

BẢN TIN KHOA HỌC



SỐ 19 - THÁNG 3/2020

CƠ KHÍ

NĂNG LƯỢNG - MỎ

ISSN : 2354 - 1164

MECHANICAL ENGINEERING BULLETIN FOR MINING AND ENERGY INDUSTRIES

VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN

*Chào mừng kỷ niệm 110 năm ngày Quốc tế Phụ nữ
(8/3/1910 - 8/3/2020)*



Kính biểu



CƠ KHÍ

ISSN : 2354 - 1164

NĂNG LƯỢNG - MỎ

MECHANICAL ENGINEERING BULLETIN FOR MINING AND ENERGY INDUSTRIES

VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN

*Chào mừng kỷ niệm 110 năm ngày Quốc tế Phụ nữ
(8/3/1910 - 8/3/2020)*



Kính biểu

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
TS. Lê Thùy Dương – Ủy viên Thường trực
ThS. Nguyễn Chân Phương – Thư ký
TS. Phùng Khắc Sỹ – Ủy viên
TS. Nguyễn Trọng Tài – Ủy viên
TS. Trần Ngọc Minh – Ủy viên
TS. Trịnh Tiến Khỏe – Ủy viên
ThS. Trần Đức Thọ – Ủy viên
ThS. Nguyễn Thu Hiền – Ủy viên
ThS. Lê Thanh Bình – Ủy viên

TÒA SOẠN:

Địa chỉ: Số 565 Nguyễn Trãi, P. Thanh
Xuân Nam, Q. Thanh Xuân, Hà Nội
ĐT: (024) 3552 5553
Fax: (024) 3854 3154
Email: bantiniemm@gmail.com
Giấy phép xuất bản số 23/GP-XBBT
ngày 15/4/2015 của Cục Báo chí

MỤC LỤC

Số 19 - Tháng 3/2020

TIN TỨC

- 1 - Tập trung thực hiện hoàn thành kế hoạch quý I/2020
- 3 - TKV bàn các giải pháp phát triển cơ khí trong tình hình dịch Covid-19

ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA

- 5 - Vai trò của tự động hóa trong thời đại công nghiệp 4.0
- 7 - Nghiên cứu phương pháp điều khiển V/f cho động cơ ở biến tần ma trận sử dụng điều chế véc tơ không gian trực tiếp

CƠ KHÍ

- 14 - Cải thiện cỡ hạt than nguyên khai và giảm năng lượng tiêu thụ riêng trong quá trình khai thác bằng máy khâu liên hợp
- 17- Nguyên lý loại bỏ máy xúc theo tiêu chí tích lũy hư hỏng kết cấu kim loại khi hết giai đoạn sử dụng định mức
- 24 - Tính toán thiết kế tối ưu hóa buồng cứu sinh làm bằng vật liệu nhôm xốp
- 29 - Tính toán kiểm tra quá trình quá độ của đầu tàu mono ray
- 33 - Luận giải sự tương đồng giữa mô hình thí nghiệm mô phỏng quá trình phá hủy đá quá cỡ bằng búa thủy lực và thực tế

KHOA HỌC ỨNG DỤNG

- 36 - Xử lý số liệu thực nghiệm toàn phần bậc hai loại trung tâm hợp thành đẳng diện xoay

GÓC SÁNG KIẾN

- 40 - Thiết bị hỗ trợ thi công rãnh thoát nước mở

VĂN HÓA

- 41 - Lịch sử và ý nghĩa ngày quốc tế phụ nữ 8/3
- 43 - Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin tổ chức gặp mặt kỷ niệm 110 năm ngày Quốc tế phụ nữ 8.3.1910 - 8.3.2020

TẬP TRUNG THỰC HIỆN HOÀN THÀNH KẾ HOẠCH QUÝ I/2020

Là chỉ đạo của Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải tại hội nghị giao ban trực tuyến điều hành sản xuất tháng 3/2020 tại 2 điểm cầu Hà Nội và Quảng Ninh sáng ngày 02/3/2020.



Tham dự có lãnh đạo Đảng ủy Tập đoàn, Ban Tổng Giám đốc, Công đoàn TKV; Kiểm soát viên Nhà nước tại Tập đoàn; các Ban chuyên môn Tập đoàn; Đảng ủy TQN; Đoàn TQN...

Tại hội nghị, Ban Kế hoạch đã báo cáo tình hình SXKD tháng 2/2020. Theo đó, các đơn vị trong Tập đoàn đã tập trung vào sản xuất sau nghỉ Tết nguyên đán, tổng số than nguyên khai sản xuất 3,5 triệu tấn; than tiêu thụ gần 4 triệu tấn, than nhập khẩu 392.000 tấn; bốc xúc đất đá 16,2 triệu m³; đào lò 20.898 m, trong đó đào lò XDCB 646 m; sản xuất alumin quy đổi 118.000 tấn, tiêu thụ 84.182 tấn; tinh

quặng đồng 8.497 tấn, đồng tấm 1.029 tấn...; sản xuất điện 971 triệu kWh; sản xuất thuốc nổ 5.800 tấn...

Kết quả thực hiện 2 tháng đầu năm 2020: Doanh thu toàn Tập đoàn 19.236 tỷ đồng, đạt 14% KHN và bằng 110% cùng kỳ; trong đó doanh thu than 13.333 tỷ đồng, đạt 16,5% KHN, bằng 124% cùng kỳ; khoáng sản 1.651 tỷ đồng, đạt 10% KHN và bằng 65% cùng kỳ; bán điện 2.120 tỷ, đạt 16% KHN và bằng 100% cùng kỳ; sản xuất cơ khí 320 tỷ, đạt 13% KHN, tăng 13% so với cùng kỳ; cung ứng VLNCN 736 tỷ đồng, đạt 14,8% KHN và bằng 90% cùng kỳ... Các chỉ tiêu sản xuất

chính: Than nguyên khai sản xuất 6,36 triệu tấn, đạt 15,7% KHN; than nhập khẩu 944.000 tấn, đạt 9,3% KHN; than sạch 6,2 triệu tấn, đạt 15,6% KHN; bốc xúc đất đá 28,38 triệu m³, đạt 15,2% KHN; mét lò đào 36.317 m, bằng 14% KHN; tiêu thụ than 7,55 triệu tấn, đạt 15,4% KHN, trong đó tiêu thụ than trong nước 7,45 triệu tấn (riêng cấp cho hộ điện 6,66 triệu tấn, tăng 27% so với cùng kỳ); than xuất khẩu 105.000 tấn; sản xuất alumin 225.163 tấn, tiêu thụ 139.000 tấn...; sản xuất điện 1,93 tỷ kWh...; tiền lương bình quân toàn Tập đoàn đạt 12,1 triệu đồng/người-tháng, thu nhập bình quân của khối sản xuất than đạt 13,1 triệu đồng/người-tháng.

Ban Kế hoạch cũng cho biết, tình hình dịch bệnh COVID-19 diễn biến phức tạp ảnh hưởng đến SXKD về sản xuất, giá bán, xuất khẩu khoáng sản, về vật tư phụ tùng thay thế cho sản xuất hầm lò, các dự án đầu tư...

Kế hoạch tháng 3/2020, Tập đoàn đặt mục tiêu sản xuất 4 triệu tấn than nguyên khai; than tiêu thụ 4,4 triệu tấn; bốc xúc đất đá 18,5 triệu m³; đào lò 28.000 m, trong đó đào lò XDCB 600 m; sản xuất alumin 123.000 tấn; sản xuất điện 970 triệu kWh; sản xuất VLNCN 62.000 tấn....

Lãnh đạo Tập đoàn và các Ban chuyên môn phát biểu khẳng định, trong 2 tháng đầu năm, các đơn vị đã bám sát tiến độ, thực hiện các chỉ tiêu cơ bản hoàn thành kế hoạch và tích cực phòng chống dịch COVID-19. Về kế hoạch tháng 3/2019, các đơn vị khối sản xuất than tranh thủ thời tiết thuận lợi, tập trung thực hiện đào

lò, bốc xúc đất đá CBSX, chuẩn bị điều kiện để gia tăng sản lượng; thực hiện than nhập khẩu để pha trộn với than trong nước, đáp ứng đủ than cho khách hàng, tăng cường tiêu thụ than cám chất lượng cao và than cục. Tiếp tục thực hiện phòng chống dịch COVID-19, thực hiện công tác phòng chống mưa bão, tổ chức Đại hội Đảng bộ cơ sở...

Kết luận hội nghị, Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải nhấn mạnh, trong 2 tháng đầu năm, cùng với thực hiện kế hoạch SXKD, Tập đoàn và các đơn vị đã chủ động, triển khai thực hiện hiệu quả phòng chống dịch COVID-19. Tổng Giám đốc cho rằng, bên cạnh những khó khăn do ảnh hưởng của dịch bệnh, các đơn vị cũng xác định là cơ hội để đẩy mạnh sản xuất, đồng thời không chủ quan và tiếp tục phòng chống dịch bệnh COVID-19, hạn chế thấp nhất ảnh hưởng đến sản xuất.

Tổng Giám đốc chỉ đạo, các đơn vị sản xuất than lộ thiên tập trung cải tạo đường mỏ; các đơn vị sản xuất hầm lò tập trung thực hiện cơ giới hóa đào lò; tăng cường áp dụng tin học vào quản lý, điều hành sản xuất đối với công trường, phân xưởng; giải quyết các khó khăn cho các đơn vị sản xuất than; tập trung thực hiện hoàn thành kế hoạch quý I/2020 với mục tiêu hoàn thành 26% KHN; đảm bảo ANTT, bảo vệ tài nguyên, ranh giới mỏ; tổ chức thành công Đại hội Đảng bộ các cơ sở trực thuộc tiến tới Đại hội Đảng bộ TQN và Đại hội Đảng bộ Tập đoàn nhiệm kỳ 2020-2025...

Nguồn: vinacomin.vn

TKV BÀN CÁC GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN CƠ KHÍ TRONG TÌNH HÌNH DỊCH COVID-19

Sáng 6/3/2020, tại trụ sở Tập đoàn, Tổng Giám đốc Đặng Thanh Hải đã chủ trì Hội nghị về công tác cơ khí, bàn các giải pháp phát triển cơ khí trong tình hình dịch Covid-19. Tham dự Hội nghị có Thành viên HĐQT Nguyễn Chiến Thắng, Thành viên HĐQT Nguyễn Anh Tuấn, Phó Tổng Giám đốc Vũ Anh Tuấn cùng đại diện các ban, lãnh đạo các đơn vị trong lĩnh vực cơ khí và sản xuất than hầm lò của Tập đoàn.



Tại Hội nghị, đại diện Ban Cơ điện - Vận tải đã báo cáo tóm tắt tình hình hoạt động SXKD của Cơ khí TKV trong các tháng đầu năm 2020 và khả năng tăng cường chế tạo các sản phẩm, cung cấp dịch vụ sửa chữa trung đại tu thiết bị để đáp ứng yêu cầu sản xuất trong Tập đoàn khi có những biến động nguồn cung vật tư do tác động của dịch bệnh Covid-19. Theo đó, ngay từ ngày 4/2/2020, các Ban Tập đoàn đã chủ động trao đổi, thông tin

và yêu cầu các đơn vị sản xuất chủ động phân tích, dự báo mức độ ảnh hưởng của dịch viêm phổi cấp do chủng vi rút Corona mới đến sản xuất và khả năng thay thế bằng vật tư trong nước nếu nguồn vật tư nhập khẩu khó khăn đến toàn bộ các đơn vị Cơ khí; yêu cầu các đơn vị chủ động lập kế hoạch, phương án ứng phó để giảm thiểu mức độ ảnh hưởng đến sản xuất với mục tiêu “Đảm bảo cung ứng vật tư, phụ tùng và dịch vụ

tốt nhất trong điều kiện cho phép để hoàn thành nhiệm vụ sản xuất chung toàn TKV”.

Cũng tại Hội nghị, đại diện các đơn vị tư vấn, nghiên cứu; các đơn vị thuộc khối Cơ khí và các đơn vị sản xuất than hầm lò đã báo cáo Tổng Giám đốc những thuận lợi, khó khăn mà đơn vị đang đối mặt; đồng thời kiến nghị các giải pháp để giảm thiểu thấp nhất ảnh hưởng của Covid-19 đến hoạt động sản xuất - kinh doanh của đơn vị cũng như toàn Tập đoàn.

Phát biểu tại Hội nghị, Tổng Giám đốc Đặng Thanh Hải cho rằng, mặc dù dịch bệnh đang ảnh hưởng nhiều đến các ngành cũng như các lĩnh vực sản xuất của TKV, tuy nhiên, Tập đoàn cũng nhìn thấy cơ hội và thuận lợi cho khối Cơ khí. “Chúng ta cần nắm bắt, tận dụng cơ hội để phát triển lĩnh vực Cơ khí. Đây cũng là cơ hội để các doanh nghiệp Cơ khí khẳng định và nâng cao sức cạnh tranh của mình”, Tổng Giám đốc nhấn mạnh.

Tổng Giám đốc yêu cầu, các đơn vị sản xuất khai thác, chế biến than, khoáng sản và sản xuất cơ khí triển khai thực hiện tốt công tác rà soát, chuẩn bị vật tư, phụ tùng phục vụ sản xuất theo văn bản số 859/TKV-VTM ngày 02/3/2020 để đảm bảo các điều kiện sản xuất trong điều kiện ảnh hưởng dịch bệnh Covid-19

hiện nay.

Với các đơn vị Cơ khí: (i) Chủ động đề xuất các nhóm sản phẩm mà đơn vị có thể chế tạo (phù hợp công nghệ của mình); (ii) Chủ động khảo sát, chuẩn bị các điều kiện về kỹ thuật, công nghệ để sẵn sàng tham gia khi có yêu cầu; (iii) Với những loại thiết bị khác, nhất là thiết bị khai thác trong hầm lò, các đơn vị cơ khí cần xem xét cả khả năng tăng cường phục hồi để kéo dài thời gian hoạt động của thiết bị khi việc chế tạo mới chưa đáp ứng.

Đối với các đơn vị quản lý, sử dụng thiết bị và có nhu cầu sử dụng vật tư (đặc biệt là các vật tư đang phải nhập khẩu): (i) Chủ động xây dựng kế hoạch sửa chữa, nhu cầu sử dụng vật tư càng sớm càng tốt sau đó thông tin cho các đơn vị Cơ khí để phối hợp sửa chữa và sản xuất, chế tạo; (ii) Cung cấp tài liệu, thông số kỹ thuật (catalog của thiết bị và các tài liệu liên quan) và tạo điều kiện để các đơn vị Cơ khí, các Viện nghiên cứu khảo sát.

Các Viện (Cơ khí Năng lượng và Mỏ; Khoa học Công nghệ Mỏ) phối hợp với các đơn vị sử dụng thiết bị và cơ khí TKV để hỗ trợ theo lĩnh vực chuyên môn.

Nguồn: **vinacomín.vn**

VAI TRÒ CỦA TỰ ĐỘNG HÓA TRONG THỜI ĐẠI CÔNG NGHIỆP 4.0

TS. Phùng Khắc Sỹ; KS. Hồ Công Trân- Viện Cơ Khí Năng Lượng và Mỏ – Vinacomin

1 Mở đầu

Chúng ta đã bước vào thế kỷ XXI với những biến động của kỷ nguyên mới đang viết lại các quy luật của sản xuất và kinh doanh. Vai trò của tự động hóa trong nền kinh tế quốc dân và sự phát triển của xã hội là cực kỳ to lớn, mang lại nhiều tiện ích trong cuộc sống văn minh hiện đại muôn màu muôn vẻ. Đảng và Nhà nước đã xác định tự động hóa là một trong bốn hướng công nghệ cao cần ưu tiên phát triển để có thể hội nhập và phát triển trong xu thế toàn cầu hóa hiện nay.

2 Các biến động của kỷ nguyên mới

Theo quy luật trước đây, các tập đoàn, công ty lớn với công nghệ hiện đại thường hình thành ở các nước phát triển như Mỹ, Đức, Nhật... Nhưng giờ đây, quy luật này không phải hoàn toàn như vậy. Nhiều tập đoàn lớn, đồ sộ trước kia đang chết dần và những gương mặt đầu đàn mới với các ý tưởng và công nghệ đột phá đang xuất hiện ngay ở các nước đang phát triển. Sự phát triển của công nghệ tạo nên sự thay đổi thế giới một cách mạnh mẽ. Trước kia, quá trình toàn cầu hóa dựa trên giá nhân công rẻ, thì ngày nay, quá trình toàn cầu hóa lại dựa chủ yếu trên tri thức. Toàn cầu hóa và sự tự do thương mại đã làm gián đoạn lớn cách thức và nơi chế tạo các sản phẩm trên thế giới. Tri thức trở thành yếu tố then chốt cho quá trình phát triển. Đây không phải là sự tiến hóa dần dần mà là một cuộc cách mạng với tốc độ thay đổi rất nhanh. Kinh tế thị trường hiện nay thực chất là một cuộc cạnh tranh làm sao bán được các lợi thế tri thức tạo nên lợi nhuận lớn một cách nhanh chóng.

Các nguồn lực tạo nên sự hưng thịnh của mỗi quốc gia bao gồm tài nguyên thiên nhiên, nhân lực và tri thức. Nguồn tài nguyên thiên nhiên gắn liền với vị trí địa lý và ngày càng cạn kiệt. Nguồn nhân lực ngày càng

thu hẹp do quá trình phát triển của tự động hóa. Chỉ còn lại tri thức sẽ là nguồn lực then chốt tạo nên sự khác biệt và là động lực cho mọi sự phát triển của mỗi quốc gia và của nhân loại. Nguồn lực tri thức hiện nay không phụ thuộc vào vị trí địa lý. Với sự phát triển của internet, vị trí địa lý trở nên không quan trọng. Internet còn hỗ trợ mạnh mẽ cho sự lan tỏa của tri thức một cách nhanh chóng. Trước kia, tri thức là sức mạnh tạo nên quyền lực chi phối thế giới của các nước tư bản phát triển, thì hiện nay, họ đang mất dần lợi thế. Xuất phát từ giá nhân công rẻ ở các nước chậm phát triển mà các nước công nghiệp đã chuyển các nhà máy tới đó và thuê các nước kém phát triển thực hiện toàn bộ hay một phần của sản phẩm. Việc thuê ngoài này đang chuyển công nghệ dần sang cho các nước khác và quá trình này tạo nên sự cạnh tranh trở lại như Trung Quốc, Ấn Độ với chính các nước phát triển.

3 Thị trường của công nghệ tự động hóa

Khác với thị trường của công nghệ thông tin, thị trường các sản phẩm và dịch vụ của lĩnh vực tự động hóa là một thị trường đa dạng, hỗn tạp với vô vàn các sản phẩm, chủng loại của thiết bị, đầu đo, đèn hiển thị, chỉ báo, cơ cấu chấp hành... Có thể nói, mỗi một ứng dụng đo lường điều khiển đều có đặc thù riêng và cần một giải pháp riêng. Hàng triệu cặp nhiệt được sử dụng nhưng có nhiều loại, mỗi loại lại được chế tạo cho một lớp ứng dụng với các chỉ tiêu kỹ thuật về kích thước, hình dáng và chuẩn khác nhau. Khối lượng của mỗi chủng loại lại không cần nhiều. Nhu cầu của tự động hóa cao nhưng lại đa dạng ứng dụng, nên trên thế giới ta thấy có ít các doanh nghiệp tự động hóa có giá trị lớn tương đương với các doanh nghiệp khổng lồ của công nghệ thông tin như Intel, Microsoft v.v...

Các doanh nghiệp tự động hóa thường khởi đầu bằng ý tưởng tạo ra sản phẩm hoặc

dịch vụ mới. Khi sản phẩm được sản xuất đến mức độ nào đó thì khó phát triển tiếp được do thị trường bị bão hòa. Để bảo đảm tăng trưởng, doanh nghiệp phải tiếp tục đầu tư tạo ra sản phẩm dịch vụ mới tốt hơn. Điều này ít doanh nghiệp tự động hóa có thể duy trì được. Do vậy, sự lớn mạnh của doanh nghiệp tự động hóa khó vượt qua một ngưỡng nhất định.

Các công ty tích hợp hệ thống tự động đảm nhiệm các chức năng làm dịch vụ khảo sát, thiết kế tích hợp phần cứng, phát triển phần mềm, lắp đặt và bảo hành hệ thống. Tuy nhiên, thị trường tích hợp hệ thống rất đa dạng và đòi hỏi nhiều kiến thức công nghệ và các chuyên gia chuyên ngành. Các công ty này thường có tính chuyên nghiệp cao và chỉ phục vụ tốt cho một số lĩnh vực có kinh nghiệm như chuyên về tự động hóa quá trình sản xuất xi măng, thép, dầu khí... Sang lĩnh vực khác, công ty cần đầu tư cả về trang thiết bị và con người mới triển khai được.

4 Công nghệ Tự động hóa hiện nay



Hình 1. Trung tâm điều hành sản xuất của công ty Cổ phần Than Hà Lâm- Vinacomin

Các hệ tự động hóa hiện nay sử dụng công nghệ PLC, DCS, SCADA, các đầu đo cơ cấu chấp hành và phần mềm của các hãng lớn trong dây chuyền sản xuất:

- **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System):** Với sự ra đời của PC, nhiều chức năng của hệ DCS đã được PC đảm nhiệm với giá thành rẻ hơn và giảm được độ phức tạp của hệ thống. Các hệ SCADA ra đời trong bối cảnh này. Tuy nhiên, SCADA không

phải là một sự đổi mới công nghệ cơ bản mà chỉ là một sự mở rộng của công nghệ DCS. Các hệ SCADA được phát triển cho các ứng dụng giám sát và điều khiển từ xa qua mạng truyền thông trải dài qua nhiều khu vực trên trái đất. Chúng có khả năng sản xuất hàng loạt, thích nghi với nhu cầu của tự động hóa nhiều lĩnh vực quan trọng như dầu khí, cấp nước, điều độ hệ thống điện quốc gia v.v...;

- **Phần mềm tự động hóa:** Phần mềm đóng vai trò quan trọng trong các hệ điều khiển tự động. Các hãng lớn cung cấp các hệ PLC, DCS, SCADA đều có các phần mềm chuyên dụng đi theo sản phẩm phần cứng của mình. Các hãng chuyên phần mềm tự động như Intellution, Wonderware phải nỗ lực liên tục tích hợp các module phần mềm phối ghép với nhiều sản phẩm phần cứng của nhiều hãng mới duy trì được sự tăng trưởng. Tuy nhiên, phần mềm tự động hóa không tạo được sự tăng trưởng nhảy vọt có tính chuyển đổi giai đoạn. Trong tương lai, nhiều chức năng của phần mềm tự động hóa sẽ nhúng vào trong các sản phẩm và hệ thống phần cứng. Phần mềm và dịch vụ phần mềm tự động hóa vẫn là một lĩnh vực quan trọng tạo nên “phần hồn” của hệ thống và giao diện thân thiện với người dùng;

- **Đầu đo, cơ cấu chấp hành, các thiết bị chỉ báo:** Các đầu đo nhiệt độ, áp suất, mức, nồng độ..., các cơ cấu chấp hành như động cơ, van, thiết bị đóng cắt..., các thiết bị chỉ báo như bảng LED, LCD có nhiều sự phát triển đa dạng, được tích hợp thêm các bộ vi xử lý làm thông minh hóa các chức năng, đánh dấu sự phát triển của công nghệ tự động hóa.

5 Kết luận

Vai trò của tự động hóa trong nền kinh tế quốc dân và sự phát triển của xã hội là rất lớn, mang lại nhiều tiện ích trong muôn màu muôn vẻ của cuộc sống văn minh hiện đại. Chính vì thế Đảng và Nhà nước ta đã xác định tự động hóa là một trong bốn hướng công nghệ cao cần ưu tiên phát triển để có thể hội nhập và phát triển trong xu thế toàn cầu hóa hiện nay.

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN V/f CHO ĐỘNG CƠ Ở BIẾN TẦN MA TRẬN SỬ DỤNG ĐIỀU CHẾ VEC TƠ KHÔNG GIAN TRỰC TIẾP

ThS. Lê Văn Tùng – Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Tóm tắt: Hiện nay, các bộ biến tần ma trận (Matrix Converter – MC) được xem là tiên tiến và đang được nghiên cứu rộng rãi. Đây là bộ biến tần trực tiếp AC-AC, được xây dựng trên các khóa bán dẫn hai chiều với những ưu điểm nổi bật hơn so với các bộ biến đổi tần số gián tiếp có khâu trung gian một chiều (AC-DC-AC) như trao đổi công suất theo hai chiều, cho phép thực hiện hàm tái sinh năng lượng trả về lưới điện mà không cần có mạch phụ, dòng điện đầu vào có dạng sin, hệ số công suất đầu vào gần bằng 1 và có thể điều chỉnh được. Bài báo trình bày kỹ thuật điều chế vec tơ không gian trực tiếp và phương pháp điều khiển V/f ở biến tần ma trận cho động cơ xoay chiều không đồng bộ. Kết quả nghiên cứu được kiểm chứng bằng phần mềm Matlab & Simulink.

