghiệp. Tuy nhiên, chỉnh lưu không điều khiển sử dụng diode tạo ra sóng hài rất lớn làm ảnh hưởng đến chất lượng lưới điện và chi truyền công suất một chiều từ nguồn tới tải thông qua biến tần. Khi xảy ra hiện tượng hãm tái sinh, động cơ trở thành máy phát sẽ truyền năng lượng từ tải về mạch trung gian của biến tần và năng lượng này được tiêu tán trên điện trở xả. Hơn nữa, mạch nghịch lưu hai mức của biến tần sẽ gây ra nhiều sóng hài và đòi hỏi kích thước lớn của các bộ lọc ở đầu ra và làm giảm hiệu suất làm việc. Với biến tần sử dụng chỉnh lưu tích cực sẽ đảm bảo điều chỉnh công suất trao đổi theo hai chiều, giảm sóng hài ở nguồn cung cấp, điều khiển được điện áp một chiều ở đầu ra, đồng thời kết hợp với nghịch lưu đa mức trong biến tần sẽ làm giảm được sóng hài ở đầu ra kết nối với phụ tải. Điều này làm giảm kích thước bộ lọc ở đầu ra và tăng tuổi thọ làm việc của phụ tải. Bài báo so sánh hiệu quả của bộ biến tần sử dụng chỉnh lưu tích cực kết hợp với nghịch lưu ba mức với bộ biến tần sử dụng chỉnh lưu điều khiển và nghịch lưu hai mức. Kết quả nghiên cứu được kiểm chứng bằng phần mềm Matlab & Simulink.

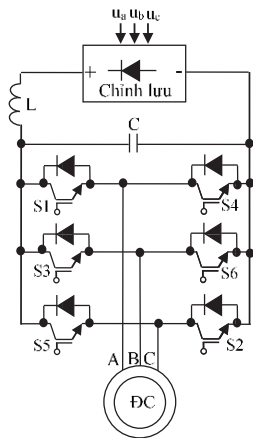
**Từ khóa:** Chỉnh lưu không điều khiển; chỉnh lưu tích cực; Matlab & Simulink; nghịch lưu ba mức; nghịch lưu hai mức; nghịch lưu 3 pha.

## 1 Giới thiệu

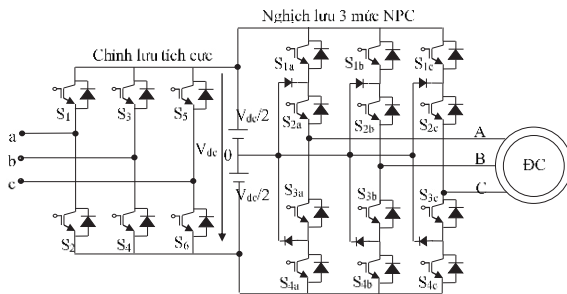
Hiện nay, biến tần có cấu trúc chỉnh lưu không điều khiển (Diode) kết hợp với nghịch lưu hai mức được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như nhiều kết quả nghiên cứu khoa học chuyên sâu để nâng cao chất lượng hoạt động của chúng. Chỉnh lưu diode gồm một pha hoặc ba pha có cấu trúc đơn giản nên dễ chế tạo. Tuy nhiên, khi sử dụng chỉnh lưu diode chỉ truyền năng lượng theo một chiều, gây ra các sóng hài bậc cao làm ảnh hưởng nghiêm trọng đến lưới điện và các thiết bị điện khác, làm tăng kích thước các bộ lọc thụ động ở đầu vào. Mạch nghịch lưu hai mức trong biến tần có cấu trúc đơn giản, thuật toán điều chế đơn giản nhưng có sóng hài dòng điện và điện áp lớn ở đầu ra, làm ảnh hưởng đến độ bền hoạt động của các phụ tải (hình 1). Việc thiết kế chế tạo bộ lọc ở đầu ra tốn kém, đòi hỏi kích thước lớn [1-5].

Ngày nay, với sự phát triển rất nhanh của công nghệ chế tạo van bán dẫn hoạt động ở tần số cao, tổn hao thấp và công nghệ vi xử lý - vi điều khiển thì việc nghiên cứu các thuật toán điều khiển đóng ngắt van bán dẫn được thực hiện dễ dàng và đạt hiệu quả cao. Trong đó, có hệ thống điều khiển chỉnh lưu tích cực ba pha và nghịch lưu ba mức.

Ưu điểm của bộ nghịch lưu ba mức sử dụng cấu trúc diode kẹp NPC (Neutral Point Diode Clamped Converter) là công suất của bộ nghịch lưu tăng lên, điện áp đặt lên các van bán dẫn giảm xuống nên giảm tổn hao công suất do quá trình đóng ngắt của van, với cùng tần số đóng ngắt, các thành phần sóng hài bậc cao của điện áp ra giảm nhỏ hơn so với bộ nghịch lưu hai mức, sử dụng cho các bộ biến tần công suất lớn [10-12]. Tuy nhiên, nhược điểm của nghịch lưu ba mức là số lượng van bán dẫn tăng gấp đôi nên chi phí cao.



Hình 1. Sơ đồ biến tần ba pha hai mức dùng chỉnh lưu diode



Hình 2. Cấu trúc biến tần sử dụng chỉnh lưu tích cực và nghịch lưu ba mức NPC

Việc sử dụng bộ biến tần có khả năng trao đổi năng lượng theo hai chiều, hệ số công suất ở đầu vào  $PF = 1$ , chỉnh lưu điều khiển được điện áp một chiều ở đầu ra và giảm sóng hài bậc cao của nguồn điện đầu vào là giải pháp có nhiều ưu điểm thay thế biến tần có chỉnh lưu không điều khiển dùng diode (hình 2) [6-9]. Vì vậy, bài báo nghiên cứu hiệu quả làm việc của biến tần có cấu trúc chỉnh lưu tích cực kết hợp với nghịch lưu ba mức để ứng dụng vào thực tế. Thông qua kết quả mô phỏng sẽ đánh giá được ưu nhược điểm của mỗi cấu trúc của bộ biến tần.

**2 Phương pháp điều khiển mạch nghịch lưu ba mức**

Nghịch lưu đa mức (Multilevel Converter) là nghịch lưu có cấu trúc sắp xếp van bán dẫn (IGBT) và các linh kiện phụ trợ (tụ điện, diode) theo nhiều mức khác nhau (hình 2). Đối với biến tần có cấu trúc nghịch lưu ba mức thì nguồn điện

một chiều ở đầu vào của mạch nghịch lưu do mạch chỉnh lưu ba pha cung cấp. Đầu ra mạch nghịch lưu kết nối trực tiếp với tải động cơ hoặc thông qua bộ lọc LC, LCL rồi mới kết nối với tải [10-12].

Do nghịch lưu ba mức có phạm vi hoạt động chủ yếu với tải công suất lớn nên vấn đề giảm bớt tần số đóng ngắt và giảm điện áp đặt lên van IGBT có ý nghĩa quan trọng. Các giải thuật điều chế cho bộ nghịch lưu ba mức gồm: Phương pháp điều chế độ rộng xung PWM; phương pháp điều chế vector không gian. Để đóng ngắt van IGBT trong các mạch nghịch lưu nói chung thì phương pháp điều chế PWM có ưu điểm dễ thực hiện, điều chỉnh điện áp và tần số ra thông qua điện áp điều khiển ở đầu vào. Tuy nhiên, phương pháp PWM có nhược điểm điện áp Common Mode lớn làm hư hỏng động cơ, tổn thất chuyển mạch lớn, giới hạn về biên độ điện áp ở đầu ra của mạch nghịch lưu.

Phương pháp điều chế vector không gian SVM có nhiều ưu điểm khi tối ưu trạng thái chuyển mạch của các van dẫn đến giảm tổn hao nhiệt, giảm điện áp Common mode và nâng cao chất lượng điện áp đầu ra [6-9]. Việc đóng ngắt các van bán dẫn trong nhánh pha của mạch nghịch lưu ở hình 2 tạo ra điện áp pha của tải với vector không gian điện áp thay đổi nhảy cấp trên hình lục giác đa bậc.

Hình 2 chỉ ra rằng, trạng thái đóng mở các khóa phải tuân thủ theo quy tắc:

$$\begin{cases} S_{1x} + S_{3x} = 1 \\ S_{2x} + S_{4x} = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: x – các pha A, B, C.

**Bảng 1. Trạng thái đóng cắt khóa của mạch nghịch lưu ba mức**

Ký hiệu	Trạng thái của van				Điện áp đầu ra
	S <sub>1x</sub>	S <sub>2x</sub>	S <sub>3x</sub>	S <sub>4x</sub>	
P	ON	ON	OFF	OFF	+V <sub>dc</sub> /2
O	OFF	ON	ON	OFF	0
N	OFF	OFF	ON	ON	-V <sub>dc</sub> /2



**Bảng 2. Thời gian điều chế vector tham chiếu**

Thời gian Tam giác	$t_a$	$t_b$	$t_c$
1	$2k\sin(\pi/3 - \theta)$	$T_s - 2k\sin(\pi/3 + \theta)$	$2k\sin\theta$
2	$T_s - 2k\sin\theta$	$2k\sin(\pi/3 + \theta) - T_s$	$T_s - 2k\sin(\pi/3 - \theta)$
3	$2k\sin\theta - T_s$	$2k\sin(\pi/3 - \theta)$	$2T_s - 2k\sin(\pi/3 + \theta)$
4	$2T_s - 2k\sin(\pi/3 + \theta)$	$2k\sin\theta$	$2k\sin(\pi/3 - \theta) - T_s$

Sau khi tính toán được thời gian điều chế vector tham chiếu, để đảm bảo trạng thái chuyển mạch các van bán dẫn với tổn hao nhỏ nhất thì xung đóng cắt có trình tự như sau:

- Tam giác 1: PPO-POO-OOO-OON-ONN và lặp lại;
- Tam giác 2: PPO-POO-PON-OON-ONN và lặp lại;

- Tam giác 3: PPO-PPN-PON-OON và lặp lại;
- Tam giác 4: POO-PON-PNN-ONN và lặp lại.

Căn cứ vào tính logic chuyển mạch của các van theo (1) và trình tự chuyển mạch của các van sẽ tính toán được thời gian điều chế mạch nghịch lưu trong từng sector. Bảng 3 thể hiện tính toán tỷ số chu kỳ (thời gian điều chế) khi vector điện áp tham chiếu  $V_{ref}$  nằm ở sector I.

**Bảng 3. Thời gian điều chế các van khi vector điện áp  $V_{ref}$  ở sector I**

Thời gian Tam giác	1	2	3	4
PWM_S1a	$t_c/4 + t_a/4$	$t_c/4 + t_a/4 + t_b/2$	$T_s/2 - t_c/4$	$T_s/2 - t_a/4$
PWM_S2a	$T_s/2$	$T_s/2$	$T_s/2$	$T_s/2$
PWM_S1b	$t_c/4$	$t_c/4$	$t_c/4 + t_a/2$	$t_c/4$
PWM_S2b	$T_s/2 - t_a/4$	$T_s/2 - t_a/4$	$T_s/2$	$t_a/4 + t_b/2$
PWM_S1c	0	0	0	0
PWM_S2c	$T_s/2 - t_a/4 - t_c/2$	$t_c/4 + t_a/2$	$t_c/4$	$t_a/4$

Tương tự, với các sector từ II đến VI thì lưu đồ thuật toán xác định thời gian điều chế các van bán dẫn như sau:

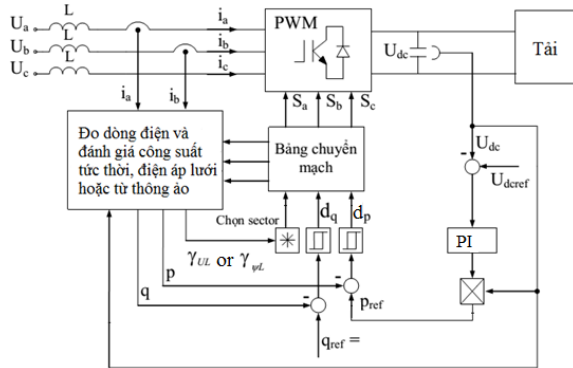


*Hình 5. Lưu đồ thuật toán tính toán thời điểm phát xung điều khiển các van dẫn*

**3 Điều chế cho mạch chỉnh lưu tích cực**

Hình 2 chỉ ra rằng, biến tần sử dụng chỉnh lưu có điều khiển sẽ đảm bảo năng lượng trao đổi theo hai chiều thông qua các diode đầu song song với van bán dẫn IGBT. Điều khiển chỉnh lưu tích cực dựa trên các mạch vòng điều khiển công suất tác dụng và công suất phản kháng tức thời thông qua việc tính toán, ước lượng điện áp lưới và đây là phương pháp điều khiển trực tiếp công suất DPC (Direct Current Control) [6-9]. Phương pháp điều khiển DPC sẽ điều khiển trạng thái đóng ngắt của van bán dẫn trên cơ sở sai lệch giữa giá trị ước lượng và giá trị điều khiển của công suất tác dụng (p) và công suất phản kháng (q). Vì vậy, phương pháp điều khiển trực tiếp công suất phải xử lý và tính toán nhanh và chính xác công suất p và q.

Ở hình 6 mô tả cấu trúc điều khiển mạch chỉnh lưu tích cực ba pha với PI – bộ điều chỉnh điện áp một chiều DC, L – cuộn kháng,  $\gamma$  – góc lệch giữa véc tơ điện áp với trục  $\alpha$ .



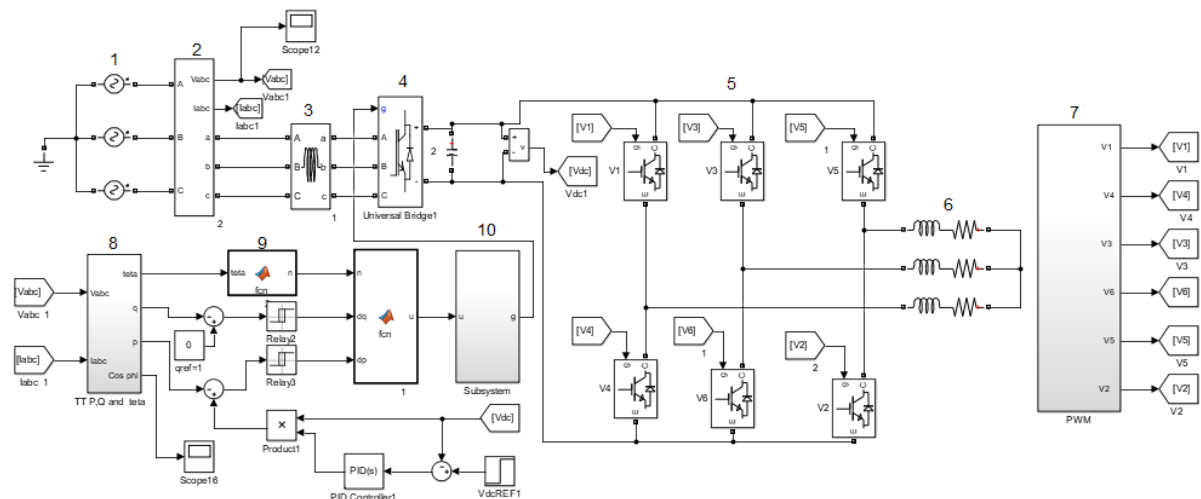
Hình 6. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu tích cực

Công suất tác dụng và phản kháng tức thời  $p$  và  $q$  ở đầu vào chỉnh lưu được tính trên hệ trục tọa độ  $\alpha, \beta$  như sau:

$$p = u_{\alpha} i_{\alpha} + u_{\beta} i_{\beta} \quad (6)$$

$$q = u_{\beta} i_{\alpha} - u_{\alpha} i_{\beta} \quad (7)$$

Trong phương pháp DPC khi điều khiển hệ số công suất bằng 1 thì đặt  $q_{ref} = 0$  ở mạch điều khiển công suất. Công suất tác dụng đặt  $p_{ref}$  để so sánh với giá trị của công suất tác dụng của nguồn ở đầu ra của bộ tính toán công suất. Trên cơ sở các sai lệch công suất và vị trí vector điện áp ở các sector sẽ tạo ra tín hiệu điều khiển van IGBT của mạch chỉnh lưu. Mạch điều khiển có



Hình 7. Mô hình mô phỏng mạch nghịch lưu hai mức kết hợp với bộ chỉnh lưu tích cực DPC

cấu trúc vòng kín nên điều khiển dễ dàng điện áp một chiều đầu ra, hệ số công suất điều chỉnh được và năng lượng trao đổi theo hai chiều.

#### 4 Kết quả mô phỏng

Các thông số mạch chỉnh lưu như ở bảng 4.

Bảng 4. Thông số mạch chỉnh lưu tích cực

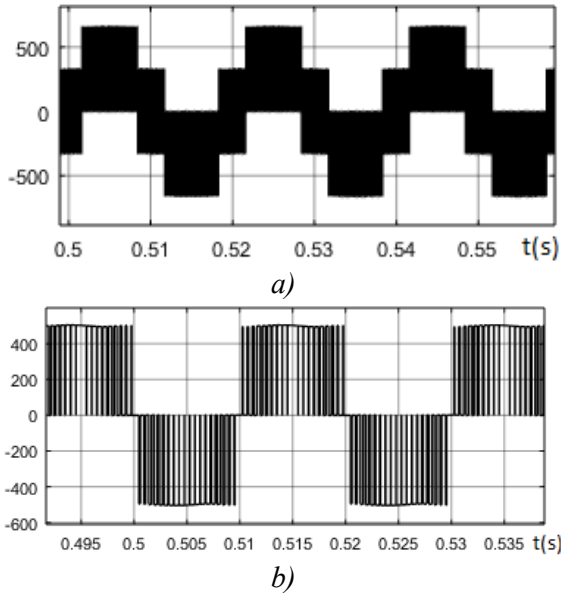
Thông số	Giá trị
Điện áp nguồn cấp $U_m$ (V)	220
Tần số ngõ vào (Hz)	50
Tụ điện C lọc điện áp DC ( $\mu$ F)	2000
Điện cảm đầu vào L (H)	0,005
Điện áp một chiều đầu ra yêu cầu $U_{dc}$ (V)	1000
Điện trở tải mạch nghịch lưu R ( $\Omega$ )	10
Điện cảm của tải L (H)	0,01

Sử dụng phần mềm Matlab & Simulink để xây dựng các khối chức năng và mô phỏng biến tần sử dụng chỉnh lưu tích cực và nghịch lưu ba mức như hình 7.

Trong đó:

- 1 – Nguồn 3 pha;
- 2 – Cảm biến dòng điện và điện áp AC;
- 3 – Cuộn kháng;
- 4 – Mạch lực chỉnh lưu tích cực (IGBT);
- 5 – Mạch lực nghịch lưu hai mức (IGBT);
- 6 – Phụ tải ba pha R-L;
- 8 – Khối tính toán công suất của DPC;
- 9 – Khối tính toán sector điện áp;
- 10 – Khối xuất tín hiệu điều khiển chỉnh lưu.

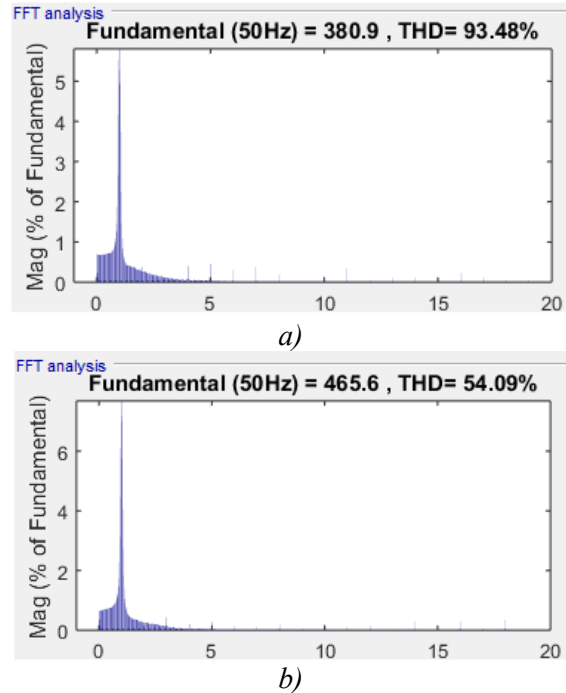
Kết quả mô phỏng như ở hình 8 chỉ ra các mức điện áp khác nhau của nghịch lưu 2 mức (hình 8a) và nghịch lưu ba mức (hình 8b).



