

THỂ LỆ VỀ CÔNG BỐ CÔNG TRÌNH KHOA HỌC VÀ ĐĂNG BÀI BÁO KHOA HỌC TRÊN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM

1. Khái quát về Tạp chí Cơ khí Việt Nam:

Tạp chí Cơ khí Việt Nam là cơ quan báo chí thực hiện ngôn luận - lý luận của Tổng hội Cơ khí Việt Nam, đồng thời là tiếng nói, kênh thông tin chính thống của ngành Cơ khí Việt Nam. Tạp chí cũng còn là diễn đàn nghiên cứu khoa học của các nhà quản lý-khoa học-chuyên gia-nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trên cả nước, do đó đã được *Bộ Khoa học và Công nghệ cấp ISSN 2615 - 9910 (mã số chuẩn quốc tế đối với xuất bản phẩm nhiều kỳ) và Hội đồng Chức danh Giáo sư Nhà nước công nhận tính điểm công trình khoa học-bài báo khoa học.*

Tạp chí Cơ khí Việt Nam có nhiệm vụ tuyên truyền, phổ biến chủ trương chính sách của Đảng, pháp luật của Nhà nước và định hướng phát triển, hoạt động của ngành Cơ khí Việt Nam; công bố công trình khoa học, kết quả nghiên cứu và chuyển giao công nghệ, chuyên đề khoa học và công nghệ có hàm lượng khoa học và giá trị thực tiễn cao của nhà quản lý-khoa học-chuyên gia, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí. Ngoài ra, Tạp chí cũng còn là nơi công bố những phát minh, sáng chế, kết quả, thành tích, điển hình tiên tiến trong hoạt động nghiên cứu khoa học, quản lý, đào tạo và sản xuất, kinh doanh lĩnh vực Cơ khí ở trong và ngoài nước tới đồng bào bạn đọc.

2. Việc công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam:

Tạp chí Cơ khí Việt Nam nhận công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí của nhà quản lý-khoa học-chuyên gia-nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam (bản in giấy), gồm: ¹Cơ khí Chế tạo máy, ²Cơ khí Quốc phòng, ³Cơ khí Giao thông, ⁴Cơ khí Nông-lâm nghiệp, ⁵Cơ khí Xây dựng, ⁶Cơ khí Thủy sản, ⁷Cơ khí Địa chất, ⁸Cơ khí Hóa chất, ⁹Cơ khí Bảo quản chế biến nông lâm thủy sản, ¹⁰Cơ khí Động cơ đốt trong, ¹¹Cơ khí Ô tô - Máy kéo, ¹²Cơ khí Máy thủy khí, ¹³Cơ khí Công nghệ nhiệt lạnh, ¹⁴Cơ khí máy năng lượng, ¹⁵Cơ khí Công nghệ dệt, ¹⁶Cơ khí Công nghệ cắt may, ¹⁷Cơ khí Cơ-điện tử, ¹⁸Cơ khí Kỹ thuật hệ thống công nghiệp, ¹⁹Cơ khí đào tạo nguồn nhân lực và nghiên cứu chuyển giao.

3. Thể lệ về công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam. Do đó, công trình khoa học/ bài báo khoa học khi được đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam phải đảm bảo các yêu cầu, như sau:

3.1. Yêu cầu chung: Công trình khoa học/ bài báo khoa học đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam phải là kết quả nghiên cứu gốc; bài báo tổng quan hoặc bài viết thông tin khoa học (*short communications*).

3.2. Bản thảo: Bài báo đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam, gồm có các phần:

1. Tên bài báo (bằng tiếng Việt và bằng tiếng Anh).

2. Tên tác giả, đồng tác giả (kèm theo ghi chú về chức danh khoa học, học hàm, học vị, tên cơ quan công tác, email).

3. Tóm tắt bài báo bằng tiếng Việt và tiếng Anh không quá 350 từ (bao gồm có từ khóa tiếng Việt và tiếng Anh, đối với cụm từ khóa có khoảng 5 - 15 từ khóa).

4. Đặt vấn đề.

5. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu.

6. Kết quả và thảo luận (có thể tách thành 2 phần riêng biệt: Kết quả, Thảo luận).

7. Kết luận.

8. Tài liệu tham khảo (trích dẫn theo đúng quy định bài báo quốc tế).

Bản thảo được soạn trên máy vi tính, sử dụng Unicode, kiểu chữ Time New Roman, cỡ chữ 14, trên giấy A4 - một mặt, chế độ dẫn dòng: "1.5 lines spacing", căn lề trái phải mỗi bên: 3 cm, căn lề trên dưới: 2,5 cm, chế độ lề: "justified". Dung lượng mỗi bài báo khoảng 1.600-2.500 từ. Các đồ thị, hình và ảnh cần trình bày rõ ràng.

Các thuật ngữ khoa học nếu chưa được Việt hóa thì ưu tiên dùng nguyên bản tiếng Anh. Các ký hiệu viết tắt cần phải giải thích khi xuất hiện lần đầu.

Thứ tự bảng và hình được đánh số theo trình tự trong bài, không đánh theo thứ tự đề mục. Không được viết tắt các tiểu mục, tên bảng, hình vẽ. Tên bảng được ghi bên trên bảng, tên hình vẽ được ghi bên dưới hình. Chú thích in nghiêng.

Chỉ có những tài liệu được trích dẫn thực sự trong nội dung bài viết mới đưa vào phần tài liệu tham khảo. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự trích dẫn (tài liệu tiếng nước ngoài được sắp xếp theo họ của tác giả, tài liệu tiếng Việt sắp xếp theo tên tác giả) và theo trình tự: tên tác giả, năm xuất bản trong ngoặc đơn (...), tên sách, tên nhà xuất bản, nơi xuất bản (đối với sách), hoặc tên bài báo, tên tạp chí, tập, số (đối với bài báo), trang đầu và trang cuối của tài liệu. Đối với những tài liệu không có tác giả thì xếp theo chữ cái của từ đầu tiên của cơ quan ban hành tài liệu. Trong bản thảo, ở những nội dung tác giả đã tham khảo hoặc sử dụng kết quả nghiên cứu từ các tài liệu khoa học khác, cần đánh dấu bằng số (đặt trong dấu [...]) - là số thứ tự của tài liệu xếp trong danh mục các tài liệu tham khảo. Tài liệu tham khảo cần ghi theo ngôn ngữ gốc, không phiên âm, không dịch.

3.3. Gửi hoặc nộp bài: Bản thảo gồm 2 bản in và 1 bản điện tử. Khi đăng ký nộp bài, các tác giả có thể đề xuất 2 phản biện. Việc chọn các phản biện chuyên môn phù hợp thuộc quyền của Hội đồng Biên tập Tạp chí Cơ khí Việt Nam.

3.4. Phản biện: Sau khi nhận bài viết gửi đăng đúng với Thể thức quy định của Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Hội đồng Biên tập sẽ gửi bài viết cho các phản biện.

Những bài viết được chấp nhận đăng, các tác giả sẽ nhận được thư phản hồi của Hội đồng Biên tập với thời gian sửa chữa được yêu cầu tùy theo chất lượng của bài viết. Bản sửa chữa lần cuối của tác giả sẽ được coi là bản gốc.

Bản thảo có thể nộp trực tiếp hoặc gửi qua E-mail của Tạp chí.