Từ khóa: Biến tần ma trận; Venturini - Alesina; điều khiển V/f; Matlab&Simulink.

1 Giới thiệu

Các bộ biến tần gián tiếp (AC-DC-AC) được dùng phổ biến trong thực tế hiện nay, có ưu điểm là sử dụng van bán dẫn một chiều, phương pháp điều chế đơn giản, dễ chế tạo, giá thành rẻ. Tuy nhiên, chúng có nhược điểm là hệ số $\cos\varphi$ thấp, gây ra sóng hài trên điện áp lưới, dòng điện đầu vào không sine, khi làm việc với tải có hãm tái sinh thì năng lượng tiêu tán trên điện trở xả mà không thể trả về lưới gây lãng phí năng lượng, thiết bị công kênh khi có thành phần điện trở xả, tụ điện và cuộn cảm, cần có mạch phụ Clamp để bảo vệ [1].

Biến tần ma trận MC là dạng biến tần trực tiếp có nhiều ưu điểm hơn so với biến

tần gián tiếp như hiệu suất biến đổi cao, năng lượng trao đổi theo hai chiều, dòng điện đầu vào dạng sine, điện áp đầu ra dạng gần sine [2] và hiện nay MC đang được nghiên cứu sâu rộng cả về công nghệ chế tạo van hai chiều cũng như phương pháp điều khiển các van. Vấn đề lớn nhất đặt ra là quy luật điều chế trong biến tần MC phức tạp hơn so với biến tần gián tiếp có khâu trung gian do độ rộng xung khi điều chế chỉ phụ thuộc vào giá trị điện áp ra tại thời điểm cắt mẫu vì đầu vào là nguồn một chiều không đổi, còn trong MC độ rộng xung khi điều chế còn phụ thuộc vào giá trị của điện áp xoay chiều đầu vào tại thời điểm đó [3].

Phương pháp điều chế biến tần MC phải đảm bảo hai nguyên tắc cơ bản là không ngắn pha nguồn áp để tránh sinh ra quá dòng và không hở mạch nguồn dòng (phía tải) để tránh sinh ra quá áp trên van. Hiện nay, các phương pháp điều chế cho MC như 3M (min, medium, max), Venturini - Alesia ít được sử dụng vì có nhược điểm là thuật toán tính toán phức tạp, cần nhiều phép tính lượng giác trong mỗi chu kỳ cắt mẫu. Các giá trị điện áp đầu vào cũng cần phải đo và cập nhật liên tục cần độ chính xác cao [4].

Phương pháp 3M có tính toán đơn giản hơn nhưng hiệu quả của phương pháp này phụ thuộc vào độ chính xác của phép đo các giá trị thực, điều này gây khó khăn cho các ứng dụng trong thực tế. Chính vì các phương pháp trên có nhiều nhược điểm nên hiện nay các nhà khoa học đang tiếp tục nghiên cứu và phát triển thuật toán điều chế

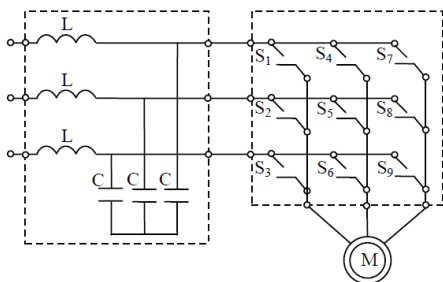
véc tơ không gian cho biến tần ma trận.

Phương pháp điều chế véc tơ không gian có ưu điểm dễ dàng lập trình trên các bộ vi xử lý, yêu cầu tính toán ít hơn, sử dụng cách tính toán số phức để biểu diễn véc tơ của tất cả các đại lượng điện, các trạng thái đóng cắt van trên sơ đồ, do đó có được kết quả mang tính tổng quát cho nhiều trường hợp [5].

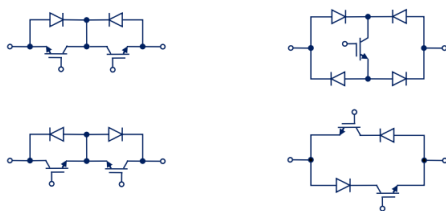
2 Phương pháp điều chế véc tơ không gian trực tiếp cho biến tần ma trận

2.1 Xác định các véc tơ không gian

Sơ đồ cấu trúc của một MC dạng thu gọn như hình 1. Theo sơ đồ này, điện áp đầu ra được tổng hợp từ các điện áp pha đầu vào, dòng tải do tải quyết định. Lúc này dòng điện đầu vào lại được tổng hợp từ dòng điện đầu ra và giá trị sẽ nhỏ nhất nếu góc lệch pha so với điện áp được hiệu chỉnh bằng không.



Hình 1. Sơ đồ biến tần ma trận



Hình 2. Sơ đồ các loại van hai chiều

Trong lý thuyết phép biến đổi vector không gian, một hệ thống điện áp 3 pha đầu ra được biểu diễn qua một vector quay quanh gốc hệ tọa độ vuông góc $0\alpha\beta$ như sau:

$$u_0 = \frac{2}{3} \left(U_{AB} + e^{j\frac{2\pi}{3}} U_{BC} + e^{j\frac{4\pi}{3}} U_{CA} \right)$$

Nếu hệ thống điện áp ra mong muốn là 3 pha đối xứng thì có thể biểu diễn chúng như sau:

$$u_{AB} = U_0 \cos(\omega_0 t + \pi/6)$$

$$u_{CA} = U_0 \cos(\omega_0 t + \pi/6 + 2\pi/3)$$

Ở đây: U_0 , ω_0 là giá trị biên độ và tần số góc của điện áp ra mong muốn; giá trị $\pi/6$ thể hiện độ lệch pha giữa điện áp dây và điện áp pha.

Vector quay điện áp đầu ra cũng được biểu diễn như sau:

$$\bar{u} = u(t) e^{j(\omega_0 t)} = U_0 e^{j\frac{\pi}{6}} e^{j(\omega_0 t)}$$

Tương tự điện áp, dòng điện đầu vào có thể được biểu diễn như sau:

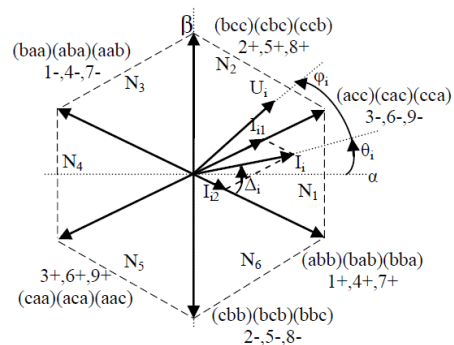
$$i_0 = \frac{2}{3} \left(i_A + e^{j\frac{2\pi}{3}} i_B + e^{j\frac{4\pi}{3}} i_C \right) = I_0 e^{j(\omega_0 t)}$$

$$e_i = \frac{2}{3} \left(u_a + e^{j\frac{2\pi}{3}} u_b + e^{j\frac{4\pi}{3}} u_c \right) = E_i e^{j(\omega_1 t)}$$

$$i_i = \frac{2}{3} \left(i_a + e^{j\frac{2\pi}{3}} i_b + e^{j\frac{4\pi}{3}} i_c \right) = I_i e^{j(\omega_1 t)}$$

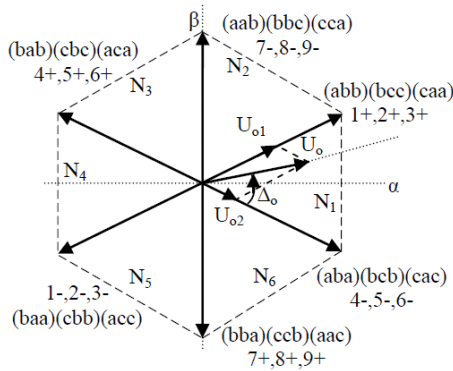
Các quy luật điều chế sẽ thuận tiện hơn nếu sử dụng vector điện áp dây đầu vào:

$$u_i = \frac{2}{3} \left(U_{ab} + e^{j\frac{2\pi}{3}} U_{bc} + e^{j\frac{4\pi}{3}} U_{ca} \right) = U_i(t) e^{j(\omega_1 t + \pi/6)}$$



Hình 3. Vector dòng điện đầu vào

Theo như sơ đồ MC trên hình 1 thì sẽ có các trạng thái đóng cắt van hai chiều phải đảm bảo không ngắn mạch hai pha đầu vào và không hở mạch bất cứ pha nào ở đầu ra (tránh hiện tượng quá điện áp sinh ra do dòng điện bị ngắt đột ngột).



Hình 4. Vector điện áp đầu ra

Quy luật đóng cắt van sẽ tạo ra các giá trị điện áp, dòng điện và góc pha biểu diễn như hình 3 và hình 4. Trên đó chỉ ra các tổ hợp van tương ứng và chia mặt phẳng thành 6 góc bằng nhau, mỗi góc là một sector [5].

2.2 Tổng hợp các vector điện áp và dòng điện vào

Với vector điện áp đầu ra có vị trí bất kỳ trên mặt phẳng đang ở góc phần sáu nào ta có thể tổng hợp vector này từ hai vector thành phần có hướng theo hai vector biên chuẩn của góc phần sáu đó. Trên hình 4, 5, vector u_0 đang trong góc phần sáu thứ nhất, ta có $u_0 = u_{01} + u_{02}$. Độ dài các vector thành phần theo phép tính lượng giác như sau:

$$U_{01} = \frac{U_0}{\sin(\pi/3)} \sin \Delta_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} U_0 \sin \Delta_0$$

$$U_{02} = \frac{U_0}{\sin(\pi/3)} \sin(\pi/3 - \Delta_0) = \frac{2}{\sqrt{3}} U_0 \sin(\pi/3 - \Delta_0)$$

Trong đó Δ_0 là góc xác định vị trí tương đối của vector u_0 trong góc phần sáu. Mỗi vector thành phần này có thể được xác định nhờ hai vector trên cùng hướng vector biên chuẩn. Việc lựa chọn sử dụng vector điện áp chuẩn đầu vào nào sẽ phụ thuộc vào vị trí của vector dòng điện đầu vào so với các vector chuẩn dòng đầu vào.

Với một vector dòng điện đầu vào có vị trí bất kỳ, đang trong góc phần sáu nào đó, có thể tổng hợp hợp $i_i = i_{i1} + i_{i2}$, trong đó i_{i1} , i_{i2} là hai vector tựa trên hai vector dòng

điện biên chuẩn của góc phần sáu tương ứng. Mỗi vector thành phần này lại cũng có thể được điều chế nhờ hai vector dòng điện cùng hướng nhưng ngược chiều nhau.

Bằng những tính toán lý thuyết dựa vào sơ đồ biểu diễn các vector không gian ta rút ra công thức tính các hệ số điều chế d_1 , d_2 , d_3 , d_4 như sau:

$$d_1 = \frac{2|U_0|}{\sqrt{3}|U_i|} \frac{\sin(\Delta_0) \sin(\pi/3 - \Delta_i)}{\cos \varphi_i}$$

$$d_2 = \frac{2|U_0|}{\sqrt{3}|U_i|} \frac{\sin(\Delta_0) \sin(\Delta_i)}{\cos \varphi_i}$$

$$d_3 = \frac{2|U_0|}{\sqrt{3}|U_i|} \frac{\sin(\pi/3 - \Delta_0) \sin(\pi/3 - \Delta_i)}{\cos \varphi_i}$$

$$d_4 = \frac{2|U_0|}{\sqrt{3}|U_i|} \frac{\sin(\pi/3 - \Delta_0) \sin(\Delta_i)}{\cos \varphi_i}$$

Giá trị tuyệt đối của các hệ số điều chế d_1 , d_2 , d_3 , d_4 thể hiện thời gian đóng điện tương đối của các vector được sử dụng trong mỗi khoảng thời gian của chu kỳ lấy mẫu T_s . Trong bảng 1 liệt kê các tổ hợp van đóng cắt được lựa chọn theo vị trí của vector điện áp ra và vector dòng điện vào trong các góc phần sáu tương ứng. Quy luật thực hiện các vector đảm bảo chỉ có một cặp khóa hai chiều BDS (Bidirectional Switch) phải đóng cắt để giảm tổn thất khi chuyển mạch xuống mức tối thiểu. Quy luật phát xung điều khiển cho 9 cặp van BDS theo nguyên tắc sau:

- Nếu hai góc phần sáu có tổng là một số chẵn, nửa chu kỳ biến điệu chuyển mạch theo trật tự:

$$d_1 \rightarrow d_3 \rightarrow d_4 \rightarrow d_2 \rightarrow d_0 \rightarrow d_2 \rightarrow d_4 \rightarrow d_3 \rightarrow d_1$$

- Nếu hai góc phần sáu có tổng là một số lẻ, nửa chu kỳ biến điệu chuyển mạch theo trật tự:

$$d_3 \rightarrow d_1 \rightarrow d_2 \rightarrow d_4 \rightarrow d_0 \rightarrow d_4 \rightarrow d_2 \rightarrow d_1 \rightarrow d_3$$

Bảng 1. Thứ tự thực hiện các vector chuẩn ứng với vị trí của các vector điện áp ra và dòng điện vào tại các góc phần tư

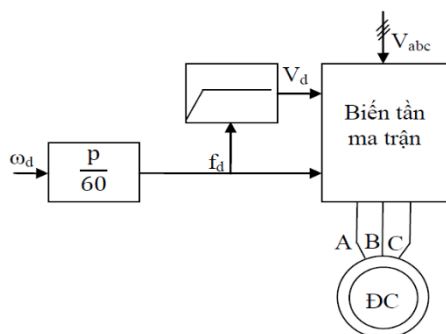
Sector điện áp và dòng điện N_v-N_i		Kết hợp giữa chỉnh lưu dòng điện và mạch nghịch lưu điện áp					Trình tự chuyển mạch
		d_4	d_3	d_2	d_1	d_0	
U1-I1	U4-I4	aca	aba	acc	abb	ccc	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U1-I2	U4-I5	bcb	aca	bcc	acc	bbb	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U1-I3	U4-I6	bab	bcb	baa	bcc	aaa	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U1-I4	U4-I1	cac	bab	caa	baa	ccc	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U1-I5	U4-I2	cbc	cac	cbb	caa	bbb	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U1-I6	U4-I3	aba	cbc	abb	cbb	aaa	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U2-I1	U5-I4	acc	abb	aac	aab	ccc	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U2-I2	U5-I5	bcc	acc	bbc	aac	bbb	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U2-I3	U5-I6	baa	bcc	bba	bbc	aaa	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U2-I4	U5-I1	caa	baa	cca	bba	ccc	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U2-I5	U5-I2	cbb	caa	ccb	cca	bbb	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U2-I6	U5-I3	abb	cbb	aab	ccb	aaa	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U3-I1	U6-I4	aac	aab	cac	bab	ccc	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U3-I2	U6-I5	bbc	aac	cbc	cac	bbb	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U3-I3	U6-I6	bba	bbc	aba	cbc	aaa	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U3-I4	U6-I1	cca	bba	aca	aba	ccc	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$
U3-I5	U6-I2	ccb	cca	bcb	aca	bbb	$d_1-d_3-d_4-d_2-d_0-d_2-d_4-d_3-d_1$
U3-I6	U6-I3	aab	ccb	bab	bcb	aaa	$d_3-d_1-d_2-d_4-d_0-d_4-d_2-d_1-d_3$

3 Điều khiển động cơ

Bài báo trình bày 2 cấu trúc điều khiển vòng hở và điều khiển vòng kín sử dụng bộ điều khiển PI để điều chỉnh tốc độ động cơ theo luật $V/f = \text{const}$.

3.1 Điều khiển V/f vòng hở

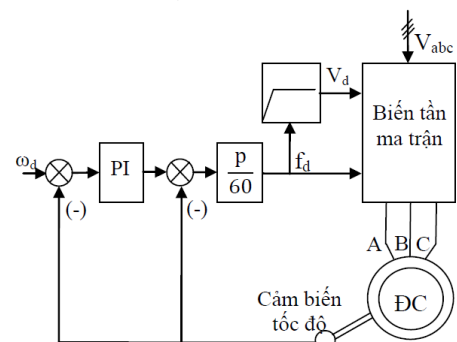
Điều khiển V/f thì tốc độ của động cơ cảm ứng được điều khiển bởi độ lớn của điện áp stator và tần số theo phương pháp từ thông khe hở không khí luôn được giữ tại một giá trị đặt trước [6].



Hình 5. Điều khiển tốc độ vòng hở $V/f = \text{const}$

Phương pháp điều khiển biến tần ma trận vòng hở sẽ luôn đảm bảo $V/f = \text{const}$ giữ nguyên không đổi bởi bất kỳ thay đổi nào với f , như vậy từ thông sẽ giữ không đổi và mômen quay sẽ độc lập với tần số đầu vào.

3.2 Điều khiển V/f vòng kín



Hình 6. Điều khiển tốc độ vòng kín

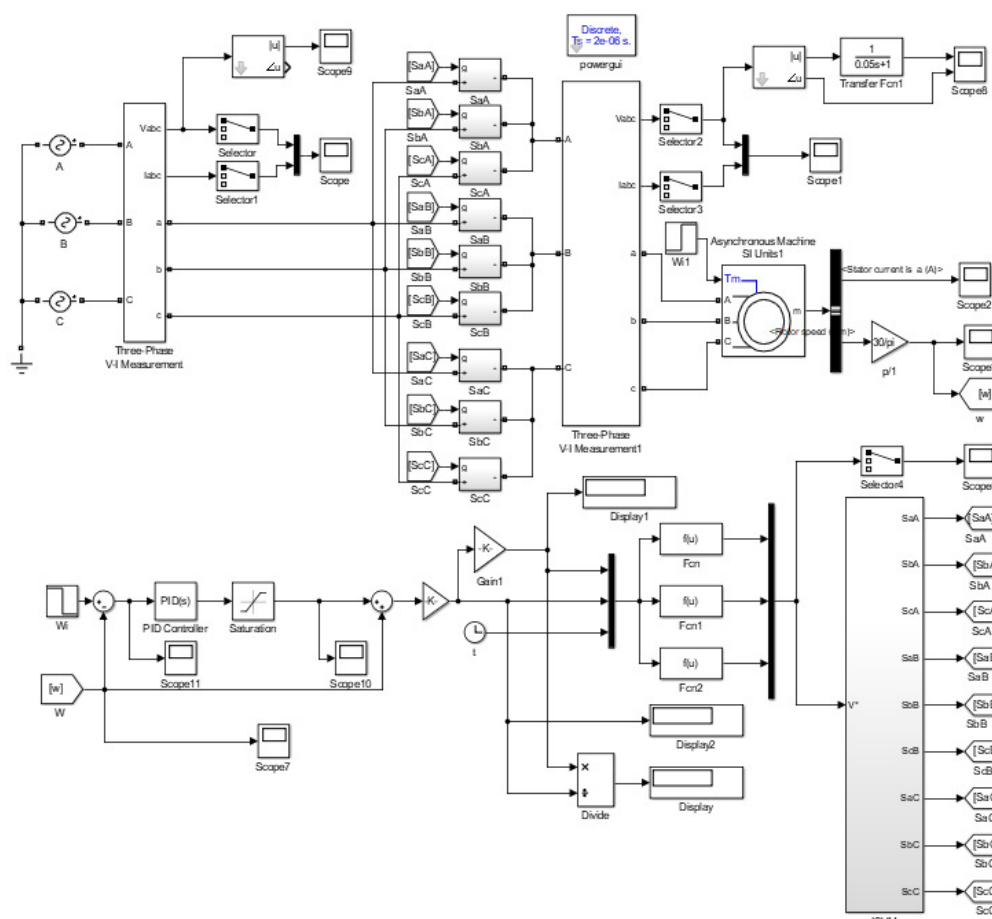
Phương pháp điều khiển vòng hở đối với bất kỳ hệ truyền động biến tần trực tiếp, gián tiếp cho động cơ xoay chiều thì chất lượng đầu ra không cao, hệ thống không

kiểm soát được mômen tải. Khi xây dựng hệ truyền động điện vòng kín sử dụng phản hồi tốc độ (Hình 6) thì giá trị tốc độ trên trục động cơ luôn được đo và so sánh với giá trị đặt, khi có sự sai lệch giữa 2 đại lượng này bộ điều chỉnh sẽ thực hiện bù trừ giá trị trượt để đảm bảo tốc độ đầu ra bám

theo giá trị đặt. Với điều khiển vòng kín thì mômen tải sẽ được kiểm soát.

4 Kết quả mô phỏng

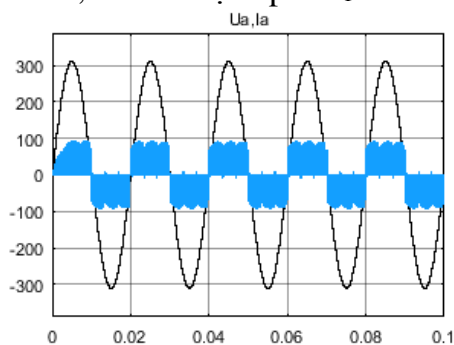
Sử dụng phần mềm Matlab & Simulink để xây dựng các khối chức năng và lập trình m-file thực hiện các thuật toán chuyển mạch cho biến tần ma trận.



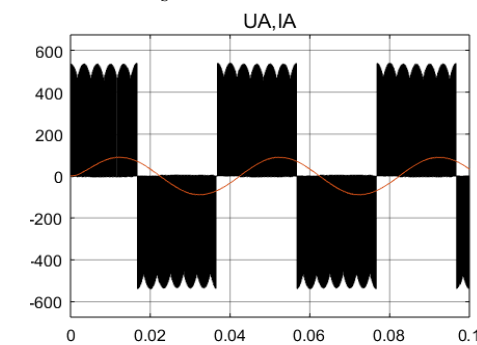
Hình 7. Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động biến tần ma trận – động cơ vòng kín

4.1 Biến tần ma trận làm việc với chức năng là bộ biến đổi nguồn xoay chiều

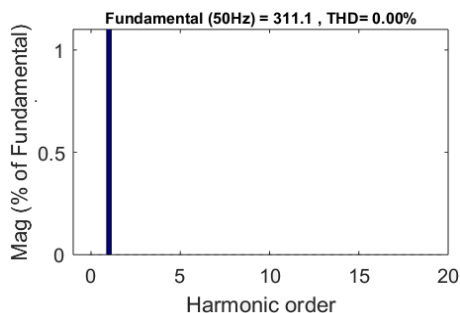
Thực hiện mô phỏng với điện áp vào $U = 220\text{ V}$, $f = 50\text{ Hz}$, phụ tải có $R = 2\ \Omega$ và $L = 10\text{ mH}$, tần số điện áp ra $f_1 = 25\text{ Hz}$. Tần số cắt mẫu PWM $f_s = 5\text{ kHz}$.



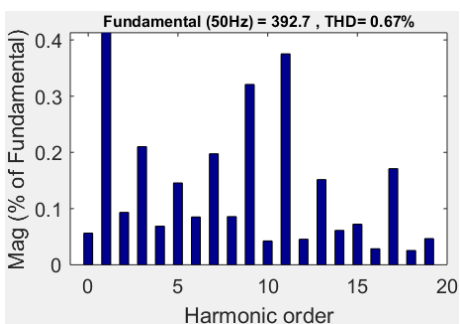
Hình 8. Điện áp và dòng điện ở đầu vào ($f = 50\text{ Hz}$)



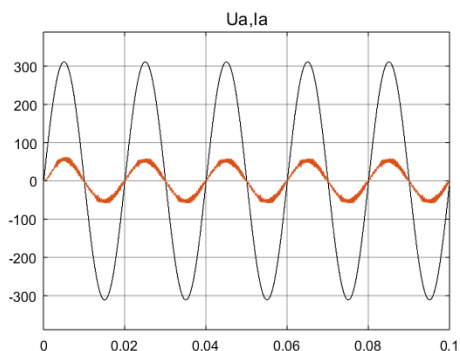
Hình 9. Điện áp và dòng điện ở trên tải ($f = 25\text{ Hz}$)



Hình 10. Hệ số sóng hài điện áp đầu vào (THD = 0%)



Hình 11. Hệ số sóng hài điện áp đầu ra (THD = 0,67%)



Hình 12. Điện áp và dòng điện đầu vào khi sử dụng mạch lọc song hài (LC)

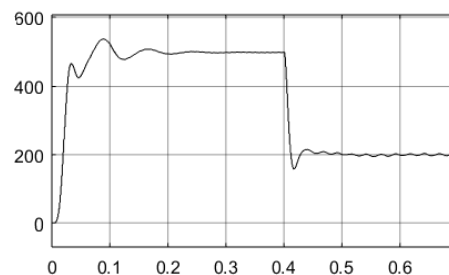
4.2 Ứng dụng biến tần ma trận điều khiển động cơ xoay chiều theo quy luật $V/f = \text{const}$

Sơ đồ cấu trúc mô phỏng hệ truyền động biến tần ma trận - động cơ xoay chiều được thể hiện ở hình 12. Động cơ có thông số: $P = 1,5 \text{ kW}$, $U = 220 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $R_s = 0,5968 \Omega$, $n_{dm} = 1440 \text{ v/p}$, $L_s = 0,0003495 \text{ H}$, $J = 0,05 \text{ kg.m}^2$.