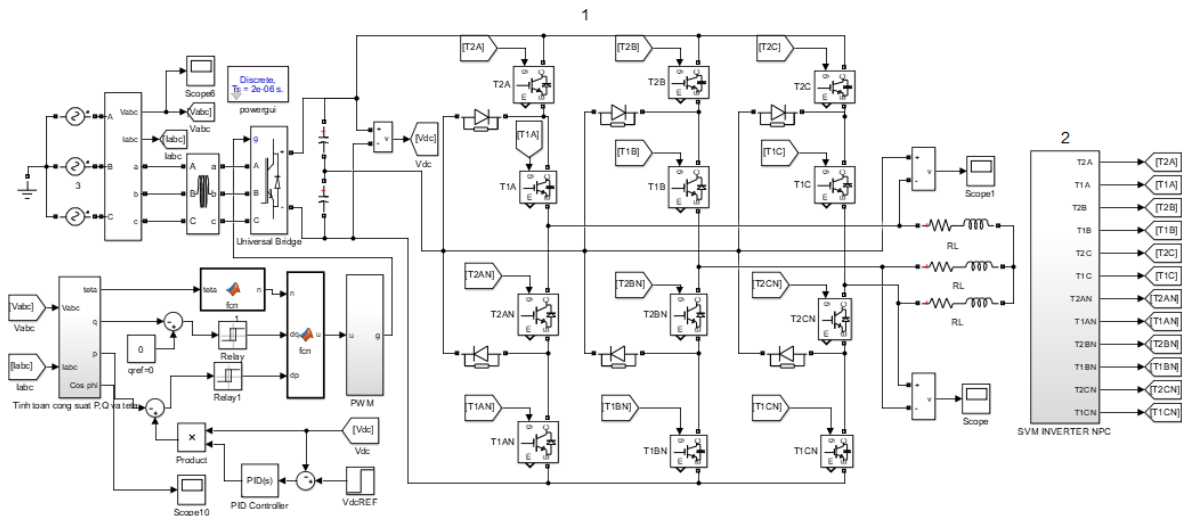
Hình 8. Điện áp pha đầu ra nghịch lưu:  
a) Nghịch lưu hai mức; b) Nghịch lưu ba mức

Hình 9 cho thấy, kết quả khảo sát điện áp pha đầu ra của nghịch lưu ba mức có tổng méo hài điện áp  $THD_u = 54,09\%$  nhỏ hơn tổng méo hài điện áp của mạch nghịch lưu hai mức

$THD_u = 93,48\%$ . Do đó, ở đầu ra nghịch lưu ba mức có mạch lọc LC hoặc LCL nhỏ và tiết kiệm được chi phí chế tạo cũng như kích thước của bộ chuyển đổi tần số.



Hình 9. Tổng méo hài điện áp pha đầu ra nghịch lưu:  
a) Nghịch lưu hai mức; b) Nghịch lưu ba mức

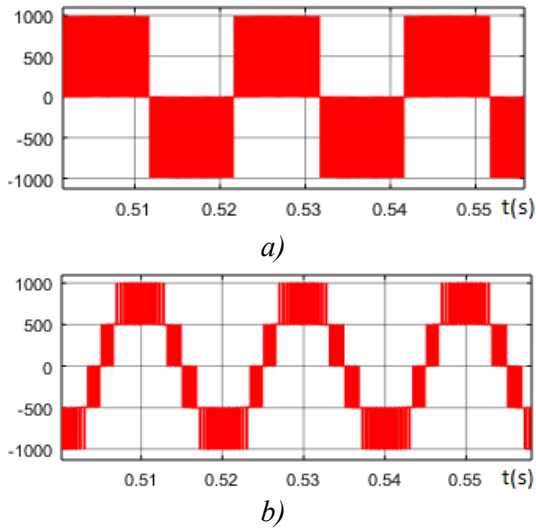


Hình 10. Mô hình mô phỏng mạch nghịch lưu ba mức NPC kết hợp với bộ chỉnh lưu tích cực DPC

Trong đó: 1 – mạch nghịch lưu 3 mức NPC; 2 – mạch tạo xung điều khiển các van IGBT.

Các thông số của mạch chỉnh lưu tích cực và thông số tải R-L tương tự như bộ biến tần sử dụng nghịch lưu hai mức.

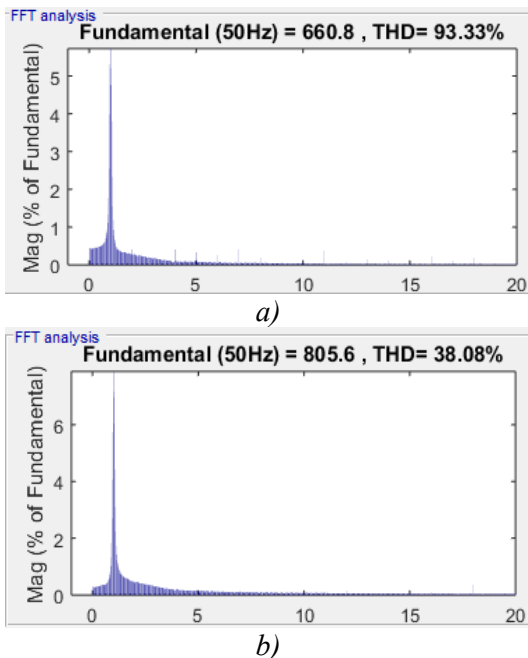
Hình 11 chỉ ra rằng, với mạch nghịch lưu ba mức NPC thì điện áp dây đầu ra có dạng 5 mức.



Hình 11. Điện áp dây đầu ra nghịch lưu:

a) Nghịch lưu hai mức; b) Nghịch lưu ba mức

Kết quả tính toán ở hình 12 cho thấy, tổng méo hài điện áp dây  $THD_u = 38,08\%$  ở đầu ra nghịch lưu ba mức nhỏ hơn rất nhiều so với nghịch lưu hai mức  $THD_u = 93,33\%$ .

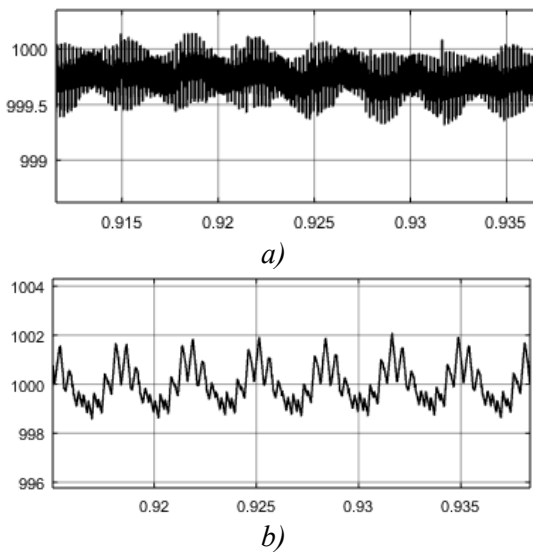


Hình 12. Tổng méo hài điện áp dây đầu ra:

a) Nghịch lưu hai mức; b) Nghịch lưu ba mức

Hình 13 thể hiện đặc tính điện áp một chiều ở đầu ra của mạch chỉnh lưu tích cực. Kết quả

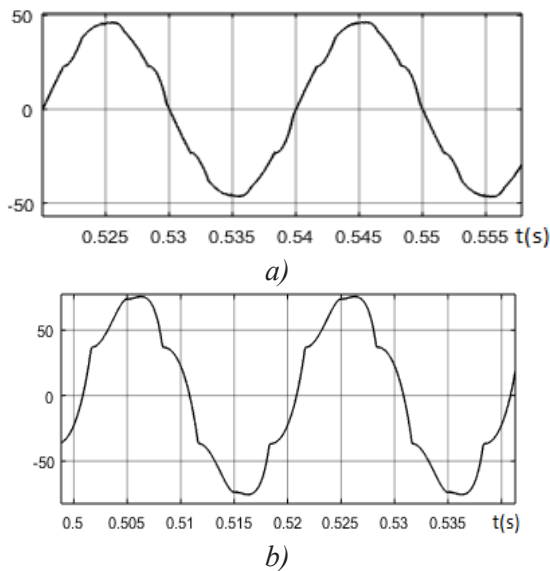
cho thấy đặc tính điện áp một chiều luôn bám theo giá trị đặt trước  $V_{SP} = 1000$  VDC. Điện áp một chiều ở mạch trung gian của bộ biến đổi tần số có thể điều chỉnh được và đây chính là ưu điểm của bộ chỉnh lưu tích cực so với chỉnh lưu không điều khiển sử dụng diode. Hình 13b cho thấy, khi biến tần sử dụng nghịch lưu ba mức thì mức độ dao động điện áp một chiều ở đầu vào cao hơn so với sử dụng mạch nghịch lưu hai mức



Hình 13. Dao động điện áp một chiều ở đầu ra chỉnh lưu:

a) Nghịch lưu hai mức; b) Nghịch lưu ba mức

Hình 14 cho thấy hình dạng dòng điện lưới ở đầu vào của bộ biến tần. Trong thực tế, bộ chỉnh lưu diode làm méo dạng dòng điện và điện áp của lưới. Tuy nhiên, khi sử dụng mạch chỉnh lưu có điều khiển sử dụng phương pháp DPC thì dạng dòng điện lưới hình sine. Thông qua mạch điều khiển DPC có thể điều chỉnh được hệ số công suất đầu vào bằng 1, khi giá trị công suất phản kháng đặt  $q_{ref} = 0$ . Hình 14b cho thấy hình dáng dòng điện lưới bị méo hơn so với bộ biến tần sử dụng nghịch lưu hai mức. Điều này do biên độ dao động điện áp một chiều ở đầu ra lớn nên ảnh hưởng đến chất lượng dòng điện đầu vào. Để khắc phục hiện tượng này, cần chỉnh định lại tham số PID ở mạch vòng điều chỉnh điện áp một chiều.



Hình 14. Hình dạng dòng điện lưới ở đầu vào biến tần:

a) Nghịch lưu hai mức; b) Nghịch lưu ba mức

## 5 Kết luận

Qua phân tích lý thuyết và các kết quả thu được từ mô phỏng cho thấy, việc kết hợp giữa chỉnh lưu tích cực với mạch nghịch lưu ba mức sẽ làm nâng cao hiệu quả hoạt động của các bộ biến đổi tần số trong công nghiệp. Nghịch lưu ba mức làm giảm sóng hài điện áp ở đầu ra, tương ứng sẽ giảm được kích thước và giá thành các cuộn lọc LC, LCL. Ngoài ra, bộ biến đổi tần số sử dụng chỉnh lưu tích cực đảm bảo dòng điện lưới hình sine, năng lượng trao đổi hai chiều giữa tải và lưới, điện áp một chiều có thể điều chỉnh được tùy theo tải. Tuy nhiên, khi sử dụng các mạch nghịch lưu đa mức trong biến tần sẽ làm tăng dao động điện áp một chiều ở đầu vào, điều này cần chỉnh định lại tham số của bộ điều khiển PID ở mạch vòng điều khiển điện áp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Phạm Quốc Hải.** Hướng dẫn thiết kế điện tử công suất. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2009.
2. **Bùi Quốc Khánh, Phạm Quốc Hải, Nguyễn Văn Liên, Dương Văn Nghi.** Điều chỉnh tự động truyền động điện. NXB Khoa học và kỹ thuật, 1996.
3. **Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh.** Điện tử công suất. NXB Khoa học và kỹ thuật, 2004.
4. **Nguyễn Phùng Quang.** Matlab Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động. NXB Khoa học và kỹ thuật, 2009.
5. **Trần Trọng Minh, Vũ Hoàng Phương.** Thiết kế điều khiển cho các bộ biến đổi công suất. 2014.
6. **Nguyễn Văn Nhò, Trần Quang Linh, Nguyễn Thị Hồng Duyên,** Bộ biến đổi AC/DC 3 pha PWM bằng phương pháp điều khiển công suất trực tiếp. Tạp chí Đại học Sư phạm Kỹ thuật TPHCM, 2016, Tr. 1-11.
7. **Abdelouahab B.** Analysis and Design of New Switching Table for Direct Power Control of Three-Phase PWM Rectifier. IEEE-IPEMC Conf., 2008., PP. 251-257.
8. **Malinowski M.** Sensorless Control Strategies for Three-Phase PWM Rectifiers. Ph.D. Thesis. Warsaw, 2001, 128 p.
9. **Kazmierkowski M.P.** Current Control Techniques for Three-Phase Voltage-source PWM Converters: A Survey. IEEE Trans. on Ind. Electronics, 1998, Vol. 45, No. 5, P. 691-703.
10. **N.V. Nhò, Q.T. Hải, H.H. Lee.** Carrier Based Single-State PWM Technique in Multilevel Inverter. PEDS Bangkok, 2007, Proceedings of the International Conference on Power Electronics and Drive Systems Art. No. 4487800, PP. 828-835, ISBN: 1424406455.
11. **N.V. Nho, Q.T. Hai, H.H. Lee.** Carrier Based Single-State PWM Technique of Minimised Vector Error In Multilevel Inverter. Journal of Power Electronics (SCI-E), Vol. 10, No. 4, 2010, PP. 357-364.
12. **N.V. Nho, Q.T. Hai, H.H. Lee.** Novel Single-State PWM Technique for Common-Mode Voltage Elimination in Multilevel Inverters. Journal of Power Electronics (SCI-E), ISSN 1598-2092 (SCI-E), Vol.12, No.4, July 2012.



# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH KRIGING KẾT HỢP THUẬT TOÁN CÁ VOI TRONG TỐI ƯU HÓA PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA KẾT CẤU VI MÔ ĐỐI VỚI HIỆU SUẤT MA SÁT CẶP MA SÁT LÓT XILANH-XEC MẶNG ĐỘNG CƠ Ô TÔ

*NCS. Lê Văn Lợi, GS.TS. Xu Ping, GS.TS. Yu Ying Hua, NCS. Zhu Hua Jie  
Đại học Kỹ thuật Công nghệ Liêu Ninh, Trung Quốc*

**Tóm tắt:** Đề nghiên cứu ảnh hưởng của kết cấu vi mô, nâng cao hiệu suất cặp ma sát động cơ ô tô, lựa chọn cặp ma sát lót xilanh-xec măng làm đối tượng nghiên cứu. Bài báo phân tích và đánh giá ảnh hưởng của các thông số hình học kết cấu vi mô đến hiệu suất làm việc của cặp ma sát. Thông qua mô hình Kriging mô hình hóa các tham số của kết cấu vi mô dạng parabol không đối xứng của mở hình elip, kết hợp thuật toán tối ưu hóa cá voi, tiến hành tối ưu hóa đa mục tiêu các tham số kết cấu vi mô và thu được tham số kết cấu vi mô tối ưu của cặp ma sát lót xilanh-xec măng lần lượt là: Bán kính dài 15,3  $\mu\text{m}$ ; bán kính ngắn 14,9  $\mu\text{m}$ ; độ lệch 6,5  $\mu\text{m}$ ; độ sâu 7,7  $\mu\text{m}$ ; khoảng cách trục ngang 45,5  $\mu\text{m}$ ; và khoảng cách trục dọc 261,2  $\mu\text{m}$ . So với cặp ma sát lót xilanh-xec măng nguyên mẫu, hệ số ma sát trung bình của cặp ma sát lót xilanh-xec măng có kết cấu vi mô không tối ưu hóa và kết cấu vi mô được tối ưu lần lượt giảm 10,88% và 13,99%; tải trọng trung bình lần lượt tăng 23,75% và 24,12%; công suất ma sát trung bình lần lượt giảm 9,24% và 12,89%; độ dày màng dầu trung bình lần lượt tăng 0,56% và 7,49%; độ dày màng dầu tối thiểu lần lượt tăng 29,80% và 34,51%.

**Từ khóa:** Hệ số ma sát, kết cấu vi mô, kriging, lót xilanh-xec măng, thuật toán tối ưu hóa cá voi, tải trọng.

## 1 Đặt vấn đề

Khi động cơ đốt trong làm việc, các cặp ma sát phát sinh nhiệt ma sát dẫn đến tổn hao năng lượng. Trong đó, phát nhiệt của cặp ma sát lót xilanh-xec măng chiếm tỷ trọng tương đối lớn [7, 8]. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, giảm 10% tổn thất năng lượng do ma sát thì có thể tiết kiệm được khoảng 1,5% tiêu hao nhiên liệu [12]. Vì vậy, giảm ma sát lót xilanh-xec măng luôn được quan tâm.

Kết cấu bề mặt hay kỹ thuật vi mô bề mặt được coi là một phương tiện hữu hiệu để cải thiện hiệu suất ma sát và giảm mài mòn của các cặp ma sát [4, 12, 13], ứng dụng đối với cặp ma sát lót xilanh-xec măng có thể nâng cao hiệu quả sử dụng. Cụ thể như: Nghiên cứu quy luật ảnh hưởng rãnh lõm vi mô đến hệ số ma sát [9]; nghiên cứu thử nghiệm quy luật ảnh hưởng của độ sâu và mật độ diện tích của kết cấu vi mô đến hệ số ma sát [15]; nghiên cứu so sánh lực ma sát

không gia công kết cấu vi mô với cặp có gia công [10]; nghiên cứu ảnh hưởng tỷ lệ diện tích của các vùng phân bố kết cấu vi mô khác nhau của bề mặt xilanh động cơ đến khả năng làm việc của cặp ma sát lót xilanh-xec măng [19]; nghiên cứu quy luật ảnh hưởng của tỷ lệ chiếm diện tích của kết cấu mô có cửa mở dạng hình tròn đối với tính năng mài mòn của cặp ma sát [20].

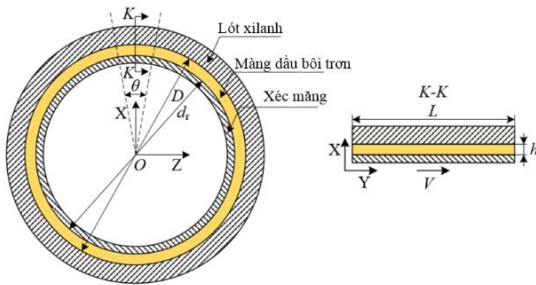
Cho đến nay, các nghiên cứu được thực hiện trên thế giới về ứng dụng kết cấu vi mô bề mặt trong cặp ma sát lót xilanh-xec măng đã thu được những thành quả to lớn, nhưng hình dạng kết cấu vi mô vẫn còn đơn giản, không thuận tiện để tối ưu hóa và việc chọn lựa lý thuyết thiết kế tối ưu hóa đối với các tham số đặc trưng của kết cấu vi mô để tiến hành thiết kế tối ưu hóa đa mục tiêu vẫn ít được đề cập đến. Trong bài báo này, kết cấu vi mô dạng parabol không đối xứng có cửa mở hình elip được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số đặc trưng

kết cấu vi mô mới đến hiệu suất ma sát, khả năng chịu tải, công suất ma sát, độ dày màng dầu của cặp ma sát lót xilanh-xéc măng. Mô hình toán học tương ứng được thiết lập và lý thuyết thiết kế tối ưu hóa đa mục tiêu được lựa chọn để khai thác triệt để tiềm năng của kết cấu vi mô bề mặt nhằm nâng cao hiệu suất toàn diện của cặp ma sát này.

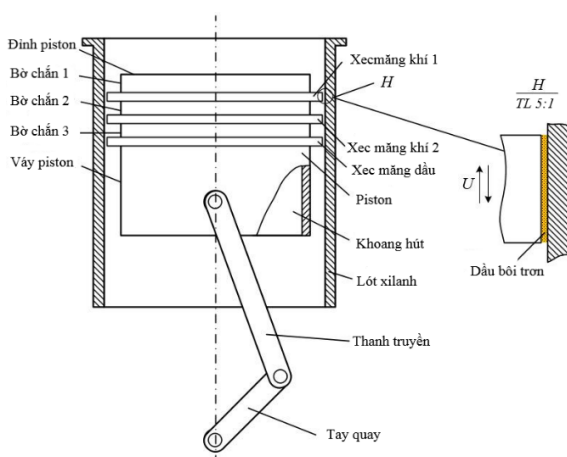
**2 Lựa chọn, phân tích tính năng cặp ma sát lót xilanh- xéc măng nguyên mẫu**

**2.1 Lựa chọn cặp ma sát lót xilanh-xéc măng nguyên mẫu**

Trong bài báo này, tác giả lựa chọn cặp ma sát lót xilanh/xéc măng của động cơ ô tô loại CY4102 làm nguyên mẫu nghiên cứu (hình 1). Các thông số chính được thể hiện trong bảng 1, sơ đồ cấu trúc đơn giản được thể hiện trong hình 2.



Hình 1. Cặp ma sát lót xilanh-xéc măng



Hình 2. Sơ đồ làm việc của cặp ma sát

**Bảng 1. Các thông số chính cặp ma sát lót xilanh-xéc măng**

TT	Tên gọi	Đơn vị	Giá trị
1	Đường kính trong lót xilanh (D)	mm	102
2	Đường kính ngoài xéc măng (\$d_r\$)	mm	101,98
3	Hành trình piston (\$S_r\$)	mm	118
4	Chiều dài thanh truyền (L)	mm	192
5	Độ dày màng dầu (h)	\$\mu\text{m}\$	10
6	Mật độ dầu bôi trơn	\$\text{kg}/\text{m}^3\$	890
7	Độ nhớt dầu bôi trơn	\$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})\$	0,009
8	Chiều dày xéc măng (\$L_r\$)	mm	1,8

**2.2 Tính toán trạng thái bôi trơn cặp ma sát nguyên mẫu**

Phương trình N-S đối với chất lỏng không ép nén, theo [1-3, 14] ta có:

$$\nabla(\rho u \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left[ \left( \frac{4}{3} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) \right] \quad (1)$$

$$\nabla(\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left[ \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{4}{3} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial z} \right) \right] \quad (2)$$

$$\nabla(\rho w \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[ \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{4}{3} \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial z \partial x} + \frac{\partial^2 v}{\partial z \partial y} \right) \right] \quad (3)$$

Trong đó: u, v, w – lần lượt là vector vận tốc theo ba hướng x, y, z; \$\rho\$ – mật độ dầu bôi trơn, \$\text{kg}/\text{m}^3\$; \$\mu\$ – độ nhớt dầu bôi trơn, \$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})\$; p – áp suất tại mọi điểm trường chất lỏng, Pa.