Quý tác giả muốn biết thêm thông tin, xin vui lòng liên hệ với **TÒA SOẠN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM**

Địa chỉ: Số 4 Phạm Văn Đồng (trong Viện Nghiên cứu Cơ khí), P. Phú Diễn, TP. Hà Nội

Điện thoại: (024) 37 920 650 - 0985 696 263 / 0982 254 465

Email: Teckvn.bbkh@gmail.com * **Website:** cokhivietnam.vn

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)

TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 332, tháng 9 năm 2025
cokhivietnam.vn

TỔNG BIÊN TẬP
HÀ DUY KHÁNH

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
ĐẶNG VĂN LONG

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

PGS,TS. NGUYỄN NGỌC CHUÔNG (Chủ tịch)
GS,TS. NGUYỄN LẠC HỒNG (P. Chủ tịch)
GS,TSKH. BÀNH TIẾN LONG
TSKH. PHAN XUÂN DŨNG
PGS,TS. HÀ MINH HÙNG
PGS,TS. TRƯƠNG VIỆT ANH
GS,TS. ĐINH VĂN CHIẾN
GS,TSKH. PHẠM VĂN LANG
GS,TS. CHU VĂN ĐẠT
PGS,TS. TRẦN VĨNH HÙNG
PGS,TS. ĐÀO QUANG KẾ
PGS,TS. NGUYỄN VĂN BẦY
PGS,TS. ĐÀO DUY TRUNG
PGS,TS. LÊ THU QUÝ
PGS,TS. BÙI TRUNG THÀNH
PGS,TS. LÊ VĂN ĐIỂM
GS,TS. LÊ ANH TUẤN
GS,TS. NGUYỄN HỮU LỘC
PGS,TS. DƯƠNG VĂN TÀI
TS. PHAN ĐĂNG PHONG
TS. TẠ NGỌC HẢI
PGS,TS. TRẦN NGỌC HIỀN
PGS,TS. TRƯƠNG HOÀNH SƠN
TS. HỒ TRẦN ANH NGỌC
TS. NGÔ TRỌNG BÌNH
PhD. MIKE PHÙNG

THIẾT KẾ MỸ THUẬT
NGÂN GIANG

*Tập chí Cơ khí Việt Nam:

- In tại Công ty Cổ phần In Khoa học Công nghệ Hà Nội
- Khổ khổ 20,5cm x 28,5cm
- 48 trang
- Xuất bản mỗi tháng một kỳ
- Giá bán 60.000 đồng/quyển Tập chí

TẠP CHÍ



ISSN 2615 - 9910 (bản in)
ISSN 2815 - 5505 (online)

CƠ KHÍ

VIỆT NAM

VIETNAM MECHANICAL ENGINEERING JOURNAL

CƠ QUAN CỦA TỔNG HỘI CƠ KHÍ VIỆT NAM

• <http://cokhivietnam.vn>



- ❖ Nghiên cứu thiết kế chế tạo kênh hở có đập tràn để khảo sát phương trình năng lượng Bernoulli
- ❖ Tính toán khả năng lắp đặt nòng pháo 125mm trên giá pháo 152mm D20
- ❖ Nghiên cứu lập lịch sản xuất linh hoạt cho ngành sơn: Ứng dụng mô hình MILP và thuật toán HEURISTICS

Số 332, tháng 9 năm 2025

Tạp chí Cơ khí Việt Nam phát hành ngày 20 tháng 9 năm 2025

TÒA SOẠN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM

Số 4 Phạm Văn Đồng (trong Viện Nghiên cứu Cơ khí), P. Phú Diễn, TP. Hà Nội

Điện thoại: (024) 3792 0650 **Hotline:** 0985 696 263 - 0982 254 465

Email: tckkvietaam@gmail.com

Website: cokhivietnam.vn

Giấy phép hoạt động Tạp chí in và Tạp chí Điện tử của Bộ Thông tin và Truyền thông
Số 378/GP-BTTTT, ngày 22 tháng 6 năm 2021

Văn phòng đại diện:

1. Tại TP. Hồ Chí Minh:

- PGS,TS. Bùi Trung Thành
Phòng T4.0, Nhà T, Trường Đại học Công nghiệp
TP. Hồ Chí Minh
Số 12 Nguyễn Văn Bào, phường Hạnh Thông,
TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại: 0913 921 407
Email: tckktpcm@gmail.com

- GS,TS. Nguyễn Hữu Lộc
Phòng 205, Nhà B11, Trường Đại học Bách khoa,
Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh,
số 268 Lý Thường Kiệt, phường Diễn Hồng,
TP. Hồ Chí Minh.
Điện thoại: 0913 603 264
Email: nhloc@hcmut.edu.vn

2. Tại tỉnh Quảng Ninh:

- TS. Hoàng Minh Thuận
Trường Cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng,
Số 54, khu Liên Phường, phường Yên Tử,
tỉnh Quảng Ninh
Điện thoại: 0904 116 189
Email: minhthuan.teckvn@gmail.com

3. Tại Thái Nguyên:

- GS,TS. Vũ Ngọc Pi
Số 234 tổ Phú Xá 5, phường Tích Lương,
tỉnh Thái Nguyên
Điện thoại: 0974 905 578
Email: vungocpi@tmu.edu.vn

Phòng viên thường trú:

1. Tại Hải Phòng:

- Lê Thế Hiệp
Điện thoại: 0913 063 747
Email: daidientek@gmail.com

NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI (5 – 42)

1. TS. Dương Đề Tài , ThS. Nguyễn Thị Thạch Thảo : Nghiên cứu thiết kế chế tạo kênh hở có đập tràn để khảo sát phương trình năng lượng Bernoulli.....	5
2. Trần Thị Minh, Nguyễn Thị Vân, Phạm Văn Quyên : Tìm hiểu một số tính chất của vải dệt kim ảnh hưởng đến việc thiết kế mẫu rập.....	10
3. ThS. Hoàng Văn Đáng , TS. Nguyễn Nam Quý , ThS. Nguyễn Vũ Hoài Nam : Mô hình toán và phương pháp giải bài toán bắn đón trong hệ thống điều khiển hỏa lực súng máy phòng không trên xe chiến đấu.....	21
4. TS. Trần Thanh Hải , ThS. Kiều Duy Thanh : Tính toán khả năng lắp đặt nòng pháo 125mm trên giá pháo 152mm D20.....	30
5. Lê Thị Yến Vy : Nghiên cứu lập lịch sản xuất linh hoạt cho ngành sơn: ứng dụng mô hình MILP và thuật toán heuristics.....	36

DOANH NGHIỆP – DOANH NHÂN (43 – 44)

17 triệu giờ an toàn: Bản lĩnh và trách nhiệm của LILAMA 10 tại dự án trọng điểm quốc gia.	43
--	----

DANH SÁCH
NHÀ KHOA HỌC THAM GIA PHẦN BIÊN KHOA HỌC CÁC BÀI BÁO KHOA HỌC
ĐĂNG TẢI TRÊN CHUYÊN MỤC NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, SỐ 332, THÁNG 9 NĂM 2025

TT	HỌC HÀM, HỌC VỊ; HỌ VÀ TÊN	ĐƠN VỊ CÔNG TÁC
1	PGS,TS. Lê Thanh Danh	Viện Công nghệ thông minh và Tương tác, Trường Công nghệ và Thiết kế (CTD), Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh
2	TS. Lưu Thị Hồng Nhung	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên
3	TS. Lê Hữu Ban	Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự
4	TS. Võ Văn Biên	
5	TS. Lưu Trọng Hiếu	Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO KÊNH HỖ CÓ ĐẬP TRÀN HÌNH THANG KHẢO SÁT PHƯƠNG TRÌNH NĂNG LƯỢNG BERNOULLI

RESEARCH ON DESIGN AND MANUFACTURE OF OPEN CHANNEL WITH
SPILLWAY TO INVESTIGATE BERNOULLI ENERGY EQUATION

TS. Dương Đề Tài^{1,*}, ThS. Nguyễn Thị Thạch Thảo²

¹Trường Đại học Trần Đại Nghĩa (Trường Sĩ quan Kỹ thuật quân sự)

²Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: duongdetai@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu trình bày kết quả thiết kế chế tạo mô hình kênh hở có gấn đập tràn hình thang nhằm khảo sát đặc tính năng lượng dòng chảy dựa trên phương trình năng lượng Bernoulli. Đưa ra quy trình khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố đến tổn thất năng lượng dòng chảy qua đập tràn. Kết quả nghiên cứu có thể được ứng dụng trong việc giảng dạy các môn học Cơ lưu chất, Thủy lực bậc đại học, đồng thời hỗ trợ các nghiên cứu ứng dụng của giảng viên liên quan đến phân tích và tối ưu năng lượng dòng chảy trong các công trình thủy.

Từ khóa: *Phương trình Bernoulli; Dòng chảy kênh hở không áp; Đập tràn hình thang; Tổn thất năng lượng.*

ABSTRACT

This study presents the design and manufacturing of an open channel model equipped with an isosceles trapezoidal spillway to investigate flow energy characteristics based on the Bernoulli energy equation. The effects of several factors on flow energy loss through the spillway were examined. The findings contribute to undergraduate teaching in Fluid Mechanics and Hydraulics, and support applied research by lecturers on the analysis and optimization of flow energy in hydraulic structures.