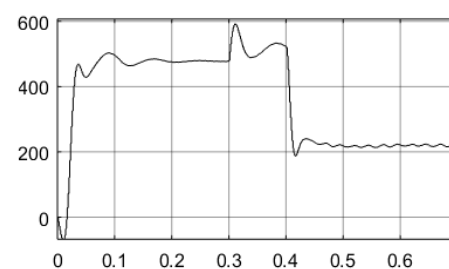
4.2.1. Hệ truyền động có cấu trúc vòng hở

Khi cho tốc độ động cơ thay đổi từ 500 v/p xuống 200 v/p tại thời điểm

0,4 giây thì trên Simulink có tần số và điện áp đầu vào động cơ thay đổi từ $f = 16,67 \text{ Hz}$, $V = 83,33 \text{ V}$ xuống giá trị $f = 6,67 \text{ Hz}$ và $V = 33,33 \text{ V}$ luôn đảm bảo $V/f = \text{const}$.

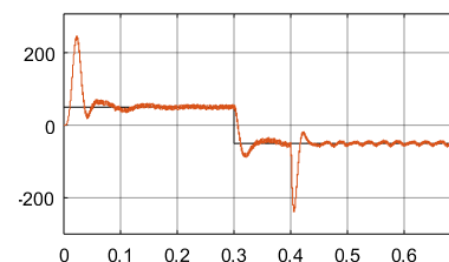


Hình 13. Đặc tính tốc độ khi không tải



Hình 14. Đặc tính tốc độ khi có tải (Mc thay đổi tại $t = 0,3 \text{ s}$

từ $Mc_1 = 50 \text{ Nm}$ sang $Mc_2 = -50 \text{ Nm}$

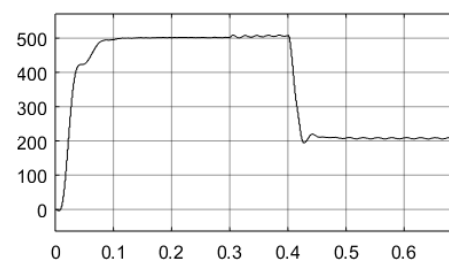


Hình 15. Đặc tính mômen động cơ và mômen tải

4.2.2. Hệ truyền động có cấu trúc vòng kín

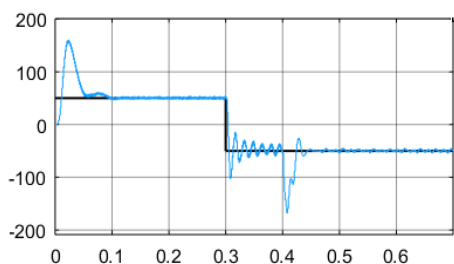
Bộ điều chỉnh cho mạch vòng kín của hệ truyền động sau khi tổng hợp có cấu trúc PI với các thông số:

$$W_{PI}(s) = 1,5 + 0,8/s$$



Hình 16. Đặc tính tốc độ khi có tải (Mc thay đổi tại $t = 0,3 \text{ s}$

từ $Mc_1 = 50 \text{ Nm}$ sang $Mc_2 = -50 \text{ Nm}$



Hình 17. Đặc tính mômen tải và mômen động cơ

Từ kết quả mô phỏng trên hình 8 - 12 cho thấy điện áp đầu vào và dòng điện cùng pha, hệ số truyền công suất $m = 1$, dòng điện có dạng sine. Khi làm việc với tải thì biến tần không gây ra sóng hài lên lưới (THDu% = 0%). Điện áp và dòng điện đầu ra trên tải có dạng sine, điện áp đầu ra có độ méo thấp (THDu% = 0,67%).

Từ kết quả mô phỏng hệ có cấu trúc truyền động vòng hở (Hình 13 - 15) thì tốc độ động cơ bám theo giá trị đặt và khi thay đổi tần số biến tần thì tốc độ động cơ thay đổi theo và luôn đảm bảo tỷ số $V/f = \text{const}$. Nhưng khi có mômen tải thì có sự chênh lệch giữa giá trị tốc độ đặt và tốc độ thực trên trục động cơ. Kết quả mô phỏng hệ có cấu trúc truyền động vòng kín (Hình 16, 17) thì tốc độ đầu ra bám theo giá trị đặt, khi có

mômen tải thì vẫn luôn đảm bảo tốc độ ra bám theo giá trị đặt.

5 Kết luận

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy rằng bộ biến tần ma trận là bộ biến đổi trực tiếp, trao đổi công suất theo hai chiều. Chất lượng đầu vào và ra của biến tần đảm bảo của một biến tần công nghiệp như dòng điện đầu vào dạng sine, dòng đầu ra gần sine chuẩn. Biến tần ma trận là bộ biến đổi có nhiều ưu điểm so với biến tần hiện tại trong thực tế, chúng có thể điều khiển theo quy luật V/f như các biến tần thông thường. Ở phương pháp điều chế không gian vector trực tiếp, trong mỗi chu kỳ cắt mẫu có thể chỉ cần xác định góc pha của điện áp đầu vào, tương đối so với các thời điểm điện áp nguồn qua không mà không cần quan tâm đến giá trị tức thời của điện áp. Điện áp đầu ra được xác định theo tần số yêu cầu và hệ số điều chế mong muốn. Như vậy sẽ giảm được tối thiểu các tín hiệu bên ngoài nên khả năng chống nhiễu tốt, là bộ biến đổi năng lượng trực tiếp theo hai chiều nên không cần mạch clamp để bảo vệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nabae A.** New Neutral Point Clamped PWM Inverter / A. Nabae, I. Takahashi, H.A. Akagi // IEEE Trans. On IA. - 1981. - IA-17(5). - PP. 509 - 517.
2. **Kolar J.W.** Novel Three-phase AC-DC-AC Matrix Converter / J.W. Kolar, M. Baumann, F. Schafmeister, H. Ertl // 17th Annual. - 2002. - Vol.2. - PP. 777-791.
3. **Sidorov S.N.** Frequency Converter Object Scalar Control / S.N. Sidorov // Power Electronics. - 2009. - №3.
4. **Karaca H.** Control of Venturini Method Based Matrix Converter in Input Voltage Variations / H. Karaca, R. Akkaya // International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. - 2009. - Vol.2. - PP. 1412 - 1416.
5. **Bogdan Y.** Research on the Switching Algorithm of Voltage Vectors in the Direct Torque Control System / Y. Bogdan, Van Tung Le // IEEE Trans. Rus. (ISBN 9781538649381). - 2018. - PP. 80 - 87.
6. **Hanan M.D.** Speed Control of Induction Motor using PI and V/f Scalar Vector Controllers / M.D. Hanan, J.A. Hussein // International Journal of Computer Applications (ISSN 0975-8887). - Vol.151, No.7. - 2016. - PP. 36-43.

CẢI THIỆN CỠ HẠT THAN NGUYÊN KHAI VÀ GIẢM NĂNG LƯỢNG TIÊU THỤ RIÊNG TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC BẰNG MÁY KHẨU LIÊN HỢP

KS. Nguyễn Văn Xuân, ThS. Lê Thanh Bình – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin

GS. TSKH. Gabov V.V. – Trường Đại học Mỏ Saint Petersburg- CHLB Nga

Tóm tắt: Bài báo phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến thành phần cỡ hạt than khai thác từ vỉa bằng máy khẩu liên hợp và xem xét các phương pháp để tăng kích thước hạt và giảm năng lượng tiêu thụ riêng. Giải pháp kỹ thuật được đề ra với ý tưởng tăng tiết diện mặt cắt, lựa chọn hình dạng cắt hợp lý dựa trên sự hoàn thiện sơ đồ phân bố rãnh cắt trên tang khẩu.

Từ khóa: Than, khai thác hầm lò, máy khẩu liên hợp, tang khẩu, răng cắt, hình dạng cắt, sơ đồ phân bố, thành phần cỡ hạt.

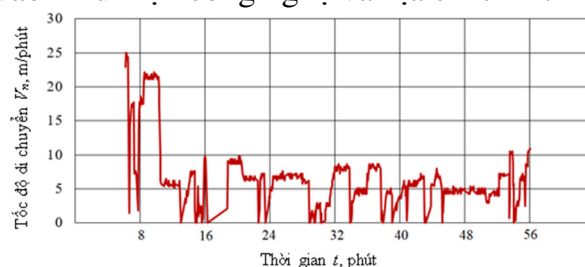
1 Mở đầu

Than là một trong những khoáng sản có giá trị rất quan trọng đối với các ngành công nghiệp năng lượng, hóa chất và các ngành công nghiệp khác của Việt Nam. Việc tăng sản lượng khai thác than có tầm quan trọng chiến lược. Khối lượng than sản xuất càng cao thì chi phí nhập khẩu càng thấp và càng ít phụ thuộc vào nguồn cung từ nước ngoài. Theo Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030 (điều chỉnh), sản lượng than thương phẩm sản xuất toàn ngành đạt 55 - 57 triệu tấn [1], chủ yếu là khai thác hầm lò.

Kinh nghiệm trên thế giới chỉ ra rằng khai thác than hầm lò tại các vỉa có độ dày trung bình và cao sẽ hiệu quả hơn khi sử dụng hệ thống khai thác lò chợ cơ giới hóa. Thực tế các lò chợ cơ giới hóa có độ dày vỉa trung bình và cao với góc nghiêng đến 35° đều được trang bị máy khẩu liên hợp [2]. Ưu điểm của loại máy này là: sự kết hợp chức năng tách than từ khối vỉa và

chuyển chúng lên máng cào; khả năng điều chỉnh vị trí các bộ phận và thông số làm việc theo độ dày vỉa; độ tin cậy và độ bền. Trong tương lai gần, việc khai thác bằng máy khẩu liên hợp tại các vỉa có độ dày trung bình và cao ở lò chợ cơ giới hóa là không thể thay thế.

Tuy nhiên, quá trình bóc tách than bởi máy khẩu liên hợp cũng có những nhược điểm: chế độ làm việc ngắt quãng, tốc độ di chuyển của máy V_{π} thay đổi trong khoảng rộng (Hình 1) dẫn đến than bị tái đập nhỏ và tăng năng lượng tiêu thụ riêng. Nguyên nhân cơ bản là do đặc điểm của phương pháp tách than khỏi vỉa bằng tang khẩu có gắn răng khẩu, sự phụ thuộc đa dạng, ngẫu nhiên vào tốc độ di chuyển của máy khẩu vào điều kiện công nghệ và địa chất mỏ.



Hình 1. Sự thay đổi tốc độ di chuyển V_{π} của máy khẩu trong quá trình hoạt động liên tục

Nguyên lý hoạt động của máy khẩu liên hợp với tang khẩu dựa trên việc bóc tách cơ học liên tục than khỏi vỉa bằng phay phá từ bề mặt mở bằng các lát cắt hình liềm với tốc độ cắt 2 - 4 m/s [3]. Phương pháp tách than khỏi vỉa này có tính công nghệ cao (đơn giản, tin cậy, ổn định, cường độ lớn) nhưng cũng có nhược điểm: thành phần hạt nhỏ chiếm tới 40%, tạo bụi mạnh, năng lượng tiêu thụ riêng cao và tổn chi phí đáng

kể để dập bụi [4].

2 Phương pháp

Cải thiện cỡ hạt và năng suất, giảm năng lượng tiêu thụ và hình thành bụi của quá trình khai thác có thể đạt được bằng cách thực hiện các biện pháp kết hợp, bao gồm tăng tiết diện cắt; hoàn thiện thiết kế tang khâu, bộ phận chất tải, bố trí răng cắt và chế độ vận hành của máy khâu.

Thành phần cỡ hạt thu được liên quan đến năng lượng riêng tiêu thụ, độ dày cắt trung bình và sự thay đổi độ dày của nó khi các thông số của vĩa, các thông số cắt và tang khâu không đổi.

Năng lượng tiêu hao riêng trong quá trình khai thác than bằng máy khâu liên hợp có thể tính theo công thức sau [5]:

$$H_w = \frac{P_{cp}}{60Q} = \frac{A + B \cdot V_n}{60B_3 \cdot H \cdot \gamma \cdot V_n} = \frac{A}{K \cdot V_n} + \frac{B}{K} \quad (1)$$

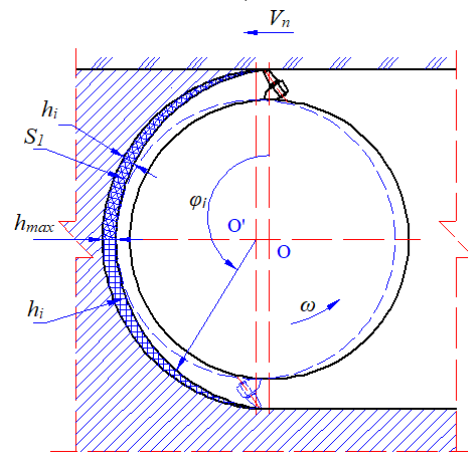
$$= \frac{A}{K \cdot n_{cp} \cdot z \cdot h_{max}} + \frac{B}{K} = \frac{C}{h_{max}} + \frac{B}{K}$$

Trong đó: $K = 60B_3 \cdot H \cdot \gamma$ và $C = \frac{A}{K \cdot n_{cp} \cdot z}$

là các đại lượng hằng số trong điều kiện cụ thể; P_{cp} – công suất động cơ truyền chuyển động cắt, kW; Q – năng suất của máy khâu khi làm việc liên tục, t/phút; A, B – thông số đặc tính năng lượng; V_n – tốc độ di chuyển của máy khâu, m/phút; B_3 – độ rộng chiếm bởi thiết bị làm việc, m; H – độ dày của vĩa, m; γ – khối lượng riêng của than trong vĩa, t/m³; z – số lượng răng cắt trên một đường cắt; h – chiều dày lát cắt, m, thay đổi từ h_0 đến h_{max} .

Từ công thức (1), khi tốc độ di chuyển V_n tăng trong khoảng giá trị cho phép, tần số quay của tang khâu không đổi thì năng lượng tiêu hao riêng H_w giảm đến giá trị nhỏ nhất B/K [6]. Như vậy, việc giảm năng lượng tiêu hao riêng trong quá trình khai thác là hoàn toàn có thể thực hiện được.

Yếu tố ảnh hưởng thứ hai đến thành phần cỡ hạt và năng lượng tiêu hao riêng là hình dạng của lát cắt (Hình 2), được thực hiện bởi răng cắt trên tang khâu. Giá trị tức thời của độ dày mỗi lát cắt riêng lẻ h_i thay đổi từ $h_{min} = 0$ đến $h_{max} = \frac{V_n}{n_{cp} \cdot z}$, còn năng lượng tiêu hao riêng H_w thay đổi từ ∞ khi $\varphi \rightarrow \pi$ đến $H_{w \min}$ khi $\varphi = \pi/2$.



Hình 2 – Sự tạo thành lát cắt khi thay đổi góc vị trí răng cắt

Với việc tốc độ di chuyển tăng, hình dạng lát cắt có phần thay đổi: chiều dài nửa trên của lát cắt tăng, còn nửa dưới giảm khi, trong khi diện tích bằng nhau $S_1 = S_2$ (Hình 2). Giá trị tức thời của độ dày cắt h_i khi tốc độ di chuyển và tốc độ cắt không đổi được xác định như sau [7]:

$$h_i = \frac{2\pi V_n}{\omega \cdot z} \sin(\varphi_i) \quad (2)$$

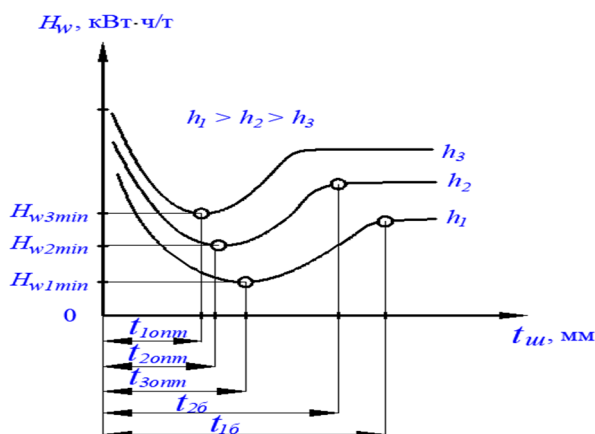
Khi $\varphi_i = \pi/2$ ta có:

$$h_i = h_{max} = \frac{2\pi V_n}{\omega \cdot z} \quad (3)$$

Ở đây: φ_i – giá trị tức thời của góc vị trí răng cắt, rad; ω – tần số vòng quay tang khâu, rad/phút.

Năng lượng tiêu thụ riêng cho mỗi lát cắt thay đổi tỷ lệ với sự thay đổi độ dày cắt. Khi độ dày cắt lớn hơn 80 mm, năng lượng tiêu thụ giảm không đáng kể, tiệm cận với mức tối thiểu lý thuyết [7, 8]. Sự phụ thuộc

của H_w vào bước cắt, được xây dựng dựa trên số liệu thực nghiệm [8, 9] (Hình 3), đã biểu thị rõ ràng các giá trị tối thiểu tương ứng với giá trị bước cắt tối ưu t_{onm} và t_{onm} phụ thuộc vào chiều sâu cắt. Với độ dày cắt càng tăng, vùng tối ưu sẽ dịch chuyển về các giá trị thấp hơn.



Hình 3 – Mối liên hệ của bước cắt t_{sh} đến năng lượng tiêu hao: H_w : t_{1onm} , t_{2onm} , t_{3onm} – khoảng cách bước cắt hợp lý; t_{16} , t_{26} – vùng giới hạn khoảng cách bước cắt

3 Kết luận

Có thể nói, những phương pháp truyền thống có khả năng tăng hiệu quả của quá trình tách than khỏi vỉa bởi tang khâu đã được tận dụng hết. Không có phương pháp hiệu quả mới nào, thông qua thay đổi các thông số của tang khâu và răng cắt và chế độ hoạt động của chúng, được tìm thấy. Tuy nhiên, có thể tăng kích thước hạt và giảm năng lượng tiêu thụ riêng bằng cách tăng tiết diện cắt thông qua lựa chọn hình dạng cắt hợp lý (bàn cò, cắt đường, cắt nhóm) hoặc cắt hỗn hợp. Hướng đi này hiện nay còn chưa được nghiên cứu đầy đủ, liên quan đến việc cần thiết hoàn thiện và kết hợp các loại công cụ, tìm kiếm các hình dạng cắt tiên tiến hơn và phù hợp với sơ đồ sắp xếp răng cắt trên tang khâu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Thủ tướng Chính phủ.** Quyết định số 403/QĐ-TTg ngày 14/3/2016 V/v Phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030.
2. **Солод В.И.** Проектирование и конструирование горных машин и комплексов / В.И. Солод, В.Н. Гетопанов, В.М. Рачек // М.: Недра. - 1982. - 350 с.
3. **Ржевский В.В.** Проблемы горной промышленности и комплекса горных наук / В.В. Ржевский // М.: Изд-во МГИ. - 1991. - 242 с.
4. **Буторин Ю.И.** Влияние кливажа на процесс резания угля / Ю.И. Буторин, Б.Е. Определенов // М.: Горные машины. - 1967. - №8.
5. **Zadkov D.A.** Energy-saving Modular Units for Selective Coal Cutting / D.A. Zadkov, V.V. Gabov // Eurasian mining. - 2016. - №1. - PP. 37-40.
6. **Позин Е.З.** Разрушение углей выемочными машинами / Е.З. Позин, В.З. Меламед, В.В. Тон. - 1984. - 288 с.
7. **Справочник (кадастр) физических свойств горных пород /** Под ред. Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, М.М. Протоद्याконова // М.: Недра. - 1975. - 279с.
8. **Берон А.И.** Свойства горных пород при разных видах и режимах нагружения / Под ред. А.И. Берона // М.: Недра. - 1983. - 276 с.
9. **Берон А.И.** Резание угля / А.И. Берон, А.С. Казанский, Б.М. Лейбов, Е.З. Позин // М.: Госгортехиздат. - 1962. - 439 с.

NGUYÊN LÝ LOẠI BỎ MÁY XÚC THEO TIÊU CHÍ TÍCH LŨY HƯ HỒNG KẾT CẤU KIM LOẠI KHI HẾT GIAI ĐOẠN SỬ DỤNG ĐỊNH MỨC

*ThS. Đỗ Đức Trọng, ThS. Lê Thanh Bình – Viện Cơ khí Năng Lượng và Mỏ- Vinacomin
GS. TSKH. Nasonov M.Yu. – Trường Đại học Mỏ Saint Petersburg- CHLB Nga*

1 Giới thiệu

Khi máy xúc đã hết tuổi thọ định mức sẽ phát sinh vấn đề liên quan đến quyết định loại bỏ hoặc tiếp tục sử dụng. Việc loại bỏ được thực hiện trước hết để đảm bảo an toàn trong quá trình sử dụng. Tuy nhiên, chi phí để thay thế một máy xúc mới là rất lớn. Vì vậy, để giải quyết câu hỏi về sự cần thiết phải loại bỏ hay không, hiện nay có hai phương pháp: Một là, căn cứ theo thời gian làm việc của máy xúc, trung bình tuổi thọ đối với các máy xúc gầu dây là 20 năm, đối với máy xúc tay gầu là 17 năm; hai là, căn cứ theo khối lượng đất đá đã được xử lý. Theo đó, các hư hỏng trong các kết cấu kim loại được tích lũy trong thời gian sử dụng khiến chúng ở trạng thái nguy hiểm. Vì vậy, vấn đề được đặt ra là đánh giá mức độ nguy hiểm của các kết cấu kim loại để cho phép kéo dài tuổi thọ hoặc loại bỏ máy xúc. Để giải quyết vấn đề này, một phương pháp được đề xuất là đánh giá tình trạng kỹ thuật của máy xúc khi mức độ tích lũy hư hỏng trong các mối hàn kết cấu kim loại tăng cao. Sự gia tăng đáng kể tốc độ phát triển vết nứt tới trị số tới hạn có thể diễn ra trong khoảng thời gian ngắn hơn so với khoảng thời gian giữa các lần kiểm tra hay bảo dưỡng định kỳ. Nếu tốc độ phát triển các vết nứt đã đạt trị số tới hạn thì cần phải được loại bỏ và thay thế bằng một máy xúc mới.

Từ khóa: Máy xúc tay gầu, kết cấu kim loại, vết nứt, ứng suất, loại bỏ.

2 Phương pháp

Hiện trạng mối hàn các kết cấu kim loại của máy xúc liên quan đến yêu cầu đánh giá

sự tích lũy hư hỏng được chẩn đoán bằng các phương pháp kỹ thuật: Kiểm tra ngoại quan, kiểm tra bằng siêu âm và các phương pháp kiểm tra không phá hủy khác [1, 2].

Các nghiên cứu được thực hiện tại các mỏ than vùng Kuzbass - CHLB Nga đối với các kết cấu kim loại của máy xúc ЭИИ-10/70, ЭИИ-13/50, ЭКТ-12.5/15 và ЭКТ-20. Thiết bị kiểm tra là các máy siêu âm UD2-12, UD2-70 và hệ thống theo dõi phát xạ âm “Digital Spartan” DiSP-16.

3 Kết quả

Hư hỏng kết cấu kim loại có nhiều loại [3], nhưng nguy hiểm nhất đối với các bộ phận chịu tải theo chu kỳ là ba loại cơ bản: Hư hỏng của kết cấu kim loại ở mức độ tích lũy chuyển vị do mỗi nhiều chu kỳ; tích lũy hư hỏng do các biến dạng dẻo với số chu kỳ thấp; và hư hỏng phát triển từ các khuyết tật giống như vết nứt [4-7]. Với loại thứ nhất và thứ hai, để làm cho kết cấu kim loại bị hỏng thì trước tiên chúng phải phát triển thành vết nứt. Trong khi với loại thứ ba, khi vết nứt phát triển đến kích thước tới hạn có thể gây ra tai nạn trực tiếp [8].