Thông qua giải các phương trình (1)-(3) ở trên, có thể thu được tải trọng, lực cắt, lực ma sát của màng dầu bôi trơn. Theo [1-3, 14] ta có:

- Khả năng chịu lực của màng dầu bôi trơn bề mặt xéc măng:

$$F_N = \iint p(x, y) dx dy \quad (4)$$

- Ứng suất cắt giữa màng dầu bôi trơn và bề mặt rắn tiếp xúc

$$F_f = \iint \eta \frac{\partial u}{\partial z} dx dy \quad (5)$$

- Hệ số ma sát:

$$\mu_t = \frac{F_N}{F_f} \quad (6)$$

- Cường độ tải trọng của màng dầu:

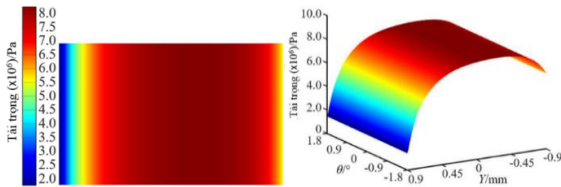
$$F_p = \frac{F_N}{A_0} \quad (7)$$

- Hiệu suất ma sát của màng dầu:

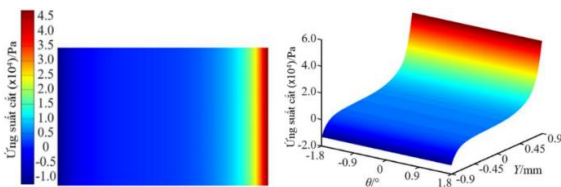
$$W = \frac{F_f U_w}{\theta_0} \times 360 \quad (8)$$

Trong đó:  $p$  – áp suất màng dầu bôi trơn khu vực tính toán, Pa;  $\eta$  – độ nhớt động học của chất lỏng, kg/(m·s);  $A_0$  – diện tích mô hình tương ứng đối với lực ma sát  $F_N$ , m<sup>2</sup>;  $\theta_0$  – góc kẹp tương ứng giữa mô hình với lực ma sát, độ;  $U_w$  – tốc độ xéc măng, m/s.

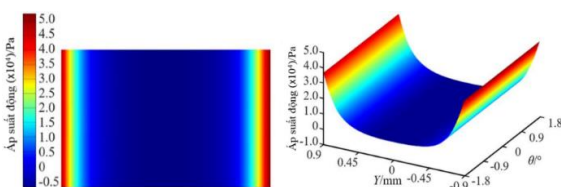
Theo nguyên lý làm việc của cặp ma sát lót xilanh-xec măng, khi độ dày của màng dầu bôi trơn mỏng nhất, tức là điều kiện bôi trơn kém nhất. Do đó, để so sánh với cặp ma sát lót xilanh-xec măng với kết cấu vi mô bề mặt, tiến hành xem xét góc quay trục khuỷu tại vị trí độ dày màng dầu bôi trơn của cặp ma sát lót xilanh-xec măng nguyên mẫu là nhỏ nhất và được lấy làm góc đặc trưng, thu được biểu đồ đám mây mô phỏng khả năng chịu tải (tải trọng), ứng suất cắt và áp suất động của bề mặt xéc măng trong màng dầu bôi trơn cặp ma sát nguyên mẫu (hình 3-5).



Hình 3. Biểu đồ tải trọng



Hình 4. Biểu đồ ứng suất cắt



Hình 5. Biểu đồ áp suất động ở vị trí màng dầu mỏng nhất

Để đánh giá hiệu suất ma sát của cặp ma sát lót xilanh-xec măng, ngoài hệ số ma sát trung bình, tải trọng trung bình và công suất ma sát trung bình, trạng thái bôi trơn của cặp ma sát cũng phải được xem xét. Độ dày màng dầu trung bình và độ dày màng dầu mỏng nhất được sử dụng để đánh giá trạng thái bôi trơn kém nhất của cặp ma sát, được tính như sau:

- Hệ số ma sát trung bình:

$$F_\mu = \frac{\int_{x_0}^{x_1} \mu dx}{x_1 - x_0} \quad (9)$$

- Tải trọng trung bình:

$$F_{Pa} = \frac{\int_{x_0}^{x_1} F_p dx}{x_1 - x_0} \quad (10)$$

- Công suất ma sát trung bình:

$$F_W = \frac{\int_{x_0}^{x_1} W dx}{x_1 - x_0} \quad (11)$$

- Độ dày màng dầu trung bình:

$$F_{ha} = \frac{\int_{x_0}^{x_1} h dx}{x_1 - x_0} \quad (12)$$

Kết quả mô phỏng trên Ansys Fluent (hình 3-5) thay vào các công thức (9)-(12) thu được: Hệ số ma sát trung bình 0,0193; tải trọng trung bình 414205 Pa; công suất ma sát trung bình 35,7 W; độ dày màng dầu trung bình 5,34 μm; và các độ dày màng dầu mỏng nhất 2,55 μm.

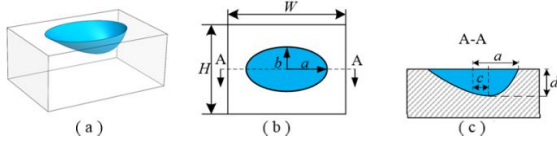
### 3 Nghiên cứu quy luật ảnh hưởng của các thông số kết cấu vi mô đối với hiệu suất tương quan cặp ma sát lót xilanh-xec măng

#### 3.1 Xây dựng sơ đồ phân bố kết cấu vi mô

##### 3.1.1 Lựa chọn đơn nguyên kết cấu vi mô

Căn cứ vào một số nghiên cứu và quá trình nghiên cứu kiểm tra khảo sát một số đơn nguyên vi mô biên dạng tròn, trụ, tam giác, tam giác góc lệch... [6, 11, 15, 16], nhận thấy đơn nguyên kết cấu vi mô dạng parabol với cửa mở hình elip có tính năng tốt hơn. Do đó, trong nghiên cứu này tác giả đi sâu vào giải quyết bài toán tối ưu với

đơn nguyên vi mô này. Đơn nguyên kết cấu vi mô được xây dựng có dạng parabol không đối xứng có cửa mở hình elip (Elliptic Opening Offset Parabola Micro Texture – EOOPT) như hình 6 và có các thông số hình học chủ yếu bao gồm: a, b – lần lượt là bán kính dài, bán kính ngắn của hình elip; c – độ dịch chuyển (khoảng lệch hay khoảng cách từ đường thẳng nối điểm thấp nhất của parabol tương ứng với độ sâu mặt cắt đường thẳng nối điểm tâm của hình elip), d – chiều sâu cắt lớn nhất.

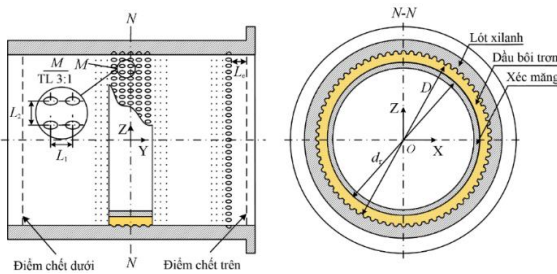


Hình 6. Hình dạng đơn nguyên kết cấu vi mô EOOPT

a) Hình 3D; b) Hình chiếu bằng; c) Mặt cắt

### 3.1.2 Sơ đồ phân bố kết cấu vi mô trên bề mặt cặp ma sát lót xilanh-xéc măng

Trong bài báo này, lựa chọn kết cấu vi mô EOOPT bố trí phân tán trên bề mặt của lót xilanh có khoảng cách giữa các trục dọc và trục ngang của EOOPT song song với trục của lót xi lanh, như hình 7, trong đó,  $L_1$  là khoảng cách trục dọc,  $L_2$  là khoảng cách trục ngang,  $L_c = 15 \text{ mm}$  là khoảng cách bắt đầu của nhóm kết cấu vi mô so với điểm chết trên.



Hình 7. Kết cấu vi mô bề mặt cặp ma sát lót xilanh-xéc măng

## 3.2 Mô hình Kriging

### 3.2.1 Giới thiệu khái quát mô hình Kriging

Mô hình Kriging còn được gọi là phương pháp nội suy tốt nhất của hiệp phương sai tự động không gian, về cơ bản là sự kết hợp có

trọng số của các điểm mẫu đã biết trong vùng lân cận của điểm dự đoán, xem xét toàn diện ảnh hưởng của khoảng cách và phân bố không gian của điểm mẫu trên điểm dự đoán, dưới dạng thông tin ước tính cho điểm dự báo.

#### a. Thiết lập mô hình

Phương trình mô hình Kriging cơ bản được xác định theo [13]:

$$\hat{y}(x) = \sum_{i=1}^n \omega_k^{(i)} y^{(i)} \quad (13)$$

Trong đó:  $\hat{y}$  – giá trị hàm số ước tính;  $\omega_k$  – hệ số trọng số,  $\omega = [\omega^{(1)}, \dots, \omega^{(n)}]^T$ ;  $y$  – giá trị hàm số tương ứng.

Từ công thức (13) có thể thấy rằng để có được giá trị ước tính của không gian thiết kế, cần phải xác định hệ số trọng số của nó. Để tính toán các hệ số trọng số, mô hình Kriging coi hàm chưa biết là một quá trình ngẫu nhiên tĩnh được định nghĩa:

$$Y(x) = \omega^T(x) \beta_k + Z(x) \quad (14)$$

Trong đó:  $\omega^T(x)$  – vector hàm hồi quy,  $\omega^T(x) \beta_k = \beta_1 \omega_1(x) + \dots + \beta_i \omega_i(x)$ ;  $\omega_i(x)$  – hàm hồi quy;  $\beta_k$  – hàm vector hồi quy;  $Z(x)$  – quá trình ngẫu nhiên được giả định có trung bình 0 và hàm hiệp phương sai  $\sigma^2$ .

Giả sử một số tương quan giữa biến ngẫu nhiên và các biến khác trong không gian thiết kế:

$$\text{Cov}[Z(x), Z(x')] = \sigma^2 R(x, x') \quad (15)$$

Trong đó:  $R(x, x')$  – hàm số tương quan.

Căn cứ các giả định trên, mô hình Kriging tìm kiếm hệ số trọng số tối ưu  $\omega_k$  làm cho các lỗi bình phương trung bình MSE nhỏ nhất:

$$\text{MSE}[\hat{y}(x)] = E\left[\left(\omega^T(x) Y_s - Y(x)\right)^2\right] \quad (16)$$

Và thỏa mãn điều kiện nội suy:

$$E\left[\sum_{i=1}^n \omega^{(i)} Y(x^{(i)})\right] = E[Y(x)] \quad (17)$$

Thông qua đạo hàm thu được hệ số trọng số tối ưu nhất  $\omega_k$ :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \omega_k^{(j)} R(x^{(i)}, x^{(j)}) + \frac{\lambda_k}{2\sigma^2} = R(x^{(i)}, x) \\ \sum_{i=1}^n \omega_k^{(i)} = 1 \end{cases} \quad (18)$$

Trong đó:  $\lambda_k$  – hệ số nhân Lagrange.

Từ biểu thức (18) có thể viết thành ma trận sau:

$$\begin{bmatrix} R_k & F \\ F^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_k \\ \bar{\mu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_k \\ 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Trong đó:

$$F = [1, \dots, 1]^T \in \mathbb{R}^n, \quad \bar{\mu} = \frac{\mu}{2\sigma^2} \quad (20)$$

$$R_k = \begin{bmatrix} R(x^{(1)}, x^{(1)}) & \dots & R(x^{(1)}, x^{(n)}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ R(x^{(n)}, x^{(1)}) & \dots & R(x^{(n)}, x^{(n)}) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{n \times n} \quad (21)$$

$$r_k = \begin{bmatrix} R(x^{(1)}, x) \\ \vdots \\ R(x^{(n)}, x) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^n$$

Với:  $R_k$  – ma trận tương quan, gồm các giá trị hàm tương quan giữa tất cả các điểm mẫu đã biết;  $r_k$  – vector tương quan, gồm các giá trị hàm tương quan giữa tất cả các điểm mẫu đã biết.

Thay các biểu thức (14)-(19) vào biểu thức (13) ta thu được giá trị dự đoán mô hình Kriging:

$$\hat{y}(x) = \begin{bmatrix} r_k(x) \\ 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} R_k & F \\ F^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_s \\ 0 \end{bmatrix} \quad (22)$$

Thông qua nghịch đảo ma trận khối, thu được biểu thức cuối cùng của mô hình như sau:

$$\hat{y}(x) = \beta_k + \underbrace{r_k^T(x) R^{-1}}_{V_{Kriging}} (y_s - \beta_0 F) \quad (23)$$

Trong đó:  $\beta_k = (F^T R^{-1} F)^{-1} F^T R^{-1} y_s$  ;

$V_{Kriging}$  – vector cột chỉ liên quan đến các điểm mẫu đã biết.

### b. Mô hình hồi quy

Theo công thức mô hình Kriging đã thiết lập, sử dụng mô hình Kriging yêu cầu cần xác định mô hình hồi quy khi tiến hành xây dựng mô hình. Nói chung, các mô hình hồi quy đa thức bậc 0, 1 và 2 được sử dụng, và có dạng như sau:

$$\begin{aligned} \omega_1(x) &= 1 \\ \omega_2(x) &= x_1, \dots, \omega_{1+1}(x) = x_1 x_n \\ \omega_{n+2}(x) &= x_1^2, \dots, \omega_{2+1}(x) = x_2 x_n \\ &\dots \\ \omega_l(x) &= x_1^2 \end{aligned} \quad (24)$$

### c. Mô hình tương quan

Biểu thức xác định hàm số tương quan:

$$R(\theta_k, \omega_k, x) = \prod_{j=1}^n R_j(\theta_k, \omega_{kj} - x_j) \quad (25)$$

Ở đây, hàm  $R$  có thể được xác định từ một trong các hàm sau hàm mũ, Gaussian, đa tuyến... [13], trong đó, hàm Gaussian được sử dụng rộng rãi nhất, với  $m, n$  lần lượt là số lượng mẫu và số biến thiết kế thì hàm số xác định tương quan giữa hai điểm mẫu theo Gaussian được biểu diễn như sau:

$$R(\theta, x_i - x_j) = \exp\left(\sum_{k=1}^n -\theta_k (x_k^i - x_k^j)^2\right) \quad (26)$$

Trong đó:  $\theta_k \geq 0$  – vector trọng số tương quan tại vị trí thứ  $k$ .

### d. Thực nghiệm độ chính xác của mô hình Kriging

Để kiểm tra độ chính xác của mô hình Kriging, trước tiên chọn ngẫu nhiên khoảng 90% nhóm thử nghiệm từ bảng thiết kế thử nghiệm để xây dựng mô hình Kriging, sau đó sử dụng các nhóm thử nghiệm còn lại để xác minh độ chính xác mô hình Kriging, được đánh giá bằng hệ số xác định và sai số bình phương trung bình [21].  
- Hệ số tương quan (Correlation Coefficient- $R^2$ ):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (27)$$

- Sai số bình phương trung bình (Root Mean Square Error – RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (28)$$

Trong đó:  $y_i$  – giá trị quan sát;  $\hat{y}_i$  – giá trị dự đoán;  $\bar{y}_i$  – giá trị trung bình mô hình.

3.2.2 Mô hình thiết kế thực nghiệm

Mục đích của thiết kế thử nghiệm (Design of Experiment – DOE) là sử dụng các phương pháp hợp lý để sắp xếp các tổ hợp thử nghiệm nhằm thu được đủ dữ liệu hiệu quả, để có thể tiến hành thí nghiệm và phân tích kết quả tốt nhất, nhằm thu được nhiều kết luận đáng tin cậy. Latin Hypercube Sampling (LHS) là một phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng, có thể lấy mẫu hiệu quả từ khoảng phân phối của các biến và các mẫu được phân phối trong toàn bộ không gian thử nghiệm.

Thuật toán SLE-CLHS là một phương pháp lấy mẫu không gian hạn chế được cải tiến dựa trên phương pháp LHS. Đầu tiên, nó sử dụng phương pháp LHS để tạo các điểm mẫu trong không gian không bị hạn chế, sau đó loại bỏ các điểm mẫu không có trong không gian bị hạn chế theo các ràng buộc. Tiếp theo, lần lượt tính khoảng cách của từng giá trị lấy mẫu tham số và chèn một điểm lấy mẫu mới ở khoảng cách tối đa cho đến khi điểm đó đáp ứng các đặc tính lấp đầy không gian và hình chiếu của lấy mẫu tổng thể, cuối cùng, nó thỏa mãn các ràng buộc.

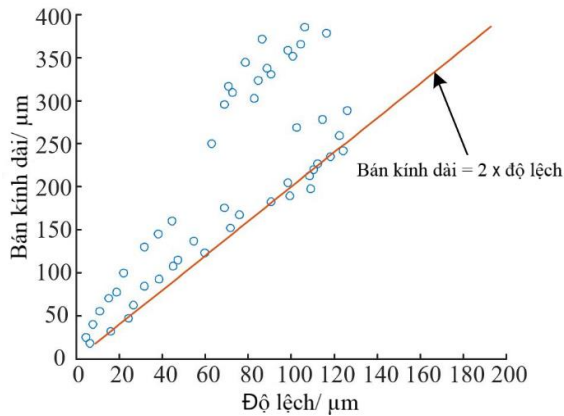
Để xác định mối quan hệ ràng buộc giữa các tham số hình dạng kết cấu vi mô, phương pháp LHS đã được sử dụng để tạo 75 bộ bảng tham số hình dạng vi cấu trúc trong không gian không bị giới hạn và SolidWorks đã được sử dụng để có được 50 bộ tham số hình dạng có thể tạo kết cấu vi mô hình parabol không đối xứng cửa mở hình elip, như thể hiện trong bảng 2. Từ đó có thể thu được mối quan hệ phân phối dữ liệu giữa bán kính dài của EOOPT và độ lệch và độ sâu, như trong các hình 8-9.

**Bảng 2. Bảng tham số hình dạng kết cấu vi mô EOOPT**

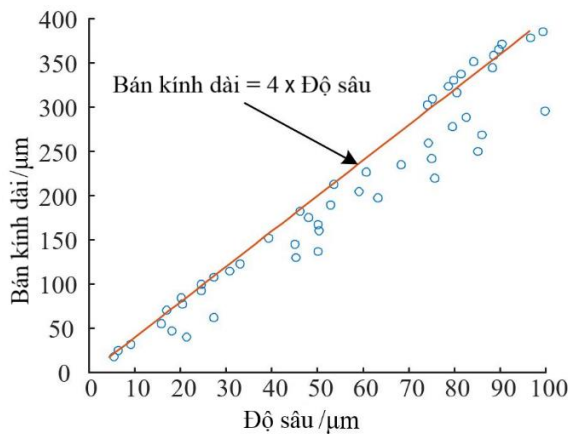
TT	Bán kính dài, $\mu\text{m}$	Bán kính ngắn, $\mu\text{m}$	Độ lệch, $\mu\text{m}$	Độ sâu, $\mu\text{m}$	TT	Bán kính dài, $\mu\text{m}$	Bán kính ngắn, $\mu\text{m}$	Độ lệch, $\mu\text{m}$	Độ sâu, $\mu\text{m}$
1	17,5	17,4	6,0	27,2	26	204,9	188,1	98,5	59,2
2	25,0	24,4	4,3	17,0	27	212,4	213,9	108,4	53,5
3	32,5	29,1	15,8	20,4	28	219,9	205,3	110,4	75,6
4	40,0	33,9	7,6	20,1	29	227,4	231,2	112,4	60,8
5	47,5	48,0	24,1	24,5	30	234,9	222,6	118,3	68,4
6	55,0	43,3	10,9	24,5	31	242,4	245,1	124,3	75,1
7	62,5	57,4	26,7	27,2	32	249,9	170,9	62,7	85,2
8	70,0	52,7	15,2	30,7	33	259,5	67,2	122,3	74,2
9	77,5	19,7	18,5	33,1	34	269,1	261,1	102,4	86,1
10	85,0	86,0	31,7	45,2	35	278,6	250,4	114,3	79,5
11	92,5	90,7	38,3	50,2	36	288,2	239,8	126,2	82,7
12	100,0	76,6	21,8	45,1	37	295,2	271,7	68,7	99,8
13	107,5	100,2	44,9	39,4	38	302,2	303,6	82,6	74,1
14	115,0	104,9	47,2	50,3	39	309,1	314,3	72,7	75,3
15	122,5	43,6	59,7	50,2	40	316,1	282,3	70,7	80,6
16	130,0	95,4	31,4	48,1	41	323,1	277,0	84,6	78,6
17	137,5	123,7	54,4	46,2	42	330,1	293,0	90,5	79,8
18	145,0	114,3	38,0	52,9	43	337,1	335,5	88,5	81,5
19	152,5	142,6	71,6	63,2	44	344,1	324,9	78,6	88,3
20	160,0	152,0	44,6	27,2	45	351,1	356,8	100,5	84,3
21	167,5	166,2	75,6	17,0	46	358,1	346,2	98,5	88,5
22	175,0	161,5	68,9	20,4	47	365,1	287,7	104,4	89,8
23	182,5	179,5	90,6	20,1	48	372,0	367,4	86,6	90,5
24	190,0	133,2	99,2	24,5	49	379,0	378,1	116,3	96,7
25	197,5	196,7	109,2	24,5	50	386,0	388,7	106,4	99,5

Từ hình 8, có thể thấy rằng bán kính dài của kết cấu vi mô và độ lệch phải thỏa mãn: bán kính dài  $\geq 2 \times$  độ lệch. Từ hình 9 có thể thấy rằng bán kính dài của kết cấu vi mô và độ sâu phải thỏa mãn: bán kính dài  $\leq 4 \times$  độ sâu. Ngoài ra, để đảm bảo tính chính xác của việc xác định bán kính dài và bán kính ngắn của kết cấu vi mô EOOPT, một mối quan hệ ràng buộc được thêm vào: bán kính dài  $\geq$  bán kính ngắn. Trong nghiên cứu này chọn sử dụng đơn nguyên EOOPT phân tán, để

ngăn chặn phát sinh chùng chéo của các đơn nguyên EOOPT theo hướng trục dọc và trục ngang của lát xilanh, các ràng buộc được thêm vào: khoảng cách dọc trục > 2×bán kính dài; khoảng cách ngang > 2×bán kính ngắn.