Keywords: *Bernoulli energy equation; Free-surface open channel flow; Trapezoidal weir; Energy loss.*



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cơ học lưu chất (CLC) là môn học cơ sở quan trọng trong chương trình đào tạo kỹ thuật và đang được giảng dạy phổ biến tại các trường đại học ở Việt Nam và thế giới. Đi cùng với việc nghiên cứu lý thuyết, để giúp sinh viên hiểu rõ hơn về các hiện tượng vật lý của dòng chảy, việc xây dựng các mô hình thí nghiệm, mô phỏng dòng chảy là cần thiết. Nhiều trường kỹ thuật trên thế giới đã trang bị phòng thí nghiệm Cơ học lưu chất cho sinh viên thực hành [1]. Tuy nhiên, tại Việt Nam, số lượng phòng thí nghiệm này còn hạn chế do tính chất phức tạp của thiết bị và chi phí lớn [2].

Từ thế kỉ 18, D. Bernoulli và L. Euler đã đặt nền móng vững chắc cho ngành Cơ học lưu chất ngày nay thông qua phương trình Bernoulli - một công cụ quan trọng trong việc phân tích các đại lượng dòng chảy như lưu lượng, áp suất và năng lượng.

Xuất phát từ nhu cầu giảng dạy và thực hành môn Cơ học lưu chất tại các trường đại học kỹ thuật, chúng tôi đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo mô hình kênh hở có gắn đập tràn để khảo sát đặc tính năng lượng dòng chảy theo phương trình Bernoulli, đồng thời thực hiện các thí nghiệm để đánh giá khả năng ứng dụng của mô hình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Phương trình Bernoulli cho dòng chảy lý tưởng có dạng:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = \text{const} \quad (2.1)$$

Trong đó: z , p/γ , $u^2/2g$, $z + p/\gamma + u^2/2g$

lần lượt là vị năng, áp năng, động năng và cơ năng đơn vị.

Đối với lưu chất thực, dòng chảy xét đến độ nhớt của chất lưu, ma sát bề mặt giữa lưu chất và thành rắn gây ra tổn thất năng lượng dòng chảy. Khi xét trường hợp riêng cho chất lỏng, vì vận tốc dòng chảy thông thường không quá lớn, tổn thất năng lượng chủ yếu bị gây ra bởi hiện tượng “bước nhảy thủy lực” – xảy ra khi dòng chảy có tiết diện thay đổi đột ngột (gặp vật cản trong lòng dòng chảy), phương trình Bernoulli cho đoạn dòng chảy từ mặt cắt i đến mặt cắt j được viết dưới dạng tổng quát như sau:

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i v_i^2}{2g} = z_j + \frac{p_j}{\gamma} + \frac{\alpha_j v_j^2}{2g} + h_{f_{i-j}} \quad (2.2)$$

Trong đó: α_i , α_j là hệ số động năng tại các mặt cắt i , j ; $\alpha \approx 1$ nếu dòng chảy rối; $\alpha \approx 2$ nếu dòng chảy tầng. Trong thực tế, các dòng chảy đa phần là rối, nên chọn $\alpha \approx 1$; $h_{f_{i-j}}$ là tổn thất năng lượng dòng chảy đi từ mặt cắt i đến j . Phương trình Bernoulli (2.2) thường dùng để xác định tổn thất của dòng chảy.

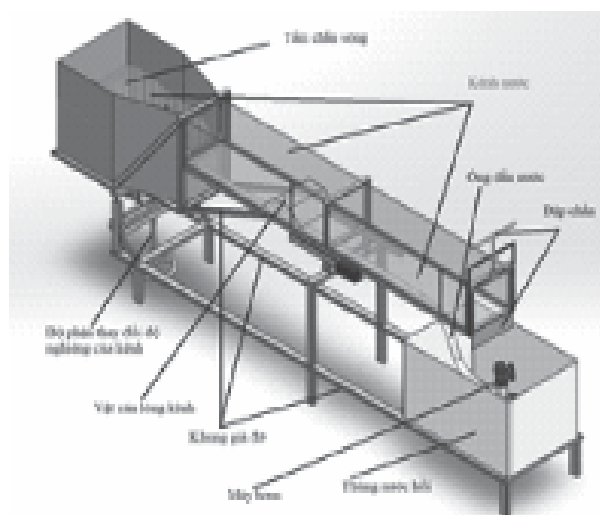
2.2. Thiết kế mô hình dòng chảy

Trong kênh hở, tổn thất năng lượng của dòng chảy chủ yếu xảy ra tại vùng “bước nhảy thủy lực”. Việc bổ sung vật cản để thay đổi tiết diện dòng giúp quan sát trực quan sự biến đổi của dòng chảy qua vật cản. Vì vậy, việc chọn mô hình kênh hở để chế tạo là phù hợp. Dòng chảy trong kênh hở là dòng không áp, được phân làm hai loại: dòng chảy đều và không đều [4-5]. Dòng chảy đều khi các thông số lưu lượng, mặt cắt ướt, độ dốc đáy và độ nhám không đổi theo thời gian và dọc theo kênh. Nếu một trong các điều kiện này không đảm bảo, dòng chảy sẽ trở thành không đều trên một đoạn nhất định [4]. Nguyên nhân phổ biến gây ra dòng không

đều là do vật cản trong lòng kênh như đập tràn, khiến mực nước dâng lên, hoặc do thay đổi độ dốc đáy làm độ sâu dòng chảy biến đổi [4-5].

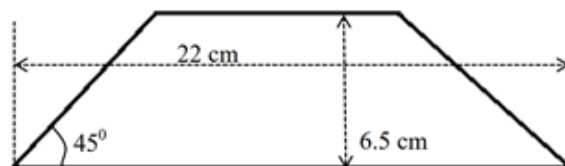
Như vậy, việc thiết kế mô hình kênh hở có dòng chảy không đều sẽ giúp mô phỏng sát với các điều kiện thực tế dòng chảy thường gặp trong tự nhiên. Từ đó, nhóm nghiên cứu lựa chọn phương án đặt vật cản hình thang trong lòng kênh chữ nhật để tạo sự thay đổi tiết diện dòng chảy. Kênh nước được cấu tạo bởi bốn phần chính (Hình 2.1):

+ Thùng nước hồi, trong đó đặt máy bơm để đưa nước lên kênh thông qua đường ống dẫn. Trên đường ống dẫn có thiết kế van điều tiết lưu lượng nước lên kênh dẫn.



Hình 2.1. Mô hình kênh nước

+ Nước không trực tiếp đưa lên kênh dẫn, mà đưa lên thùng lắng, trên đó có lắp các tấm chắn sóng, để giảm dao động của nước, đảm bảo nước khi ra kênh dẫn luôn được ổn định. Tấm chắn sóng này làm từ lưới có ô nhỏ gồm 10 lớp đặt cách đều nhau. Nước được đưa vào đáy thùng, sau đó dâng lên, đi qua các tấm chắn sóng, giúp mau chóng triệt tiêu các hiện tượng nhiễu động.



Hình 2.2. Mô hình vật cản

+ Kênh có dạng hình hộp chữ nhật, kích thước $1.6 \times 0.2 \times 0.2$ (m³). Vị trí cách đầu ra của kênh 0.4m đặt vật cản hình thang (Hình 2.2).

+ Tại đầu ra của kênh có thiết kế hệ thống đập chắn nước (bờ tràn), dùng để điều tiết mực nước hạ lưu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thiết kế và chế tạo

Trên cơ sở bản vẽ thiết kế, nhóm nghiên cứu tiến hành gia công, chế tạo các chi tiết:

+ Khung – giá đỡ kênh (Hình 3.1); trên khung có lắp bộ phận để thay đổi độ nghiêng kênh. Cuối khung lắp đặt hệ thống đập tràn có thể thay đổi độ cao dựa vào trục vít.

+ Hệ thống kênh nước (Hình 3.2a) bao gồm: Kênh hình chữ nhật, thành kênh được làm từ mica trong suốt dày 12mm. Thượng lưu của kênh được lắp vào nguồn cấp nước từ thùng lắng (Hình 3.2b). Mực nước ở hạ lưu được điều tiết bởi đập tràn (Hình 3.3c).

+ Bơm chìm công suất 75W, lưu lượng tối đa: 7000 lít/giờ, có thể tùy chỉnh lưu lượng được đặt ở thùng nước hồi. Hệ thống tạo thành một chu trình tuần hoàn khép kín.