Do kết cấu kim loại của máy xúc hoạt động ở chế độ tải tần số thấp, sự tích tụ chuyển vị trong kim loại không bị hư hại xảy ra rất chậm [9]. Do đó, việc phá hủy kết cấu do sự gia tăng số lượng chuyển vị và sự biến đổi của chúng thành một vết nứt chỉ có thể xảy ra sau một thời gian rất dài. Tuy nhiên, các máy xúc tay gầu ЭКТ-12.5/15 tạo ra 500 chu kỳ tải trọng trong 12 giờ làm việc, có tính đến các hoạt động bổ sung khi sử dụng, số chu kỳ tải trọng được tạo thành

trong tính toán độ bền có thể tăng lên $2.000 \div 4000$ chu kỳ/ngày đêm. Do đó, trong 17 năm của vòng đời hoạt động, mỗi năm có tới 18 triệu chu kỳ được thực hiện. Con số này là rất đáng kể khi xem xét sự phá hủy do mỗi nhiều chu kỳ có thể xảy ra.

Tuy nhiên, theo phương pháp hiện tại để tính toán các kết cấu kim loại của máy xúc theo mỗi nhiều chu kỳ, không phải tất cả các biên độ của ứng suất cực đại phát sinh trong chúng đều đạt đến cùng một mức. Hầu hết các biên độ đều thấp hơn giới hạn độ bền của kim loại cơ bản, chỉ 7% có thể vượt quá giới hạn này. Việc vượt quá biên độ như vậy có thể xảy ra ngay tại các thời điểm đóng mở nắp gầu, tức là tại những thời điểm không lường trước được bằng phương pháp tính toán mỗi, vì chúng là trường hợp khẩn cấp. Cần lưu ý rằng với sự cải thiện các điều kiện khai thác trên bề mặt gương, số lượng biên độ ứng suất tối đa với mức độ nguy hiểm giảm xuống, trong khi độ bền của máy xúc có thể tăng đáng kể. Ngoài ra, hướng tác động của tải trọng rất đa dạng, ảnh hưởng đến độ lớn của biên độ ứng suất tại một điểm cụ thể trong các kết cấu kim loại của máy xúc [9 - 11].

Khi tính toán kết cấu kim loại của máy xúc theo độ bền mỗi nhiều chu kỳ, giới hạn độ bền đạt được trong quá trình kiểm tra kim loại mỗi hàn trong trường hợp không có khuyết tật hàn lớn được sử dụng. Theo đó, sự hiện diện của các khuyết tật nhỏ giống như vết nứt và tính chất không đồng nhất của kim loại mỗi hàn sẽ được tính đến trong quy trình tính toán, các khuyết tật lớn được xem xét trong cơ học phá hủy.

Sự xuất hiện của mỗi với số chu kỳ thấp và biến dạng dẻo tuần hoàn trong các kết cấu kim loại của máy xúc chỉ có thể xảy ra trong các điều kiện đặc biệt: Hư hỏng do ăn mòn; các vết lõm do tác động từ ngoại

lực; sự dịch chuyển của mỗi hàn trong quá trình hàn sửa chữa. Sự tích lũy biến dạng dẻo bên ngoài các mỗi hàn của kết cấu kim loại là nguyên nhân không đáng kể làm giảm tuổi thọ còn lại của máy xúc [10].

Thực tế đã chỉ ra rằng về cơ bản, tất cả các hư hỏng đối với các kết cấu kim loại của máy xúc có liên quan đến sự phát triển các vết nứt hình thành từ các khuyết tật giống như vết nứt trong các mỗi hàn: Không thấu, không ngấu, ngậm xỉ, rỗ khí... Khiếm khuyết loại này có thể dễ dàng tìm thấy bằng các công cụ chẩn đoán và/hoặc cũng có thể được phát hiện ngay cả bằng mắt thường. Vì vậy, phá hủy do sự phát triển đột ngột của các vết nứt chỉ có thể xảy ra nếu bỏ qua việc sửa chữa phòng ngừa, kiểm tra định kỳ và đánh giá tuổi thọ còn lại của chúng.

Hai yếu tố đặc trưng gây nên sự tích lũy hư hỏng cho kết cấu kim loại của máy xúc trong thời gian dài, đầu tiên, là sự biến đổi khuyết tật thành các vết nứt nhỏ với kích thước nằm trong giới hạn cho phép khi kiểm tra chẩn đoán, tức là $< 0,5-1$ mm. Những khuyết tật như vậy được hình thành trong quá trình sản xuất tại nhà máy. Đối với máy xúc ЭИИ- 13/50, 30% các mỗi hàn tại các nhà máy tồn tại ứng suất cao trong chúng và gây ảnh hưởng đến tính an toàn của cấu trúc. Chúng bao gồm các mỗi hàn cho tay gầu, dầm hình chữ nhật, cũng như các mỗi hàn của kết cấu phía trên cao của máy xúc. Thứ hai, là sự hình thành một số lượng lớn các khuyết tật hàn trong các mỗi hàn khi sửa chữa bảo dưỡng.

Nghiên cứu [3] cho thấy, đối với các mỗi hàn thủ công, tỷ lệ khuyết tật là tỷ lệ của số khu vực cần sửa chữa trên tổng số khu vực được kiểm tra, $\sim 15,6\%$. Ban đầu, các vết nứt phát sinh từ các khuyết tật khi hàn tự động và sau đó xuất hiện thêm các

vết nứt từ các khuyết tật khi hàn thủ công. Số lượng và tổng chiều dài của mỗi hàn được thực hiện thủ công trong quá trình sửa chữa máy xúc tăng lên tùy thuộc vào khối lượng đất đá được xử lý và điều kiện khai thác trên các mỏ. Mặc dù thực tế là các vết nứt thường xuất hiện trở lại trong các mối hàn thủ công và trung bình chiều dài của chúng tăng thêm 1,5 m mỗi năm. Số lượng khuyết tật giống như vết nứt trong các mối hàn lặp lại khi sửa chữa tăng 15% cho một lần sửa chữa. Để sửa chữa các vết nứt trong kết cấu kim loại, mỗi năm thực hiện 1-2 lần kiểm tra siêu âm, 12 lần sửa chữa hàng tháng thông qua việc quan sát trực quan bằng mắt thường. Ngoài ra còn 1-2 lần sửa chữa khẩn cấp bổ sung mỗi tháng cho những máy xúc đã làm việc từ 10 năm trở lên. Do đó, trong thời gian hoạt động, chiều dài của các mối hàn được hàn tự động được thay thế bằng các mối hàn thủ công có thể thay đổi từ 30 - 50% tổng chiều dài của chúng, tùy thuộc vào chất lượng của quá trình chuẩn bị đất đá nổ mìn. Theo đó, số lượng khuyết tật giống như vết nứt sau khi máy xúc thực hiện khối lượng công việc tiêu chuẩn để đào đất đá có thể tăng gấp 10 lần, tùy thuộc vào điều kiện vận hành.

Đặc tính làm việc của kết cấu kim loại máy xúc là phải chịu một số lượng lớn tải tuần hoàn và có một số lượng đáng kể các khuyết tật, do đó khả năng bị nứt cao hơn bình thường. Tùy thuộc vào chiều dài, chúng được chia thành các nhóm sau: Nhóm vết nứt á tế vi với kích thước tuyến tính 0,001 - 0,01 mm; nhóm vết nứt tế vi có kích thước 0,01 - 0,1 mm; nhóm vết nứt nhỏ với kích thước 0,5 - 2,5 mm; và nhóm các vết nứt > 2,5 mm. Sau quá trình sửa chữa có thể tìm thấy được số lượng 20 - 30 khuyết tật giống như vết nứt trong 1 m mối hàn. Tuy nhiên, trong bất kỳ trường hợp

nào, con số này không thể lớn hơn mức độ đảm bảo an toàn cho máy xúc. Sự phân bố của chúng là theo quy luật bình thường. Theo các kết quả tính toán, người ta nhận thấy rằng, khi tính toán độ bền, chỉ cần tính đến các khuyết tật với kích thước nhỏ nhất là 0,01 - 0,1 mm. Các khuyết tật nhỏ hơn với cường độ ứng suất có trong kết cấu kim loại của máy xúc phát triển rất chậm do giảm cường độ ứng suất ở đỉnh của chúng. Những khuyết tật này có thể được xem xét trong khuôn khổ của mỗi nhiều chu kỳ bằng cách giảm giới hạn độ bền.

Liên quan đến những điều đã nói ở trên, vấn đề đánh giá khả năng tiếp tục làm việc của máy xúc trong trường hợp này không phải là vấn đề kỹ thuật mà là vấn đề kinh tế. Khi có một số lượng lớn các khuyết tật giống như vết nứt và các vết nứt xuất hiện trong kết cấu kim loại của máy xúc thì cần phải có sự chú ý từ các kỹ thuật viên để phát hiện ra chúng, và cũng cần rất nhiều thời gian để loại bỏ chúng, dẫn đến thời gian ngừng hoạt động trong quá trình sửa chữa là rất dài.

Để tiến hành tính toán hậu quả kinh tế của việc quyết định loại bỏ máy xúc hay không sau khi kết thúc vòng đời tiêu chuẩn, cần phải biết số lượng khuyết tật giống như vết nứt trong thiết kế và động lực học hình thành của chúng. Đồng thời, cũng cần biết khuyết tật sẽ phát triển nhanh như thế nào và cần bao nhiêu thời gian để sửa chữa.

Số lượng khuyết tật mối hàn không được tiếp nhận để xem xét theo các yêu cầu của kiểm tra ban đầu là 15 khuyết tật mỗi mét. Sau lần đại tu thứ ba, số lượng khuyết tật như vậy ở một số khu vực nhất định tăng lên nhiều lần và có thể đạt tới 40 khuyết tật trên 1 mét. Trong trường hợp này, cần phải tính đến sự khác biệt về tốc độ phát triển rất nhanh của khuyết tật trong kết cấu kim loại.

Bằng cách xác định số lượng, kết cấu và mức độ nguy hiểm của các khuyết tật giống như vết nứt xuất hiện trong các kết cấu kim loại của máy xúc khi bắt đầu hoạt động và sau khi hết hạn sử dụng, ta có thể tính toán thời gian cần thiết để sửa chữa các máy xúc này cũng như thời gian sửa chữa bổ sung giữa các lần sửa chữa. Dựa trên điều này, tồn thất thời gian ngừng máy trong quá trình sửa chữa có thể được xác định bao gồm tổng lượng đất đá không được xúc, chi phí vật liệu trong quá trình sửa chữa và tiền lương của đội sửa chữa.

Thông qua sự hao mòn các kết cấu kim loại của máy xúc, có thể phát hiện được sự tích tụ của các khuyết tật giống như vết nứt trong các mối hàn. Sự tích tụ này xảy ra do việc thay thế dần các mối hàn tự động bằng các đường hàn thủ công do kết quả của công việc sửa chữa. Tình huống nguy hiểm xảy ra khi số lượng khuyết tật giống như vết nứt đủ lớn để cho phép chúng tương tác với nhau và biến thành các vết nứt vi mô. Khi các khuyết tật được chuyển thành các vết nứt nhỏ, chúng có thể hợp nhất thành các vết nứt lớn và phát triển với tốc độ đáng kể. Tốc độ phát triển này ngắn hơn thời gian giữa hai lần kiểm tra bằng siêu âm.

Một nguyên nhân bổ sung cho sự phá hủy các kết cấu kim loại của máy xúc là sự hình thành các vết nứt ở các vùng kim loại cạnh mối hàn (vùng ảnh hưởng nhiệt). Các vết nứt này là kết quả của sự co ngót không đều của kim loại hàn và kim loại cơ bản khi thực hiện các mối hàn sửa chữa tại hiện trường. Các ứng suất dư phát sinh trong vùng ảnh hưởng nhiệt góp phần thúc đẩy sự phát triển vết nứt, dẫn đến giảm đáng kể độ bền chảy của kim loại. Đặc biệt nguy hiểm là các khuyết tật ở mức độ nhỏ, tạo ra những thay đổi đáng kể mang tính cục bộ trong trường ứng suất của kết cấu kim loại

và đóng vai trò là nơi tập trung ứng suất.

Ngoài ra, trong một số trường hợp, để thay thế sửa chữa các khu vực bị hư hỏng, các kim loại khác với kim loại cơ bản được chèn vào khiến cho sự đồng nhất của kim loại giảm đi và làm giảm khả năng chống nứt của cấu trúc. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, quá trình tích lũy thiệt hại xảy ra tùy thuộc vào điều kiện làm việc của máy xúc và kích cỡ hạt của đất đá. Trong trường hợp điều kiện khai thác xấu, tỷ lệ tích lũy thiệt hại cao hơn nhiều [6, 12].

Có một số khu vực kết cấu kim loại của máy xúc không thể được kiểm tra trực quan bằng mắt thường hàng ngày như phần trên cao của tay gầu. Do đó, đối với các khu vực này, cách duy nhất là kiểm tra bảo trì theo lịch trình hàng năm, thậm chí hàng tháng. Do đó, với sự gia tăng thời gian vận hành và tăng số lần sửa chữa, khả năng các vết nứt lớn phát triển nhanh sẽ tăng lên và tình trạng này có thể dẫn đến hỏng kết cấu với hậu quả nghiêm trọng nhất. Mặc dù việc hạ tay gầu để kiểm tra nhiều lần trong tháng là tốt về mặt kỹ thuật, nhưng lại bất lợi về kinh tế.

Sự thay đổi độ bền các kết cấu kim loại của máy xúc được gọi là hư hỏng trong kết cấu có liên quan đến sự gia tăng số lượng khu vực tập trung ứng suất và sự gia tăng cường độ ứng suất trong chúng. Điều này dẫn đến sự gia tăng cả về số lượng và tốc độ phát triển của chúng, qua đó rút ngắn thời gian vận hành an toàn của máy xúc.

4 Thảo luận

Tiêu chí giảm độ bền làm việc các kết cấu kim loại của máy xúc được hiểu là mức độ thiệt hại của chúng dẫn đến sự gia tăng quá mức tốc độ phát triển vết nứt trung bình từ các khuyết tật giống như vết nứt tiêu chuẩn. Biết được tốc độ phát triển vết nứt tại thời điểm nghiên cứu giúp tìm ra tuổi

thọ quy chuẩn của máy xúc. Tuy nhiên, cần phải so sánh với tốc độ phát triển vết nứt của máy xúc mới cùng loại và trong cùng điều kiện làm việc, từ đó xác định được thời gian tồn tại và nhu cầu loại bỏ nó. Khi xác định giá trị của tốc độ phát triển vết nứt trung bình, cần tính đến hệ số an toàn cho độ bền. Điều kiện giảm độ bền và điều kiện cho hoạt động bình thường của máy xúc là:

$$v_{tb} = \frac{a_k - [a]}{t_{pt}} \geq [v] = \frac{v_{th}}{s} \quad (1)$$

Trong đó: v_{tb} – tốc độ phát triển vết nứt trung bình trên thực tế; a_k – kích thước cổ định của vết nứt; $[a]$ – kích thước cho phép của khuyết tật giống như vết nứt; t_{pt} – thời gian phát triển vết nứt; $[v]$ – tốc độ phát triển trung bình cho phép của vết nứt trong các kết cấu kim loại của máy xúc; v_{th} – tốc độ trung bình tới hạn để phát triển vết nứt, là tốc độ dẫn đến phá hủy kết cấu kim loại trong khoảng thời gian bằng hoặc nhỏ hơn thời gian giữa hai lần kiểm tra liên tiếp; s – hệ số an toàn theo độ bền (đối với kim loại cơ bản của mỗi hàn $s = 5$, đối với kim loại của vùng ảnh hưởng nhiệt $s = 7$, đối với kim loại hàn $s = 10$);

Các kết cấu kim loại trong đó các vết nứt phát triển với tốc độ cao hơn tốc độ cho phép phải được thay thế hoặc máy xúc phải được ngừng hoạt động để đảm bảo an toàn. Từ đó, hệ số giảm độ bền của các kết cấu kim loại được hiểu là tỷ lệ giữa tốc độ phát triển vết nứt tại thời điểm kiểm tra và tốc độ phát triển trong thời gian hoạt động ban đầu trong cùng điều kiện vận hành hoặc bằng tỷ lệ giữa kích thước vết nứt tính toán so với kích thước thực tế (đo được bằng các phương pháp kiểm tra không phá hủy):

$$K_g = 1 - \frac{v_{pt0}}{v_{pt1}} = 1 - \frac{a_0}{a_1} \quad (2)$$

Trong đó: v_{pt0} – tốc độ phát triển vết nứt trong giai đoạn đầu hoạt động của máy xúc, thu được bằng tính toán; v_{pt1} – tốc độ phát triển vết nứt tại thời điểm kiểm tra; a_0 – chiều dài tính toán của vết nứt trong các điều kiện nghiên cứu; a_1 – chiều dài thực tế của vết nứt được phát hiện.

Hệ số giảm độ bền cũng có thể được biểu diễn dưới dạng:

$$K_g = 1 - K_{tt} = 1 - \frac{N_1}{N_0} \quad (3)$$

Trong đó: K_{tt} – hệ số độ bền thực tế; N_1 – số chu kỳ tải thực tế giữa hai lần khảo sát; N_0 – số chu kỳ tải tính toán cần thiết cho vết nứt phát triển từ khuyết tật hàn cho phép đến vết nứt tối đa xác định bởi phương pháp thử nghiệm không phá hủy, tính toán bằng công thức Paris bởi phương pháp xấp xỉ liên tiếp theo sơ đồ khối của tải trọng tác dụng lên máy xúc.

Độ bền thực tế các kết cấu kim loại của máy xúc được hiểu là thời gian sử dụng bình thường của máy xúc dẫn đến sự gia tăng tốc độ phát triển vết nứt từ mức độ tại thời điểm nghiên cứu đến mức độ không thể chấp nhận được. Có thể xác định thời gian cần thiết để giảm độ bền đến mức không thể chấp nhận:

$$T_g = T_{vh} \frac{K_{tt}}{K_g} \quad (4)$$

Trong đó: T_{vh} – thời gian vận hành của máy xúc tại thời điểm đánh giá tình trạng kỹ thuật.

Yêu cầu thời gian cho hoạt động bình thường khi thiết kế máy xúc sẽ là:

$$T = K_{tt} \cdot T_0 \geq T_{kt} \cdot s \quad (5)$$

Trong đó: T – Thời gian phát triển dự đoán của vết nứt từ lúc bắt đầu đến khi đạt kích thước tới hạn trong kết cấu kim loại máy xúc đã tích lũy thiệt hại do mỏi;

- T_0 : Thời gian phát triển tính toán của các vết nứt trong kết cấu kim loại không tích lũy thiệt hại do hoạt động:

$$T_0 = \frac{n_0}{n_{tb}} \quad (6)$$

Ở đây: n_0 – số lượng chu kỳ xúc tính toán trong quá trình phát triển của các vết nứt được xem xét, xác định bằng các phương pháp cơ học phá hủy:

$$n_0 = \frac{N_0}{n_{tb}} \quad (7)$$

Với n_{tb} là số chu kỳ tải trung bình trên một chu kỳ xúc.

- T_{kt} : Thời gian kiểm tra máy xúc (thời gian hiện tại là 0,5 năm).

Số chu kỳ xúc trung bình mỗi ngày được xác định:

$$n_{1n} = \frac{n_1}{T_1} \quad (8)$$

Trong đó: - n_1 : Số chu kỳ xúc thực tế trong khoảng thời gian giữa lần kiểm tra cuối cùng và thời điểm phát hiện vết nứt:

$$n_1 = \frac{V_x}{V_g} \quad (9)$$

Ở đây: V_x – thể tích đất đá được xúc bởi máy xúc trong khoảng thời gian xem xét; V_g – thể tích đất đá trong gầu của máy xúc, có tính đến hệ số lấp đầy gầu và hệ số rơi lỏng của đất đá trong gầu.

- T_1 : Thời gian phát triển vết nứt thực tế trong khoảng thời gian giữa lần kiểm tra cuối cùng và thời điểm phát hiện ra vết nứt.

Thời gian vận hành an toàn của máy xúc sau khi kiểm tra (khi độ bền được đảm bảo) được xác định:

$$T_{at} = \frac{T_g}{n} \quad (10)$$

Trong đó: n – hệ số có tính đến việc tăng

tốc độ tích lũy hư hỏng trong thời gian dài hoạt động và khả năng thay đổi điều kiện làm việc của máy xúc:

$$n = \left(\frac{1}{K_g} \right)^{1,75e} \quad (11)$$

Ở đây $e = 2.718...$ là cơ số của logarit tự nhiên.

Ngày nay, khoa học kỹ thuật phát triển cho phép xác định độ bền các kết cấu kim loại của máy xúc và thời gian hoạt động an toàn của chúng khi có các khuyết tật giống như vết nứt ở bất kỳ giai đoạn nào trong quá trình hoạt động. Việc sử dụng các biện pháp kỹ thuật tại mỏ than Kuzbass cho thấy, việc quản lý với việc áp dụng các điều kiện kỹ thuật khai thác cho máy xúc làm tăng độ bền của các kết cấu kim loại và kéo dài thời gian hoạt động an toàn của chúng lên trung bình 1,5 lần.

5 Kết luận

- Thực tế đã chỉ ra rằng, về cơ bản, tất cả các hư hỏng đối với các kết cấu kim loại của máy xúc có liên quan đến sự phát triển các vết nứt hình thành từ các khuyết tật trong các mối hàn: Mối hàn không ngấu, không thấu, ngậm xỉ, rỗ khí...;

- Khuyết tật loại này có thể dễ dàng tìm thấy bằng các công cụ chẩn đoán và các vết nứt đôi khi còn có thể được phát hiện ngay cả bằng mắt thường. Về vấn đề này, phá hủy do sự phát triển mạnh của các vết nứt chỉ có thể xảy ra nếu không tiến hành việc sửa chữa phòng ngừa, kiểm tra định kỳ và đánh giá tuổi thọ còn lại của máy xúc;

- Sự phụ thuộc thu được cho phép xác định tuổi thọ còn lại của các kết cấu kim loại máy xúc sau khi hết thời gian vận hành tiêu chuẩn và kéo dài thời gian hoạt động an toàn của chúng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Agafonov K.V.** Các phương pháp giảm rủi ro trong vận hành thiết bị nâng của tổ hợp tên lửa và tên lửa vũ trụ trong giai đoạn hậu bảo hành bằng cách sử dụng thử nghiệm không phá hủy bằng phương pháp siêu âm / K.V. Agafonov // Thiết bị và Công nghệ hiện đại. - 2016. - Số 4. - Tr. 5-9.
2. **Voichenko K.Yu.** Nghiên cứu khả năng đánh giá chất lượng của các kết cấu kim loại chịu tải bằng phương pháp thử nghiệm không phá hủy bằng siêu âm / K.Yu. Voichenko, E.Yu. Remshev, M.Yu. Silaev, A.N. Glushko // Cơ khí. – 2014. - Số 3. Tr. 10-15.
3. **Khlybov A.A.** Đánh giá tích lũy hư hỏng trong vật liệu kim loại kết cấu bằng phương pháp siêu âm để đảm bảo hoạt động an toàn của các đối tượng kỹ thuật: Tóm tắt luận án Tiến sĩ khoa học / A.A. Khlybov // Nizhny Novgorod. - 2011. - Tr. 33.
4. **Semenov V.V.** Công việc của các thành phần và kết cấu thép có vết nứt, khả năng chống chịu của các kết cấu kỹ thuật có vết nứt / V.V. Semenov // Tạp chí Đại học Kỹ thuật Quốc gia Irkutsk. - 2014. Tr. 3-4.
5. **Makarov A.P.** Xác định chiều dài vết nứt tới hạn trong các kết cấu kim loại của máy xúc / A.P. Makarov, A.N. Shevchenko, A.M. Pavlov // Tạp chí Đại học Kỹ thuật Quốc gia Irkutsk. - 2015. - Số 12. - Tr. 57-63.
6. **Nikitin I.S.** Xác định cường độ tới hạn và đánh giá độ bền mỏi theo các chế độ chu kỳ tải trọng khác nhau / I.S. Nikitin, N.G. Burago, A.D. Nikitin, V.L. Yakushev // Tạp chí Cơ khí. - 2017. - Số 4. - Tr. 238-252.
7. **Sosnovtsev A.P.** Mỏi chu kỳ thấp của các mối hàn / A.P. Sosnovtsev, M.V. Petrovskaya // CyberLeninka. – 2019. - Tr. 9-11.
8. **Smirnov V.V.** Phân tích khuyết tật và hư hỏng trong các kết cấu kim loại của quá trình luyện kim / V.V. Smirnov, M.A. Svitsov, A.Yu. Sheveleva và cộng sự // Tạp chí Khoa học châu Âu. - 2015. Tr. 1-3.
9. **Bogdanov A.P.** Khuyết tật của kim loại của máy xúc tay gầu / A.P. Bogdanov, A.A. Gainullin, A.A. Efimov và cộng sự // Tạp chí Đại học Khoa học kỹ thuật. - 2015. - Số 11. - Tr. 1-25.
10. **Seroshtan V.I.** Quá trình nứt trong các kết cấu kim loại của máy xúc gầu dây / V.I. Seroshtan, T.V. Gaah // Bản tin Đại học Quốc gia Tula. - 2016. - Chủ đề 5. - Tr. 213-220.
11. **Pelipenko M.P.** Ảnh hưởng của quá tải đến tuổi thọ của các yếu tố kết cấu kim loại: Luận án tiến sĩ kỹ thuật năm / M.P. Pelipenko. - 2017. - 205 tr.
12. **Makarov A.P.** Xác định chiều dài vết nứt tới hạn trong các kết cấu kim loại của máy xúc tay gầu / A.P. Makarov, A.N. Shevchenko, A.M. Pavlov // Tạp chí Đại học Kỹ thuật Quốc gia Irkutsk. - 2015. - Số 12. - Tr. 57-63.