Hình 8. Mối quan hệ giữa bán kính và độ lệch



Hình 9. Mối quan hệ giữa bán kính và độ sâu

Tham số tối ưu bán kính dài, bán kính ngắn, độ lệch và độ sâu của kết vi mô dạng parabol không đối xứng có cửa mở hình elip được chọn là:  $A = 10 \div 100 \mu\text{m}$ ;  $B = 10 \div 100 \mu\text{m}$ ;  $C = 0 \div 100 \mu\text{m}$ ;  $D = 5 \div 30 \mu\text{m}$ . Khoảng giá trị giữa các đơn nguyên vi mô theo chiều dọc-ngang là:  $L_1 = 30 \div 250 \mu\text{m}$ ;  $L_2 = 20 \div 280 \mu\text{m}$ .

Sử dụng phương pháp giải kiểm tra SLE-CLHS trong Matlab thiết lập 80 tổ hợp các giá trị tham số kết cấu vi mô EOOPT tiến hành kiểm tra ngẫu nhiên (bảng 3).

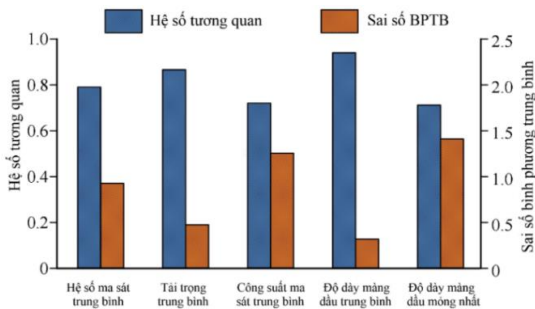
So với phân tích mô phỏng của cặp ma sát lát xilanh-xec măng nguyên mẫu, có thể thấy

Bảng 3. Thiết kế thực nghiệm

TT	Bán kính dài, $\mu\text{m}$	Bán kính ngắn, $\mu\text{m}$	Độ lệch, $\mu\text{m}$	Độ sâu, $\mu\text{m}$	K/C $L_1, \mu\text{m}$	K/C $L_2, \mu\text{m}$	TT	Bán kính dài, $\mu\text{m}$	Bán kính ngắn, $\mu\text{m}$	Độ lệch, $\mu\text{m}$	Độ sâu, $\mu\text{m}$	K/C $L_1, \mu\text{m}$	K/C $L_2, \mu\text{m}$
1	38,3	27,6	2,9	29,8	156,4	199,4	41	80,8	79,6	8,3	21,7	171,0	266,1
2	44,0	11,9	15,6	19,5	134,4	76,7	42	84,3	78,5	8,6	22,4	176,9	157,0
3	72,1	63,7	9,3	24,6	203,2	127,6	43	87,8	86,4	9,9	23,0	182,7	262,0
4	24,1	19,7	6,1	12,2	79,7	262,0	44	91,3	83,2	10,3	23,7	188,6	168,4
5	86,0	45,7	12,4	22,0	179,8	260,5	45	94,8	88,7	10,7	25,6	200,3	266,6
6	58,0	54,7	7,7	15,8	226,6	260,9	46	98,3	95,5	11,0	26,3	206,1	191,0
7	17,1	15,8	4,5	8,6	52,4	31,7	47	56,3	37,7	12,2	15,4	117,3	262,4
8	31,2	23,6	10,9	27,2	107,1	47,3	48	59,8	49,1	12,6	26,9	124,1	1258,4
9	79,0	36,5	14,0	20,7	191,5	73,2	49	39,7	33,2	13,8	10,9	83,1	262,4
10	93,0	81,9	1,4	28,5	214,9	262,0	50	42,6	42,3	9,7	11,8	103,6	262,7
11	51,0	50,2	10,1	14,0	120,7	260,7	51	18,0	12,9	3,1	8,2	48,9	266,1
12	65,0	32,1	6,9	17,6	168,1	64,2	52	21,5	20,7	4,3	6,4	62,6	264,0
13	13,5	10,9	3,7	6,8	38,7	262,4	53	25,0	22,7	5,5	9,1	76,3	45,4
14	20,6	17,7	8,5	10,4	66,0	35,6	54	32,1	26,6	7,9	13,6	69,4	266,8
15	27,7	25,6	5,3	23,3	93,4	264,8	55	33,9	24,6	6,7	12,7	90,0	262,9
16	34,7	34,3	11,6	25,9	238,3	68,7	56	37,4	29,3	4,7	29,5	96,8	58,5
17	47,5	41,1	13,2	14,9	145,4	82,3	57	10,9	10,2	3,5	5,5	35,3	260,9
18	68,5	59,3	14,8	18,5	197,3	260,9	58	12,7	12,4	5,9	7,3	55,8	265,3
19	75,5	72,8	0,7	20,1	209,0	261,6	59	14,4	14,3	6,3	25,0	42,1	28,7
20	82,5	77,3	2,2	21,4	173,9	154,7	60	19,7	18,3	7,5	24,3	223,7	36,6
21	89,5	68,3	10,5	22,7	185,6	261,4	61	23,3	23,2	9,5	27,6	241,2	46,3
22	96,5	90,9	7,3	26,6	220,7	182,0	62	26,8	22,2	11,5	28,2	217,8	267,0
23	54,5	38,9	8,1	16,7	113,9	77,8	63	30,3	28,1	13,0	28,9	229,5	56,2
24	61,5	47,9	3,3	27,9	127,6	95,9	64	35,6	30,4	13,4	16,1	124,7	160,8
25	41,2	29,8	4,1	11,3	86,5	59,6	65	28,6	27,1	14,2	18,3	235,4	54,1
26	36,5	13,9	4,9	9,5	100,2	27,8	66	16,2	13,4	3,9	14,3	137,2	258,2
27	11,8	10,2	5,7	5,9	31,8	21,0	67	67,6	46,8	14,6	17,0	142,6	262,9
28	18,8	16,8	8,9	13,1	59,2	265,0	68	71,1	54,9	15,0	17,9	153,6	111,7
29	22,4	21,2	9,7	29,2	72,9	43,4	69	76,4	60,4	15,4	19,2	178,3	120,8
30	25,9	18,8	11,3	24,0	162,2	37,6	70	79,9	67,2	5,1	20,3	160,8	134,4
31	29,4	28,7	12,0	25,3	232,5	262,2	71	88,6	71,7	11,8	22,5	184,2	143,5
32	33,0	31,0	12,8	10,0	244,2	266,8	72	97,4	93,2	1,6	24,8	198,8	186,5
33	45,8	43,4	13,6	14,5	139,9	264,8	73	44,9	44,5	2,0	12,0	148,1	1258,2
34	49,3	35,5	14,4	17,2	150,9	266,8	74	46,7	39,9	1,3	13,4	101,9	80,0
35	52,8	52,3	15,2	19,0	110,5	104,9	75	53,7	53,6	2,4	15,6	112,2	107,2
36	63,3	61,5	2,5	16,3	131,0	265,5	76	57,2	51,3	0,2	14,7	115,6	262,9
37	66,8	66,0	0,4	18,1	194,4	265,7	77	58,9	58,1	0,5	15,2	122,4	116,3
38	70,3	57,0	1,1	19,8	212,0	265,5	78	62,4	32,6	0,9	16,5	125,9	65,3
39	73,8	70,6	1,8	20,4	159,3	265,9	79	50,2	34,9	2,7	12,9	105,3	265,7
40	77,3	75,1	7,1	21,1	165,2	150,2	80	65,9	64,9	11,0	17,4	132,7	129,8

rằng sự tồn tại của kết cấu vi mô trên bề mặt của cặp ma sát lót xilanh-xéc măng sẽ làm tăng khả năng sinh nhiệt ma sát nhớt của dầu bôi trơn ở một mức độ nhất định. Tuy nhiên, theo các nghiên cứu trước đây của tác giả, sự gia tăng nhiệt độ của màng dầu do kết cấu vi mô gây ra là rất nhỏ, trong khi nhiệt độ làm việc thực tế của cặp ma sát lót xilanh xec măng tương đối cao. Do vậy, phân tích mô phỏng của cặp ma sát có kết cấu vi mô trong bài báo này không còn xem xét quá trình sinh nhiệt nhớt của dầu bôi trơn và các điều kiện biên mô phỏng phù hợp với các điều kiện của cặp ma sát nguyên mẫu.

Hệ số ma sát trung bình, tải trọng trung bình, công suất ma sát trung bình, độ dày màng dầu trung bình và độ dày màng dầu mỏng nhất của cặp ma sát có kết cấu vi mô EOOPT, thu được bằng phân tích mô phỏng từng nhóm thử nghiệm theo bảng 3, được cho trong bảng 4. Chọn ngẫu nhiên 75 nhóm dữ liệu trong bảng 3 và 4 để thiết lập mô hình Kriging, 05 nhóm còn lại dùng để kiểm định sai số của mô hình Kriging, tính hệ số xác định  $R_2$  và sai số bình phương trung bình của nhóm kiểm định theo công thức (17) và (18), như trong hình 10.



Hình 10. Phân tích sai số của mô hình Kriging

Từ định nghĩa về hệ số tương quan và sai số bình phương trung bình, có thể thấy khi hệ số tương quan càng gần 1 và bình phương trung bình càng gần 0 thì sai số của mô hình càng nhỏ; và mô hình có độ tương quan càng cao khi hệ số tương quan lớn hơn 0,7 và bình phương trung bình không lớn hơn 1,5. Theo hình 10, có thể thấy mô hình Kriging thiết lập trong bài báo này

có mối tương quan cao.

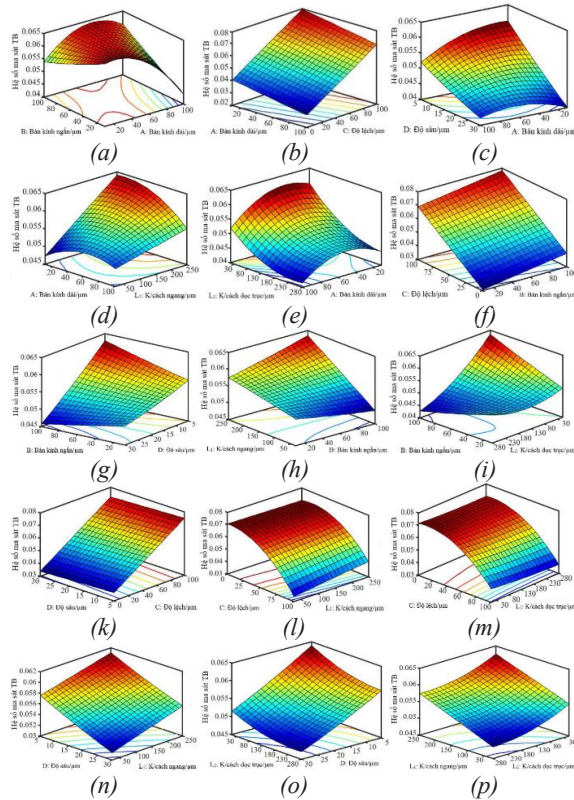
Bảng 4. Kết quả tính toán thực nghiệm

TT	Hệ số ma sát trung bình	Tải trọng trung bình	Công suất ma sát trung bình	Độ dày màng dầu trung bình	Màng dầu mỏng nhất	TT	Hệ số ma sát trung bình	Tải trọng trung bình	Công suất ma sát trung bình	Độ dày màng dầu trung bình	Màng dầu mỏng nhất
1	0,0433	338450	46,9	2,81	1,81	41	0,0161	486600	29,5	5,66	2,48
2	0,0348	384700	40,1	3,61	2,37	42	0,0509	494825	43,2	1,31	0,80
3	0,0671	273225	57,7	1,56	0,85	43	0,0160	450550	29,3	5,66	2,59
4	0,0167	511175	31,0	5,74	3,36	44	0,0151	463125	28,0	5,62	1,95
5	0,0168	497300	30,1	5,66	2,47	45	0,0410	214610	42,1	1,27	0,77
6	0,0168	509775	30,7	5,72	3,16	46	0,0151	452425	28,0	5,63	2,26
7	0,0169	477750	30,4	5,57	1,77	47	0,0165	504350	30,4	5,70	2,93
8	0,0523	308175	50,7	1,36	0,76	48	0,0163	498200	30,0	5,68	2,73
9	0,0707	259275	30,0	1,29	0,31	49	0,0772	219178	54,3	1,85	0,89
10	0,0165	499475	29,3	5,66	2,55	50	0,0631	115165	47,0	1,38	0,76
11	0,0169	492005	30,4	5,70	2,83	51	0,0398	353450	44,5	2,38	0,99
12	0,0159	493800	29,5	5,67	2,71	52	0,0166	511650	31,0	5,74	3,36
13	0,0403	373475	43,3	3,11	1,16	53	0,0582	399700	50,4	1,99	0,84
14	0,0664	260775	54,4	1,86	0,85	54	0,0537	354900	49,1	2,63	1,20
15	0,0584	296838	44,7	1,34	0,95	55	0,0459	234173	43,6	2,78	0,77
16	0,0167	480725	30,6	5,60	1,55	56	0,0784	4125175	59,0	1,33	0,83
17	0,0515	310925	51,0	1,61	0,84	57	0,0172	512575	32,4	5,37	3,31
18	0,0165	505600	30,4	5,71	2,97	58	0,0423	379250	44,4	2,79	1,07
19	0,0163	502725	30,1	5,70	2,98	59	0,0161	502475	29,9	5,66	2,25
20	0,0574	288725	46,2	1,52	0,81	60	0,0252	428700	36,6	4,15	2,71
21	0,0560	262630	49,2	1,31	0,64	61	0,0315	424450	39,0	3,77	2,44
22	0,0633	241110	38,3	1,26	0,76	62	0,0408	301350	45,5	3,15	2,48
23	0,0580	255000	50,4	1,39	0,79	63	0,0597	171648	49,4	1,50	0,75
24	0,0401	131448	36,5	1,30	0,80	64	0,0470	202718	45,4	2,34	0,79
25	0,0522	176065	49,1	1,31	0,81	65	0,0430	275675	44,8	1,77	0,94
26	0,0397	156370	39,5	1,21	0,24	66	0,0317	449000	39,0	3,73	1,33
27	0,0514	220278	51,1	1,73	0,83	67	0,0164	500500	30,3	5,69	2,87
28	0,0369	311050	41,9	3,49	2,50	68	0,0155	466775	28,7	5,64	2,32
29	0,0169	503325	31,0	5,26	1,87	69	0,0439	186453	40,0	1,26	0,76
30	0,0164	509775	30,6	5,72	3,21	70	0,0265	115733	29,8	1,21	0,41
31	0,0516	199838	48,1	2,21	0,97	71	0,0502	84095	41,2	1,31	0,81
32	0,0607	196013	45,4	1,67	1,04	72	0,0402	125828	37,5	1,26	0,76
33	0,0166	509350	30,7	5,72	3,14	73	0,0166	510500	30,8	5,72	3,21
34	0,0543	193533	49,0	1,68	0,87	74	0,0436	245673	44,0	1,30	0,79
35	0,0452	144088	41,9	1,29	0,79	75	0,0570	174913	52,6	1,31	0,81
36	0,0163	493675	30,0	5,68	2,74	76	0,0164	498475	30,2	5,69	2,77
37	0,0164	505975	30,3	5,71	2,99	77	0,0368	293550	43,5	2,22	1,29
38	0,0164	506500	30,3	5,71	3,09	78	0,0431	1167958	39,1	1,23	0,70
39	0,0178	497100	31,4	5,10	2,43	79	0,0654	234265	55,7	1,66	0,85
40	0,0559	272775	51,9	1,59	0,83	80	0,0162	490675	29,7	5,67	2,56



3.2.3 Phân tích kết quả và thảo luận

Theo mô hình Kriging đã thiết lập, sơ đồ tương tác hai yếu tố được sử dụng để phân tích ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau đến hệ số ma sát của cặp ma sát lót xanh/xec măng, như trong hình 11.



Hình 11. Phân tích ảnh hưởng của tham số vi mô đối với hệ số ma sát

Từ hình 11, có thể thấy rằng khi hệ số ma sát trung bình được chọn làm hàm mục tiêu, thứ tự ảnh hưởng: Độ lệch > khoảng cách dọc trục > bán kính dài > bán kính ngắn > khoảng cách ngang > độ sâu; theo cách tương tự, khi lấy khả năng chịu tải hay tải trọng trung bình làm mục tiêu, thứ tự ảnh hưởng: Độ lệch > khoảng cách dọc trục > bán kính ngắn > bán kính dài > độ sâu > khoảng cách ngang; khi công suất ma sát trung bình được lấy làm mục tiêu, thứ tự ảnh hưởng: Độ lệch > bán kính dài > bán kính ngắn > khoảng cách dọc trục > khoảng cách ngang > độ sâu; khi lấy độ dày màng dầu trung bình làm mục tiêu, thứ tự ảnh hưởng: Độ lệch > khoảng cách dọc

trục > bán kính ngắn > bán kính dài > độ sâu > khoảng cách ngang; khi độ dày màng dầu mỏng nhất được lấy làm mục tiêu, thứ tự ảnh hưởng: Độ lệch > khoảng cách dọc trục > bán kính ngắn > độ sâu > bán kính dài > khoảng cách ngang.

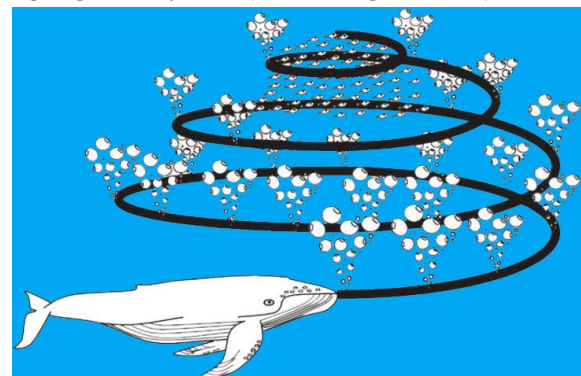
4 Thiết kế tối ưu hóa tham số kết cấu vi mô cặp ma sát lót xanh-xec măng

Thuật toán tối ưu WOA là phương pháp tìm kiếm thông minh do Seyedali Mirjalili và Andrew Lewis phát triển năm 2016, dựa trên hành vi xã hội và tập tính săn mồi của loài cá voi lưng gù.

4.1 Nguyên lý thuật toán tối ưu hóa cá voi

Năm 2016, Seyedali Mirjalili căn cứ vào quá trình săn mồi của cá voi lưng gù, đã đề xuất một thuật toán tối ưu hóa toàn cục cá voi (WOA) [22], và thể hiện hành vi săn mồi này bằng một phương pháp mô hình toán học bao vây con mồi, kiếm ăn bằng lưới bong bóng xoắn ốc và tìm kiếm con mồi (hình 9).

Các hành vi săn mồi của cá voi cũng là yếu tố chính trong giải thuật này, bao gồm: i) Theo dõi và tiếp cận con mồi; ii) Truy đuổi, bao vây và quấy nhiễu con mồi cho đến khi con mồi ngừng di chuyển; iii) Tấn công con mồi).



Hình 12. Sơ đồ săn mồi bằng lưới bong bóng xoắn ốc của cá voi lưng gù

a. Giai đoạn bao vây con mồi

Sau khi xác định được cá thể tìm kiếm tốt nhất, các cá thể khác sẽ cập nhật vị trí của mình theo cá thể tìm kiếm tốt nhất đó. Hành vi này được thể hiện bởi các biểu thức sau:

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)| \quad (29)$$

$$\vec{X}^*(t+1) = \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (30)$$

Trong đó:  $t$  – vòng lặp hiện tại;  $\vec{A}$ ,  $\vec{C}$  – các vector hệ số;  $\vec{X}^*(t)$  – vector vị trí tốt nhất đạt được;  $\vec{X}(t)$  là vector vị trí. Quan trọng ở đây là  $\vec{X}^*$  cần được cập nhật trong mỗi  $(t+1)$  lần lặp nếu có kết quả tối ưu hơn.

Vec tơ  $\vec{A}$  và  $\vec{C}$  được tính như sau:

$$\vec{A} = 2a\vec{r} - \vec{a} \quad (31)$$

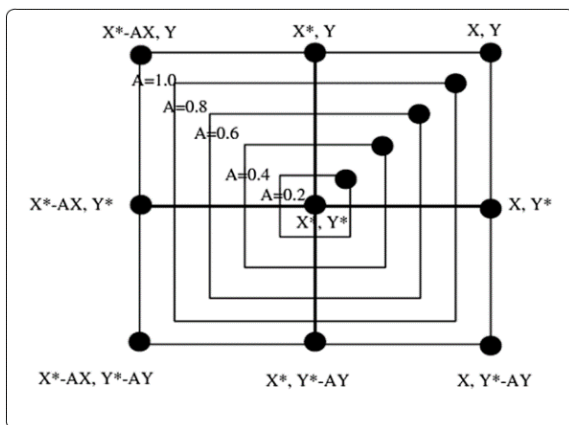
$$\vec{C} = 2\vec{r} \quad (32)$$

Trong đó:  $\vec{r}$  – vector ngẫu nhiên trong khoảng  $[0,1]$ ;  $\vec{a}$  – hệ số chỉ định có độ dài modul giảm tuyến tính từ 2 về 0 trong quá trình tính toán.