Hình 3.1. Bộ phận khung, giá đỡ



a)



b)



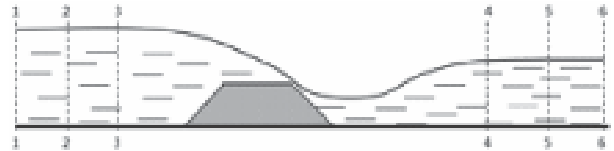
c)

Hình 3.2. Kênh sau khi chế tạo

Sau khi chế tạo, lắp ráp mô hình, nhóm tác giả tiến hành chạy thử nghiệm, quan sát dòng chảy. Hiệu chỉnh độ cân bằng của kênh nước để đảm bảo kênh nước luôn được đặt ở vị trí nằm ngang bằng thước cân bằng. Sau khi dòng chảy đã ổn định, nhóm tiến hành thực nghiệm đo độ cao mực nước tại đầu ra và tại các mặt cắt của kênh, từ đó xác định tổn thất của dòng chảy theo công thức (2.2).

3.2. Quy trình thực nghiệm

Trên cơ sở kênh dòng chảy đã được thiết kế và chế tạo, nhóm tác giả tiến hành đưa ra quy trình thực nghiệm cho kênh dòng chảy, để phục vụ cho việc nghiên cứu và giảng dạy như sau:



Hình 3.3. Mặt cắt dòng chảy

1) Xác định vị trí các mặt cắt trên kênh kính ứng với các điểm từ 1 đến 6 theo thứ tự từ thượng lưu đến hạ lưu bậc như Hình 3.3.

2) Đo độ cao đáy kênh Z_{di} tương ứng với các mặt cắt từ 1-6, và độ cao mặt thoáng nước h_i tính từ đáy kênh tương ứng tại các mặt cắt.

3) Giữ lưu lượng không đổi, chỉnh mực nước hạ lưu khác bằng cánh điều chỉnh độ cao đỉnh bờ tràn. Đợi dòng chảy trong kênh ổn định, lặp lại các bước đo Z_{di} và h_i .

Vận tốc trung bình tại mặt cắt i :

$$V_i = \frac{Q}{A_i}$$

Với: A_i là diện tích mặt cắt ướt i .

Tổn thất năng lượng giữa hai mặt cắt i và j được xác định nhờ áp dụng phương trình Bernoulli:

$$h_{fij} = (z_i + \frac{v_i^2}{2g}) - (z_j + \frac{v_j^2}{2g}) \quad (3.2)$$

4. KẾT LUẬN

Việc thiết kế mô hình dòng chảy hở có tiết diện thay đổi có ý nghĩa thực tiễn trong việc giảng dạy môn Cơ học lưu chất. Sinh viên có thể trực tiếp quan sát dòng chảy, đo mực nước, ứng dụng phương trình Bernoulli để tính toán tổn thất năng lượng dòng chảy. Ngoài ra, sản phẩm này còn giúp các giáo viên có thể tiến hành nghiên cứu đo đạc thực nghiệm dòng chảy, xác định tổn thất năng lượng của dòng chảy qua các vật cản khác nhau và ảnh hưởng của một số yếu tố như hình dạng vật cản, nhám bề mặt lên dòng chảy. Đây là những vấn đề phức tạp và cần được tiếp tục nghiên cứu. Với kênh này, có thể so sánh được sự sai lệch giữa kết quả tính toán số so với kết quả thực nghiệm. ❖

Ngày nhận bài: **15/7/2025**

Ngày phản biện: **05/8/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phòng thí nghiệm Cơ lưu chất, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [2]. Phòng thí nghiệm Cơ lưu chất, Đại học Oxford.
- [3]. Robert W.F., “*Introduction to Fluid Dynamics*”. NXB. John Wiley & Sons, 2003.
- [4]. Vũ Văn Tảo, “*Giáo trình Thủy lực – Tập 1*”. NXB. Nông nghiệp, 2006.
- [5]. Nguyễn Phước Hoàng, “*Thủy lực và Máy thủy lực*”. NXB. Giáo dục, 1996.
- [6]. Nguyễn Ngọc Ân, Nguyễn Thị Bảy, “*Hướng dẫn thí nghiệm Cơ lưu chất*”. NXB. Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 2014.



TÌM HIỂU MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA VẢI DỆT KIM ẢNH HƯỞNG ĐẾN VIỆC THIẾT KẾ MẪU RẬP

A STUDY ON THE PROPERTIES OF KNITTED FABRICS INFLUENCING PATTERN MAKING

Trần Thị Minh, Nguyễn Thị Vân, Phạm Văn Quyên

Khoa Công nghệ May và Thời trang, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Email: minh1982@gmail.com;

vannguyen1112@gmail.com;

quyen96.utehy@gmail.com

TÓM TẮT

Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung vào nghiên cứu một số tính chất về độ dày, thành phần và độ giãn của 3 mẫu với kiểu dệt khác nhau và được thực hiện 03 mẫu áp dụng theo TCVN 1755:1986; TCVN 8041: 2009, ISO6330. Mục tiêu của nghiên cứu nhóm tác giả tập trung nghiên cứu vào 3 loại vải cụ thể với thành phần, độ dày, và độ co giãn khác nhau, nhằm tìm ra sự biến đổi của vải có ảnh hưởng như thế nào đến việc làm mẫu rập phục vụ cho quá trình làm mẫu. Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu phân tích thực nghiệm trên cơ sở khảo sát 3 mẫu vải và được sử dụng phần mềm Microsoft Excel để tổng hợp và tính toán. Từ những kết quả cho thấy các kết quả các thí nghiệm về độ co giãn, thành phần và độ dày của ba loại vải dệt kim với các tiêu chuẩn đánh giá như ISO 6330 và AATCC 135, ta tiến hành điều chỉnh thông số mẫu rập theo đúng yêu cầu của khách hàng.

Từ khóa: Thành phần; Độ giãn; Độ dày; Mẫu rập.

ABSTRACT

In this article, the authors focus on studying several properties such as thickness, composition, and elasticity of three fabric samples with different knitting types. The study was conducted on three samples based on standards TCVN 1755:1986, TCVN 8041:2009, and ISO 6330. The research aims to analyze the variations in three specific types of fabrics with different compositions, thicknesses, and elasticities to determine how these fabric changes affect the pattern-making process. The article employs an experimental analysis method by surveying three fabric samples, using Microsoft Excel for data compilation and calculation. The results from the experiments on elasticity, composition, and thickness of the three knitted fabrics – evaluated using standards such as ISO 6330 and AATCC 135 – enable adjustments to pattern - making parameters in accordance with customer requirements.

Keywords: Composition; Elasticity; Thickness; Pattern-making.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay trên thế giới, lĩnh vực thiết kế thời trang và mẫu rập đã phát triển mạnh mẽ, với nhiều công trình nghiên cứu liên quan đến ảnh hưởng của tính chất vải đến quy trình thiết kế.

Các nghiên cứu nước ngoài đã đi sâu vào việc phân tích đặc tính vải như độ co giãn, độ dày, độ bền, tính hấp thụ nước, và khả năng thoát hơi ẩm của nhiều loại vải khác nhau. Chẳng hạn, nghiên cứu từ các trường đại học ở Anh và Mỹ đã chỉ ra rằng tính chất cơ học của vải ảnh hưởng trực tiếp đến việc thiết kế mẫu và quá trình sản xuất thời trang. Các nghiên cứu tại Mỹ, đặc biệt từ Viện Công nghệ Thời trang [1] (Fashion Institute of Technology), đã tập trung vào việc hiểu rõ hơn về mối quan hệ giữa tính chất vải và kỹ thuật cắt mẫu.

Một số công trình tiêu biểu như của [2] Albers & Gray (2018) đã chỉ ra rằng các yếu tố như độ bền kéo, độ co giãn và độ nén của vải đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh mẫu rập. Nghiên cứu này nhấn mạnh rằng việc hiểu rõ tính chất cơ học của vải không chỉ giúp cải thiện mẫu rập mà còn giúp tối ưu hóa các bước cắt may và tạo form quần áo.

Tại Việt Nam đã có rất nhiều công trình nghiên cứu về lĩnh vực thời trang và thiết kế mẫu rập tiêu biểu trong những năm gần đây như: [3] TS. Cao Thị Kiên Chung năm 2020 “Nghiên cứu một số đặc trưng của vải tơ tằm/visco vào thiết kế thời trang”, tác giả đã nghiên cứu một số đặc trưng ảnh hưởng đến thiết kế trang phục, ngoài ra việc nghiên cứu chuyên sâu về mối liên hệ giữa tính chất vải và quy trình thiết kế mẫu rập còn khá hạn chế. Một

số trường đại học và cơ sở nghiên cứu về may mặc, thiết kế thời trang đã tiến hành các công trình liên quan đến vải và mẫu rập, nhưng phần lớn các nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc phân tích tính chất vật lý và hóa học của các loại vải mà ít chú trọng đến mối quan hệ với quá trình thiết kế.