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TỐI ƯU HÓA BUỒNG CỨU SINH LÀM BẰNG VẬT LIỆU NHÔM XÓP

*ThS. Nguyễn Quốc Việt, ThS. Lê Văn Lợi – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin
GS.TS. Xu Ping, TS. Shen Jia Xing – Đại học Kỹ thuật công trình Liêu Ninh- Trung Quốc*

Tóm tắt: Để cải thiện độ bền, nâng cao khả năng chịu va đập, chịu áp lực, tăng khả năng giảm chấn của buồng cứu sinh, một loại buồng cứu sinh mới với kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp được tiến hành thiết kế. Phần mềm Ansys Workbench được sử dụng để phân tích và so sánh các áp lực, biến dạng của mẫu buồng cứu sinh tối ưu hóa với của mẫu buồng cứu sinh nguyên bản. Kết quả cho thấy, buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp có phần tĩnh học, động học và giảm chấn ưu việt hơn so với buồng cứu sinh nguyên bản, và nhờ đó, tính an toàn được nâng cao.

Từ khóa: Buồng cứu sinh; vật liệu nhôm xốp; tối ưu hóa; buồng an toàn; Ansys Workbench

1 Đặt vấn đề

Trên thế giới và tại Việt Nam, cùng với sự phát triển của ngành công nghiệp than - khoáng sản, công tác an toàn trong khai thác luôn luôn được chú trọng. Ở các nước có ngành công nghiệp khai thác phát triển như Mỹ, Nga, Đức, Trung Quốc..., việc đưa vào nghiên cứu và sử dụng buồng cứu sinh trong hầm lò đã được tiến hành từ lâu. Buồng cứu sinh cung cấp một không gian khép kín an toàn cho người lao động không kịp thoát ra ngoài khi mỏ hầm lò phát sinh sự cố với những khả năng ưu việt như: Chịu lực xung kích; ngăn khí độc hại từ bên ngoài và loại bỏ khí độc hại trong buồng; cung cấp dưỡng khí, thực phẩm và đồ uống thiết yếu cho người bị nạn. Những đặc điểm này làm kéo dài sự sống của công nhân so với các thiết bị thông thường khác. Đồng thời thông qua thiết bị bên trong buồng để

liên lạc với bên ngoài sẽ giúp lực lượng cứu hộ ứng cứu kịp thời. Vấn đề nghiên cứu tìm ra loại vật liệu chế tạo buồng cứu sinh có độ bền, khả năng cách nhiệt, kháng áp lực xung kích cao đang là một bài toán hết sức quan trọng và cấp thiết hiện nay.

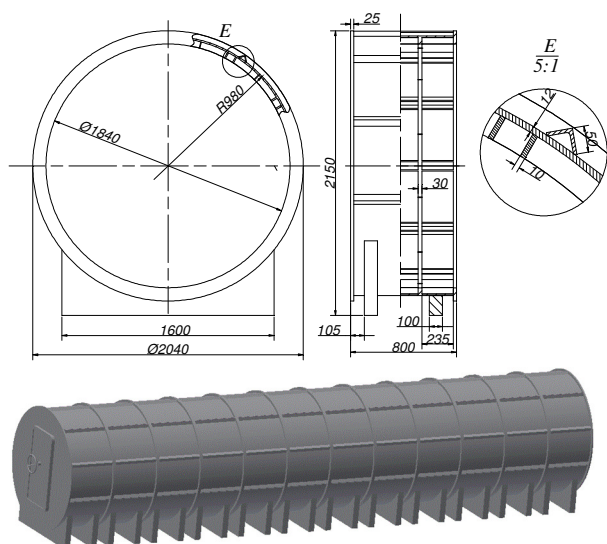
Nhôm xốp có nhiều ưu điểm: Khối lượng thấp, độ bền riêng cao, có khả năng chịu va đập, giảm chấn, giảm rung và có tính đàn hồi cao. Đây là vật liệu được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực an toàn mỏ, công nghiệp ô tô, chế tạo máy bay... Do đó, việc sử dụng nhôm xốp trong chế tạo có thể cải thiện được các tính chất của buồng cứu sinh. Bài báo này nghiên cứu thiết kế tối ưu hóa buồng cứu sinh với kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp, mô phỏng hiệu suất tĩnh và khả năng chịu áp lực của nó để chứng minh tính khả thi và ưu việt của nhôm xốp, cung cấp một hướng nghiên cứu để cải thiện kết cấu buồng cứu sinh.

2 Phân tích tính toán buồng cứu sinh nguyên bản

2.1 Lựa chọn mẫu thiết kế

Trong bài báo này, tác giả sử dụng mẫu nghiên cứu là buồng cứu sinh hình tròn, tổng thể toàn kết cấu phân thành 12 khoang, mỗi khoang có độ dài 800 mm, bán kính 980 mm, 10 khoang giữa có kết cấu hoàn toàn giống nhau, phân biệt với khoang đầu vào có cửa lớn và khoang thoát hiểm. Mỗi khoang được bắt vít liên kết với nhau qua các vành khoang có độ dày 25 mm, vỏ buồng có độ dày 12 mm. Tổng thể kết cấu, kích thước và mô hình 3D của buồng cứu sinh được thể hiện như hình 1 [1, 2, 3].

Mô hình buồng cứu sinh được vẽ bởi



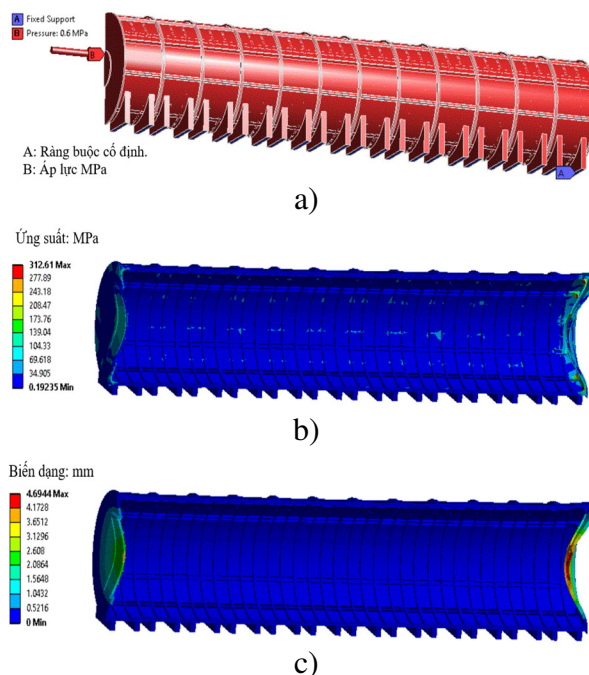
Hình 1. Kết cấu mặt cắt ngang và kết cấu 3D buồng cứu sinh nguyên bản

phần mềm Inventor, sau đó sử dụng phần mềm Ansys Workbench phân tích phần tử hữu hạn. Buồng cứu sinh nguyên bản sử dụng vật liệu thép Q345R có khối lượng riêng 7.860 kg/m^3 , mô đun đàn hồi 206 GPa , hệ số Poisson $0,3$, giới hạn chảy $\leq 345 \text{ MPa}$, giới hạn bền $471 - 510 \text{ MPa}$.

2.2 Quá trình phân tích

Để giảm nhẹ phần tính toán, tác giả chỉ tiến hành phân phân tích một nửa mô hình rồi lấy đối xứng là có thể có kết quả của toàn mô hình. Mô hình được nhập vào phần mềm Ansys Workbench để chia thành mạng lưới, bao gồm 157.682 phần tử và 86.841 đơn nguyên, sau đó tiến hành gán các ràng buộc. Phần mặt đế buồng cứu sinh được gán cố định và áp tải trọng như hình 2. Theo các tài liệu kỹ thuật quy định chung về nghiên cứu buồng cứu sinh [6], khả năng chịu áp lực của nó không thấp hơn $0,3 \text{ MPa}$. Xét đến tính phức tạp của điều kiện địa chất thực tế mỏ hầm lò Việt Nam ảnh hưởng đến độ an toàn trong thiết kế, tác giả lựa chọn áp lực đặt lên bề mặt buồng cứu sinh gấp đôi giới hạn an toàn để tiến hành phân tích, tức là áp lực tính $0,6 \text{ MPa}$.

Kết quả phân tích cho thấy, khối lượng của buồng cứu sinh nguyên bản 10.323 kg ,



Hình 2. Phân tích mô hình buồng cứu sinh nguyên bản: a) Các ràng buộc và tải trọng tác dụng; b) Biểu đồ ứng suất; c) Biểu đồ biến dạng

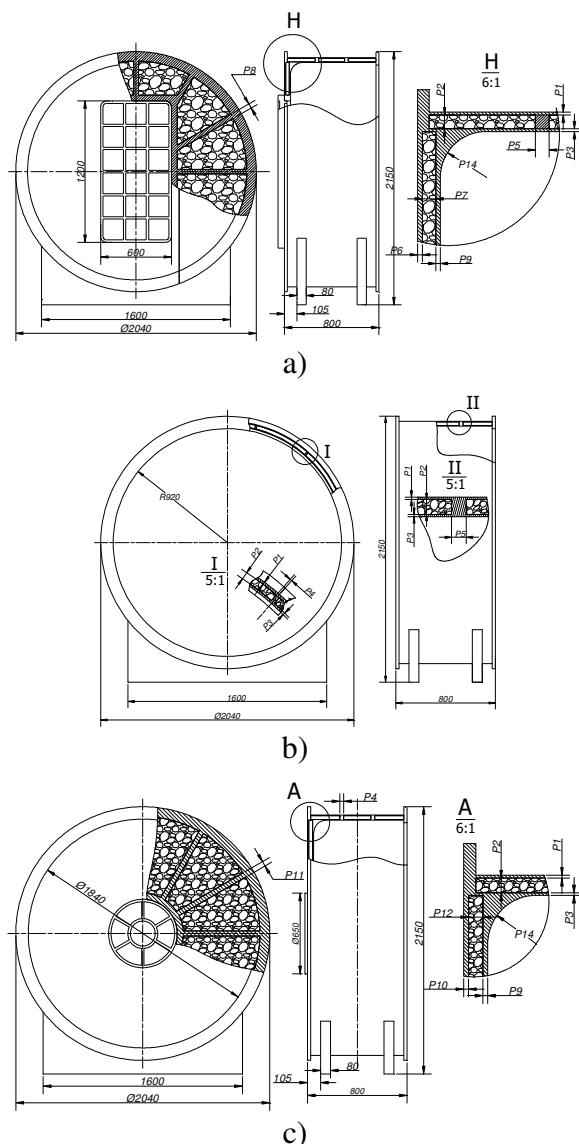
ứng suất gây ra lớn nhất $312,61 \text{ MPa}$, biến dạng lớn nhất $4,694 \text{ mm}$. Những kết quả này được sử dụng để so sánh với buồng cứu sinh kết cấu nhôm xấp sau này.

3 Phân tích tính toán tối ưu hóa buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xấp

3.1 Thiết kế kết cấu

Tác giả dựa vào cấu tạo của buồng cứu sinh nguyên bản để tiến hành thiết kế buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xấp. Tuy nhiên, các tấm thép của thân khoang, cửa khoang đều được thay bằng kết cấu nhôm xấp kẹp giữa 2 tấm thép. Các kích thước chủ yếu bao gồm: Độ dày tấm ngoài khoang giữa P1, độ dày nhôm xấp khoang giữa P2, độ dày tấm trong khoang giữa P3, độ dày gân tăng cường dọc P4, độ dày gân tăng cường vành P5, độ dày tấm ngoài khoang đầu P6, độ dày nhôm xấp khoang đầu P7, độ dày gân tăng cường khoang đầu P8, độ dày tấm trong khoang đầu P9, độ dày tấm ngoài khoang thoát hiểm P10, độ dày gân tăng cường khoang thoát

hiếm P11, độ dày nhôm xốp P12, độ dày tấm trong khoang thoát hiếm P13, kích thước góc bo của P14. Tổng thể kết cấu buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp được thể hiện như hình 3 [3, 5, 8].



Hình 3. Kết cấu buồng cứu sinh nhôm xốp:
a) Khoang đầu; b) Khoang giữa; c) Khoang thoát hiếm

3.2 Thiết lập các biến và hàm tối ưu hóa

Mô hình 3D buồng cứu sinh sau khi được đưa vào phần mềm Ansys Workbench tiến hành cài đặt các biến số. Tham số vật liệu được cài đặt như sau: Vật liệu nhôm xốp có khối lượng riêng: 540 kg/m^3 , mô đun đàn hồi: 12 GPa , hệ số Poisson $0,33$, giới hạn bền 14 MPa , các tấm ngoài, trong

và gân tăng cường đều dùng thép Q345R. Các ràng buộc và áp lực đặt lên buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp cũng giống như với buồng cứu sinh nguyên bản.

Sử dụng mục *Response Surface* để thiết kế biến số kích thước; sử dụng mục *Direct Optimization* để tối ưu hóa các biến số để tìm ra kết quả tối ưu. Cài đặt các giới hạn biến số dựa vào độ dày của kết cấu nguyên bản. Các thông số giới hạn biến số được thể hiện trong bảng 1 [4, 7].

Thuật toán MOGA của phần mềm Ansys Workbench được sử dụng để tối ưu hóa các mục tiêu biến số, lấy khối lượng $f1 \text{ [kg]}$, ứng suất $f2 \text{ [MPa]}$, biến dạng $f3 \text{ [mm]}$ làm hàm mục tiêu. Các kết quả phân tích khối lượng, ứng suất, biến dạng buồng cứu sinh nguyên bản được sử dụng làm giới hạn. Mô hình toán học tối ưu như sau:

$$\begin{aligned} & \min [f1(X), f2(X), f3(X)]^T \\ & \begin{cases} f1(X) \leq 10,323; f2(X) \leq 312,61; f3(X) \leq 4,694 \\ X = [P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14]^T \\ \text{s.t} \begin{cases} 1 \leq P1 = P3 \leq 10; 10 \leq P14 \leq 150 \\ 1 \leq P2 = P7 = P11 = P12 \leq 50; \\ 1 \leq P4 = P5 = P8 \leq 30; \\ 1 \leq P6 = P9 = P10 = P13 \leq 20 \end{cases} \end{cases} \end{aligned}$$

3.3 Kết quả phân tích tối ưu hóa

Sau khi tiến hành phân tích tối ưu hóa, kết hợp với kích thước kết cấu của buồng cứu sinh nguyên bản, ta có kết quả như trong bảng 2.

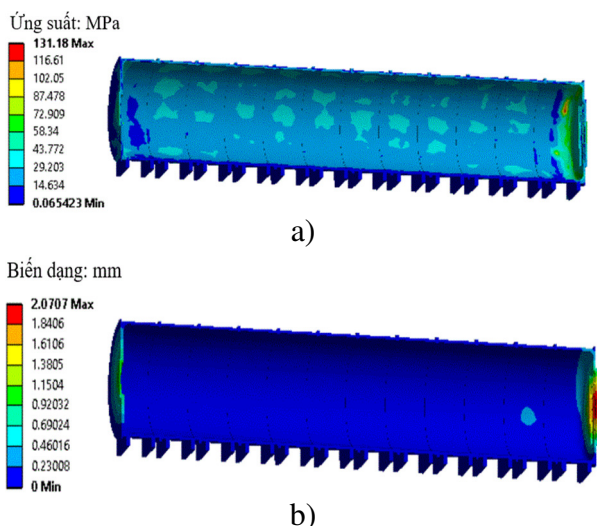
Dùng kết quả tối ưu đã tính để thiết kế lại buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp, sau đó tiến hành các bước phân tích tính toán ứng suất và biến dạng của kết cấu. Các ràng buộc và áp lực đầu vào được giữ nguyên như tính toán buồng cứu sinh nguyên bản, kết quả phân tích thu được như hình 4.

Bảng 1. Thiết kế biến kích thước

Tên gọi biến kích thước	Giới hạn, mm	Tên gọi biến kích thước	Giới hạn, mm
Độ dày tấm ngoài khoang giữa P1	1 - 10	Độ dày tấm ngoài khoang thoát hiểm P10	1 - 20
Độ dày nhôm xốp khoang giữa P2	1 - 50	Độ dày gân tăng cường khoang thoát hiểm P11	1 - 50
Độ dày tấm trong khoang giữa P3	1 - 10	Độ dày tấm nhôm xốp P12	1 - 50
Độ dày gân tăng cường dọc P4	1 - 30	Độ dày tấm trong khoang thoát hiểm P13	1 - 20
Độ dày gân tăng cường vành P5	1 - 30	Kích thước góc bo cửa P14	10 - 150
Độ dày tấm ngoài khoang đầu P6	1 - 20	Khối lượng f1 [kg]	≤10,323
Độ dày nhôm xốp khoang đầu P7	1 - 50	Ứng suất f2 [MPa]	<312,61
Độ dày gân tăng cường khoang đầu P8	1 - 30	Biến dạng f3 [mm]	<4,694
Độ dày tấm trong khoang đầu P9	1 - 20		

Bảng 2. Kết quả tối ưu hóa kích thước

Biến kích thước	Kết quả tối ưu, mm	Biến kích thước	Kết quả tối ưu, mm	Biến kích thước	Kết quả tối ưu, mm
P1	5	P6	11	P11	31
P2	16	P7	27	P12	51
P3	6	P8	14	P13	15
P4	9	P9	20	P14	106
P5	11	P10	14		



Hình 4. Phân tích mô hình buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp: a) Biểu đồ ứng suất; b) Biểu đồ biến dạng

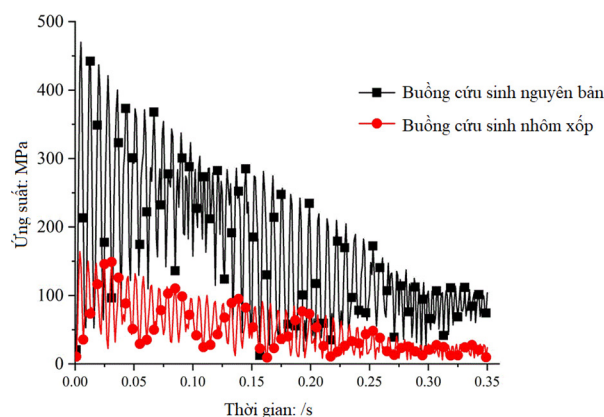
Dựa vào các biểu đồ hình 4, so với buồng cứu sinh nguyên bản, ứng suất lớn nhất của buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp là 131,18 MPa, giảm 58,0%; biến dạng lớn nhất 2,071 mm, giảm 55,9%;

khối lượng 9.256,7 kg, giảm 10,3%.

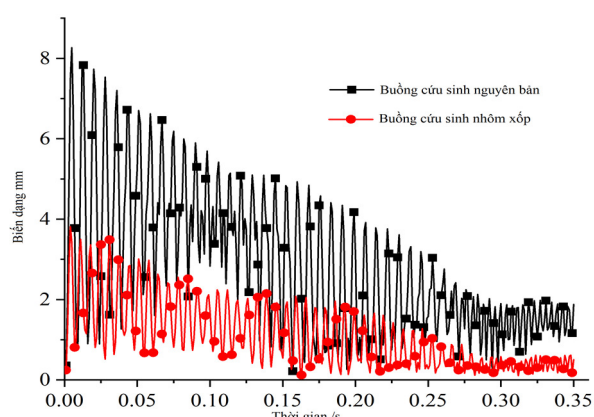
4 Phân tích dao động tức thời

Dùng *Transient Structural* để phân tích dao động của ứng suất và biến dạng của cả hai mẫu buồng cứu sinh theo thời gian, sau đó lấy ứng suất và biến dạng lớn nhất để lập biểu đồ so sánh (Hình 5, 6).

Từ biểu đồ hình 5 và 6 có thể nhận thấy, cả hai mẫu đều có khoảng thời gian ứng suất và biến dạng dao động mạnh, sau đó mới đi đến ổn định dao động. Tuy nhiên, với buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp, giá trị này là khoảng 210 m/s, nhỏ hơn giá trị của buồng cứu sinh nguyên bản – khoảng 300 m/s. Hơn nữa, ứng suất và biến dạng của buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp nhỏ hơn của buồng cứu sinh nguyên bản, điều đó chứng tỏ nó có độ giảm chấn tốt hơn.



Hình 5. Biểu đồ biến thiên ứng suất biến đổi theo thời gian



Hình 6. Biểu đồ quá trình biến dạng theo thời gian

5 Kết luận

- Thông qua phân tích tối ưu hóa đạt được các biến kích thước tối ưu của buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp;
- So với buồng cứu sinh nguyên bản, buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm

xốp có ứng suất lớn nhất là 131,18 MPa, giảm 58,0%; biến dạng lớn nhất 2,071 mm giảm 55,9%; khối lượng 9.256,7 kg, giảm 10,33%;

- Buồng cứu sinh kết cấu bằng vật liệu nhôm xốp có độ giảm chấn tốt hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Cổ Ngọc Minh.** Nghiên cứu phân tích thiết kế và tăng cường kết cấu buồng cứu sinh di động / Ngọc Minh Cổ // Tạp chí Đại học Bách khoa An Huy Trung Quốc. - Tháng 6/2013. - Số TH12-10361.
2. **Vương Tiến Quân.** Phân tích và thiết kế kết cấu buồng cứu sinh khai thác hầm lò / Tiến Quân Vương, Quang Trụ Trần, Tiểu Đông Hạ // Tạp chí Cơ khí khai thác than Trung Quốc. - Tháng 12/2011. - Tập 32, số 12.
3. **Thảm Giai Hưng.** Phân tích tính năng chịu va đập và nhiệt buồng cứu sinh làm bằng nhôm xốp / Giai Hưng Thảm, Bình Từ, Anh Hoa Vu // Tạp chí Chấn động và xung kích. - 2018. - Tập 37 số 16.
4. **Ngư Kế Bình.** Mô phỏng và thực nghiệm về độ chống nước và chịu áp lực của buồng cứu sinh / Kế Bình Ngư, Long Triết Kim, Vương Long Bình // Tạp chí Kỹ thuật khoa học sản xuất an toàn Trung Quốc. - Tháng 3/2015. - Số 11.
5. **Từ Bình.** Thiết kế tối ưu hóa nhiều mục tiêu buồng cứu sinh làm bằng nhôm xốp / Bình Từ, Giai Hưng Thảm, Anh Hoa Vu // Tạp chí khoa học và công nghệ an toàn Trung Quốc. - Tháng 3/2017. - Tập 13, số 3.
6. **Vinh Cổ Lợi.** Phân tích số lượng các tác động lên buồng cứu sinh hầm lò dưới tác động của vụ nổ hầm / Cổ Lợi Vinh, Thiên Lưu, Đại Lâm Hạng // Tạp chí Chấn động và xung kích. - 2016. - Tập 35, số 11.
7. **Trần Tiểu Khôn.** Tối ưu hóa kết cấu và phân tích khả năng phòng nổ của vỏ buồng cứu sinh dưới tải trọng của vụ nổ / Tiểu Khôn Trần, Hải Đào Lý, Thu Hồng Vương // Tạp chí Chấn động và xung kích. - Tháng 1/2018. - Tập 38, số 1.
8. **Ashby M.F.** Metal Foams: A Design guide / M.F. Ashby, A.G. Evans, N.A. Fleck, et al // SanDiego: Butterworth Heinemann 56. - 2000.