*b. Giai đoạn săn mồi*

Quá trình săn mồi của cá voi lưng gù được thể hiện bằng hai cơ chế chính:

- *Cơ chế thu hẹp vòng vây:* Hành vi này có thể đạt được bằng cách giảm giá trị của  $a$  trong phương trình (31). Giá trị của  $a$  giảm từ 2 xuống 0 trong quá trình lặp. Do đó,  $A$  sẽ nhận giá trị trong khoảng  $[-a; a]$ . Chính vì vậy, vị trí mới có thể được định nghĩa bất cứ nơi nào giữa vị trí ban đầu và các vị trí tốt nhất hiện tại.



Hình 13. Vị trí tối ưu trong không gian 2D [18]

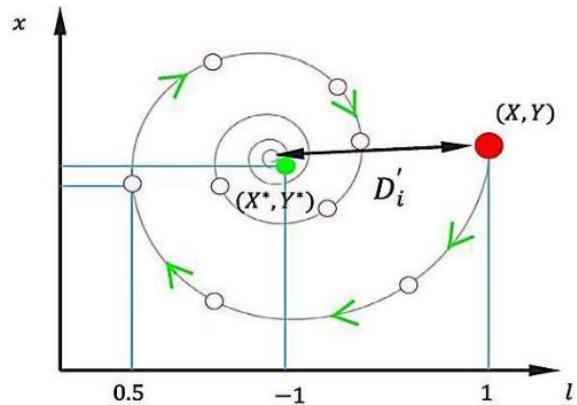
Cơ chế cập nhật vị trí theo hình xoắn ốc: Ngoài việc cập nhật vị trí so với con mồi theo

quỹ đạo hình tròn, cá voi lưng gù còn tiếp cận con mồi theo quỹ đạo hình xoắn ốc. Phương trình hình xoắn ốc như sau:

$$\vec{X}(t+1) = D' \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) \quad (33)$$

$$D' = |\vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)| \quad (34)$$

Trong đó:  $D'$  – chỉ ra khoảng cách của con cá voi thứ  $i$  tới con mồi;  $b$  – hằng số xác định hình dạng của đường xoắn ốc lô-ga-rít;  $l$  – số ngẫu nhiên nằm trong đoạn  $[-1, 1]$ .



Hình 14. Cập nhật vị trí theo hình xoắn ốc [15]

Giả định rằng có xác suất 50% cá voi lưng gù sẽ lựa chọn một trong hai cơ chế chuyển động trình bày ở các biểu thức (29), (30), (33), (34), ta có được:

Phương trình cập nhật vị trí của cá voi lưng gù:

$$\vec{X}(t+1) = \begin{cases} \vec{X}^*(t) - \vec{A}D & p \leq 0,5 \\ D' e^{bl} \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) & p > 0,5 \end{cases} \quad (35)$$

Với:  $p$  – số ngẫu nhiên nằm trong khoảng  $[0; 1]$

*c. Giai đoạn tấn công con mồi:*

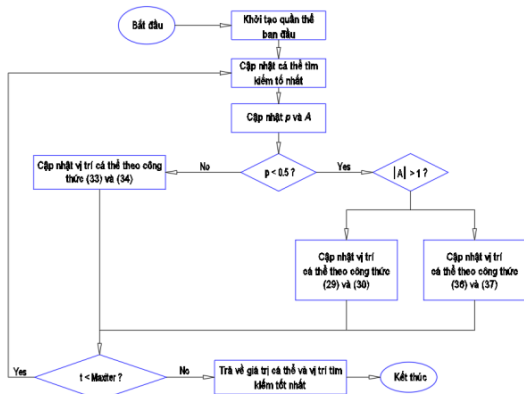
Khi tấn công con mồi, mô hình toán học được thể hiện như sau:

$$\vec{E} = |\vec{C} \vec{X}_{rand} - \vec{X}| \quad (36)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_{rand} - \vec{A} \vec{D} \quad (37)$$

Trong đó:  $\vec{X}_{rand}$  – vector ngẫu nhiên (cá voi ngẫu nhiên) trong quần thể.

4.2 Thiết lập mô hình tối ưu



Hình 15. Lưu đồ giải thuật của thuật toán tối ưu WOA

$$\max F(E) = \lambda'_1 \frac{F_h(E)}{F_{h0}} + \lambda'_2 \frac{F_N(E)}{F_{N0}} + \lambda'_3 \frac{F_{W0}}{F_W(E)} + \lambda'_4 \frac{F_{ha}(E)}{F_{ha0}} + \lambda'_5 \frac{F_{f0}}{F_f(E)}$$

$$S.T \left\{ \begin{array}{l} E = [E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6]^T \\ 10 \leq E_1 \leq 100 \\ 10 \leq E_2 \leq 100 \\ 0 \leq E_3 \leq 100 \\ 5 \leq E_4 \leq 30 \\ 30 \leq E_5 \leq 250 \\ 20 \leq E_6 \leq 280 \\ E_1 \geq E_2 \\ E_1 \geq 2E_3 \\ E_1 \leq 4E_4 \\ E_5 > 2E_1 \\ E_6 > 2E_2 \end{array} \right. \quad (38)$$

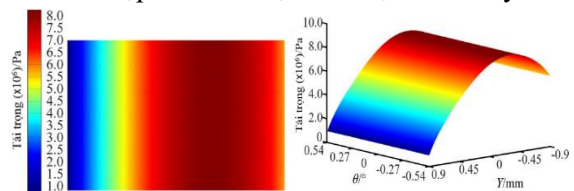
Trong đó:  $F_h(E)$  – độ dày màng dầu nhỏ nhất của cặp ma sát kết cấu vi mô,  $\mu\text{m}$ ;  $F_N(E)$  – khả năng chịu tải trung bình của cặp ma sát kết cấu vi mô, Pa;  $F_W(E)$  – công suất ma sát trung bình của cặp ma sát kết cấu vi mô, W;  $F_{ha}(E)$  – độ dày màng dầu trung bình của cặp ma sát kết cấu vi mô,  $\mu\text{m}$ ;  $F_f(E)$  – hệ số ma sát trung bình của cặp ma sát kết cấu vi mô,  $\mu\text{m}$ ;  $F_{h0}$  – độ dày màng dầu nhỏ nhất của cặp ma sát nguyên mẫu,  $\mu\text{m}$ ;  $F_{N0}$  – khả năng chịu tải trung bình của cặp ma sát nguyên mẫu, Pa;  $F_{W0}$  – công suất ma sát trung bình của cặp ma sát nguyên mẫu, W;  $F_{ha0}$  – độ dày màng dầu trung bình của cặp ma sát nguyên mẫu,  $\mu\text{m}$ ;

$F_{f0}$  – hệ số ma sát trung bình của cặp ma sát nguyên mẫu,  $\mu\text{m}$ ;  $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6$  – lần lượt là tham số kết cấu vi mô a, b, c, d, L1, L2);  $\lambda'_1, \lambda'_2, \lambda'_3, \lambda'_4, \lambda'_5$  – các hệ số trọng số, lần lượt chọn bằng 0,4; 0,2; 0,2; 0,1; 0,1.

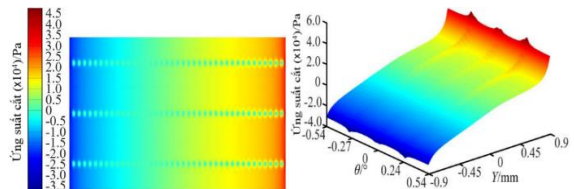
4.3 Kết quả và thảo luận

Mô hình toán học tối ưu hóa đã được thiết lập thông qua thuật toán tối ưu hóa cá voi, cuối cùng thu được tham số kết cấu vi mô EOOPT tối ưu: Bán kính dài 15,3  $\mu\text{m}$ ; bán kính ngắn 14,9  $\mu\text{m}$ ; độ lệch 6,5  $\mu\text{m}$ ; độ sâu 7,7  $\mu\text{m}$ ; khoảng cách L1 45,5  $\mu\text{m}$ ; và khoảng cách L2 261,2  $\mu\text{m}$ .

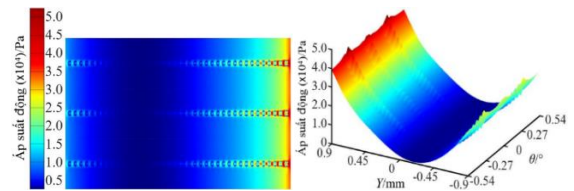
Căn cứ tham số tối ưu của kết cấu vi mô EOOPT, xây dựng lại mô hình trên SolidWorks và tiến hành phân tích mô phỏng trên Ansys Fluent, đưa kết quả phân tích để tính toán lực ma sát, hệ số ma sát, tải trọng và công suất ma sát. Khi màng dầu của cặp ma sát lót xilanh-xéc măng với kết cấu vi mô EOOPT tối ưu là nhỏ nhất, biểu đồ đám mây về khả năng chịu tải, ứng suất cắt và áp suất động bề mặt màng dầu bôi trơn của cặp ma sát được thể hiện dưới đây.



Hình 16. Biểu đồ tải trọng



Hình 17. Biểu đồ khả năng chịu tải



Hình 18. Biểu đồ áp suất động màng dầu mỏng nhất của cặp ma sát có kết cấu vi mô tối ưu

Từ các hình 16-18, có thể thấy rằng sự tồn tại của kết cấu vi mô có ảnh hưởng nổi bật hơn đối với ứng suất cắt và áp suất thủy động, nhưng không quá rõ rệt trong biểu đồ đám mây về khả năng chịu tải. Điều này chủ yếu do khả năng chịu tải là tổng hợp của áp suất thủy động và áp suất thủy tĩnh, mà giá trị áp suất tĩnh tương đối lớn, khiến cho hiệu ứng áp suất động của kết cấu vi mô không quá rõ ràng trong biểu đồ đám mây của khả năng chịu tải, nhưng khả năng chịu tải chính đã xuất hiện sự gia tăng.

Từ hình 17 cho thấy, so với cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng nguyên mẫu, mặc dù ứng suất cắt tăng nhanh ở một bộ phận kết cấu vi mô, nhưng ứng suất cắt giảm trong toàn bộ cặp ma sát. Từ hình 18, so với cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng nguyên mẫu, dầu bôi trơn chảy qua kết cấu vi mô để tạo ra hiệu ứng áp suất động mạnh hơn, điều này phù hợp với lý thuyết kết cấu vi mô làm tăng khả năng chịu lực cho màng dầu.

Thay dữ liệu từ các hình 16-18 vào các công thức (9)-(12) thu được: Hệ số ma sát trung bình 0,0166; tải trọng trung bình 514128 Pa; công suất ma sát trung bình 31,1 W; độ dày màng dầu trung bình 5,74  $\mu\text{m}$ ; và độ dày màng dầu mỏng nhất 3,43  $\mu\text{m}$  của cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng với kết cấu vi mô tối ưu ở góc quay 720°.

So sánh phân tích hệ số ma sát trung bình, tải trọng trung bình, công suất ma sát trung bình, độ dày màng dầu trung bình và độ dày màng dầu mỏng nhất thu được khi tiến hành mô phỏng nguyên mẫu, kết cấu vi mô không được tối ưu, kết cấu vi mô dự đoán và cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng với kết cấu vi mô tối ưu được thể hiện trong bảng 5. Để việc so sánh kết quả ở bảng 5 được trực quan hơn, xây dựng biểu đồ so sánh kết quả hoạt động của cặp ma sát như hình 19.

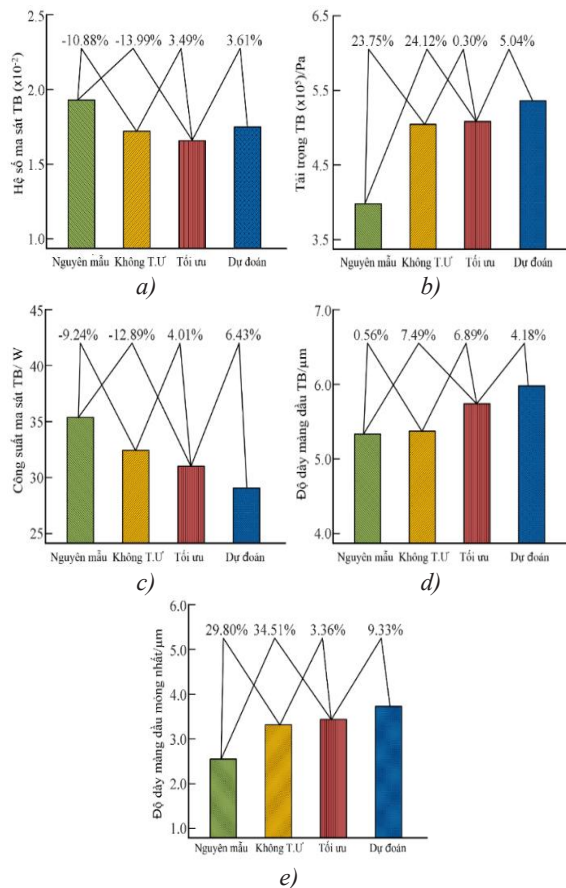
Có thể thấy từ bảng 5 và hình 19, so với cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng nguyên mẫu, hệ số ma sát trung bình của cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng với tham số kết cấu vi mô dạng parabol không đối xứng cửa mở hình elip không được tối

ưu và tham số kết cấu vi mô được tối ưu tương ứng giảm 10,88% và 13,99%, khả năng chịu tải trung bình tương ứng tăng 23,75% và 24,12%, công suất ma sát trung bình tương ứng giảm 9,24% và 12,89%, độ dày màng dầu trung bình tương ứng tăng 0,56% và 7,49%, độ dày màng dầu mỏng nhất tương ứng tăng 29,80% và 34,51%. So sánh với kết quả phân tích mô phỏng hiệu suất của cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng với tham số kết cấu vi mô tối ưu, sai số của mô hình tối ưu về hệ số ma sát trung bình, khả năng chịu tải trung bình, công suất ma sát trung bình, độ dày màng dầu trung bình và độ dày màng dầu mỏng nhất lần lượt là 3,61%, 5,04%, 6,43%, 4,18% và 9,33%.

So với tham số kết cấu vi mô chưa tối ưu, hệ số ma sát trung bình và công suất ma sát của cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng với kết cấu vi mô tối ưu lần lượt giảm 3,49% và 4,01%, đồng thời khả năng chịu tải trung bình, độ dày màng dầu trung bình và độ dày màng dầu mỏng nhất lần lượt tăng 0,30%, 6,89% và 3,63%. Nó không chỉ chứng minh hiệu quả của kết cấu vi mô trong việc cải thiện hiệu suất ma sát của cặp ma sát lót xi lanh-xéc măng, mà còn chứng minh tầm quan trọng của thiết kế tối ưu hóa để khai thác triệt để hiệu quả của kết cấu vi mô nhằm cải thiện hơn nữa các đặc tính bôi trơn của các cặp ma sát.

**Bảng 5. Bảng so sánh hiệu suất**

Các thông số	Cặp ma sát nguyên mẫu	Cặp ma sát kết cấu vi mô				
		Không tối ưu	Giá trị tối ưu nhất	Tỷ lệ tối ưu	Giá trị dự đoán	Sai số mô hình
Hệ số ma sát trung bình (% thay đổi)	0,0193	0,0172 (-10,88%)	0,0166 (-13,99%)	3,49%	0,0172	3,61%
Tải trọng trung bình (% thay đổi)	414205	512575 (+23,75%)	514128 (+24,12%)	0,30%	540033	5,04%
Công suất ma sát trung bình (% thay đổi)	35,7	32,4 (-9,24%)	31,1 (-12,89%)	4,01%	29,1	6,43%
Độ dày màng dầu trung bình (% thay đổi)	5,34	5,37 (+0,56%)	5,74 (7,49%)	6,89%	5,98	4,18%
Độ dày màng dầu mỏng nhất (% thay đổi)	2,55	3,31 (+29,80%)	3,43 (+34,51%)	3,63%	3,75	9,33%



Hình 19. Đồ thị so sánh tính năng cặp ma sát: a) Hệ số ma sát trung bình; b) Tải trọng trung bình; c) Công suất ma sát trung bình; d) Độ dày màng dầu trung bình; e) Độ dày màng dầu mỏng nhất

### 5 Kết luận

Thông qua mô hình tối ưu hóa đa mục tiêu dựa trên mô hình Kriging kết hợp với thuật toán tối ưu hóa cá voi WOA, thu được tham số kết cấu vi mô EOOPT bề mặt cặp ma sát lót xilanh-xéc măng tối ưu lần lượt: Bán kính dài 15,3 μm; bán kính ngắn 14,9 μm; độ lệch 6,5 μm; độ sâu 7,7 μm; khoảng cách trục ngang 45,5 μm; và khoảng cách trục dọc 261,2 μm;

So với cặp ma sát lót xilanh-xéc măng nguyên mẫu, hệ số ma sát trung bình của cặp ma sát lót xilanh-xéc măng không có kết cấu vi mô được tối ưu hóa và kết cấu vi mô tối ưu lần lượt giảm 10,88% và 13,99%; tải trọng trung bình lần lượt tăng 23,75% và 24,12%; công suất ma sát trung bình lần lượt giảm 9,24% và 12,89%; độ dày màng dầu trung bình lần lượt tăng 0,56% và 7,49%, độ dày màng dầu tối thiểu lần lượt tăng 29,80% và 34,51%.

Nghiên cứu không chỉ chứng minh hiệu quả của kết cấu vi mô nói chung và kết cấu vi mô dạng parabol không đối xứng của mở hình elip trong việc cải thiện hiệu suất ma sát của cặp ma sát lót xilanh-xéc măng, mà còn chứng minh tầm quan trọng của thiết kế tối ưu hóa để khai thác triệt để khả năng của kết cấu vi mô nhằm cải thiện hơn nữa đặc tính bôi trơn các cặp ma sát.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyễn Đăng Bình, Phan Quang Thế.** Ma sát, mòn và bôi trơn trong kỹ thuật. Tập 1, 2. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2006, 210 tr.
2. **Nguyễn Anh Tuấn, Bùi Văn Gòn.** Lý thuyết bôi trơn ướt. Tập 1, 2. NXB Xây dựng Hà Nội, 2006, 86 tr.
3. **Ezhilmaran V., et al.** Investigation on Generation of Laser Assisted Dimples on Piston Ring Surface and Influence of Dimple Parameters on Friction [J]. *Surface and Coatings Technology*, 335, 2018, PP. 314-326.
4. **Fiaschi G et al.** Tribological Response of Laser-Textured Steel Pins with Low-Dimensional Micrometric Patterns [J]. *Tribology International*, 149(5):105548, 2019.
5. **Mirjalili S, Lewis A.** The Whale Optimization Algorithm [J]. *Advances in Engineering Software*, 95(5), 2016, PP. 51-67.
6. **Le Van Loi, Xu Ping, Yu Ying Hua.** Research Status on Surface Texture in Lubrication and Friction Reduction of Tribological Systems. *Mining Industry Journal*, (5), 2022, PP. 40-48.

7. **Murat K. et al.** Friction And Wear Studies Between Cylinder Liner And Piston Ring Air Using Taguchi Design Method [J]. *Advances in Engineering Software*, 42(3): 59503, 2011.
8. **Tang Ling, He Pengfei, Ma Guozheng, et al.** Research Progress on Surface Performance Enhancement of Cylinder Liner-Piston Ring Friction Pair [J]. *Surface Technology*, 48(08), 2019, PP. 185-198.
9. **Tianchi Qin, Chiharu Tadokoro, Shinya Sasaki.** The Effects of Surface Texturing on Friction Performance under Reciprocating Sliding Condition [J]. *Key Engineering Materials*, 739, 2017, PP. 36-41.
10. **Venkateswara Babu P, Ismail Syed, Satish Ben Beera.** Influence of Positive Texturing on Friction and Wear Properties of Piston Ring-Cylinder Liner Tribo Pair Under Lubricated Conditions [J]. *Industrial Lubrication and Tribology*, 71(04), 2019, PP. 515-524.
11. **Jonathon K. Schuh, Randy H. Ewoltd.** Asymmetric Surface Textures Decrease Friction with Newtonian Fluids in Full Film Lubricated Sliding Contact [J]. *Tribology International*, 19, 2016, PP. 490 - 498.
12. **Ye Nianye, Mu Jianhua, Huang Zhongwen.** Comparative Experimental Study on Friction Power of Naturally Aspirated Gasoline Engine [J]. *Vehicle Engine*, (2), 2013, PP. 10-13.
13. **Lophaven S.N., Nielsen. H.B, Sondergaard J.** DACE-A Matlab Kriging Toolbox. *Technical University of Denmark*, 2002.
14. **温诗铸,黄平.**摩擦学原理[D].北京,清华大学出版社, 2008.
15. **于英华,杨帅彬,曹茂林,沈佳兴,阮文新.**滑动轴承表面椭圆偏置类抛物线微织构研究[J/OL]. *表面技术*, 051(009), 2022, 131-167.
16. **赵亚丽,张斯琪,鲁文茜,陈冲,魏莉.**基于多指标权重分析和正交设计法优选如意金黄散复方提取工艺[J]. *中国新药杂志*, 30(15), 2021, 1428-1434.
17. **童文俊,王明环,邱国志等.**摩擦副表面气膜屏蔽微细电解加工微织构及摩擦性能分析[J]. *中国机械工程*, 31(11), 2020, 1331-1336.
18. **佟德辉,尹必峰,徐波等.**缸套表面分区差异织构的润滑摩擦性能研究[J]. *内燃机学报*, 39(05), 2021, 451-458.
19. **徐阳阳,韩晓光,徐久军等.**激光表面织构微坑形貌及面积占有率对氮化气缸套摩擦学性能的影响[J]. *中国表面工程*, 34(04), 2021, 149-157.
20. **李岩霖,吉华,王天豪,李倩,冯东林.**基于 CFD 的均布圆形微孔活塞环数值分析[J]. *机械*, 46(06), 2019, 18-22.
21. **马旋.**表面织构参数对活塞/缸套摩擦副润滑行为的影响及优化方法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2018.
22. **Mirjalili. S, lewis. A.** The Whale Optimization Algorithm [J]. *Advances in Engineering Software*, 95(5), 2016, PP. 51-67.
23. **王洪涛,朱华.**圆柱形微凹坑排布形式对织构表面摩擦性能的影响[J]. *摩擦学学报*, 34(04), 2014, 414-419.