Trong ngành công nghiệp thời trang và may mặc, việc thiết kế mẫu rập chính xác và tối ưu là một bước quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm cũng như hiệu quả sản xuất. Mẫu rập là cơ sở để định hình các sản phẩm thời trang, đảm bảo rằng quần áo được cắt và may đúng theo yêu cầu thiết kế và form dáng. Tuy nhiên, một trong những yếu tố quan trọng nhất nhưng lại ít được chú ý đúng mức trong quá trình thiết kế mẫu rập là tính chất của vải. Sự khác biệt về các tính chất cơ học như độ co giãn, độ dày, độ bền, và tính hút ẩm của từng loại vải có thể ảnh hưởng mạnh mẽ đến việc tạo hình mẫu rập và quá trình sản xuất.

Do vậy, việc nghiên cứu về “Tìm hiểu một số tính chất của vải dệt kim ảnh hưởng đến việc thiết kế mẫu rập” là vô cùng cấp thiết. Đề tài không chỉ đáp ứng yêu cầu thực tiễn của ngành may mặc Việt Nam mà còn góp phần vào việc tối ưu hóa quy trình sản xuất, nâng cao chất lượng sản phẩm và tăng cường khả năng cạnh tranh quốc tế.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Trong bài báo, nhóm tác giả tập trung vào nghiên cứu 3 mẫu vải có thành phần vải và độ co giãn, độ dày khác nhau được thể hiện ở bảng 1.



Bảng 1. Bảng thông tin mẫu

STT	Kiểu dệt	Ký hiệu/ Màu	Thành phần
1	Ribs	M1 	95% cotton 5% polyester
2	Interlock	M2 	75% cotton 25% polyester
3	Single Jersey	M3 	100% cotton

2.2. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng 3 mẫu vải có thành phần như trong bảng 1 để tiến hành khảo sát về độ dày, thành phần, có độ co giãn. Để từ đó tìm ra được lượng tăng hay giảm mẫu nhằm đáp ứng yêu cầu của thông số mà khách hàng cung cấp.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo sử dụng phương pháp thực nghiệm và phương pháp xử lý số liệu để xác định một số tính chất của vải. Nơi thực hiện thí nghiệm là phòng thí nghiệm của Công ty Dệt Nhuộm Jasan và Phòng Thí nghiệm Khoa Công nghệ May và Thời trang - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên. Tổng Công ty May 10, theo chuẩn: TCVN 1755:1986; TCVN 8041: 2009, ISO6330.

2.3.1. Xác định độ dày của vải

Thiết bị sử dụng: Thước đo độ dày cơ bản chính xác 0,01mm, mỗi mẫu vải được thực

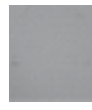
hiện 3 lần, theo tiêu chuẩn TCVN 5071:2007.



Hình 1. Hình ảnh đo thiết bị độ dày của vải.

2.3.2. Xác định độ co giãn

Bảng 2. Bảng kích thước mẫu

STT	Kích thước mẫu thử (dài x rộng)			Số lượng mẫu
	Màu 1	Màu 2	Màu 3	
1	 50 x 50	 50 x 50	 50 x 50	2

Tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 1755:1986; TCVN 8041: 2009, ISO6330.

- Mẫu thử được lấy cách đầu cuộn vải từ 6 – 7 (m), cách biên vải từ 30 – 50 (cm).

- Chuẩn bị mẫu thử với kích thước 50 x 50 (cm).

- Dưỡng mẫu thử kích thước 35 x 35 (cm).



Hình 2. Máy sấy Y(B) 743 Tumble dryer



Hình 3. Thiết bị kiểm tra co rút giặt

2.3.3. Xác định thành phần của vải

Nơi thực hiện thí nghiệm về thành phần của vải Phòng Lab Tổng công ty May 10; được áp dụng theo tiêu chuẩn: ISO/TR 11827:2012, TCVN 5465:2009.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả độ dày của 3 loại vải

Mỗi mẫu vải được tiến hành thực nghiệm 3 lần Theo tiêu chuẩn TCVN 5071:2007, được ghi nhận với kết quả như sau:

a. Vải 1 (vải trắng):

Lần 1: $M1 = 1,60 \text{ mm}$;

Lần 2: $M2 = 1,58 \text{ mm}$;

Lần 3: $M3 = 1,57 \text{ mm}$.

$$M_{tb} = \frac{M1+M2+M3}{3} = \frac{1,60+1,58+1,57}{3} = 1,58 \text{ (mm)}$$

b. Vải 2 (vải cam):

Lần 1: $M1 = 1,68 \text{ mm}$;

Lần 2: $M2 = 1,70 \text{ mm}$;

Lần 3: $M3 = 1,70 \text{ mm}$.

$$M_{tb} = \frac{M1+M2+M3}{3} = \frac{1,68+1,70+1,70}{3} = 1,69 \text{ (mm)}$$

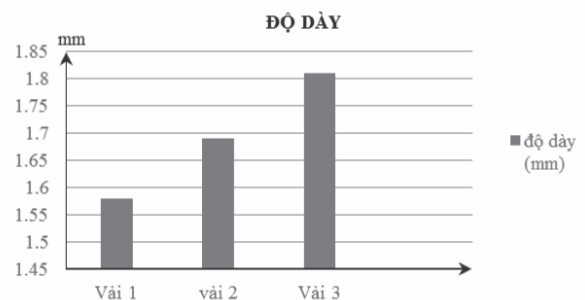
c. Vải 3 (vải tím):

Lần 1: $M1 = 1,80 \text{ mm}$;

Lần 2: $M2 = 1,82 \text{ mm}$;

Lần 3: $M3 = 1,82 \text{ mm}$.

$$M_{tb} = \frac{M1+M2+M3}{3} = \frac{1,80+1,82+1,82}{3} = 1,81 \text{ (mm)}$$



Hình 4. Biểu đồ so sánh độ dày của 3 loại vải

Từ kết quả với độ dày lần lượt là 1,58 mm, 1,69 mm, và 1,81 mm thuộc phân loại vải dày và cần có sự điều chỉnh khi thiết kế mẫu rập để đảm bảo sự vừa vặn và tránh các vấn đề về cộp đường may nhiều lớp ở các vị trí như: vai con, nách...



3.2. Kết quả thành phần của 3 loại vải

Nơi thực hiện thí nghiệm về thành phần của vải Phòng Lab Tổng công ty May 10; được áp dụng theo tiêu chuẩn: ISO/TR 11827:2012, TCVN 5465:2009.

- Mẫu vải M1 (vải trắng): Với thành phần 95% cotton, 5% polyester;
- Mẫu vải M2 (vải cam): Với thành phần 75% cotton, 25% polyester;
- Mẫu vải M3 (vải tím): Với thành phần là 100% cotton.

3.3. So sánh độ giãn của 3 loại vải

Mỗi một loại vải được tiến hành thí nghiệm hai lần. Theo tiêu chuẩn ISO 6330 về thử nghiệm giặt và bảo dưỡng cho hàng dệt: Đối với vải dệt kim, độ co rút trong phạm vi từ -3% đến -5%, vì các loại vải này có xu hướng co lại khi giặt và sấy.

a. Mẫu vải 1 (vải trắng):

- Sự thay đổi kích thước theo chiều dài:

$$\text{Lần 1: } U_1 = \frac{(24.3-25)}{25} \times 100\% = -2.8\%$$

$$\text{Lần 2: } U_2 = \frac{(24.3-25)}{25} \times 100\% = -2.8\%$$

$$u_{tb} = \frac{(-2.8)+(-2.8)}{2} = -2.8\%$$

- Thay đổi kích thước theo chiều rộng:

$$\text{Lần 1: } U_1 = \frac{(25-25)}{25} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Lần 2: } U_2 = \frac{(25-25)}{25} \times 100\% = 0\%$$

$$u_{tb} = \frac{0+0}{2} = 0\%$$

b. Mẫu vải M2 (vải cam):