TÍNH TOÁN KIỂM TRA QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ CỦA ĐẦU TÀU MONO RAY

*TS. Nguyễn Việt Tuyên; TS. Lê Thùy Dương – Viện Cơ Khí Năng Lượng và Mỏ- Vinacomin
PGS.TS. Nguyễn Văn Kháng – Trường Đại Học Mỏ - Địa Chất Hà Nội*

1 Đặt vấn đề

Đầu tàu mono ray là phương tiện vận tải mới, được áp dụng để chở người, thiết bị, vật tư phục vụ cho công tác cơ giới hóa lò chợ trong một số mỏ hầm lò hiện nay như Nam Mẫu, Hà Lâm. Ưu điểm của vận tải bằng đầu tàu mono ray là chiếm ít không gian của đường lò, không chịu ảnh hưởng của trạng thái nền lò, có khả năng vượt dốc lớn (trên 23°), bán kính cong của đường theo bình đồ nhỏ, có thể chở được vật có khối lượng và kích thước lớn... Thực tế cho thấy, hệ thống vận tải này hoạt động an toàn và đem lại hiệu quả cao, đáp ứng được nhu cầu của sản xuất.

Tuy nhiên, do mới đưa vào sử dụng trong một vài năm gần đây nên các tài liệu tính toán cũng như đánh giá thiết bị còn rất hạn chế. Nội dung bài báo nhằm giới thiệu những nét đặc thù về cấu tạo của đầu tàu mono ray, nguyên lý hoạt động của nó và phương pháp tính toán khả năng làm việc trong quá trình quá độ (quá trình mở máy và hãm), để từ đó giải quyết đúng đắn những vấn đề thực tiễn sản xuất.

2 Đặc điểm cấu tạo của đầu tàu mono ray

Đầu tàu sử dụng cho hệ thống mono ray tại mỏ Nam Mẫu là loại đầu tàu Diesel phòng nổ, mã hiệu DLZ110F, dùng để kéo các toa xe chạy trên ray đơn bằng thép định hình chữ I treo trên nóc lò (Hình 1). Động cơ Diesel truyền động cho bơm dầu, dầu cao áp được dẫn đến các mô tơ thủy lực nối với các cặp bánh xe dẫn động. Nhờ sự tiếp xúc của các cặp bánh xe này với mặt bên của thanh ray chữ I mà phát sinh lực kéo

(gọi là lực kéo bám dính). Để tăng khả năng kéo của đầu tàu, các cặp bánh xe dẫn động phải được đẩy ép vào thân của mono ray bằng hệ thống xilanh thủy lực.



Hình 1. Đầu tàu mono ray phòng nổ

Như vậy, mặc dù bản chất truyền lực kéo trong vận tải đường sắt và vận tải bằng mono ray là như nhau (truyền lực kéo bằng bám dính) [1], nhưng phương thức thực hiện lại khác nhau. Trong vận tải đường sắt, bánh xe của đầu tàu vừa làm nhiệm vụ di chuyển, vừa truyền lực kéo và chịu áp lực của trọng lượng đầu tàu. Trong mono ray, bánh xe di chuyển chỉ chịu trọng lực của đầu tàu, còn lực kéo do bánh xe dẫn động tạo ra.

Điều khác biệt nữa giữa hai phương thức vận tải trên là hệ thống phanh. Ở vận tải đường sắt, lực phanh được tạo ra bằng lực ép của má phanh vào bánh xe di chuyển để làm giảm tốc độ quay của chúng và nhờ sự bám dính của bánh xe vào đầu ray mà tạo nên lực hãm đoàn tàu. Còn ở đầu tàu mono ray, lực hãm được tạo ra bằng ma sát giữa má hãm với mặt bên của thanh ray chữ I. Độ lớn của lực ma sát này phụ thuộc vào lực nén ép bánh hãm vào thân

mono ray qua hệ thống truyền động lò xo - thủy lực (Hình 2).



Hình 2. Bộ phanh hãm BTS của đầu tàu mono ray

Do có sự khác nhau về cấu tạo và nguyên lý hoạt động kể trên, việc tính toán, kiểm tra các thông số vận hành của vận tải bằng mono ray trong quá trình quá độ cũng có những điểm khác biệt so với vận tải đường sắt.

3 Quá trình quá độ của đoàn tàu mono ray

3.1 Quá trình mở máy

Tương tự như trong vận tải đường sắt, để khởi động được đoàn tàu mono ray, cần phải thỏa mãn điều kiện [1]:

$$W \leq F_k \leq F_{k(b)} \quad (1)$$

Trong đó: - W : Tổng sức cản chuyển động;

- F_k : Tổng lực kéo của đầu tàu do động cơ tạo ra trên các bộ dẫn động;

- $F_{k(b)}$: Tổng lực kéo bám dính của các bộ dẫn động.

Tổng lực kéo của đầu tàu do động cơ tạo ra trên các bộ dẫn động và tổng lực kéo bám dính của các bộ dẫn động được xác định theo công thức:

$$F_k = \frac{1000N_{dc}}{v_d} \eta, N \quad (2)$$

$$F_{k(b)} = K \cdot P_e \cdot \psi, N \quad (3)$$

Ở đây: N_{dc} – Công suất động cơ của đầu tàu, kW; v_d – tốc độ di chuyển của tàu, m/s; η – hiệu suất bộ truyền động, $\eta = 0,75 \div 0,85$;

K – số cặp bánh xe chủ động, đối với đầu tàu DLZ110F của Công ty Than Nam Mầu $K = 4 \div 6$; P_e – lực đẩy ép của một bộ bánh dẫn vào thân ray, N; ψ – hệ số bám của bánh xe dẫn vào thân ray, với bánh dẫn bọc cao su trong điều kiện ẩm ướt $\psi = 0,25$ [2].

Tổng sức cản chuyển động:

$$W = W_0 + W_{dm} + W_i + W_g + W_c + W_{qt} \quad (4)$$

Trong đó: - W_0 : Sức cản chuyển động chính do trọng lượng của đầu tàu và các toa xe gây ra [1, 2]:

$$W_0 = k'_t (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \cdot \omega_0 = k'_t (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \frac{2\mu + f \cdot d}{D_x} \quad (5)$$

Ở đây: k'_t – hệ số kể đến sức cản phụ do trượt ngang, do ma sát của các bánh xe di chuyển..., $k'_t = 1,3 \div 1,5$; P_d – trọng lượng của đầu tàu, N; Z – số toa xe trong đoàn tàu; Q_{tx} – trọng lượng của toa xe, N; ω_0 – hệ số sức cản chuyển động của đoàn tàu; μ – hệ số ma sát lăn; f – hệ số ma sát trượt trong ổ; d , D_x – đường kính ngõng trục và đường kính bánh xe di chuyển.

- W_{dm} : Sức cản chuyển động do ma sát trong các ổ trục và ma sát lăn của bộ dẫn động ma sát:

$$W_{dm} = K \cdot P_e \cdot \omega_{dm} = K \cdot P_e \frac{2\mu_{dm} + f_{dm} \cdot d_{dm}}{D_{dm}} \quad (6)$$

Ở đây: μ_{dm} , f_{dm} – hệ số ma sát lăn và hệ số ma sát trượt của bánh dẫn động, trong điều kiện làm việc nặng, có thể lấy $\mu_{dm} = 0,3$, $f_{dm} = 0,08$ [2]; D_{dm} , d_{dm} – đường kính bánh xe dẫn động và đường kính ngõng trục;

- W_i : Sức cản chuyển động do độ dốc của đường gây ra:

$$W_i = \pm (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \cdot i \quad (7)$$

Ở đây: Lấy dấu “+” khi tàu chạy lên dốc, lấy dấu “-” khi tàu chạy xuống dốc; $i = \tan \beta$ – tang góc dốc của đường, thực tế ở mỏ Nam Mầu $\beta_{max} = 23^\circ$.

- W_g, W_c : Sức cản của gió và sức cản do đường cong. Ở đây có thể bỏ qua sức cản của gió do vận tốc của tàu nhỏ ($v < 2 \text{ m/s}$) và sức cản do đường cong vì giá trị của nó không đáng kể.

- W_{qt} : Sức cản chuyển động do quán tính:

$$W_{qt} = m \frac{dv}{dt} = \frac{\delta}{g} (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \cdot a_m \quad (8)$$

Ở đây: m – khối lượng đoàn tàu, kg; δ – hệ số kể đến quán tính quay của các khối quay, $\delta = 1,06 \div 1,08$; g – gia tốc trọng trường, m/s^2 ; a_m – gia tốc mở máy đoàn tàu, m/s^2 .

Thay (5), (6), (7) và (8) vào (4), nhận được:

$$W = (P_d + Z \cdot Q_{tx}) (k'_t \cdot \omega_0 \pm i + \frac{\delta}{g} \cdot a_m) + K \cdot P_e \cdot \omega_{dm} \quad (9)$$

Từ (9), kết hợp với điều kiện (1), có thể xác định được gia tốc khởi động của đoàn tàu khi lên dốc trên độ dốc cho trước:

- Theo công suất động cơ:

$$a_m \leq \frac{g}{\delta} \cdot \frac{F_k - K \cdot P_e \cdot \omega_{dm} - (P_d + Z \cdot Q_{tx}) (k'_t \cdot \omega_0 + i)}{P_d + Z \cdot Q_{tx}} \quad (10)$$

- Theo điều kiện bám dính của bộ dẫn động:

$$a_{m(b)} \leq \frac{g}{\delta} \cdot \frac{F_{k(b)} - K \cdot P_e \cdot \omega_{dm} - (P_d + Z \cdot Q_{tx}) (k'_t \cdot \omega_0 + i)}{P_d + Z \cdot Q_{tx}} \quad (11)$$

$$= \frac{g}{\delta} \cdot \frac{K \cdot P_e (\psi - \omega_{dm}) - (P_d + Z \cdot Q_{tx}) (k'_t \cdot \omega_0 + i)}{P_d + Z \cdot Q_{tx}}$$

Như vậy, để tàu khởi động không bị trượt trơn, cần phải đảm bảo: $a_m < a_{m(b)}$. Tuy nhiên, khác với vận tải đường sắt, ở đây có thể tăng được $a_{m(b)}$ bằng cách tăng lực đẩy ép P_e nhờ hệ thống thủy lực, tức là tăng lực bám dính của các bánh xe dẫn. Vì vậy, độ dốc cho phép lớn nhất của đường mono ray được xác định theo khả năng kéo của động cơ khi mở máy lên dốc:

$$i \leq \frac{F_k - K \cdot P_e \cdot \omega_{dm} - (P_d + Z \cdot Q_{tx}) (k'_t \cdot \omega_0 + \frac{\delta}{g} \cdot a_m)}{P_d + Z \cdot Q_{tx}} \quad (12)$$

3.2 Quá trình hãm

Như đã biết, phương trình chuyển động của đoàn tàu khi hãm được viết như sau:

$$m \frac{dv}{dt} = \sum W_j = -(F_h + W_0 + W_{dm} + W_i) \quad (13)$$

Trong đó: - $\sum W_j$: Tổng lực cản, có chiều ngược với chiều chuyển động, N;

- F_h : Lực hãm do phanh tạo ra, xác định theo công thức:

$$F_h = B \cdot P_{dx} \cdot f_h \quad (14)$$

Ở đây: B – số bộ phanh, với đầu tàu DLZ110F trang bị 3 bộ phanh BTs-DUO với lực phanh tối thiểu $F_h = 44 \text{ kN}$, đoạn đường phanh tối đa khi có tải $L_p = 11 \text{ m}$, tương ứng với thời gian hãm $t_h = 11 \text{ s}$, khi tàu ngừng hoạt động, hai má phanh được ép vào thân mono ray nhờ lực đẩy của lò xo bị nén, khi tàu chạy, các má phanh được nhả ra nhờ các xi lanh đẩy thủy lực [3]; P_{dx} – lực đẩy của lò xo để ép má phanh vào thân mono ray, N; f_h – hệ số ma sát giữa má hãm và thân mono ray.

Khi hãm, lực đẩy của các bánh dẫn vào thân ray bằng 0, chỉ còn lực cản do trọng lượng bản thân, nên có thể bỏ qua W_{dm} . Điều này làm tăng mức độ an toàn khi phanh.

Thay các thành phần lực cản khi tàu xuống dốc vào (13), ta có:

$$\frac{\delta}{g} (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \cdot a_h = -[B \cdot P_{dx} \cdot f_h + k'_t (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \frac{2\mu + f \cdot d}{D_x} - (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \cdot i]$$

Từ đó tính được gia tốc hãm cần thiết trên đoạn đường có độ dốc cho trước:

$$a_h = -\frac{g}{\delta \cdot (P_d + Z \cdot Q_{tx})} [B \cdot P_{dx} \cdot f_h + k_t' (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \frac{2\mu + f \cdot d}{D_x} - (P_d + Z \cdot Q_{tx}) \cdot i] \quad (15)$$

Khi hãm, lực đẩy của các bánh dẫn vào thân ray bằng 0, chỉ còn lực cản do trọng lượng bản thân, nên có thể bỏ qua W_{dm} . Điều này làm tăng mức độ an toàn khi phanh. Do đó:

Từ (15) có thể thấy:

- Gia tốc hãm không phụ thuộc vào điều kiện bám dính (vì lực hãm không tác động vào bánh xe dẫn động) mà chỉ phụ thuộc vào lực đẩy ép của bánh hãm vào thân ray P_{dx} ;

- Muốn hãm được tàu thì giá trị trong dấu ngoặc vuông phải dương (gia tốc âm), nghĩa là khi tăng độ dốc thì phải tăng lực hãm F_h , tức là phải tăng lực đẩy của má hãm vào thân ray P_{dx} . Với một độ dốc và gia tốc hãm cho trước, có thể tính được lực

đẩy cần thiết P_{dx} . Đây chính là thông số để thiết kế hệ thống lò xo và xilanh thủy lực. Ngược lại, với một lực đẩy P_{dx} cho trước của các bộ hãm, có thể xác định được độ dốc lớn nhất cho phép:

$$i = -\left(\frac{\delta}{g} \cdot a_h + \frac{B \cdot P_{dx} \cdot f_h}{P_d + Z \cdot Q_{tx}} + k_t' \frac{2\mu + f \cdot d}{D_x}\right) \quad (16)$$

4 Kết luận

Qua những điều trình bày trên đây, có thể rút ra kết luận:

- Quá trình mở máy và quá trình hãm đoàn tàu mono ray là quá trình phức tạp. Gia tốc mở máy và gia tốc hãm phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Đặc tính kỹ thuật của bộ dẫn động và bộ phanh hãm, độ dốc của đường...;

- Tính toán các thông số trong quá trình quá độ của vận tải bằng đầu tàu mono ray có ý nghĩa thực tiễn lớn trong việc vận hành an toàn, nâng cao năng suất và hiệu quả làm việc của thiết bị.

TAI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyễn Văn Kháng.** Máy và tổ hợp thiết bị vận tải mỏ / Văn Kháng Nguyễn // NXB Khoa học và Kỹ thuật. - 2005.
2. **Александров М.П.** Грузоподъемные машины / М.П. Александров // М.: Высшая школа. - 2000.
3. **Đoàn Công Luận.** Nghiên cứu đánh giá khả năng làm việc của hệ thống mono ray dùng trong mỏ hầm lò Nam Mẫu / Công Luận Đoàn // Luận văn thạc sỹ. - 2011.

LUẬN GIẢI SỰ TƯƠNG ĐỒNG GIỮA MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH PHÁ HỦY ĐÁ QUÁ CỠ BẰNG BÚA THỦY LỰC VÀ THỰC TẾ

ThS. Lê Thanh Bình – Viện Cơ khí Năng Lượng và Mỏ- Vinacomin

1 Mở đầu

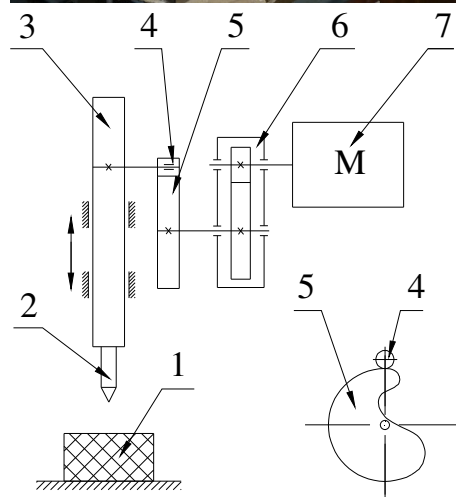
Hiện nay, việc phá hủy đá quá cỡ đến kích thước yêu cầu trong khai thác khoáng sản thường được thực hiện bằng phương pháp khoan nổ mìn hoặc phương pháp không nổ, hầu hết dựa trên nguyên lý phá hủy cơ học dưới tác động của ứng suất tập trung cục bộ vượt quá độ bền các liên kết bên trong đá. Vì nhiều lý do, chủ yếu là kinh tế, phương pháp phá hủy cơ học phổ biến nhất là sử dụng búa thủy lực.

Do các thí nghiệm nghiên cứu quá trình phá hủy đá quá cỡ cũng như sự mài mòn của mũi búa thủy lực trong điều kiện thực tế là không thể vì lý do kinh tế và kỹ thuật, các nhà khoa học thường sử dụng các mô hình vật lý trong phòng thí nghiệm mô phỏng quá trình này. Điều kiện của sự tương đồng giữa thực tế và mô hình thí nghiệm được chỉ ra trong định lý thứ ba của sự tương đồng [1] như sau: *“Điều kiện cần và đủ để tạo ra sự tương đồng là tính tỷ lệ của các tham số, bao gồm các điều kiện về tính duy nhất và tính đồng nhất của các tiêu chí tương đồng của quá trình đang nghiên cứu”*.

2 Phương pháp và kết quả

Ở bài báo này, để mô phỏng quá trình phá hủy đá quá cỡ bằng búa thủy lực HM380 (với các thông số: Năng lượng đập $A_{0b} = 981$ J, mũi búa có đường kính $D_b = 75$ mm với đỉnh hình nón với góc $\beta_b = 30^\circ$), tác giả sử dụng mô hình thí nghiệm như hình 1, trong đó mẫu mũi đập được chế tạo từ vật liệu và được xử lý nhiệt tương tự mũi búa thủy lực HM380, có đường kính $D_m = 8$ mm với đỉnh hình nón

với góc $\beta_m = 30^\circ$, được gắn vào khối nặng với khối lượng $M_m = 2,8$ kg. Trong quá trình thí nghiệm, mẫu mũi đập và khối nặng rơi tự do từ độ cao cố định $H = 4,2$ mm tạo ra va đập với bề mặt khối đá với năng lượng $A_{0m} = 1,16$ J.



Hình 1. Mô hình thí nghiệm mô phỏng quá trình phá hủy đá quá cỡ của búa thủy lực và sơ đồ nguyên lý: 1 – mẫu khối đá; 2 – mẫu mũi đập; 3 – khối nặng; 4 – con lăn; 5 – cơ cấu cam; 6 – hộp giảm tốc; 7 – động cơ

Theo các kết luận [2-4], để đảm bảo sự tương đồng giữa mô hình thí nghiệm mô phỏng quá trình phá hủy đá quá cỡ bằng búa thủy lực và thực tế, phải đảm bảo ứng

suất va đập giữa mẫu mũi đập với khối đá trong thí nghiệm gần với ứng suất va đập giữa mũi búa với khối đá quá cỡ. Dựa trên phân tích của các công trình hiện có trong lĩnh vực này [5-14], phương trình vật lý của quá trình phá hủy đá quá cỡ bằng tác động cơ học được trình bày dưới dạng:

$$\varphi = (A_0, \sigma_{vd}, E_{vl}, E_d, \mu_{vl}, \mu_d, D, \beta) \quad (1)$$

Trong đó: A_0 – năng lượng va đập, J; σ_{vd} – ứng suất va đập, MPa; E_{vl}, μ_{vl} – modul đàn hồi và hệ số Poisson của vật liệu mũi búa (mẫu mũi đập), MPa; E_d, μ_d – các chỉ số tương tự của khối đá, MPa; D – đường kính mũi búa (mẫu mũi đập), m; β – góc ở đỉnh mũi búa (mẫu mũi đập).

Kích thước các tham số xác định quá trình phá hủy đá quá cỡ trong hệ SI như sau:

$$\left. \begin{aligned} [A_0] &= [L^2 M^1 T^{-2}] \Rightarrow P_1 & [\mu_{vl}] &= [L^0 M^0 T^0] \Rightarrow P_5 \\ [\sigma_{vd}] &= [L^{-1} M^1 T^{-2}] \Rightarrow P_2 & [\mu_d] &= [L^0 M^0 T^0] \Rightarrow P_6 \\ [E_{vl}] &= [L^{-1} M^1 T^{-2}] \Rightarrow P_3 & [D] &= [L^1 M^0 T^0] \Rightarrow P_7 \\ [E_d] &= [L^{-1} M^1 T^{-2}] \Rightarrow P_4 & [\beta] &= [L^0 M^0 T^0] \Rightarrow P_8 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Trong đó: L – chiều dài; M – khối lượng; T – thời gian.

Khi đó, ma trận kích thước đầy đủ có kích thước $n \times q$, trong đó $n = 8$ là tổng số tham số xác định quá trình phá hủy, $q = 3$ là số đơn vị đo lường cơ bản của tham số.

Sau khi loại bỏ các tham số không thứ nguyên (P_5, P_6 và P_8) và ước lượng các tham số có cùng kích thước (trong trường hợp này để lại tham số P_2 từ các tham số P_2, P_3 và P_4), ta thu được ma trận có dạng:

$$\|A\| = \begin{vmatrix} 2 & 1 & -2 \\ -1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{aligned} &A_0 \\ &\sigma_{vd} \\ &D \end{aligned} \quad (3)$$

Tổng số tiêu chí tương đồng N_π được xác định là $N_\pi = m - 1$ (ở đây $m, 1$ là số lượng tham số chung (A_0, σ_{vd} và D) và số lượng tham số độc lập (A_0 và D)). Trong

trường hợp này là $N_\pi = 3 - 2 = 1$. Biểu thức cụ thể của tiêu chí tương đồng π cho các tham số độc lập A_0 và D có dạng:

$$\pi = P_3 (P_1^x, P_2^y)^{-1} = \sigma_{vd} (A_0^x, D^y)^{-1} \quad (4)$$

Trong đó: x, y – số mũ không xác định với các tham số độc lập để tìm ra dạng tiêu chí tương đồng cụ thể.

Do tiêu chí tương đồng là đại lượng không thứ nguyên nên kích thước của tử số và mẫu số phải giống nhau và từ phương trình (4) ta có:

$$[\sigma_{vd}] = [A_0]^x [D]^y \quad (5)$$

Kích thước các tham số của phương trình (5):

$$[L^{-1} M^1 T^{-2}] = [L^2 M^1 T^{-2}]^x [L^1 M^0 T^0]^y \quad (6)$$

Ta có hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} 2x + y &= -1 \\ x &= 1 \\ -2x &= -2 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Giải hệ phương trình (7) thu được: $x = 1; y = -3$.