## NHẬN DIỆN, ĐÁNH GIÁ RỦI RO AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC ĐÁ VẬT LIỆU XÂY DỰNG CÔNG SUẤT NHỎ Ở VIỆT NAM

*TS. Đỗ Ngọc Hoàn – Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

*KS. Nguyễn Văn Dũng – Chi nhánh Mỏ tuyển đồng Sin Quyền Lào Cai - VIMICO*

*KS. Bùi Sỹ Trung – Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ Thái Nguyên*

**Tóm tắt:** Các mỏ khai thác đá vật liệu xây dựng (VLXD) phân bố rộng khắp trên lãnh thổ Việt Nam, chủ yếu cung cấp đá cho nhu cầu xây dựng của các địa phương. Các mỏ này có quy mô công suất nhỏ, công nghệ khai thác đơn giản và luôn tiềm ẩn các rủi ro mất an toàn lao động (ATLĐ). Nội dung nghiên cứu đưa ra quy trình nhận diện các mối nguy tiềm ẩn về ATLĐ trong hoạt động sản xuất trên các mỏ đá VLXD, đánh giá định tính, định lượng và cho điểm với các tiêu chí về tần suất rủi ro, mức độ nghiêm trọng, mức độ rủi ro, khả năng nhận biết rủi ro, mức độ tiềm ẩn rủi ro và quy ra bậc rủi ro để phân loại, đánh giá nguy cơ, từ đó có các biện pháp kiểm soát cụ thể. Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo đánh giá nhanh mức độ nguy hiểm, có hại của các nguy cơ mất ATLĐ tại các mỏ khai thác đá tại Việt Nam. Với quy trình nhận diện này, có thể phát triển thuật toán để tạo các vòng lặp giúp công tác kiểm soát ATLĐ được tốt hơn và nâng cao hiệu quả công tác an toàn.

**Từ khóa:** An toàn lao động, mối nguy, nhận diện, rủi ro lao động, vật liệu xây dựng, vệ sinh lao động.

### 1 Đặt vấn đề

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về ATLĐ trong khai thác mỏ nói chung và khai thác đá VLXD nói riêng, trong đó có các nghiên cứu về nguy cơ rủi ro ATLĐ trong hoạt động khai thác đá và thuật toán nghiên cứu hỗ trợ đánh giá rủi ro, xác định nguy cơ mất ATLĐ trong khai thác mỏ [8, 9]. Điển hình là các nghiên cứu về đánh giá rủi ro cũng như các tài liệu hướng dẫn về đánh giá rủi ro [7, 10, 13]. Ngoài ra, còn có một số tài liệu như sổ tay về đánh giá rủi ro trong mỏ, đối với các loại mỏ kim loại, lộ thiên và khai thác đá. Các tài liệu này chỉ dừng ở nghiên cứu đơn thuần về đánh giá nguy cơ, rủi ro mất ATLĐ từng công việc và vị trí làm việc mà chưa đưa ra quy trình nhận diện đánh giá tổng quan.

Năm 2014, tác giả Bùi Xuân Nam đã công bố giáo trình “An toàn và vệ sinh lao động trong ngành mỏ”, cung cấp kiến thức chuyên ngành và các kỹ thuật an toàn cần thiết liên quan tới các khâu công nghệ chính trong khai thác lộ thiên, khai thác hầm lò, tuyển khoáng, cơ điện, cơ khí mỏ Tại Việt Nam [1, 3]. Vấn đề đánh giá rủi ro ATLĐ và đề xuất áp dụng hệ thống quản lý phù hợp cũng như quản lý nhà nước về ATLĐ trong

các doanh nghiệp khai thác, chế biến đá VLXD ở Việt Nam cũng đã được nghiên cứu [5, 14].

Các mỏ đá VLXD tại Việt Nam thường có địa hình núi cao, diện tích khai thác nhỏ hẹp, thuộc điều kiện địa hình rất khó khai thác. Do giá trị của đá VLXD thông thường không cao, nhu cầu theo địa phương, phụ thuộc năng lực của chủ đầu tư nên các mỏ đá có quy mô sản xuất nhỏ, công suất thiết kế phổ biến 25.000÷100.000 m<sup>3</sup>/năm, công nghệ khai thác không được chú trọng đầu tư. Đặc biệt trong những năm gần đây bùng phát hoạt động khai thác, chế biến đá VLXD thông thường tại các địa phương trong cả nước, xuất hiện một số nhà đầu tư chỉ chú trọng đến lợi nhuận nên không tuân thủ đầy đủ các quy định, quy phạm an toàn trong khai thác mỏ. Hiện tượng khai thác theo lớp nghiêng cắt tầng nhỏ biến tướng thành khai thác lớp nghiêng khẩu suốt gần như đã trở thành phổ biến, hình thành những “máng” khai thác có độ dốc lớn để giảm chi phí làm toi đất đá khai thác xuôi theo mặt trượt của lớp đá. Việc khai thác này tiềm ẩn các rủi ro mất an toàn trong khai thác như sạt lở núi (vụ lở núi Lèn Cờ, Nghệ An; vụ lở đá khu D mỏ Trại Sơn, Hải Phòng...). Ngoài ra, còn có các tác

động của hoạt động nổ mìn tới môi trường xung quanh như đá bay, đá rơi, bụi.

Tuy đã có khá nhiều các nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam về đánh giá rủi ro và hệ thống quản lý ATLĐ trong lĩnh vực khai thác đá VLXD, nhưng chưa có đánh giá nào cho các mỏ có công suất trung bình và nhỏ khi áp dụng hệ thống khai thác khấu tự do như ở Việt Nam. Việc định lượng rủi ro ATLĐ cho từng khâu công nghệ, từng thiết bị, từng khu vực làm việc, kinh nghiệm và thái độ làm việc của người lao động (NLD)..., tất cả các yếu tố đó sẽ được tích hợp vào quy trình để nhận diện, đánh giá rủi ro để mang lại kết quả chính xác hơn.

**2 Hiện trạng khai thác các mỏ đá VLXD công suất nhỏ ở Việt Nam**

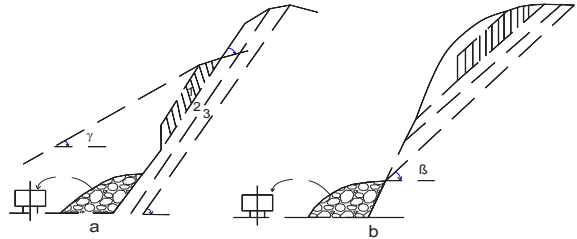
Chủ yếu các mỏ khai thác đá VLXD thông thường sử dụng phương pháp khai thác thủ công khấu theo lớp đứng, chuyển tải bằng nổ mìn (còn gọi là công nghệ khai thác khấu suốt hay khấu tự do). Theo công nghệ khai thác này, người ta dùng búa khoan cầm tay khoan các lỗ có đường kính nhỏ từ 34÷42 mm, nạp mìn vào lỗ khoan. Đá sau khi nổ mìn sẽ văng xuống sườn núi và tập trung dưới chân núi. Tại đây, dùng máy xúc thủy lực xúc đổ vào ô tô chở về trạm nghiền sàng để sản xuất đá các loại. Dung tích gàu của máy xúc thường  $E \leq 0,5 \text{ m}^3$  phối hợp với ô tô tải trọng 5÷7 tấn.



Hình 1. Áp dụng phương pháp khai thác “khấu tự do” tại một số mỏ đá:  
a) Mỏ Bù Hém; b) Khu khai thác bản Bành

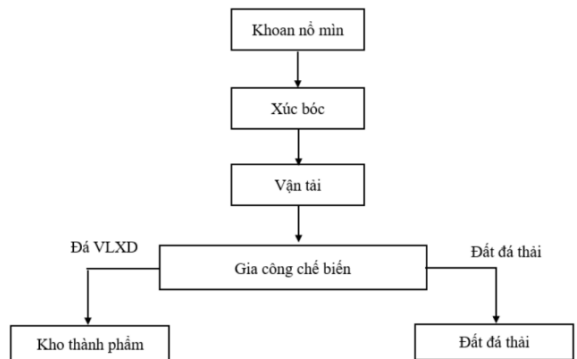
Các doanh nghiệp khai thác đá VLXD công suất nhỏ cũng chưa chú trọng huấn luyện kỹ thuật khai thác, trang bị các phương tiện, thiết bị bảo hộ lao động cho công nhân. Mặt khác, nhận

thức của bản thân NLD về vai trò công tác bảo hộ lao động, an toàn vệ sinh sản xuất, phòng chống tai nạn cho chính bản thân cũng còn hạn chế, không ít NLD đã bỏ qua các nguyên tắc an toàn, khoa học trong quá trình khai thác, miễn sao khai thác được nhiều sản phẩm để có được thu nhập cao.



Hình 2. Trình tự khai thác khoáng sàng kiểu sườn núi theo công nghệ khấu suốt:  
a) Khi  $\gamma \leq 40^\circ$ ; b) Khi  $\gamma > 40^\circ$ ;  
1, 2, 3 – trình tự khấu nối tiếp các lớp

Khai thác khoáng sàng kiểu sườn núi theo công nghệ khấu suốt được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam với mỏ có công suất dưới 100.000 m<sup>3</sup>/năm. Sơ đồ công nghệ khai thác thể hiện trong hình 3.



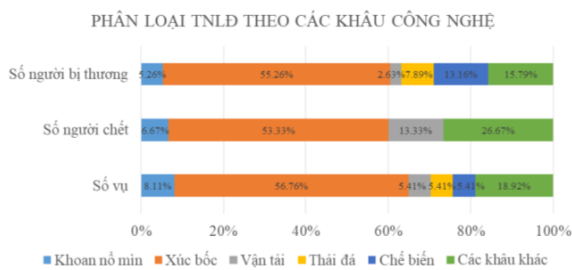
Hình 3. Sơ đồ công nghệ khai thác khấu theo lớp đứng chuyển tải bằng nổ mìn

- **Ưu điểm:** Công nghệ khai thác đơn giản, đầu tư không lớn, giá thành thấp, phù hợp với các doanh nghiệp có điều kiện tài chính hạn hẹp và diện khai thác đòi hỏi không lớn.

- **Nhược điểm:** Khai thác không an toàn, tiềm ẩn nhiều nguy cơ xảy ra mất ATLĐ trong quá trình khai thác, gây tổn thất, lãng phí tài nguyên lớn.



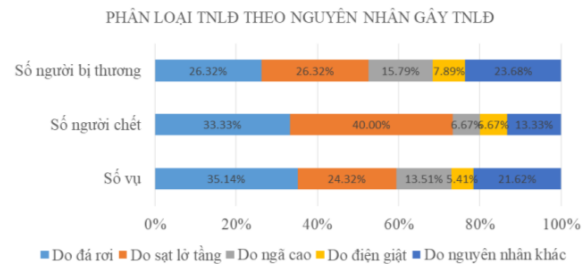
Những năm qua, tình hình tai nạn lao động (TNLĐ) nổi lên với tính chất ngày càng nghiêm trọng, ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Năm 2021, trên cả nước có 5.797 vụ TNLĐ làm 5.910 người bị nạn, trong đó: Số vụ TNLĐ chết người là 574 vụ; số người chết là 602 người; số người bị thương nặng là 1.226 người. Lĩnh vực khai thác mỏ, khai thác khoáng sản chiếm 13,27% tổng số vụ TNLĐ và 12,82% tổng số người chết [16]. Ngành khai thác khoáng sản được xếp là một trong 11 lĩnh vực nghề nghiệp có nguy cơ cao về mất ATLĐ, trong đó, hoạt động khai thác VLXD là lĩnh vực có quy mô khai thác nhỏ, công nghệ khai thác nhiều hạn chế, tiềm ẩn nhiều nguy cơ lại đang được tiến hành trên phạm vi cả nước. Theo thống kê trong lĩnh vực khai thác đá VLXD, trong năm 2021 có 52 vụ TNLĐ làm chết 49 người và bị thương 33 người. Để đánh giá mức độ mất an toàn theo từng khâu, cần phân loại TNLĐ theo các khâu công nghệ trong dây chuyền sản xuất: Khoan nổ mìn; xúc bốc; vận tải; thải đá; chế biến; và trong các khâu khác. Việc đánh giá được thực hiện theo phân loại dựa trên số liệu về TNLĐ trong giai đoạn 2015 - 2021, thể hiện trên hình 4 [1]. Nhìn vào biểu đồ, có thể thấy TNLĐ thường tập trung vào khâu xúc bốc với trên 50% số vụ, số người chết và bị thương. Các khâu có nguy cơ cao là khoan nổ mìn, vận tải, chế biến và các khâu phụ trợ khác.



Hình 4. Phân loại tai nạn theo các khâu công nghệ (Nguồn: Cục An toàn Lao động - Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội, 2022)

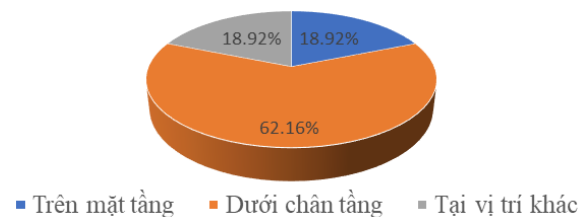
Theo nguyên nhân gây ra TNLĐ cũng là một cơ sở quan trọng để thực hiện đánh giá mức

độ nghiêm trọng về ATLĐ. Số vụ TNLĐ phân theo nhóm các nguyên nhân gây TNLĐ, thể hiện trong hình 5. Ta thấy, các nguyên nhân do đá rơi, sạt lở tầng và ngã cao là nhóm nguyên nhân hay xảy ra TNLĐ. Số người bị chết và bị thương cũng chủ yếu rơi vào nhóm nguyên nhân này.



Hình 5. Phân loại TNLĐ theo nguyên nhân gây tai nạn (Nguồn: Cục An toàn Lao động - Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội, 2022)

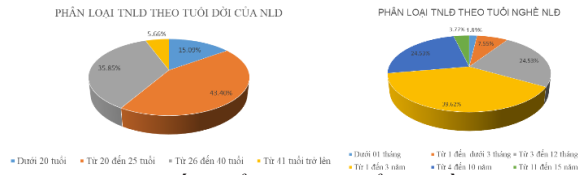
Khi tiến hành nhận diện rủi ro ATLĐ còn cần quan tâm về không gian lao động, vị trí lao động để phân loại và đi đến đánh giá chính xác vị trí nào thường xảy ra TNLĐ. Dựa vào số liệu thu thập từ 2015 - 2021, phân loại TNLĐ theo vị trí làm việc trên các mỏ khai thác thể hiện trong hình 6. Vị trí trên mặt tầng thường xảy ra các TNLĐ do ngã cao hoặc sự cố do công tác khoan nổ mìn, chiếm tỷ lệ không cao so với vị trí dưới chân tầng, bởi các hoạt động xúc bốc, vận tải thường diễn ra ở đây. Nhóm nguyên nhân gây ra phần lớn vụ TNLĐ do đá rơi, sạt lở tầng cũng tập trung ở vị trí làm việc này. 18,92% số vụ tai nạn xảy ra tại vị trí khác tương ứng với tai nạn do điện giật, hoặc các tai nạn trong khâu chế biến, thải đá, cơ khí...



Hình 6. Phân loại TNLĐ theo vị trí làm việc

Một nguyên nhân gây TNLĐ khác là do tính chủ quan và thiếu kinh nghiệm, tay nghề của NLĐ. Để đánh giá phân loại TNLĐ theo nguyên

nhân này, cần phân loại theo tuổi đời và tuổi nghề của NLD. Theo số liệu thống kê từ 2015 - 2021, cơ cấu tuổi đời và tuổi nghề của NLD hoạt động trên các mỏ đá VLXD ở Việt Nam được thể hiện trong hình 7.



Hình 7. Cơ cấu tuổi đời và tuổi nghề của NLD trên các mỏ đá VLXD

Nhìn vào sơ đồ cơ cấu tuổi đời và tuổi nghề của NLD, ta thấy: 43,4% NLD có tuổi đời từ 20-25 tuổi; 35,85% NLD có tuổi đời từ 26 – 40; số NLD có tuổi đời trên 40 chỉ chiếm 5,66%. Tương ứng với đó, đa phần NLD có tuổi nghề từ 1 - 3 năm, chiếm 39,62%; NLD có tuổi nghề 3 - 12 tháng chiếm 24,53%, tương đương với người có tuổi nghề từ 4 - 10 năm; số NLD có tay nghề và kinh nghiệm lâu năm chỉ chiếm tỷ lệ rất nhỏ 3,77%. Điều này được lý giải bởi hoạt động khai thác mỏ nhỏ lẻ, NLD là việc mang tính thời vụ, không gắn bó lâu dài; số NLD có sức khỏe để trụ lại với nghề là không nhiều do điều kiện lao động nặng nhọc và chứa đựng nhiều rủi ro về ATLD.

### 3 Xây dựng quy trình nhận diện, đánh giá và kiểm soát rủi ro ATLD trong hoạt động khai thác đá VLXD ở Việt Nam

#### 3.1 Phương pháp nhận diện các yếu tố nguy hiểm

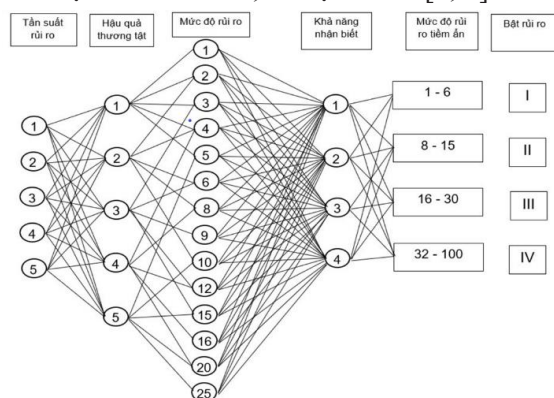
Nhận diện rủi ro ATLD được xác định thông qua phân tích các yếu tố về điều kiện làm việc, tay nghề của NLD, công tác quản lý khai thác mỏ... Nhận diện tốt nhất được kiểm tra thực tế nơi làm việc. Phương pháp sơ đồ xương cá (Fish Bone Diagram) hay còn gọi là sơ đồ Nguyên nhân - Kết quả là một công cụ dùng để phân tích những khó khăn nảy sinh, giúp tìm hiểu vấn đề một cách toàn diện và tìm ra các nguyên nhân tiềm ẩn của vấn đề. Xác định vấn đề có thể được tiến hành bằng việc trả lời các

câu hỏi: Ai? làm việc gì? khi nào? ở đâu? tại sao? và làm thế nào? Viết vấn đề vào ô bên trái, ở giữa tờ giấy, sau đó kẻ một đường ngang chia tờ giấy làm hai phần – đây chính là phần đầu và xương sống của sơ đồ xương cá. Xác định nhóm nguyên nhân chính, ứng với mỗi nguyên nhân vẽ một nhánh xương sườn vào sơ đồ. Thường nhóm nguyên nhân chính gồm: Con người; máy móc thiết bị; nguyên vật liệu; môi trường; hệ thống chính sách; thông tin; đo lường...

Ngoài ra, việc nhận diện rủi ro còn được tiến hành bằng cách khảo sát NLD, kiểm tra thực tế nơi làm việc, xem xét hồ sơ, tài liệu về ATLD: Biên bản điều tra tai nạn lao động; sự cố kỹ thuật gây mất ATLD; số liệu quan trắc môi trường lao động; kết quả khám sức khỏe định kỳ; các biên bản tự kiểm tra của doanh nghiệp, biên bản thanh tra, kiểm tra về ATLD.

#### 3.2 Phương pháp đánh giá rủi ro

Đánh giá rủi ro được tiến hành lượng hóa bằng phương pháp đánh giá cho điểm dựa vào các tiêu chí: Tần suất rủi ro; mức độ nghiêm trọng; mức độ rủi ro; khả năng nhận biết rủi ro; mức độ tiềm ẩn rủi ro; và bậc rủi ro [1, 9].



Hình 9. Phân loại đánh giá rủi ro ATLD bằng ma trận nhận diện cho điểm

Đánh giá rủi ro ATLD bằng ma trận nhận diện cho điểm sẽ xác định mức độ tiềm ẩn rủi ro theo 100 mức khác nhau, từ đó phân loại thành 04 bậc rủi ro tương ứng. Bậc I – mức độ rủi ro có thể chấp nhận được; bậc II – mức độ rủi ro vừa phải; bậc III – mức độ rủi ro cao; và bậc IV –

mức độ rủi ro không chấp nhận được [1, 9].