- Sự thay đổi kích thước theo chiều dài:

$$\text{Lần 1: } U_1 = \frac{(22.9-25)}{25} \times 100\% = -8.4\%$$

$$\text{Lần 2: } U_2 = \frac{(23-25)}{25} \times 100\% = -8.0\%$$

$$u_{tb} = \frac{(-8.4)+(-8.0)}{2} = -8.2\%$$

- Sự thay đổi kích thước theo chiều rộng:

$$\text{Lần 1: } U_1 = \frac{(24.1-25)}{25} \times 100\% = -3.6\%$$

$$\text{Lần 2: } U_2 = \frac{(24.2-25)}{25} \times 100\% = -3.2\%$$

$$u_{tb} = \frac{(-3.6)+(-3.2)}{2} = -3.4\%$$

c. Mẫu vải M3 (vải tím):

- Sự thay đổi kích thước theo chiều dài:

$$\text{Lần 1: } U_1 = \frac{(22.6-25)}{25} \times 100\% = -9.6\%$$

$$\text{Lần 2: } U_2 = \frac{(22.4-25)}{25} \times 100\% = -10.4\%$$

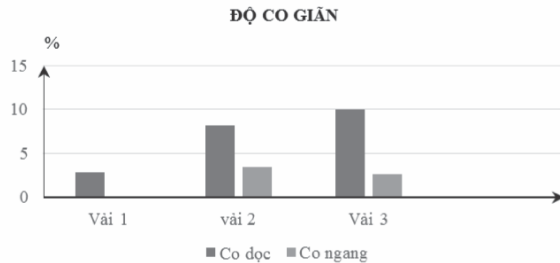
$$u_{tb} = \frac{(-9.6)+(-10.4)}{2} = -10\%$$

- Sự thay đổi kích thước theo chiều rộng:

$$\text{Lần 1: } U_1 = \frac{(24.4-25)}{25} \times 100\% = -2.4\%$$

$$\text{Lần 2: } U_2 = \frac{(24.3-25)}{25} \times 100\% = -2.8\%$$

$$u_{tb} = \frac{(-2.4) + (-2.8)}{2} = -2.6\%$$



Hình 5. Biểu đồ so sánh độ co giãn của 3 loại vải

Vải 1 đạt yêu cầu với mức co rút ở chiều dài là -2,8% và không có co rút ở chiều rộng. Điều này chứng tỏ vải 1 có khả năng giữ kích thước tốt sau giặt và sấy, phù hợp để sử dụng cho các sản phẩm yêu cầu độ ổn định cao.

Vải 2 và vải 3 không đạt yêu cầu, do mức độ co rút quá lớn ở chiều dài, lần lượt là -8,2% và -10%. Cả hai loại vải này đều vượt quá giới hạn co rút cho phép của tiêu chuẩn ISO 6330, dẫn đến nguy cơ biến dạng kích thước sau giặt và sấy, không đáp ứng được yêu cầu về độ ổn định cho các sản phẩm chất lượng

cao. Vải 1 có sự thay đổi về kích thước không đáng kể, và có thể sử dụng cho sản xuất. Vải 2 và vải 3 đã vượt quá mức tiêu chuẩn do đó cần điều chỉnh thông số mẫu rập trước khi đưa vào sản xuất.

3.3. Kết quả điều chỉnh thông số mẫu

Dựa trên kết quả các thí nghiệm về độ co giãn, thành phần của vải và độ dày của ba loại vải (vải 1, vải 2, và vải 3), cùng với các tiêu chuẩn đánh giá như ISO 6330 và AATCC 135, ta tiến hành điều chỉnh thông số áo T-Shirt mã hàng PPK303027. Việc tính toán dựa trên công thức:

$$\text{Hệ số điều chỉnh} = \text{Kích thước ban đầu} \times [1 + \text{Độ co/giãn}(\%)]$$

Công thức này cho phép điều chỉnh kích thước thiết kế ban đầu nhằm bù đắp cho sự thay đổi kích thước thực tế của vải sau khi giặt và sấy. Từ đó, các thông số được tối ưu hóa để đảm bảo sản phẩm hoàn thiện đạt yêu cầu về kích thước và chất lượng theo tiêu chuẩn của mã hàng. Được thể hiện ở các bảng sau:

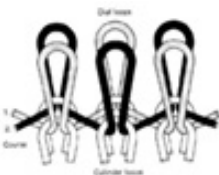
Bảng 3. Mẫu vải 1

STT	Vị trí	Thành phần/ kiểu dệt	Độ co (%)		Độ giãn (%)		Thông số theo tài liệu	Công thức điều chỉnh kích thước	Hệ số điều chỉnh
			Co dọc	Co ngang	Giãn dọc	Giãn ngang			
1	Rộng ngực dưới nách 1"	Cotton pha Polyester 	2,8	0	0	0	18 ½	$18 \frac{1}{2} \times [1 + 0\%]$	18,5
2	Hạ eo		2,8	0	0	0	16	$16 \times [1 + 2,8\%]$	16,45
3	Rộng eo		2,8	0	0	0	17 ½	$17 \frac{1}{2} \times [1 + 0\%]$	17,5
4	Rộng gấu		2,8	0	0	0	19 ½	$19 \frac{1}{2} \times [1 + 0\%]$	19,5



5	Hạ nách đo vuông		2,8	0	0	0	$8\frac{3}{4}$	$8\frac{3}{4} \times [1 + 2,8\%]$	8,99
6	Rộng cửa tay		2,8	0	0	0	$5\frac{3}{4}$	$5\frac{3}{4} \times [1 + 0\%]$	5,75
7	Dài tay đo 3 điểm		2,8	0	0	0	$13\frac{3}{4}$	$13\frac{3}{4} \times [1 + 2,8\%]$	14,14
8	Chồm vai		2,8	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \times [1 + 2,8\%]$	0,26
9	Xuôi vai		2,8	0	0	0	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8} \times [1 + 2,8\%]$	1,16
10	Rộng vai		2,8	0	0	0	14	$14 \times [1 + 0\%]$	14
11	Rộng ức trước dưới đầu vai $5\frac{1}{2}$ "		2,8	0	0	0	$12\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2} \times [1 + 0\%]$	12,5
12	Rộng ức sau dưới đầu vai $5\frac{1}{2}$ "		2,8	0	0	0	$13\frac{3}{4}$	$13\frac{3}{4} \times [1 + 0\%]$	13,75
13	Dài thân trước từ đỉnh vai		2,8	0	0	0	26	$26 \times [1 + 2,8\%]$	26,73
14	Rộng cổ từ đường may đến đường may		0	0	0	0	$8\frac{1}{4}$	$8\frac{1}{4} \times [1 + 0\%]$	8,25
15	Sâu cổ trước đến đường may		0	0	0	0	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2} \times [1 + 0\%]$	4,5
16	Sâu cổ sau đến đường may		0	0	0	0	1	$1 \times [1 + 0\%]$	1
17	Vòng cổ kéo căng tối thiểu		0	0	0	0	24	$24 \times [1 + 0\%]$	24
18	Thông số dây dệt BTP		0	0	0	0	9	$9 \times [1 + 0\%]$	9

Bảng 4. Mẫu vải 2

STT	Vị trí	Thành phần/ kiểu dệt	Độ co (%)		Độ giãn (%)		Thông số theo tài liệu	Công thức điều chỉnh kích thước	Hệ số điều chỉnh
			Co dọc	Co ngang	Giãn dọc	Giãn ngang			
1	Rộng ngực dưới nách 1''	Cotton pha Polyester  Interlock	8,2	3,4	0	0	18 ½	$18 \frac{1}{2} \times [1 + 3,4\%]$	19,13
2	Hạ eo		8,2	3,4	0	0	16	$16 \times [1 + 8,2\%]$	17,31
3	Rộng eo		8,2	3,4	0	0	17 ½	$17 \frac{1}{2} \times [1 + 3,4\%]$	18,09
4	Rộng gấu		8,2	3,4	0	0	19 ½	$19 \frac{1}{2} \times [1 + 3,4\%]$	20,16
5	Hạ nách đo vuông		8,2	3,4	0	0	8 ¾	$8 \frac{3}{4} \times [1 + 8,2\%]$	9,47
6	Rộng cửa tay		8,2	3,4	0	0	5 ¾	$5 \frac{3}{4} \times [1 + 3,4\%]$	5,95
7	Dài tay đo 3 điểm		8,2	3,4	0	0	13 ¾	$13 \frac{3}{4} \times [1 + 8,2\%]$	14,88
8	Chồm vai		8,2	3,4	0	0	¼	$\frac{1}{4} \times [1 + 8,2\%]$	0,27
9	Xuôi vai		8,2	3,4	0	0	1 ⅛	$1 \frac{1}{8} \times [1 + 8,2\%]$	1,22
10	Rộng vai		8,2	3,4	0	0	14	$14 \times [1 + 3,4\%]$	14,48
11	Rộng ức trước dưới đầu vai 5 ½''		8,2	3,4	0	0	12 ½	$12 \frac{1}{2} \times [1 + 3,4\%]$	12,93