Do đó, tiêu chí tương đồng cho các điều kiện mô phỏng (π_m) và điều kiện thực tế (π_b) có dạng

$$\begin{aligned} \pi &= \text{idem} \Leftrightarrow \pi_m = \pi_b \\ \Leftrightarrow \sigma_{vd m} A_{0m}^{-1} D_m^3 &= \sigma_{vd b} A_{0b}^{-1} D_b^3 \end{aligned} \quad (8)$$

Khi đó:

$$\frac{\sigma_{vd m}}{\sigma_{vd b}} = \frac{A_{0m}}{A_{0b}} \left(\frac{D_m}{D_b} \right)^{-3} \quad (9)$$

Thay các giá trị vào biểu thức (9):

$$\frac{\sigma_{vd m}}{\sigma_{vd b}} = \frac{1,16}{981} \cdot \left(\frac{8}{75} \right)^{-3} \approx 1$$

3 Kết luận

Có thể thấy, khi mô hình thí nghiệm mô phỏng quá trình phá hủy đá quá cỡ bằng búa thủy lực HM380 đảm bảo các giá trị:

Mẫu mũi đập có đường kính $D_m = 8$ mm với đỉnh hình nón với góc $\beta_m = 30^\circ$, độ cao rơi tự do $H = 4,2$ mm và khối lượng của khối nặng $M_m = 2,8$ kg (để đảm bảo năng

lượng va đập tạo ra $A_{0m} = 1,16$ J), sự tương đồng giữa mô hình mô phỏng quá trình phá hủy đá quá cỡ bằng búa thủy lực và thực tế được đảm bảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Сайтов В.И.** Моделирование структур передвижных дробильных установок / В.И. Сайтов, А.А. Чернышов, И.В. Чупров // Горные машины и автоматика. - 2004. - №4. - С. 29-31.
2. **Иванов К.И.** Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых / К.И. Иванов, М.С. Варич, В.И. Дусев, В.Д. Андреев. - М.: Недра. - 1974. - Изд. 2. - 408 с.
3. **Дюрелли А.** Введение в фотомеханику / А. Дюрелли, У. Райли. - М.: Мир. - 1970. - 488 с.
4. **Хесин Г.Л.** Распределение напряжений в буровом инструменте и породе / Г.Л. Хесин, И.С. Бабенков, К.И. Иванов. - М.: Цветметинформация. - 1963. - 92с.
5. **Steverding B.** The Fracture Pulse Penetration Depth of Stress Pulses / B. Steverding, S.H. Lehnigk // Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. - 1976. - Vol. 13. - PP. 75-80.
6. **Birkimer D.L.** A Possible Fracture Criterion for the Dynamic Tensile Strength of Rock / D.L. Birkimer // The 12th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS) - 1971. - PP. 573-590.
7. **Гофман М.С.** О дроблении тел свободным ударом / М.С. Гофман, К.П. Шабалин // Горный журнал. - 1964. - № 3. - С. 64-67.
8. **Барон Л.И.** Разрушаемость горных пород свободным ударом / Л.И. Барон, И.Е. Хмельковский. - М.: Недра. - 1971. - 201 с.
9. **Бобряков А.П.** О механизме разрушения образцов конечных размеров ударником клиновидной формы / А.П. Бобряков, Г.Н. Покровский, Б.Н. Серпентинов // Вопросы механизма разрушения горных пород. Новосибирск: ин-т горного дела СОР АН СССР. - 1978. - № 3. - С. 118-125.
10. **Оберт Л.** Хрупкое разрушение горных пород - Разрушение. Ред. Г. Либовиц. Т. 7. Разрушение неметаллов и композитных материалов, Ч. 1. Неорганические материалы // М.: Мир. - 1964. - С. 59-128.
11. **Кубачек В.Р.** Параметры разрушения горных пород ударом / В.Р. Кубачек, В.И. Сайтов, Н.И. Паладеева // Строит. и дор. маш. - 1985. - № 6. - С. 17-18.
12. **Кубачек В.Р.** Критерий ударного разрушения горных пород / В.Р. Кубачек, В.И. Сайтов, Н.И. Паладеева // Горный журнал. - 1985. - № 8. - С. 75-78.
13. **Сайтов В.И.** Закономерность разрушения горных пород свободным ударом / В.И. Сайтов // Комплексные исследования физических свойств горных пород и процессов: Тез. Докл. IX Всесоюзн. научн. конф. - М. - 1987. - С. 75.
14. **Ефремов Э.И.** Разрушение горных пород при статическом и динамическом нагружении / А.И. Федулов, В.Н. Лабутич. - Киев.: Наукова думка. - 1990. - 141 с.

XỬ LÝ SỐ LIỆU THỰC NGHIỆM TOÀN PHẦN BẬC HAI LOẠI TRUNG TÂM HỢP THÀNH ĐẲNG DIỆN XOAY

TS. La Văn Tửu – Viện Cơ khí Năng lượng và Môi trường – Vinacomin

Lời nói đầu

Trong bài viết trước, tác giả đã giới thiệu được bước đầu cách xử lý các số liệu thực nghiệm [1]. Bài viết này sẽ cung cấp cho bạn đọc một cái nhìn tổng quát và đầy đủ hơn về cách xử lý các số liệu thực nghiệm trong quy hoạch toàn phần bậc hai loại trung tâm hợp thành đẳng diện xoay. Các số liệu thí nghiệm làm ví dụ cơ bản lấy theo bài viết trước và phần lập trình được bổ sung đầy đủ hơn.

1 Bước tiến hành thực nghiệm

Ví dụ: Nghiên cứu thành phần phối liệu để đúc bê tông với 3 cấp hạt x_1 (0-5 mm), x_2 (5-10 mm) và x_3 (10-20 mm) sao cho độ rỗng của sản phẩm là tối thiểu.

Đầu tiên, lập quy hoạch thực nghiệm toàn phần bậc 1 với mức cơ sở và khoảng biến thiên theo kinh nghiệm để xây dựng hàm tuyến tính, sau đó tiến hành thí nghiệm theo phương pháp leo dốc để xác định giá trị của các tham số đảm bảo cho độ rỗng tối thiểu. Theo ví dụ, giá trị x_1 , x_2 và x_3 tương ứng là 3,66 dm³, 0,68 dm³ và 2,40 dm³. Trên cơ sở đó tiến hành quy hoạch thực nghiệm bậc 2 để tìm miền tối ưu.

Mô hình toán học bậc 2 có dạng:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

Trong quy hoạch thực nghiệm toàn phần bậc 2 loại đối xứng trung tâm hợp thành đẳng diện xoay ba yếu tố, số điểm thí nghiệm: $N = 2^k + 2k + n_0 = 2^3 + 2 \cdot 3 + 6 = 20$. Các yếu tố và khoảng biến thiên trong quy hoạch được đưa vào bảng 1.

Bảng 1 – Quy hoạch thực nghiệm đa yếu tố toàn phần $2^k = 8$

Các yếu tố	V_1 , dm ³ (x_1)	V_2 , dm ³ (x_2)	V_3 , dm ³ (x_3)
Mức biến thiên			
Mức sao trên	4,50	1,19	3,91
Mức trên	4,16	0,98	3,30
Mức cơ sở	3,66	0,68	2,40
Mức dưới	3,16	0,38	1,50
Mức sao dưới	2,82	0,18	0,89
Khoảng biến thiên	0,50	0,30	0,90

Ghi chú: - Mức trên, dưới ứng với mã ± 1 ; mức sao trên, dưới ứng với mã $\pm 1,682$;

- Quy hoạch thực nghiệm bậc 2 được tiến hành sau khi đã xác lập được mức cơ sở dựa theo thực nghiệm tuyến tính [2].

Ma trận thực nghiệm bậc 2 được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2 – Ma trận thực nghiệm

TT	x_0	x_1	x_2	x_3	y_u	TT	x_0	x_1	x_2	x_3	y_u
1	+	+	+	+	0,246	11	+	0	1,682	0	0,253
2	+	+	-	+	0,272	12	+	0	-1,682	0	0,251
3	+	+	+	-	0,255	13	+	0	0	1,682	0,241
4	+	+	-	-	0,280	14	+	0	0	-1,682	0,278
5	+	-	+	+	0,253	15	+	0	0	0	0,242
6	+	-	+	-	0,247	16	+	0	0	0	0,232
7	+	-	-	+	0,271	17	+	0	0	0	0,235
8	+	-	-	-	0,258	18	+	0	0	0	0,243
9	+	1,682	0	0	0,271	19	+	0	0	0	0,251
10	+	-1,682	0	0	0,267	20	+	0	0	0	0,249

2 Xử lý các số liệu thực nghiệm

2.1 Phương trình hồi quy

Về mặt quy tắc, giá trị các hệ số hồi quy của mô hình thực nghiệm theo ví dụ trên đây được xác định bằng thuật toán ma trận. Tuy nhiên, bằng các phép biến đổi về dạng đơn giản hóa, chúng được xác định theo các công thức sau [3, 4]:

$$\begin{aligned} b_{ij} &= \frac{C^2}{N \cdot \lambda} \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} y_u; \\ b_{ii} &= \frac{A}{N} \left[\frac{C^2((k+2)\lambda - k) \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u}{+ C^2(1-\lambda) \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u} \right] - \frac{2A \cdot C}{N} \lambda \sum_{u=1}^N y_u; \\ b_0 &= \frac{A}{N} \left[2\lambda^2(k+2) \sum_{u=1}^N y_u - 2C \cdot \lambda \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u \right]; \\ b_i &= \frac{C}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó: $C = \frac{N}{2^k + 2\alpha^2}$; $\lambda = \frac{k \cdot N}{(k+2)(N-n_0)}$;

$A = \frac{1}{2\lambda[(k+2)\lambda - k]}$; i, j – số của yếu tố,

$i = 1, 2, \dots, k, i \neq j$; u – số thí nghiệm.

Bằng lập trình, lần lượt tính các hệ số hồi quy của mô hình thực nghiệm bậc 2 và phương trình hồi quy (1) thực tế có dạng:

$$\begin{aligned} y &= 0,242 + 0,0022x_1 - 0,0056x_2 - 0,0044x_3 \\ &- 0,0028x_1x_2 - 0,0045x_1x_3 - 0,001x_2x_3 \\ &+ 0,0093x_1^2 + 0,0033x_2^2 + 0,006x_3^2 \end{aligned}$$

2.2 Mức có nghĩa về mặt thống kê của các hệ số hồi quy

Mức có nghĩa về mặt thống kê của các hệ số hồi quy của mô hình thực nghiệm được tiến hành dựa theo tiêu chuẩn Student. Đầu tiên, ta xác định phương sai tái hiện của các tham số tối ưu hóa theo công thức:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{l=1}^{n_0} (y_l - \bar{y})^2}{n_0 - 1} \quad (3)$$

Trong đó: n_0 – số các thí nghiệm tại tâm

quy hoạch (số điểm thí nghiệm song song/số điểm không); y_l – giá trị của tham số tối ưu hóa tại thí nghiệm thứ l tại tâm quy hoạch; $\bar{y}$ – giá trị trung bình cộng của các tham số tối ưu hóa trong n_0 lần thí nghiệm tại tâm quy hoạch.

Phương sai đặc trưng cho sai số trong việc xác định các hệ số hồi quy:

$$\begin{aligned} S^2\{b_0\} &= \frac{2A \cdot \lambda^2(k+2)}{N} S_y^2; \\ S^2\{b_i\} &= \frac{C}{N} S_y^2; \\ S^2\{b_{ij}\} &= \frac{C^2}{\lambda \cdot N} S_y^2; \\ S^2\{b_{ii}\} &= \frac{A \cdot C^2[(k+1)\lambda - (k-1)]}{N} S_y^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Miền tin cậy của các hệ số hồi quy:

$$\begin{aligned} \Delta b_0 &= \pm t_T \cdot S\{b_0\}; \Delta b_i = \pm t_T \cdot S\{b_i\} \\ \Delta b_{ij} &= \pm t_T \cdot S\{b_{ij}\}; \Delta b_{ii} = \pm t_T \cdot S\{b_{ii}\} \end{aligned} \quad (5)$$

Trong đó: t_T – giá trị của tiêu chuẩn Student, lấy theo bảng tùy theo mức có nghĩa đã nhận và số bậc tự do của phương sai tái hiện f_2 (phương sai nhỏ). Thông thường mức có nghĩa nhận ở mức 5%, còn $f_2 = n_0 - 1$ (không có thí nghiệm lặp lại).

Nếu hệ số hồi quy nào nhỏ hơn miền tin cậy tương ứng thì coi như nó không đáng kể và có thể loại bỏ. Tuy nhiên, nếu hệ số bị loại bỏ thuộc số hạng bậc hai thì phải tính chỉnh lại các hệ số. Việc tính toán này được thực hiện bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

Theo các số liệu tính toán bằng lập trình $\Delta b_0 = \pm 0,0079$; $\Delta b_i = \pm 0,0052$; $\Delta b_{ij} = \pm 0,0068$; $\Delta b_{ii} = \pm 0,0051$.

Sau khi loại bỏ các hệ số không đáng kể (tại $x_1, x_3, x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3$ và x_{22}), phương trình hồi quy tổng quát rút gọn có dạng:

$$y_c = b_0 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{33}x_3^2 \quad (6)$$

Vì trong số các hệ số không đáng kể có hệ số thuộc số hạng bậc hai nên các hệ số của phương trình hồi quy (6) phải tính lại. Theo phương pháp bình phương nhỏ nhất, các hệ số tính lại là nghiệm của hệ phương trình chính tắc sau:

$$\begin{cases} Nb_0 + b_2 \sum_{u=1}^N x_{2u} + b_{11} \sum_{u=1}^N x_{1u}^2 + b_{33} \sum_{u=1}^N x_{3u}^2 = \sum_{u=1}^N y_u \\ b_0 \sum_{u=1}^N x_{2u} + b_2 \sum_{u=1}^N x_{2u}^2 + b_{11} \sum_{u=1}^N x_{1u} x_{2u} + b_{33} \sum_{u=1}^N x_{3u} x_{2u} = \sum_{u=1}^N y_u x_{2u} \\ b_0 \sum_{u=1}^N x_{1u}^2 + b_2 \sum_{u=1}^N x_{2u} x_{1u}^2 + b_{11} \sum_{u=1}^N x_{1u}^4 + b_{33} \sum_{u=1}^N x_{3u}^2 x_{1u}^2 = \sum_{u=1}^N y_u x_{1u}^2 \\ b_0 \sum_{u=1}^N x_{3u}^2 + b_2 \sum_{u=1}^N x_{2u} x_{3u}^2 + b_{11} \sum_{u=1}^N x_{1u}^2 x_{3u}^2 + b_{33} \sum_{u=1}^N x_{3u}^4 = \sum_{u=1}^N y_u x_{3u}^2 \end{cases} \quad (7)$$

Từ các số liệu dưới dạng mã hóa trong bảng 2 (bảng đầy đủ có thêm các cột $x_1^2, x_2^2, x_3^2, x_1 x_2, x_1 x_3, x_2 x_3$) tính được:

$$\begin{aligned} \sum_{u=1}^{20} x_{2u} &= \sum_{u=1}^{20} x_{1u}^2 x_{2u} = \sum_{u=1}^{20} x_{2u} x_{1u}^2 = \sum_{u=1}^{20} x_{3u}^2 x_{2u} = \sum_{u=1}^{20} x_{2u} x_{3u}^2 = 0; \\ \sum_{u=1}^{20} x_{1u}^2 &= \sum_{u=1}^{20} x_{2u}^2 = \sum_{u=1}^{20} x_{3u}^2 = 13,658; \\ \sum_{u=1}^{20} x_{1u}^4 &= \sum_{u=1}^{20} x_{3u}^4 = 24,0065; \\ \sum_{u=1}^{20} x_{3u}^2 x_{1u}^2 &= \sum_{u=1}^{20} x_{1u}^2 x_{3u}^2 = 8; \\ \sum_{u=1}^{20} y_u &= 5,5095; \sum_{u=1}^{20} y_u x_{2u} = -0,0766; \\ \sum_{u=1}^{20} y_u x_{1u}^2 &= 3,604; \sum_{u=1}^{20} y_u x_{3u}^2 = 3,5503 \end{aligned}$$

Hệ phương trình (7) với giá trị các hệ số cụ thể có dạng:

$$\begin{cases} 20b_0 + 0b_2 + 13,658b_{11} + 13,658b_{33} = 5,5095 \\ 0b_0 + 13,658b_2 + 0b_{11} + 0b_{33} = -0,0766 \\ 13,658b_0 + 0b_2 + 24,0065b_{11} + 8b_{33} = 3,604 \\ 13,658b_0 + 0b_2 + 8b_{11} + 24,0065b_{33} = 3,5503 \end{cases}$$

Kết quả giải hệ phương trình này (bằng cách tính định thức của các ma trận tương ứng $\det A, \det A_0, \det A_1, \det A_2$ và $\det A_3$):

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{\det A_0}{\det A} = 0,2448; b_2 = \frac{\det A_1}{\det A} = -0,0056; \\ b_{11} &= \frac{\det A_2}{\det A} = 0,09; b_{33} = \frac{\det A_3}{\det A} = 0,0056 \end{aligned}$$

Vậy phương trình hồi quy chính thức với các hệ số có nghĩa về mặt thống kê theo

tiêu chuẩn Student là:

$$y_c = 0,2448 - 0,0056x_2 + 0,09x_1^2 + 0,0056x_3^2$$

2.3 Tính tương thích của phương trình hồi quy với thực nghiệm

Tính tương thích của phương trình hồi quy với thực nghiệm được kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher. Đầu tiên ta tính tổng bình phương các sai số:

$$S_R = \sum_{u=1}^N (y_u - \hat{y})^2; S_E = \sum_{l=1}^{n_0} (y_l - \bar{y})^2$$

Trong đó: $\hat{y}$ – giá trị tính toán của hàm đồng ý.

Phương sai tương thích của mô hình hồi quy:

$$S_P^2 = \frac{S_R - S_E}{f_1}$$

Trong đó: f_1 – số bậc tự do của phương sai tương thích (phương sai lớn), $f_1 = N - k' - (n_0 - 1)$, với k' – số hệ số hồi quy có nghĩa về mặt thống kê.

Giá trị tiêu chuẩn Fisher theo tính toán:

$$F_P = \frac{S_P^2}{S_y^2}$$

Nếu $F_P < F_T$ tại mức có nghĩa (xác suất) đã chọn thì mô hình coi là tương thích. Trị số F_T (trị số Fisher) lấy theo bảng tùy thuộc vào số bậc tự do f_1 và f_2 và mức có nghĩa đã chọn với $f_1 = N - k' - (n_0 - 1)$; $f_2 = n_0 - 1$.

Tính toán bằng lập trình cho kết quả $F_P = 1,8265$; $F_T = 4,68$ (với $f_1 = k_1 = 11$; $f_2 = k_2 = 5$; mức có nghĩa 5%) [5].

Như vậy, theo tiêu chuẩn Fisher, mô hình thực nghiệm tương thích với các kết quả thí nghiệm.

Các giá trị mã hóa của các yếu tố liên quan với các giá trị thực theo các tương quan sau:

$$x_1 = \frac{V_1 - V_{01}}{\epsilon_1}; x_2 = \frac{V_2 - V_{02}}{\epsilon_2}; x_3 = \frac{V_3 - V_{03}}{\epsilon_3}$$

Trong đó: V_{01}, V_{02}, V_{03} – các giá trị thực của các yếu tố tại mức cơ sở; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – khoảng biến thiên của các yếu tố.

Thay giá trị lấy từ bảng 1 được:

$$x_1 = \frac{V_1 - 3,66}{0,5}; x_2 = \frac{V_2 - 0,68}{0,3}; x_3 = \frac{V_3 - 2,4}{0,9}$$

Hàm độ rộng tối thiểu theo thành phần độ hạt sau một số phép tính toán có dạng:

$$f_{\min} = 5,1197 + 2,6532V_1 + 0,36V_1^2 - 0,0186V_2 - 0,0033V_3 + 0,0069V_3^2$$

Các số liệu đầu vào và kết quả tính toán bằng lập trình xuất ra file excel phục vụ cho các nội dung trên đây của bài viết này được trình bày dưới đây:

For $i = 0$ To 9

$d1(i) = \text{Choose}(i + 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0.246)$
 $d2(i) = \text{Choose}(i + 1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, 0.272)$
 $d3(i) = \text{Choose}(i + 1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, 0.255)$
 $d4(i) = \text{Choose}(i + 1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 0.28)$
 $d5(i) = \text{Choose}(i + 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 0.253)$
 $d6(i) = \text{Choose}(i + 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, 0.247)$
 $d7(i) = \text{Choose}(i + 1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 0.271)$
 $d8(i) = \text{Choose}(i + 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 0.258)$
 $d9(i) = \text{Choose}(i + 1, 1.682, 0, 0, 2.829, 0, 0, 0, 0, 0.271)$
 $d10(i) = \text{Choose}(i + 1, -1.682, 0, 0, 2.829, 0, 0, 0, 0, 0.267)$
 $d11(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 1.682, 0, 0, 2.829, 0, 0, 0, 0.253)$
 $d12(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, -1.682, 0, 0, 2.829, 0, 0, 0, 0.251)$
 $d13(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, 1.682, 0, 0, 2.829, 0, 0, 0.241)$
 $d14(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, -1.682, 0, 0, 2.829, 0, 0, 0.278)$
 $d15(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.242)$
 $d16(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.232)$
 $d17(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.235)$
 $d18(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.243)$
 $d19(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.251)$

$d20(i) = \text{Choose}(i + 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.249)$

Next i

I. Các hệ số của phương trình hồi quy:

1. $b_0 = .242$; 2. $b_1 = .0022$; 3. $b_2 = -.0056$;
 4. $b_3 = -.0044$; 5. $b_{11} = .0093$;
 6. $b_{22} = .0033$; 7. $b_{33} = .006$; 8. $b_{12} = -.0028$;
 9. $b_{13} = -.0045$; 10. $b_{23} = -.001$

II. Miền tin cậy của các hệ số hồi quy:

1. $\text{deltab}_0 = .0079$; 2. $\text{deltab}_1 = .0052$;
 3. $\text{deltab}_{12} = .0068$; 4. $\text{deltab}_{11} = .0051$

III. Tính tương thích của phương trình hồi quy:

Tiêu chuẩn Fisher tính toán, $ftt = 1.8265$

3 Kết luận

Quy hoạch thực nghiệm là một môn khoa học được phát triển trên nền tảng của toán học thống kê và lý thuyết điều khiển học, có ứng dụng rộng rãi trong công tác tổ chức và xử lý các số liệu thực nghiệm. Việc xử lý các số liệu mất khá nhiều thời gian, đặc biệt là với khối lượng thực nghiệm nhiều, đa yếu tố. Như đã biết, bằng lập trình tính toán trên máy vi tính, khó khăn này được khắc phục. Bài viết này giới thiệu lập trình trình tự xử lý các số liệu thực nghiệm toàn phần bậc 2 loại trung tâm hợp thành đẳng diện xoay bằng ngôn ngữ Visual Basic 6.0, từ việc xác định các hệ số của phương trình hồi quy, mức có nghĩa của chúng theo tiêu chuẩn Student đến việc tính toán hiệu chỉnh lại các hệ số (nếu hệ số bị loại bỏ thuộc số hạng bậc 2) và tính tương thích của phương trình hồi quy đồng ý so với thực nghiệm theo tiêu chuẩn Fisher.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **La Văn Tửu.** Quy hoạch thực nghiệm và bước đầu xử lý bằng lập trình / Văn Tửu La // Bản tin Cơ khí Năng lượng - Mỏ. - 2019. - Số 18. - Tr. 44-46.
2. **Nguyễn Văn Kháng.** Quy hoạch thực nghiệm / Văn Kháng Nguyễn // Giáo trình cao học ngành máy và thiết bị mỏ, dầu khí // Trường Đại học Mỏ - Địa chất - 2011.
3. **Ахназарова С.Л.** Методы оптимизации эксперимента в химической промышленности / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров // М.: Высш. шк.-1985.- 327с.
4. **Спиридонов А.А.** Планирование эксперимента технологических процессов / А.А. Спиридонов // М.: Машиностроение. - 1981. - 184 с.
5. Таблица критерия Фишера. Приложение 1. - Текс: электронный. - URL: <http://univer-nn.ru/econometrica/Fisher-Student-table.pdf>.

THIẾT BỊ HỖ TRỢ THI CÔNG RÃNH THOÁT NƯỚC MỎ

KS. Cao Ngọc Đẩu – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin

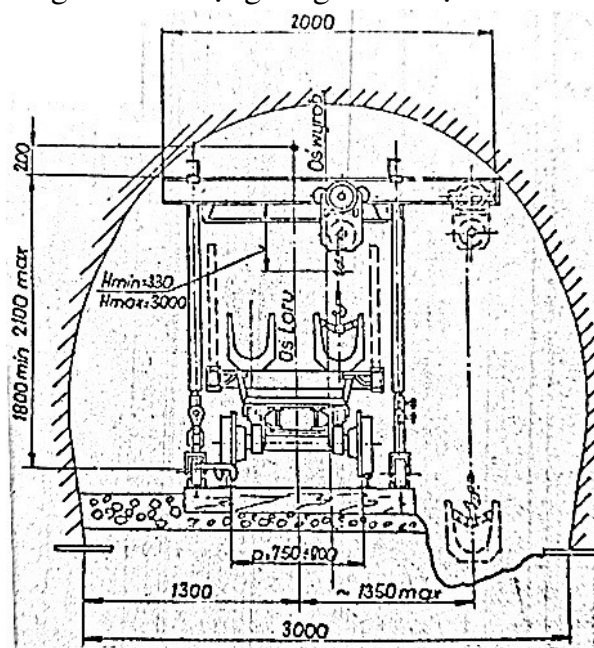
Trong những năm vừa qua, để khai thác than hầm lò, mỗi năm ngành Than phải đào trên 200 km đường lò (hệ số đào lò chung là hơn 10 km/triệu tấn than nguyên khai hầm lò). Như vậy, để thoát nước đường lò, các mỏ phải đào và lắp máng dẫn cho hơn 200 km rãnh thoát nước lớn nhỏ. Đây là công việc tiêu tốn khá nhiều thời gian và công sức.