**3.3 Đánh giá rủi ro ATLĐ trong hoạt động khai thác đá VLXD**

Trong khai thác đá lộ thiên, các rủi ro về tai nạn lao động tiềm ẩn trong tất cả các khâu công nghệ, quy trình sản xuất. Các khâu công nghệ chính là: Khoan nổ mìn; xúc bốc; vận tải; thải đá; và các khâu phụ trợ khác, như: Thoát nước; sửa chữa... Do vậy, để đánh giá rủi ro, cần chia các khâu công nghệ chính thành các công đoạn nhỏ hơn theo trật tự trước – sau; cần đặt ra một số câu hỏi trong quá trình phân tích, xác định mối nguy hiểm theo từng công nghệ áp dụng, các điều kiện liên quan đến quá trình sản xuất, sự cố khác nhau có thể xảy ra và tác hại của nó... Căn cứ vào cơ sở dữ liệu tai nạn được tổng hợp từ các mỏ có điều kiện tương tự và những sự cố đã xảy ra trong mỏ trong thời gian xác định, lập bảng ma trận rủi ro để xác định mức độ rủi ro và các biện pháp kiểm soát rủi ro trong mỏ lộ thiên.

**Bảng 1. Ma trận đánh giá rủi ro và biện pháp kiểm soát ATVSLĐ trong khai thác đá**

Khâu công nghệ	Công đoạn	Các nguy cơ	Tần suất rủi ro	Mức độ nghiêm trọng	Mức độ rủi ro	Khả năng nhận biết rủi ro	Mức độ tiềm ẩn rủi ro	Bậc rủi ro
Khoan nổ mìn	Kiểm tra máy khoan	Điện giật	1	4	4	3	12	II
		Trượt ngã	1	3	3	2	6	I
		Rơi ty, sập cần khoan	1	3	3	4	12	II
		Lật máy khoan	1	4	4	3	12	II
	Khoan lỗ mìn	Điện giật	1	4	4	3	12	II
		Ngã cao	1	5	5	4	20	III
		Rơi ty	1	3	3	4	12	II
		Kẹt chông	3	1	3	3	9	II
		Đá lở	2	5	10	4	40	IV
		Lật máy	1	4	4	4	16	III
		Bụi	5	2	10	1	10	II
		Tiếng ồn	5	1	5	1	5	I
		Rung động	5	1	5	1	5	I
		Nạp nổ mìn	Kíp, thuốc mìn nổ trong khi nạp	2	5	10	4	40
	Đá rơi, đá bay		2	3	6	4	24	III
	Sóng đập không khí		4	1	4	2	8	II
	Mìn cảm		1	5	5	4	20	III

Khâu công nghệ	Công đoạn	Các nguy cơ	Tần suất rủi ro	Mức độ nghiêm trọng	Mức độ rủi ro	Khả năng nhận biết rủi ro	Mức độ tiềm ẩn rủi ro	Bậc rủi ro	
		Đá lở	3	4	12	3	36	IV	
		Hơi khí độc	4	3	12	1	12	II	
		Sóng chấn động	5	1	5	3	15	II	
Xúc bốc	Xúc	Sụt lở đất đá	3	5	15	4	60	IV	
		Lật máy	2	4	8	4	32	III	
		Va chạm thiết bị	2	1	2	3	6	II	
		Bụi	5	1	5	2	10	II	
		Tiếng ồn	5	1	5	2	10	II	
		Rung động	5	1	5	1	5	I	
	Quay gầu	Sụt lở đất đá	3	5	15	4	60	IV	
		Va chạm với người	1	3	3	3	9	II	
		Va chạm với thiết bị	2	1	2	3	6	II	
	Đã rơi, đá văng	Đã rơi, đá văng	2	3	6	4	24	III	
		Sụt lở đất đá	3	5	15	4	60	IV	
		Va chạm với thiết bị	1	1	1	1	1	I	
	Dỡ tải	Đã rơi, đá văng	3	4	12	4	48	IV	
		Tư thế làm việc	4	1	4	3	12	II	
		Trượt ngã	1	5	5	4	20	III	
	Di chuyển	Va chạm với thiết bị	1	1	1	1	1	I	
		Lật máy	1	4	4	2	8	II	
		Trượt ngã	5	2	10	1	10	II	
	Vận tải, thải đá	Kiểm tra	Trôi xe	2	3	6	4	24	III
			Sập ben	3	1	3	4	12	II
			Va chạm thiết bị	1	2	2	3	6	I
			Va chạm với máy xúc	1	2	2	4	8	II
		Nhận tải	Trượt lở, đá rơi	3	5	15	3	45	IV
			Sập gầu xúc	1	1	1	4	4	I
Di chuyển		Cháy thiết bị	1	4	4	4	16	III	
		Mắt kiểm soát	2	5	10	4	40	IV	
		Mắt phanh	2	5	10	4	40	IV	
		Va chạm thiết bị	2	3	6	4	24	III	
		Lật xe	1	4	4	4	16	III	
		Trượt lở, đá rơi	3	3	9	3	27	III	
Dỡ tải	Va chạm thiết bị	2	2	4	4	16	III		
	Lật xe	5	1	5	4	20	III		
Chế biến	Nghien sàng	Cuốn, kẹp	2	3	6	3	18	III	
		Ngã cao	2	3	6	2	12	II	
		Điện giật	3	5	15	2	30	III	
		Bụi	5	2	10	1	10	II	
		Rung động	5	1	5	1	5	I	
		Tiếng ồn	5	3	15	1	15	II	

Khâu công nghệ	Công đoạn	Các nguy cơ	Tần suất rủi ro	Mức độ nghiêm trọng	Mức độ rủi ro	Khả năng nhận biết rủi ro	Mức độ tiềm ẩn rủi ro	Bậc rủi ro
Các khâu phụ trợ khác	Tiêu thụ	Va chạm thiết bị	2	1	2	4	8	II
		Bụi	5	1	5	1	5	I
		Tai nạn giao thông	2	2	4	3	12	II
	xưởng cơ khí	Cháy nổ	2	5	10	4	40	IV
		Vấp ngã	5	1	5	2	10	II
		Vật rơi	3	4	12	2	24	III
		Văng bắn	3	2	6	2	12	II
		Điện giật	2	4	8	3	24	III
	Kho chứa	Cháy nổ tại kho nhiên liệu	1	5	5	4	20	III
		Trượt ngã tại kho nhiên liệu, dầu mỡ phụ	2	3	6	2	12	II
		Cháy nổ tại kho vật liệu nổ	1	5	5	4	20	III
	Khu vực bếp ăn	Cháy nổ	2	3	6	3	18	III
		Trượt ngã	5	1	5	1	5	I
		Bóng nhiệt	5	1	5	2	10	II
		Ngộ độc thực phẩm	5	1	5	2	10	II

Từ bảng 1 ta thấy, tương ứng với 05 khâu công nghệ và 16 công đoạn sản xuất trên các mỏ được đánh giá, với rất nhiều nguy cơ gây mất ATLĐ thì có 11 nguy cơ được đánh giá ở mức độ rủi ro bậc IV, 21 nguy cơ được đánh giá tương ứng với bậc III, 30 nguy cơ tương ứng bậc II và 11 nguy cơ tương ứng bậc I. Các nguy

cơ cao rơi vào sạt lở, đá rơi, cháy nổ, mất kiểm soát khi vận hành thiết bị. Từ những đánh giá này, có thể đề xuất các biện pháp kiểm soát rủi ro tương ứng với các mức độ rủi ro.

#### 4 Kết luận

Đề nâng cao hiệu quả công tác quản lý về ATVSLĐ cho các mỏ khai thác đá VLXD quy mô nhỏ, một quy trình nhận diện, đánh giá rủi ro và kiểm soát ATVSLĐ là rất cần thiết. Quy trình đã nhận diện các mối nguy dựa trên cơ sở phân tích tài liệu công tác khai thác mỏ, khảo sát điều kiện lao động thực tế, từ đó đưa ra phương pháp định tính và định lượng để đánh giá rủi ro và phân loại chúng theo các nhóm nguy cơ và mức độ khác nhau. Sau khi các nguy cơ được nhận diện đánh giá, chúng được kiểm soát bằng các biện pháp cụ thể và được kiểm nghiệm qua thực tế sản xuất cũng như lấy ý kiến của NLĐ trước khi được phê duyệt và ban hành áp dụng, giúp các doanh nghiệp giảm thiểu được các TNLĐ và bệnh nghề nghiệp cho NLĐ. Ngoài ra, quy trình nhận diện này cũng mở ra một hướng phát triển xây dựng các thuật toán để tạo các vòng lặp kiểm tra tính chính xác của quy trình cũng như có thể đánh giá tác động thứ cấp mà các yếu tố có hại gây ra cho NLĐ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1 **Đỗ Ngọc Hoàn.** Rủi ro an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động vận tải tại các mỏ khai thác đá. Hà Nội: Tạp chí An toàn vệ sinh lao động, ISBN 2615-9082, số 317 (12/2021), tr.16-19.
- 2 **Đào Phú Cường, Đinh Xuân Ngôn, Nguyễn Duy Bảo.** Điều kiện lao động tại một số cơ sở khai thác mỏ ở Miền Bắc Việt Nam. Hà Nội: Tạp chí Y học dự phòng, ISBN 0868-2836, Số 11(184), 2016, tr. 58.
- 3 **Bùi Xuân Nam và nnk.** An toàn và vệ sinh lao động trong ngành Mỏ. Hà Nội: NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 2014.
- 4 **Viện Khoa học An toàn và Vệ sinh lao động.** Nghiên cứu đánh giá rủi ro an toàn, vệ sinh lao động và đề xuất áp dụng hệ thống quản lý phù hợp ở các cơ sở khai thác và chế biến đá. Đề tài CTTĐ 2018/02/TLĐ.
- 5 **Hà Tất Thắng.** Quản lý nhà nước về an toàn vệ sinh lao động trong các doanh nghiệp khai thác đá xây dựng ở Việt Nam. Đề tài CTTĐ 2018/02/TLĐ.
- 6 **Nguyễn Anh Thơ.** Nghiên cứu giải pháp giảm thiểu nguy cơ mất an toàn, vệ sinh lao động tại các mỏ đá khu vực Bắc Trung bộ. Luận án tiến sĩ, 2020.

- 7 **EU-OSHA.** Occupational Safety and Health Risk Assessment Methodologies. [https://oshwiki.eu/wiki/Occupational\\_safety\\_and\\_health\\_risk\\_assessment\\_methodologies](https://oshwiki.eu/wiki/Occupational_safety_and_health_risk_assessment_methodologies).
- 8 **Hermanus M.A.** Occupational Health and Safety in Mining - Status, New Developments and Concerns. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 107, 2007, PP. 531-538.*
- 9 **Wanjiku M.W.** Occupational Health and Safety Hazards Associated with Quarrying Activities: A Case of Mutonga Quarry, Meru County, Kenya. *Thesis for Master Degree at Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Kenya, 2015.*
- 10 **Минздрав России.** Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. *Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки, Руководство Р 2.2.1766-03, Минздрав России, Москва 2004 г., 21 с.*
- 11 **Минтруда России.** Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению. *Приказ №33н от 24 января 2014 г. об утверждении методики, Минтруда России, Москва, 2014.*
- 12 **Фомин С.И., Trần Đình Bảo, Đỗ Ngọc Hoàng.** Определение параметров берм безопасности для горнотехнических условий карьеров Вьетнама. *Горный информационно-аналитический бюллетень, 4, 7, 2019, С. 345-359.*
- 13 **The University of Queensland.** Occupational Health and Safety Risk Assessment and Management Guideline. *Guidebook of the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2007.*
- 14 **Nguyễn Thắng Lợi và nnk.** Nghiên cứu đánh giá rủi ro an toàn, vệ sinh lao động và đề xuất áp dụng hệ thống quản lý phù hợp ở các cơ sở khai thác và chế biến đá. *Đề tài CTTĐ 2018/02/TLĐ, Viện khoa học ATVSLĐ, 2019.*
- 15 Fishbone Diagram: Solving Problems Properly. *IONOS Startupguide. Retrieved 2021-12-23.*
- 16 **Bộ Lao động - Thương binh xã hội.** Thông báo tình hình tai nạn lao động năm 2021. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Lao-dong-Tien-luong/Thong-bao-843-TB-LDTBXH-2022-tinh-hinh-tai-nan-lao-dong-2021-507584.aspx>, 2022.

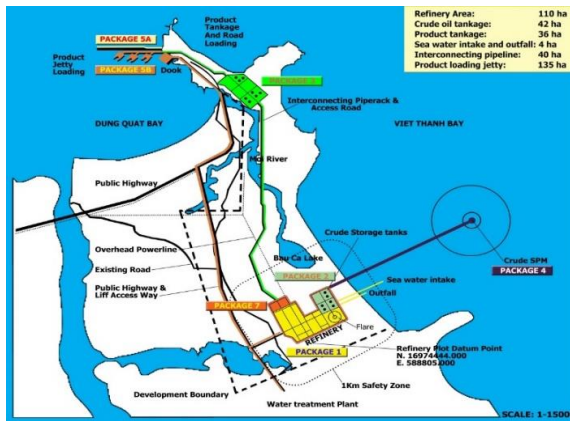
## KẾT QUẢ THỰC HIỆN NHIỆM VỤ TƯ VẤN "NGHIÊN CỨU THỬ NGHIỆM ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BIẾN TẦN TẠI NHÀ MÁY LỌC DẦU DUNG QUẤT"

*ThS. Hoàng Mạnh Thắng, ThS. Phạm Văn Hiếu, KS. Lê Quang Tuấn*  
*Viện Cơ khí năng lượng và Mỏ - Vinacomin*  
*KS. Doãn Phi Hùng – Công ty Cổ phần Thiết bị và Công nghiệp HQC*  
*KS. Lương Văn Hân – Công ty TNHH Fuji Electric Việt Nam*

**Tóm tắt:** Căn cứ Hợp đồng số 771-2020/HĐ/BSR-HQC-FEV-IEMM ký ngày 19/11/2020 giữa Công ty Cổ phần Lọc hóa dầu Bình Sơn và Liên danh nhà thầu Công ty Cổ phần Thiết bị và Công nghiệp HQC, Công ty TNHH Fuji Electric Việt Nam và Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin, Trung tâm Tự động hóa và Công nghệ thông tin là đầu mối chính của Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin đã thực hiện công việc tính toán các điều kiện khi áp dụng biến tần trong thực tế (ngắn mạch, ổn định, khởi động, HVAC...), mô phỏng, tính toán tiết kiệm năng lượng, lập báo cáo tổng kết cho Nhà máy Lọc dầu Dung Quất theo phạm vi thỏa thuận liên danh. Kết quả báo cáo đề xuất ứng dụng biến tần cho bơm PM-5207A 600 kW/6 kV và lựa chọn tính toán 05 phụ tải có tiềm năng tiết kiệm năng lượng cao là PM-3301, PM-3401, PM-5103, PM-5204, PM-5201. Với biến tần lắp đặt cho bơm PM-5207A đem lại lượng tiết kiệm điện năng 1.398.215 kWh/năm, thời gian hoàn vốn với đơn giá điện năng phát từ nhà máy là 0,82 năm. Tháng 5/2022, Liên danh nhà thầu đã thực hiện báo cáo và nghiệm thu kết quả tại Công ty Cổ phần Lọc hóa dầu Bình Sơn.

**Từ khóa:** Biến tần, Nhà máy lọc dầu Dung Quất, tiết kiệm năng lượng.

### 1 Khảo sát, đánh giá xác định tiềm năng tiết kiệm năng lượng



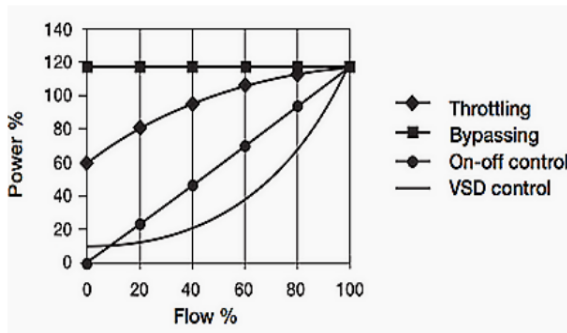
Hình 1. Sơ đồ mặt bằng NMLD Dung Quất

Nhà máy lọc dầu Dung Quất (NMLD) có địa điểm tại Khu kinh tế Dung Quất, huyện Bình Sơn, tỉnh Quảng Ngãi, với công suất chế biến 6,5 triệu tấn dầu thô/năm. Các sản phẩm chính của Nhà máy gồm: Khí hóa lỏng LPG; xăng RON 92/A95; xăng E5/10; dầu hỏa; xăng máy bay;

dầu DO... Hàng năm, NMLD Dung Quất sản xuất khoảng trên 6,2 triệu tấn sản phẩm các loại và đáp ứng khoảng 30% nhu cầu năng lượng của Việt Nam. Nhà máy có 15 phân xưởng công nghệ và 10 phân xưởng phụ trợ, theo thống kê trung bình 5 năm gần đây Nhà máy tiêu thụ 76.500 TOE/năm (TOE – Tấn dầu quy đổi).

Nhằm phục vụ sản xuất, Nhà máy sử dụng 111 động cơ không đồng bộ, công suất từ 150÷4500 kW, điện áp 6,6 kV, là đối tượng đánh giá theo yêu cầu nhiệm vụ. Chia theo chức năng có 11 động cơ quạt, 16 động cơ máy nén và 84 động cơ bơm. Đặc điểm hoạt động của các động cơ khảo sát: Các động cơ đang sử dụng công tắc tơ trung thế cấp điện động lực; công suất lắp đặt của bơm lớn hơn nhiều so với công suất thực tế cần sử dụng nên buộc phải vận hành ở chế độ giảm lưu lượng đầu ra của bơm bằng cách tuần hoàn dòng công nghệ từ đầu ra trở lại đầu hút, điều này gây thất thoát lãng phí năng lượng.

Chế độ giảm lưu lượng bằng cách tuần hoàn dòng công nghệ là một trong các biện pháp kiểm soát dòng lưu lượng thường thấy, có các phương pháp điều khiển lưu lượng bơm được sử dụng như: Điều tiết (Throttling); tái tuần hoàn (Bypassing); điều khiển bật tắt (On-Off Control); và điều khiển VSD. Mô tả sự tiêu thụ điện năng của các phương pháp điều khiển trên theo lưu lượng như hình 2.



Hình 2. Tiêu thụ điện năng với các phương pháp điều khiển bơm khác nhau theo lưu lượng

Hình 2 cho thấy, phương pháp điều khiển tốc độ biến tần cho hiệu quả về mặt năng lượng nhất để điều khiển tối ưu hiệu suất bơm, trong khi với phương pháp tái tuần hoàn thì công suất bơm gần như không đổi theo các mức lưu lượng.

Theo yêu cầu của nhiệm vụ đề ra, cần lựa chọn một trong các động cơ PM-5201 A/B/C (Mogas 95), PM-5204 A/B/C (Mogas 92), PM-5207 A/B/C (ADO) thực hiện thiết kế, lắp đặt chạy thử một biến tần trung thế. Kết quả tính toán đã lựa chọn PM-5207A để lắp đặt biến tần. Cũng từ kết quả tính toán cho 111 động cơ đã đánh giá và lựa chọn được 05 phụ tải có tiềm năng tiết kiệm năng lượng cao, đó là PM-5201 (Bơm nạp MOGAS 95/5560 kW), PM-5204 (Bơm nạp MOGAS 92/600 kW), PM-3301 (Bơm tuần hoàn nước làm mát/1000 kW), PM-3401 (Bơm cấp nước biển/2100 kW) và PM-5103 (Bơm cấp RFCC/225 kW). Lượng điện năng tiết kiệm của 05 phụ tải (khi chưa trừ tiêu thụ của điều hòa HVAC) được cho trong bảng 1.