12	Rộng ức sau dưới đầu vai 5 ½"	8,2	3,4	0	0	13 ¾	13 ¾ × [1 + 3,4%]	14,22
13	Dài thân trước từ đỉnh vai	8,2	3,4	0	0	26	26 × [1 + 8,2%]	28,13
14	Rộng cổ từ đường may đến đường may	0	0	0	0	8 ¼	8 ¼ × [1 + 0%]	8,25
15	Sâu cổ trước đến đường may	0	0	0	0	4 ½	4 ½ × [1 + 0%]	4,5
16	Sâu cổ sau đến đường may	0	0	0	0	1	1 × [1 + 0%]	1
17	Vòng cổ kéo căng tối thiểu	0	0	0	0	24	24 × [1 + 0%]	24
18	Thông số dây dệt BTP	0	0	0	0	9	9 × [1 + 0%]	9

Bảng 5. Mẫu vải 3

STT	Vị trí	Thành phần/ kiểu dệt	Độ co (%)		Độ giãn (%)		Thông số theo tài liệu	Công thức điều chỉnh kích thước	Hệ số điều chỉnh
			Co dọc	Co ngang	Giãn dọc	Giãn ngang			
1	Rộng ngực dưới nách 1"	Cotton pha Polyester 	10	2,6	0	0	18 ½	18 ½ × [1 + 2,6%]	18,98
2	Hạ eo		10	2,6	0	0	16	16 × [1 + 10%]	17,6
3	Rộng eo		10	2,6	0	0	17 ½	17 ½ × [1 + 2,6%]	17,96
4	Rộng gấu		10	2,6	0	0	19 ½	19 ½ × [1 + 2,6%]	20,01

5	Hạ nách đo vuông	10	2,6	0	0	$8\frac{3}{4}$	$8\frac{3}{4} \times [1 + 10\%]$	9,63
6	Rộng cửa tay	10	2,6	0	0	$5\frac{3}{4}$	$5\frac{3}{4} \times [1 + 2,6\%]$	5,89
7	Dài tay đo 3 điểm	10	2,6	0	0	$13\frac{3}{4}$	$13\frac{3}{4} \times [1 + 10\%]$	15,13
8	Chồm vai	10	2,6	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \times [1 + 10\%]$	0,28
9	Xuôi vai	10	2,6	0	0	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8} \times [1 + 10\%]$	1,24
10	Rộng vai	10	2,6	0	0	14	$14 \times [1 + 2,6\%]$	14,37
11	Rộng ức trước dưới đầu vai $5\frac{1}{2}$ "	10	2,6	0	0	$12\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2} \times [1 + 2,6\%]$	12,83
12	Rộng ức sau dưới đầu vai $5\frac{1}{2}$ "	10	2,6	0	0	$13\frac{3}{4}$	$13\frac{3}{4} \times [1 + 2,6\%]$	14,12
13	Dài thân trước từ đỉnh vai	10	2,6	0	0	26	$26 \times [1 + 10\%]$	28,6
14	Rộng cổ từ đường may đến đường may	0	0	0	0	$8\frac{1}{4}$	$8\frac{1}{4} \times [1 + 0\%]$	8,25
15	Sâu cổ trước đến đường may	0	0	0	0	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2} \times [1 + 0\%]$	4,5
16	Sâu cổ sau đến đường may	0	0	0	0	1	$1 \times [1 + 0\%]$	1
17	Vòng cổ kéo căng tối thiểu	0	0	0	0	24	$24 \times [1 + 0\%]$	24
18	Thông số dây dệt BTP (inch)	0	0	0	0	9	$9 \times [1 + 0\%]$	9



4. KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả các thí nghiệm về độ co giãn, thành phần và độ dày của ba loại vải (vải 1, vải 2, và vải 3), cùng với các tiêu chuẩn đánh giá như ISO 6330 và AATCC 135. Việc tính toán dựa trên công thức đã tìm ra được hệ số điều chỉnh thích hợp cho 3 mẫu vải với công thức điều chỉnh như sau:

$$\text{Hệ số điều chỉnh} = \text{Kích thước ban đầu} \times [1 + \text{Độ co/giãn}(\%)]$$

Công thức này cho phép điều chỉnh kích thước thiết kế ban đầu nhằm bù đắp cho sự thay đổi kích thước thực tế của vải sau khi giặt và sấy. Từ đó, các thông số được tối ưu hóa để đảm bảo sản phẩm hoàn thiện đạt yêu cầu về kích thước và chất lượng theo tiêu chuẩn của mã hàng tại một số vị trí cơ bản như:

- Đối với các kích thước chiều ngang (như rộng ngực, rộng eo, rộng gấu, rộng vai): Áp dụng độ co ngang;

- Đối với các kích thước chiều dọc (như hạ eo, dài thân, dài tay): Áp dụng độ co dọc.❖

Ngày nhận bài: **23/7/2025**

Ngày phản biện: **14/8/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Các nghiên cứu tại Mỹ, đặc biệt từ Viện Công nghệ Thời trang (Fashion Institute of Technology).
- [2]. Albers & Gray (2018).
- [3]. TS. Cao Thị Kiên Chung, năm 2020, “*Nghiên cứu một số đặc trưng của vải tơ tằm/visco vào thiết kế thời trang*”.

MÔ HÌNH TOÁN VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TOÁN BẮN ĐÓN TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN HỎA LỰC SÚNG MÁY PHÒNG KHÔNG TRÊN XE CHIẾN ĐẤU

MATHEMATICAL MODEL AND METHOD OF SOLVING THE PROBLEM OF INTERCEPTION IN THE FIRE CONTROL SYSTEM OF ANTI-AIR MACHINE GUNS ON COMBAT VEHICLES

ThS. Hoàng Văn Đáng, TS. Nguyễn Nam Quý, ThS. Nguyễn Vũ Hoài Nam

Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự

Email: nnq26021983@gmail.com

TÓM TẮT

Trong quá trình điều khiển hỏa lực súng máy phòng không trên xe chiến đấu cần giải quyết hai bài toán quan trọng, một trong số đó là xác định các góc dẫn hướng đảm bảo cho đạn chuyển động theo đúng quỹ đạo cần thiết để bắn trúng mục tiêu, bài toán còn lại là tìm kiếm thuật toán điều khiển để đưa súng tại thời điểm đạn ra khỏi nòng về đúng vị trí tương ứng với các góc dẫn hướng đã được xác định. Bài toán đầu tiên chỉ được giải quyết khi xác định được chính xác tọa độ trong không gian của điểm bắn đón. Bài báo này đề cập cách thiết lập mô hình toán và đưa ra phương pháp giải bài toán bắn đón áp dụng trong hệ thống điều khiển hỏa lực cho súng máy phòng không lắp đặt trên xe chiến đấu trong cả hai trường hợp khi xe chiến đấu đứng yên và khi đang hành tiến.

Từ khóa: Điểm bắn đón; Hệ thống điều khiển hỏa lực; Súng máy phòng không.

ABSTRACT

In the process of controlling the fire of an anti-aircraft machine gun mounted on a combat vehicle, two critical problems must be addressed. One is determining the lead angles to ensure that the projectile follows the correct trajectory to hit the target. The other is developing a control algorithm to move the gun, at the moment the bullet leaves the barrel, to the exact position corresponding to the previously determined lead angles. The first problem can only be solved once the coordinates of the aiming point in space are accurately determined. This paper discusses the formulation of a mathematical model and presents a method for solving the aiming problem, applicable to the fire control system of anti-aircraft machine guns mounted on combat vehicles, in both stationary and moving conditions.

Keywords: Interception point; Fire control system; Anti-aircraft machine gun.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình điều khiển hỏa lực cần giải quyết hai bài toán quan trọng, một trong số đó là xác định các góc dẫn hướng đảm bảo cho đạn chuyển động theo đúng quỹ đạo cần thiết để bắn trúng mục tiêu, bài toán còn lại là tìm kiếm thuật toán điều khiển để đưa súng tại thời điểm đạn ra khỏi nòng về đúng vị trí tương ứng với các góc dẫn hướng đã được xác định. Bài toán đầu tiên được gọi là bài toán bắn đón, còn bài toán thứ hai được gọi là bài toán dẫn hướng [1-3].