Để giúp giảm thời gian, công sức, tăng năng suất lao động trong việc lắp đặt các modul rãnh thoát nước bằng bê tông đúc sẵn, các kỹ sư cơ khí mỏ đã thiết kế, chế tạo ra bộ thiết bị hỗ trợ thi công như hình 1, giúp nâng, hạ các modul rãnh bằng bê tông lên, xuống tích (gòong) vận chuyển.

Thiết bị gồm 01 khung vững chắc với các khớp nối tháo lắp nhanh. Khi làm việc, thiết bị được gắn chặt vào đường ray, cũng bằng bộ tháo lắp nhanh. Trên khung có xà ngang (có thể điều chỉnh kích thước), trên xà có lắp pa lăng xích để nâng, hạ các cấu kiện bê tông...

Bộ khung của thiết bị nằm phía ngoài đường ray và có thể di chuyển dọc theo đường ray (trên ray riêng), nhờ vậy, cho phép pa lăng có thể nhắc các cấu kiện bê tông từ xe và đặt vào vị trí yêu cầu của rãnh nước.

Nhờ sự hỗ trợ của thiết bị, cường độ lao động của người thi công giảm đi nhiều, năng suất lao động tăng lên rõ rệt.



Hình 1. Thiết bị hỗ trợ thi công rãnh thoát nước mỏ

Đặc tính kỹ thuật của thiết bị:

- Chiều cao tối đa (có thể điều chỉnh) : 2.300 mm;
- Chiều dài tay với tối đa (có thể điều chỉnh) : 1.300 mm;
- Cường cụ đường ray phục vụ : 600 - 900 mm;
- Sức nâng : 1.600 N;
- Chiều rộng ray phụ (có thể điều chỉnh) : 1.200 - 1.400 mm;
- Chiều dài ray phụ tối đa (có thể điều chỉnh): 3.500 mm;
- Cơ cấu nâng (dùng tay) : Pa lăng xích có bộ di chuyển trên ray;
- Chiều rộng lò tối thiểu sử dụng : 3.000 mm;
- Số người sử dụng thiết bị : 2 người.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu thiết kế Informator Techniczny ZKMPW // Gliwice. - 1973.

LỊCH SỬ VÀ Ý NGHĨA NGÀY QUỐC TẾ PHỤ NỮ 8/3

Lịch sử ngày Quốc tế Phụ nữ 8-3

Ngày Quốc tế Phụ nữ 8-3 bắt đầu từ phong trào đấu tranh đòi quyền sống của nữ công nhân Mỹ. Cuối thế kỷ XIX, chủ nghĩa tư bản phát triển tốt bậc, nhất là ở nước Mỹ. Nền kỹ nghệ phát triển, thu hút nhiều phụ nữ và trẻ em vào làm việc trong các nhà máy, xí nghiệp. Bọn chủ tư bản lợi dụng sức lực của phụ nữ, trẻ em, trả lương rẻ mạt làm cho đời sống của phụ nữ và trẻ em cực khổ, điều đứng. Căm phẫn trước sự áp bức tàn bạo đó, ngày 8/3/1899, tại hai thành phố Chicago và New York đã nổ ra cuộc đấu tranh mạnh mẽ của nữ công nhân ngành dệt may, đòi tăng lương, giảm giờ làm.



Hình 1. Cuộc biểu tình của đòi quyền lợi của phụ nữ trên thế giới

Mặc dù bị thẳng tay đàn áp, bắt bớ, nhưng chị em vẫn đoàn kết, bền bỉ đấu tranh, buộc bọn chủ tư sản phải nhượng bộ. Thắng lợi đó đã cổ vũ tinh thần đấu tranh của phụ nữ lao động Mỹ. Đến tháng 2/1909, lần đầu tiên phụ nữ khắp nơi trên nước Mỹ đã tổ chức “Ngày phụ nữ”, mít tinh, biểu tình rầm rộ đòi quyền bình đẳng cho phụ nữ. Tại New York đã có 3.000 chị dự cuộc họp phản đối chính phủ, đòi công nhận quyền bầu cử của phụ nữ.

Những cuộc đấu tranh đầu tiên đó của nữ công nhân Mỹ đã có tiếng vang lớn, là nguồn cổ vũ mạnh mẽ cho phong trào đấu tranh của phụ nữ lao động trên toàn thế giới. Trong phong trào đấu tranh lúc bấy giờ, đã xuất hiện 2 nữ chiến sĩ cách mạng lỗi lạc là bà Clara Zetkin (người Đức) và bà Rô-da-luya-Xăm-

Bua (người Ba Lan). Hai bà đã phối hợp với bà Nadezhda Krupskaya (vợ của Lê-nin) vận động thành lập Ban Thư ký quốc tế phụ nữ để lãnh đạo phong trào.

Trước sự lớn mạnh về số lượng và chất lượng của phong trào phụ nữ trên thế giới. Ngày 26 và 27/8/1910, đại hội lần thứ 2 của những người phụ nữ thế giới đã được triệu tập ở Copenhagen (thủ đô Đan Mạch), về dự có 100 nữ đại biểu của 17 nước, đã quyết định lấy ngày 8/3 làm “Ngày quốc tế phụ nữ” với mục đích đấu tranh đòi các quyền lợi của phụ nữ và trẻ em.

Kể từ đó, ngày 8/3 trở thành ngày hội của phụ nữ thế giới, đoàn kết đấu tranh để tự giải phóng, thực hiện quyền nam nữ bình đẳng và cũng từ đó, phụ nữ tiến bộ khắp năm châu tổ chức ngày 8/3 với những nội dung và hình thức phong phú.

Từ thập niên 70 đến nay, Liên hợp quốc đã đứng ra tổ chức 4 hội nghị thế giới về phụ nữ:

- Hội nghị lần thứ nhất tổ chức tại Mexico năm 1975, mở đầu thập kỷ phụ nữ;
- Hội nghị lần thứ hai tổ chức tại Copenhagen (Đan Mạch) năm 1980;
- Hội nghị lần thứ ba tổ chức tại Nairobi (Kenya) năm 1985;
- Hội nghị lần thứ tư tổ chức tại Bắc Kinh (Trung Quốc) năm 1995.

Đây là những sự kiện quốc tế lớn đối với đời sống chính trị của toàn thế giới, đặc biệt đối với phụ nữ. Vì lẽ đó, vấn đề giải phóng phụ nữ, vì sự tiến bộ của phụ nữ là vấn đề toàn cầu.

Ngày Quốc tế Phụ nữ tại Việt Nam

Ngày 4/10/1997, Thủ tướng Chính phủ nước ta đã có quyết định số 822/TTg về việc “Phê duyệt kế hoạch hành động Quốc gia vì sự tiến bộ của phụ nữ Việt Nam đến năm 2000”, ban hành 11 mục tiêu vì sự tiến bộ của

phụ nữ nhằm cam kết trước thế giới hành động vì sự tiến bộ của phụ nữ Việt Nam, thực hiện mục tiêu “*Hành động vì bình đẳng, phát triển và hòa bình*” của hội nghị Bắc Kinh.

Ở nước ta, ngày 8/3 còn là ngày kỷ niệm cuộc khởi nghĩa của Hai Bà Trưng, hai vị nữ anh hùng dân tộc đầu tiên đã đánh đuổi giặc ngoại xâm phương Bắc, giành lại chủ quyền dân tộc. Niềm tự hào và ý chí vươn lên của phụ nữ Việt Nam một phần cũng có cội nguồn từ truyền thống dân tộc độc đáo đó.



Hình 2. Hình ảnh Hai Bà Trưng
cưỡi voi xung trận đánh đuổi giặc ngoại xâm

Mùa xuân năm 40, Hai Bà Trưng đã phát cờ khởi nghĩa và nhận được sự hưởng ứng nhiệt liệt của các Lạc hầu, Lạc tướng, của những người yêu nước ở khắp các thị quận và đông đảo lực lượng là phụ nữ tham gia khởi nghĩa. Được sự ủng hộ đông đảo của các lực lượng, cuộc khởi nghĩa của Hai Bà Trưng đã lan rộng khắp nơi. Dưới sự lãnh đạo tài tình của hai bà, cuộc khởi nghĩa đã giành thắng lợi, đập tan chính quyền đô hộ, buộc tướng Tô Định phải cải trang, cắt tóc, cạo râu trốn về nước.

Sau cuộc khởi nghĩa thắng lợi, Bà Trưng Trắc được các tướng lĩnh và nhân dân suy tôn làm vua. Bà lên ngôi và lấy niên hiệu là Trưng Nữ Vương, đóng đô ở Mê Linh (huyện Mê Linh - tỉnh Vĩnh Phúc ngày nay).

Thắng lợi cuộc khởi nghĩa của Hai Bà Trưng được đánh giá là một bản anh hùng ca

bất diệt, thể hiện ý chí độc lập và niềm tự hào dân tộc. Đồng thời, cuộc khởi nghĩa cũng là một minh chứng cho sức mạnh của phụ nữ Việt Nam trong lịch sử nhân loại trong sự nghiệp xây dựng và bảo vệ Tổ quốc.

Hiện nay, ở Việt Nam, phụ nữ chiếm 51% lực lượng lao động và đóng vai trò chính trong công việc gia đình và nuôi dạy con cái. Trong số các đại biểu của Quốc hội Việt Nam, tổ chức quyền lực cao nhất, phụ nữ chiếm 26,72% và được Liên Hiệp Quốc đánh giá “*Phụ nữ Việt Nam tham gia hoạt động chính trị cao nhất thế giới*”. Việt Nam có tỷ lệ nữ tốt nghiệp đại học là 36,24%, thạc sĩ 33,95% và tiến sĩ 25,96%.

Để thể hiện sự tôn vinh những người phụ nữ – một nửa của thế giới, tại Việt Nam người ta thường tổ chức rất trang trọng, tràn ngập hoa và những lời chúc tốt đẹp. Ngày 8/3 cũng là ngày nam giới thể hiện sự chăm sóc yêu thương cho người phụ nữ mà họ yêu quý.

Ý nghĩa ngày quốc tế phụ nữ

Trong 365 ngày của một năm, phụ nữ thế giới có riêng một ngày để được xã hội quan tâm và bù đắp những thiệt thòi, vất vả trong cuộc sống. Họ luôn âm thầm hy sinh và chịu đựng để xây dựng hạnh phúc gia đình. Vì vậy, họ xứng đáng nhận được sự tôn trọng và quan tâm hơn nữa từ một nửa còn lại của thế giới, chia sẻ với họ những khó khăn trong công việc và gia đình.

Không ai có thể phủ nhận vai trò và trách nhiệm to lớn của người phụ nữ thời hiện đại: Họ vừa là người nội trợ, vừa tham gia lao động xã hội, đóng góp sức lực của mình vào sự phát triển của đất nước, không những thế họ còn giữ một thiên chức cao cả là một người mẹ, mang nặng đẻ đau ra những đứa con và nuôi dạy chúng thành người. Phụ nữ ngày nay đang dần khẳng định mình là phái đẹp chứ không còn là phái yếu như trước kia.

Sưu tầm

VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ- VINACOMIN TỔ CHỨC GẶP MẶT KỶ NIỆM 110 NĂM NGÀY QUỐC TẾ PHỤ NỮ 8.3.1910 - 8.3.2020

Sáng ngày 6/3/2020, Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin tổ chức gặp mặt kỷ niệm 110 năm ngày Quốc tế phụ nữ (8.3.1910 - 8.3.2020) nhằm ghi nhận, biểu dương những đóng góp tích cực của các nữ CBNV đối với sự phát triển của Viện trong thời gian qua. Phát biểu tại buổi gặp mặt, thay mặt Đảng ủy, Lãnh đạo Viện, đồng chí Đỗ Trung Hiếu – Phó Viện trưởng, đã giành những lời chúc tốt đẹp nhất đến các nữ CBNV trong toàn Viện, mong muốn các đồng chí tiếp tục phát huy thành tích đã đạt được, nỗ lực phấn đấu thực hiện tốt hơn nữa nhiệm vụ và trách nhiệm ở mỗi cương vị và lĩnh vực công tác, nâng cao trình độ đáp ứng tốt nhiệm vụ được giao.

Buổi lễ diễn ra trong không khí vui tươi, sôi nổi với những tiết mục văn nghệ, vũ đạo và trò chơi hấp dẫn do chính các nữ CBNV của Viện thực hiện.



Đảng ủy Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ tặng hoa chúc mừng các nữ CBNV của Viện



Đồng chí Đỗ Trung Hiếu tặng quà các nữ CBNV của Viện



Đồng chí Trịnh Tiên Khỏe – Phó chủ tịch Công đoàn Viện, tặng hoa chúc mừng



Đồng chí Đỗ Ngọc Minh – Bí thư Đoàn TNCS Hồ Chí Minh của Viện, tặng hoa chúc mừng

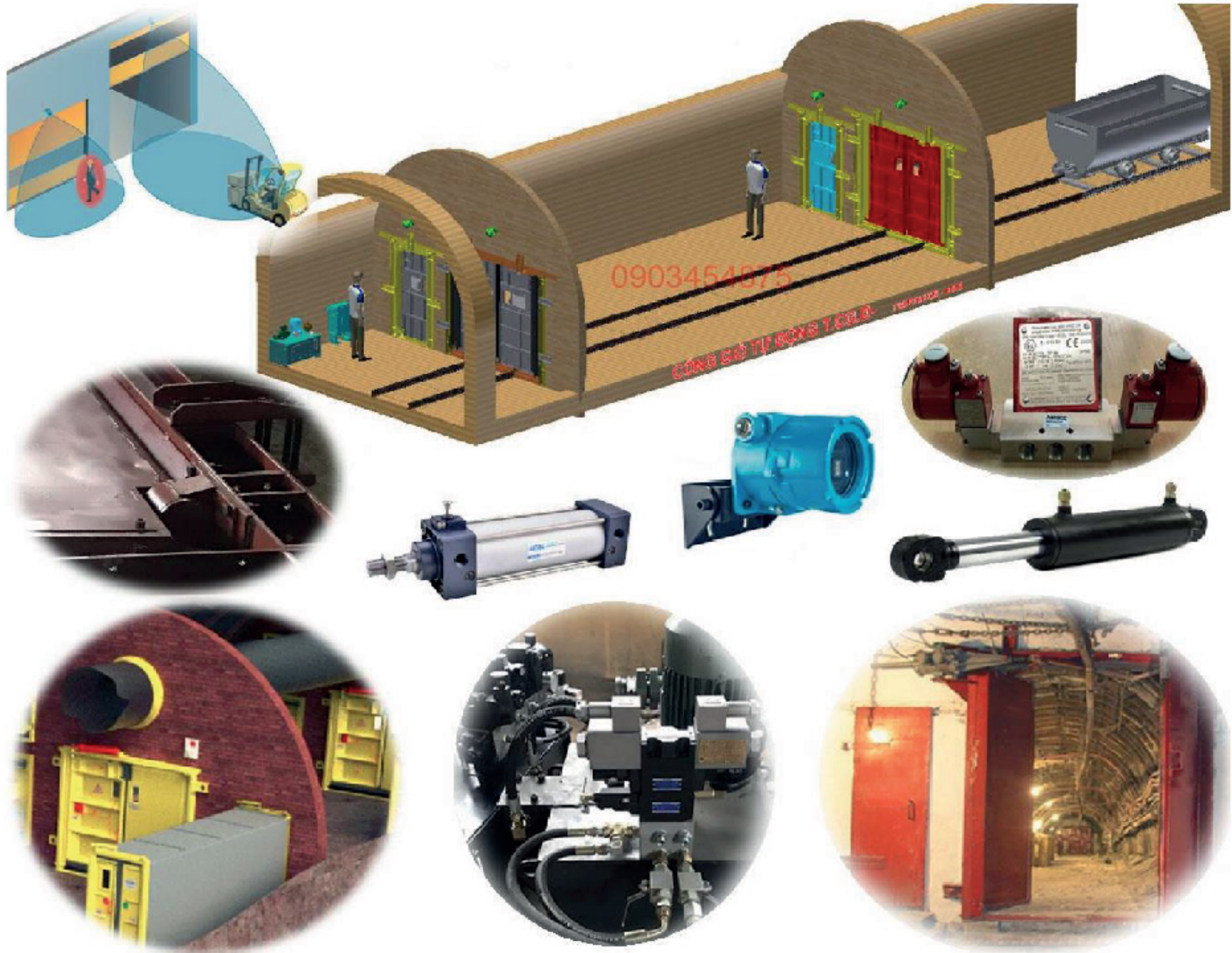
Một số hình ảnh tại Lễ kỷ niệm





CÔNG GIÓ TỰ ĐỘNG T.CG TRONG MỎ THAN HẦM LÒ

SẢN PHẨM THUỘC CHƯƠNG TRÌNH KHCN - TKV, ĐÃ ĐƯỢC ỨNG DỤNG TRONG NGÀNH MỎ



ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT

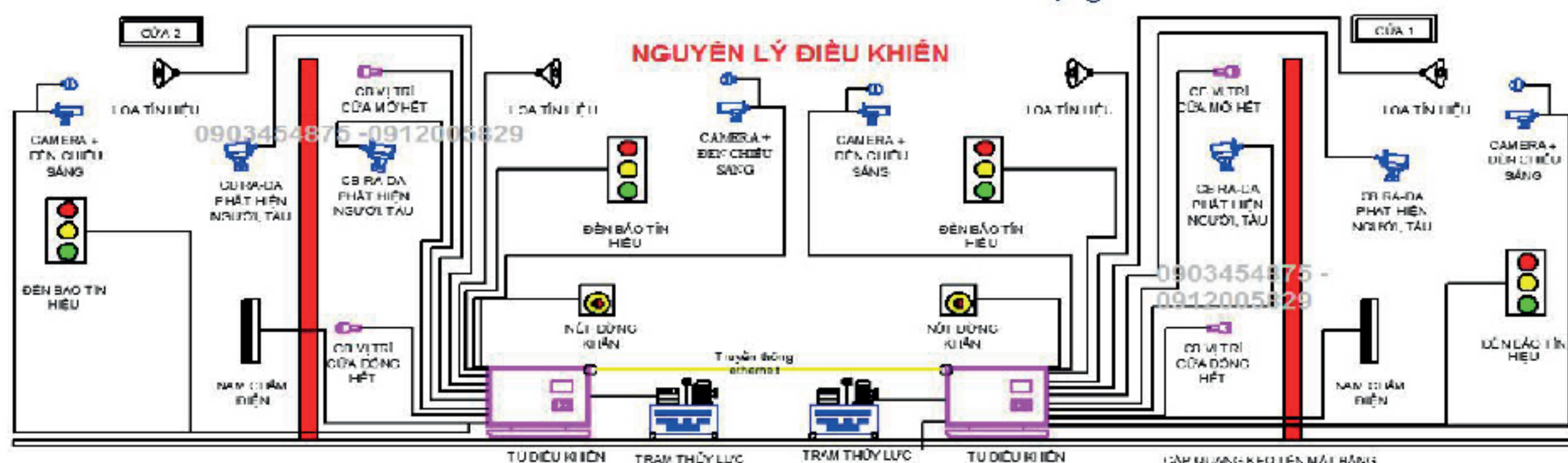
- + Kích thước: các đường lò vận tải $9\text{ m}^2 \div 17\text{ m}^2$.
- + Áp dụng lưu thông hỗn hợp: Người, Toa xe; Tàu điện và Mô nô ray;
- + Vận tốc gió: đến 15 m/s ;
- + Điều khiển: PLC;
- + Lực phát động: Khí nén / Thủy lực hoặc Tời kéo;
- + Kiểu đóng mở: Mở xuôi/ngược hoặc kéo ngang;
- + Sen sơ nhận dạng: Ra đa/ Camera KTS;
- + Tiêu chuẩn: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia 01QCVN.

- Tên gọi: Cổng gió tự động.
- Loại cánh, kiểu mở:
 - 1.0 - Loại một cánh;
 - 1.1 - Hai cánh, mở một phía;
 - 1.2 - Hai cánh, mở hai phía;
- Loại kèm cửa phụ:
 - PT - Cửa phụ mở bằng tay; PA - Cửa phụ mở bằng nguồn;
- Loại dẫn động:
 - D - Thủy lực; K - Khí nén; C - Cáp kéo;

T.CG - XX.X - X - X

Kích thước thông thủy:

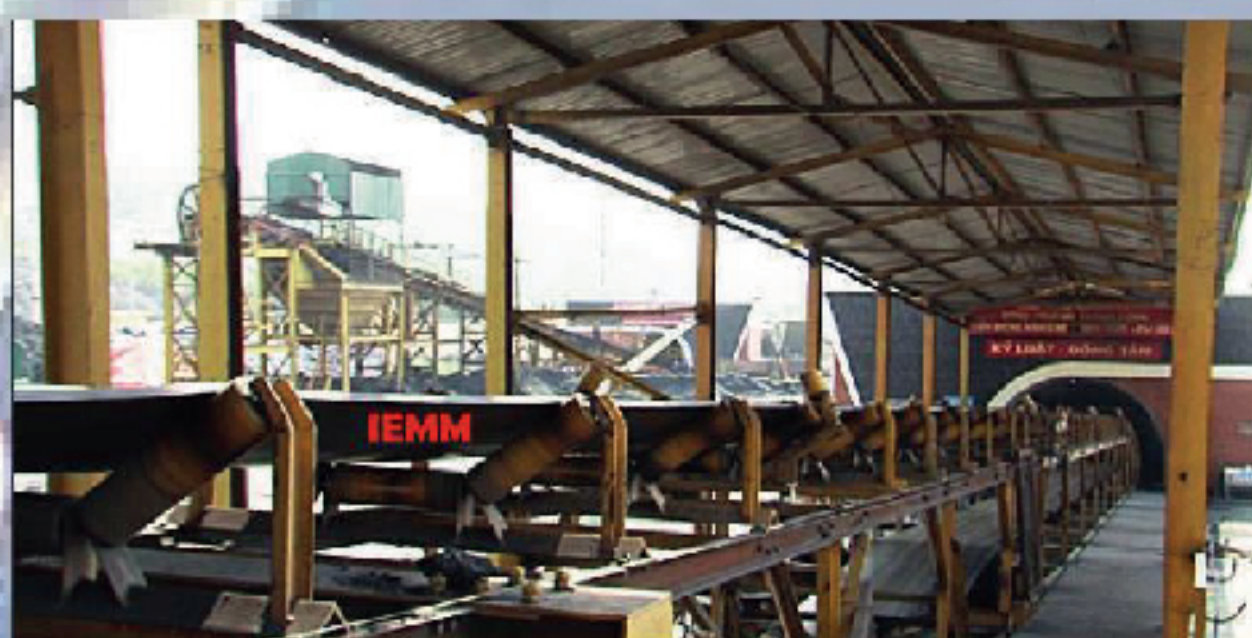
- + Chiều cao: Từ 1.900 mm đến 2600 mm
- + Chiều rộng: Từ 2.000 mm đến 2600 mm





BẢNG TẢI CÁC LOẠI

Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin chuyên thiết kế chế tạo các loại băng tải với các thông số, đặc tính kỹ thuật khác nhau. Sản phẩm của Viện hiện đã được sử dụng tại các mỏ than hầm lò, các nhà máy tuyển, các nhà máy xi măng.... Hiện nay, Viện tiếp tục triển khai thiết kế, chế tạo các tuyến băng tải có tổng công suất lên đến 1000kW, góc dốc lớn lên đến 25°. Ngoài ra, Viện còn nghiên cứu, chế tạo các tuyến băng tải xuống dốc (băng tải hãm), băng tải cong (băng tải địa hình) băng tải ống có nhiều ưu điểm nổi trội được khách hàng đánh giá cao, tin nhiệm sử dụng.



**Tuyến băng Bình Minh
Công ty than Hòn Gai**

Băng tải giếng chính B1000x1005/3x220			
TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều rộng băng	mm	1000
2	Năng suất	T/h	320
3	Vận tốc băng	m/s	2,0
4	Chiều dài tuyến	m	1005
5	Độ dốc	độ	16
6	Công suất tổng	kW	3x220
7	Hệ thống điều khiển	-	PLC+Biến tần



**Tuyến băng tải tại Công ty than
Dương Huy**

Băng tải giếng chính B1200x625/2x355			
TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều rộng băng	mm	1200
2	Năng suất	T/h	760
3	Vận tốc băng	m/s	2,0
4	Chiều dài tuyến	m	625
5	Độ dốc	độ	16
6	Công suất tổng	kW	2x335
7	Hệ thống điều khiển	-	Khởi động mềm PLC



Các tuyến băng tải tại nhà máy tuyển than Vàng Danh 2