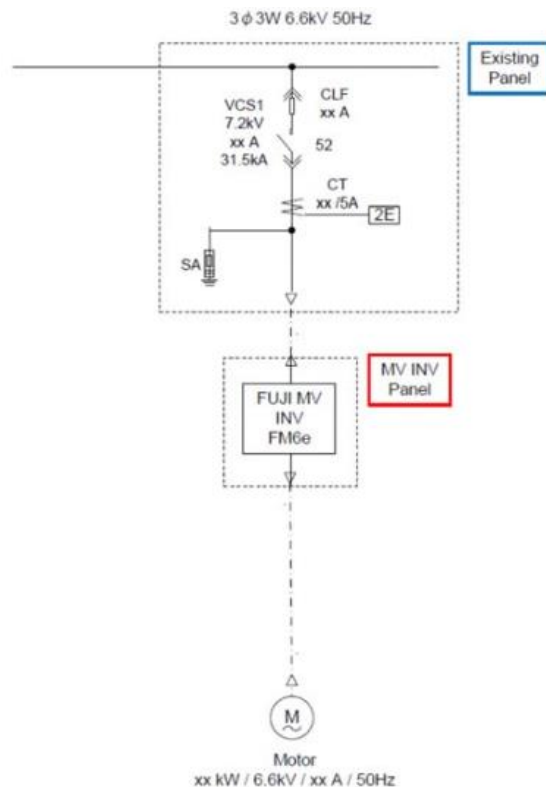
Bảng 1

TT	Thiết bị	$P_{dm}$ (kW)	Tiềm năng tiết kiệm điện năng (kWh/năm)
1	PM-3401	2.100	1.239.611
2	PM-5103	225	1.034.775
3	PM-3301	1.000	790.158
4	PM-5201	560	440.893
5	PM-5204	600	278.775

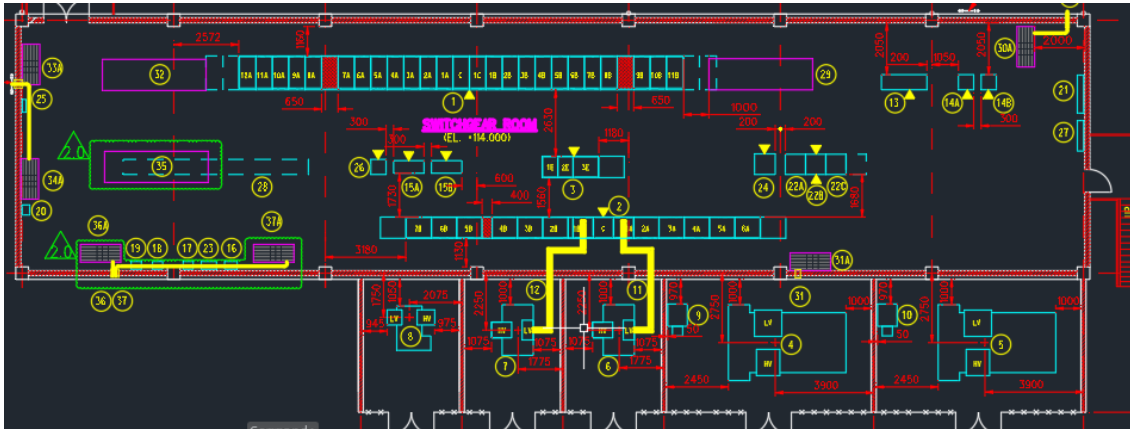
## 2 Tính toán, mô phỏng, thiết kế bản vẽ thi công cho 05 phụ tải

### 2.1 Thiết kế phần động lực và xây dựng

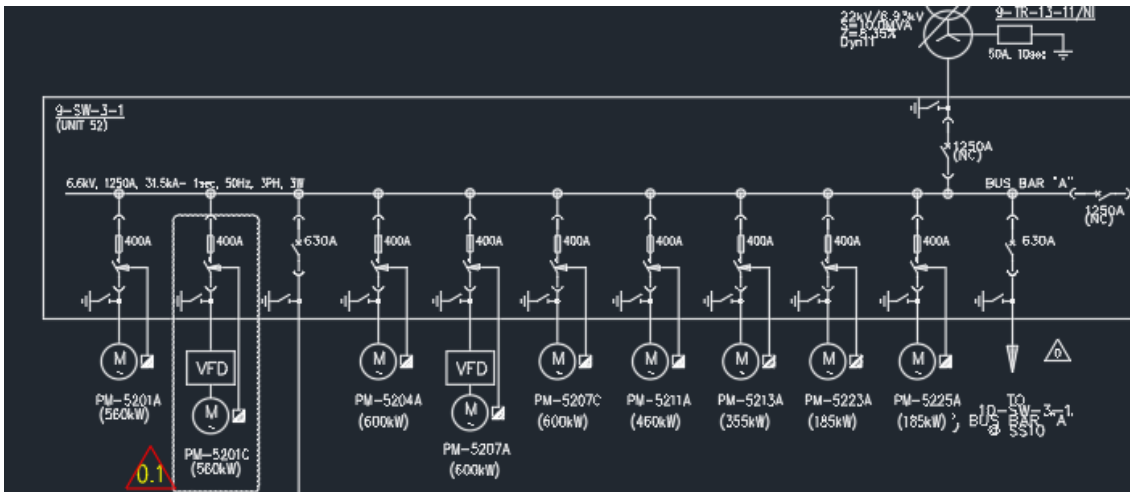
Các phụ tải có cùng cấp điện áp 6,6 kV nên sơ đồ động lực có nguyên lý giống nhau, chỉ khác về vị trí lắp đặt. Có 04 vị trí lắp đặt: Tại trạm 9-SW-3-1 lắp cho bơm PM-5201, PM-5204; tại trạm 01-SW-3-1 lắp cho bơm PM-3301; tại trạm 11-SW-3-1 lắp cho bơm PM-3401; tại trạm 04-SW-3-1 lắp cho bơm PM-5103. Mô tả điển hình 01 phụ tải PM-5201:



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý kết nối phần động lực cho biến tần

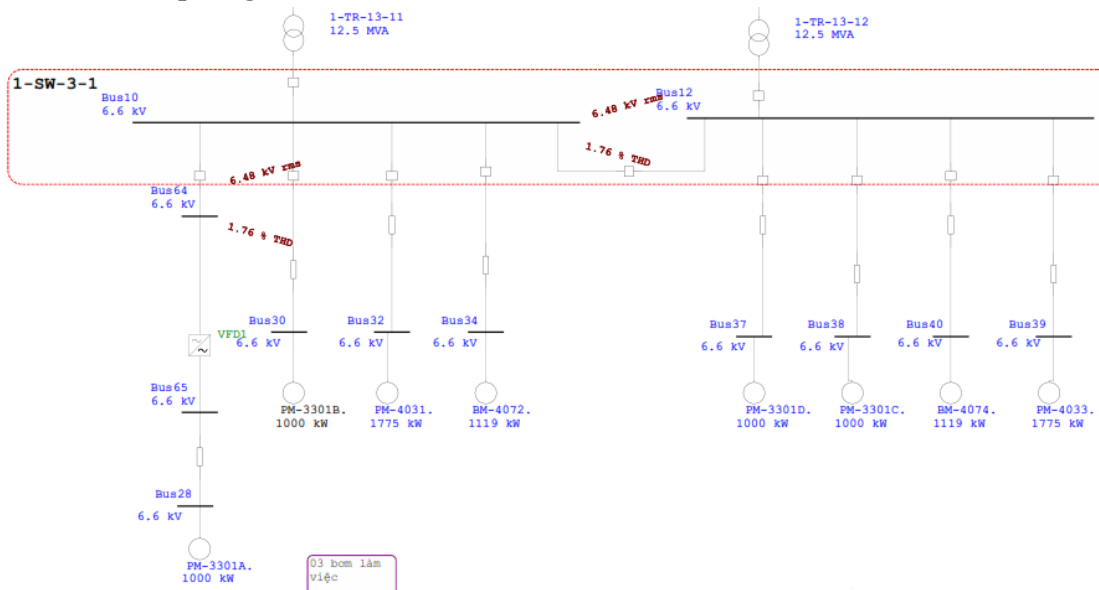


Hình 4. Sơ đồ mặt bằng lắp đặt biến tần PM-5201, PM-5204



Hình 5. Sơ đồ động lực biến tần bơm PM-5201

## 2.2 Tính toán mô phỏng



Hình 6. Kết quả đánh giá sóng hài cho bơm PM-3301 sử dụng phần mềm ETAP



Sử dụng phần mềm ETAP để tính toán mô phỏng. Kết quả tính toán mô phỏng khi áp dụng biến tần cho 05 phụ tải tiềm năng nhằm mục đích chính định rõ le bảo vệ cho phụ tải và khẳng định việc lắp đặt biến tần sẽ không ảnh hưởng tới kết cấu của mạng điện hiện tại. Thành phần sóng hài khi có biến tần không quá lớn, tại các vị trí lắp biến tần, sóng hài điện áp < 2,7% và sóng hài dòng điện < 5,7%.

**2.3 Tính toán HVAC cần bổ xung**

Tính toán yêu cầu công suất bổ sung HVAC theo phương thức tính toán thực tế, khi sử dụng biến tần cần duy trì nhiệt độ 35-38 °C để nâng cao tuổi thọ hoạt động của thiết bị. Phương án phổ biến nhất là sử dụng điều hòa nhiệt độ để làm mát. Công suất điều hòa lựa chọn được tính toán phù hợp với lượng phát nhiệt từ biến tần. Kết quả tính toán được cho trong bảng 2.

**Bảng 2**

TT	Thiết bị	Số lượng (máy)	Công suất (Btu)	Công suất điện tiêu thụ (kW)	Điện năng tiêu thụ của HVAC (kWh/năm)
1	PM-3401	2	150.000	17,23	171.473
2	PM-5103	1	36.000	3,64	23.915
3	PM-3301	1	150.000	17,23	96.557
4	PM-5201	2	48.000	5,51	20.663
5	PM-5204	2	48.000	5,51	19.505

**2.4 Tính toán tiết kiệm điện năng**

Tổng hợp tính toán lượng tiết kiệm điện năng cho 05 phụ tải sau khi trừ đi lượng tiêu thụ cho HVAC được cho trong bảng 3.

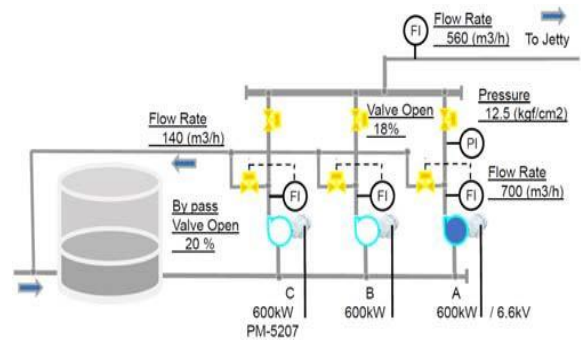
**Bảng 3**

TT	Thiết bị	Lượng điện tiết kiệm khi có biến tần (kWh/năm)	Thông số biến tần đề xuất (FRENIC4600FM6e)
1	PM-3401	1.068.139	6,6 kV, 2.750 kVA, 241 A
2	PM-5103	1.010.860	6,6 kV, 500 kVA, 43 A
3	PM-3301	693.601	6,6 kV, 1.300 kVA, 115 A
4	PM-5201	420.230	6,6 kV, 770kVA, 67 A
5	PM-5204	259.270	6,6 kV, 770kVA, 67 A

**3 Tính toán, mô phỏng, thiết kế bản vẽ thi công cho phụ tải 5207A**

Từ yêu cầu của nhiệm vụ, chọn một trong các động cơ PM-5201, PM-5204, PM-5207 thực hiện thiết kế, lắp đặt chạy thử một biến tần trung thế. Kết quả lựa chọn PM-5207A để lắp đặt biến tần vì cả 3 loại bơm đều là bơm trục ngang, có công suất tương đồng, có cùng dạng điều chỉnh lưu lượng bằng van đầu ra và van bypass, tỷ lệ % mở van thường xuyên < 50%. Do đó, bơm PM-5207 có thời gian làm việc trong năm cao nhất sẽ ưu tiên được lựa chọn lắp, giúp tăng hiệu quả tiết kiệm điện và thời gian hoàn vốn ngắn.

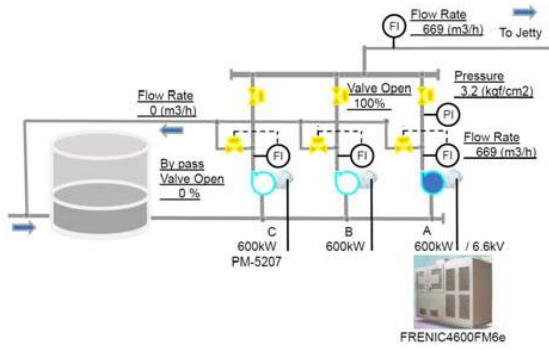
Hiện trạng của bơm PM-5207 có 02 van phía sau bơm là van đầu ra và van bypass. Tùy vào nhu cầu lưu lượng xuất hàng mà độ mở van xả và van bypass sẽ được điều chỉnh tương ứng nhằm đáp ứng được lưu lượng nạp hàng lên tàu. Thông số độ mở van bypass khi nạp hàng mức 700 m<sup>3</sup>/h mở 20%, mức 1.120 m<sup>3</sup>/h mở 43%, mức 1.400 m<sup>3</sup>/h thì van bypass đóng hoàn toàn.



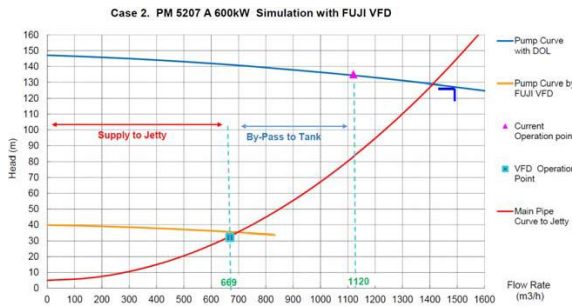
**Hình 7. Dữ liệu hoạt động của bơm PM-5207A mức lưu lượng 700 m<sup>3</sup>/h**



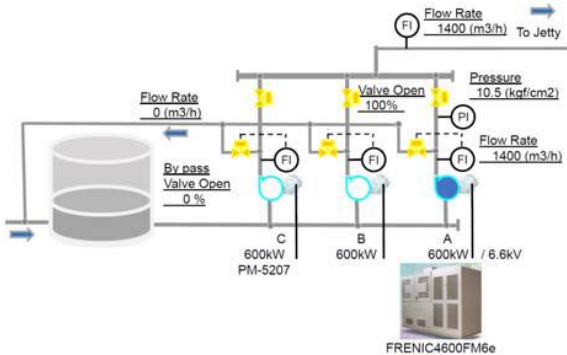
**Hình 8. Mô phỏng đường cong hệ thống mức**



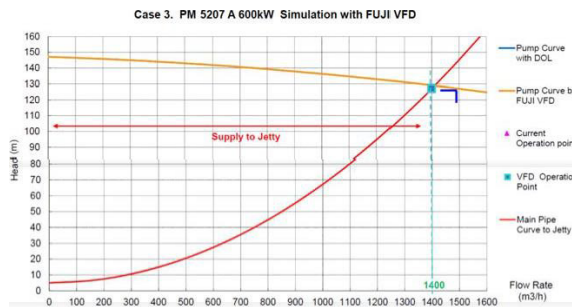
Hình 9. Dữ liệu hoạt động của bơm PM-5207A mức lưu lượng 1120 m<sup>3</sup>/h



Hình 10. Mô phỏng đường cong hệ thống mức



Hình 11. Dữ liệu hoạt động của bơm PM-5207A mức lưu lượng 1400 m<sup>3</sup>/h



Hình 12. Mô phỏng đường cong hệ thống mức

Biến tần được lựa chọn lắp đặt có Model FRENIC4600FM6e hãng FUJI nhằm điều khiển

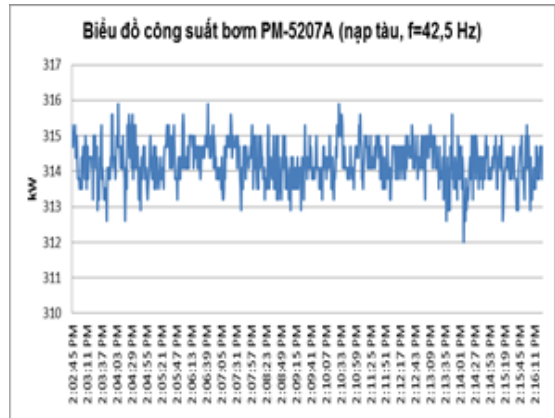
lưu lượng bơm hoạt động theo nhu cầu nạp tải sẽ giúp tiết kiệm năng lượng. Ưu điểm sử dụng biến tần đem lại: Khởi động mềm giúp tránh sốc cơ khí; tối ưu hóa và dễ dàng điều chỉnh lưu lượng cấp dầu theo yêu cầu công nghệ...



Hình 13. Biến tần FRENIC4600FM6e lắp đặt tại hiện trường cho bơm PM-5207A

Kết quả đo lường bơm PM-5207A sau khi đã được lắp đặt biến tần. Với việc sử dụng biến tần (van bypass điều chỉnh về ~0%) sẽ giúp tiết kiệm năng lượng điện cho bơm.

Kết quả tính toán lượng tiết kiệm điện năng của bơm PM-5207A sau khi lắp đặt biến tần trừ đi lượng tiêu thụ của HVAC đạt 1.398.215 kWh/năm, với đơn giá điện tự phát của nhà máy là 0,18 USD/kWh thì thời gian hoàn vốn khi đầu tư biến tần là 0,82 năm (đảm bảo thời gian hoàn vốn <3 năm theo yêu cầu của nhiệm vụ đề ra).



Hình 14. Biểu đồ công suất khi cấp nạp tàu (f = 42,5 Hz), van bypass mở 42%





Hình 15. Biểu đồ công suất khi chạy tuần hoàn và cấp nạp tàu ( $f=37,3$  Hz), van bypass  $\sim 0\%$

#### 4 Kết luận

Thực hiện nhiệm vụ “Nghiên cứu thử nghiệm ứng dụng công nghệ biến tần vào NMLD Dung Quất”, Liên danh nhà thầu Công ty Cổ phần Thiết bị và Công nghiệp HQC, Công ty TNHH Fuji Electric Việt Nam và Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomín đã thực hiện:



Hình 16. Hình ảnh báo cáo nghiệm thu nhiệm vụ

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Minh Sơn. Mạng truyền thông công nghiệp. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
2. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liên, Phạm Quốc Hải, Dương Văn Nghi. Tự động điều chỉnh truyền động điện. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2002.
3. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liên, Nguyễn Thị Hiền. Truyền động điện. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 1996.
4. Nguyễn Phùng Quang. Điều khiển tự động truyền động điện xoay chiều ba pha. NXB Giáo dục Hà Nội, 1998.
5. Nguyễn Văn Sáu. Máy điện. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2006.
6. Nguyễn Bình. Điện tử công suất. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2000.
7. Hướng dẫn thiết kế lắp đặt điện theo tiêu chuẩn quốc tế IEC. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2004.

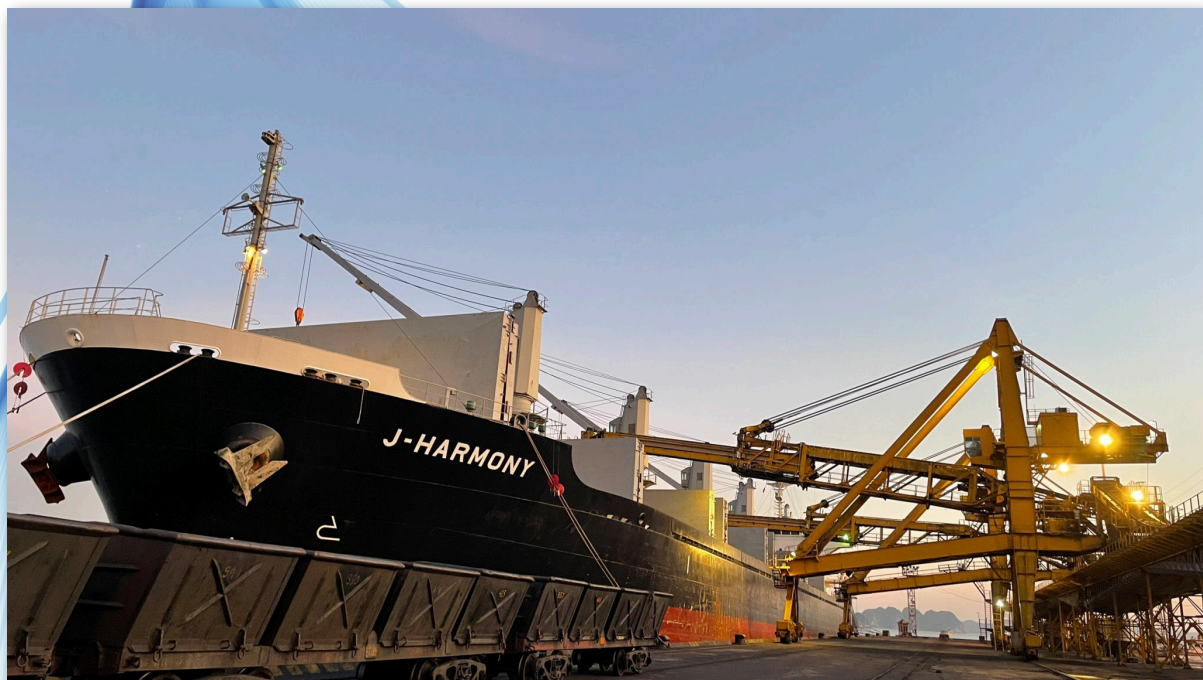
Khảo sát 111 động cơ trung thế dải công suất từ 150÷4.500 kW; đánh giá 03 phụ tải PM-5207, PM-5204, PM-5201 và chọn lựa bơm PM-5207 để thực hiện đầu tư lắp đặt biến tần. Kết quả xác định lượng tiết kiệm năng lượng cho bơm PM-5207A đạt 1.398.215 kWh/năm, thời gian hoàn vốn với đơn giá điện năng phát từ nhà máy điện là 0,82 năm và với phương án mua điện từ EVN là 2,03 năm.

Bên cạnh đó, đã lựa chọn 05 phụ tải tiềm năng để đầu tư biến tần trong thời gian tới là: PM-3301, PM-3401, PM-5103, PM-5204 và PM-5201. Các kết quả thiết kế, tính toán mô phỏng khi áp dụng biến tần cho 05 phụ tải tiềm năng nhằm mục đích chỉnh định bảo vệ và khẳng định việc lắp đặt biến tần sẽ không ảnh hưởng tới kết cấu của mạng điện hiện tại của nhà máy.

Vào tháng 5/2022, Liên danh nhà thầu đã báo cáo kết quả tại Công ty Cổ phần Lọc hóa dầu Bình Sơn và đã được nghiệm thu Hợp đồng.



*Than Cao Sơn đẩy mạnh sản xuất những ngày đầu năm 2023 (Nguồn: <http://vinacomin.vn>)*



*Tiêu thụ than tại Công ty Tuyển than Cửa Ông (Nguồn: <http://vinacomin.vn>)*

## **VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN**

Địa chỉ: 565 Nguyễn Trãi - Thanh Xuân Nam - Thanh Xuân - Hà Nội  
Tel: 024.38545224 Fax: 024.38543154  
Website: [iemm.com.vn](http://iemm.com.vn)