Việc giải quyết bài toán đầu tiên bao gồm các bước sau đây:

- Tính toán các tọa độ điểm bắn đón trong không gian theo các tọa độ hiện thời của mục tiêu và quy luật thay đổi của chúng, đây là điểm mà đạn và mục tiêu gặp nhau sau khi kết thúc thời gian bay của đạn (thời gian bắn đón);
- Xác định các góc dẫn hướng cho súng trên cơ sở các tọa độ bắn đón nhận được ở trên.

Trong phạm vi của bài báo này, chúng ta sẽ tiến hành thiết lập mô hình toán của bài toán bắn đón trong hệ thống điều khiển hỏa lực đối với súng máy phòng không trên xe chiến đấu, phân tích và đưa ra phương pháp giải bài toán này trong các trường hợp khác nhau khi xe chiến đấu đứng yên, khi hành tiến và khi mục tiêu di động với tốc độ thay đổi.

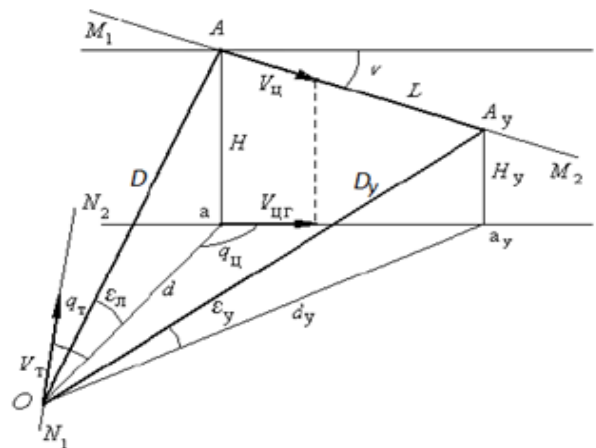
2. MÔ HÌNH TOÁN VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TOÁN BẮN ĐÓN TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN HỎA LỰC SÚNG MÁY PHÒNG KHÔNG TRÊN XE CHIẾN ĐẤU

2.1. Thiết lập mô hình toán của bài toán bắn đón trong quá trình điều khiển hỏa lực súng máy phòng không trên xe chiến đấu

Nếu biết khoảng cách hiện thời tới mục tiêu $\bar{D}$ thì để tính toán các tọa độ điểm bắn đón, ta cần giải tam giác không gian OAA_y (Hình 1):

$$\bar{D} + \bar{L} = \bar{D}_y, \quad (1)$$

Trong đó, $\bar{L}$ là véc-tơ ngắm đón (quãng đường mục tiêu đi được trong thời gian đạn bay tới điểm bắn đón); $\bar{D}_y$ là véc-tơ khoảng cách ngắm đón.



Hình 1. Các tham số về vị trí tương đối giữa mục tiêu và xe chiến đấu:

- M_1M_2 - Đường chuyển động của mục tiêu; N_1N_2 - Đường chuyển động của xe chiến đấu; OA - Đường ngắm; OA_y - Đường bắn; D - Khoảng cách tới mục tiêu; D_y - Khoảng cách bắn đón; H - Độ cao của mục tiêu; H_y - Độ cao bắn đón mục tiêu.

Trong trường hợp chung, trị số của $\bar{L}$ được xác định theo công thức sau:

$$L = \int_0^{\tau_b} V_u(t) dt, \quad (2)$$

Trong đó, V_u là trị số hình chiếu véc-tơ tốc độ của mục tiêu trên hướng AA_y ; τ_b là thời gian bắn đón.

Để đảm bảo cho đạn gặp mục tiêu thì thời gian chuyển động của đạn và mục tiêu tới điểm bắn đón phải bằng nhau, do đó:

$$\tau_b = F_\tau(\bar{D}_y, f_{w,\varepsilon}), \quad (3)$$

Trong đó, F_τ là hàm thuật phóng xác định sự phụ thuộc của thời gian bắn τ_b vào khoảng cách bắn đón, các yếu tố khí tượng và địa hình ảnh hưởng tới quỹ đạo bay của đạn; $f_{w,\varepsilon}$ - Hệ số đặc trưng cho ảnh hưởng của các yếu tố địa hình, khí tượng và thuật phóng tới quỹ đạo bay của đạn.

Suy ra, để xác định các tọa độ của điểm bắn đón cần giải đồng thời các phương trình (1), (2), (3) đối với véc-tơ $\bar{D}_y$, tức là trên cơ sở giải phương trình:

$$\bar{D} + V_{y,\phi}(t)F_\tau(\bar{D}_y, f_{w,\varepsilon}) - \bar{D}_y = \bar{0} \quad (4)$$

Như vậy, quá trình xây dựng thuật toán giải bài toán bắn đón đòi hỏi phải thiết lập được các phương trình động học liên hệ các tọa độ bắn đón mục tiêu với các tham số chuyển động của xe chiến đấu và mục tiêu, cũng như các phương trình thuật phóng liên hệ các đại lượng thuật phóng với các tham số bắn đón. Việc giải các phương trình trên cho phép nhận được các mối liên hệ hình thức xác định các góc dẫn hướng của súng dưới dạng hàm của các đại lượng ảnh hưởng tới quỹ đạo chuyển động của đạn và của các tham số chuyển động của xe chiến đấu và mục tiêu.

2.2. Phương pháp giải bài toán bắn đón trong quá trình điều khiển hỏa lực súng máy phòng không trên xe chiến đấu

Việc xác định tọa độ bắn đón mục tiêu được thực hiện trên cơ sở giải phương trình véc-tơ (4). Để giải phương trình này, ta sử dụng phương pháp chiếu các phương trình lên các trục của một hệ tọa độ nào đó cho phép chuyển phương trình (4) thành hệ phương trình vô hướng.

Sử dụng các hệ tọa độ sau (Hình 2):

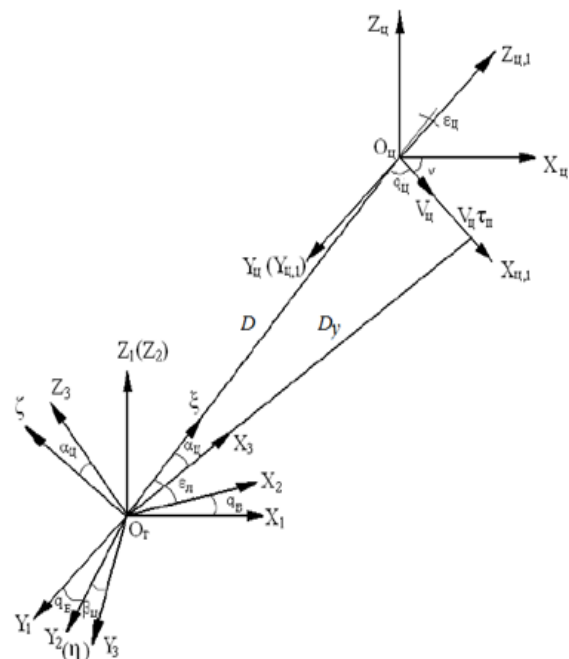
$O_T X_1 Y_1 Z_1$ - Hệ tọa độ vuông góc di động gắn với xe chiến đấu có các trục tạo thành hệ tọa độ trái (hệ tọa độ trái đất);

$O_T X_2 Y_2 Z_2$ - Hệ tọa độ vuông góc gắn với tháp pháo của xe chiến đấu và quay so với hệ $O_T X_1 Y_1 Z_1$ một góc q_B quanh trục $O_T Z_1$;

$O_T \xi \eta \zeta$ - Hệ tọa độ vuông góc gắn với đường ngắm và quay so với hệ $O_T X_2 Y_2 Z_2$ một góc $\varepsilon_{\mathcal{A}}$ quanh trục $O_T \eta$;

$O_T X_3 Y_3 Z_3$ - Hệ tọa độ vuông góc gắn với súng và quay so với hệ tọa độ $O_T \xi \eta \zeta$ một góc β_u quanh trục $O_T \zeta$ và góc α_u quanh trục $O_T Y_3$;

$O_u X_u Y_u Z_u$ - Hệ tọa độ vuông góc liên kết với mục tiêu.



Hình 2. Các hệ tọa độ được dùng để thiết lập hệ phương trình động học của bài toán bắn đón



2.2.1. Trường hợp xe chiến đấu đứng yên

Chúng ta sẽ tìm khoảng cách bắn đón và các phương trình động học đối với mục tiêu đang chuyển động với những giả thiết sau: mục tiêu chuyển động thẳng đều, các tham số chuyển động giữ nguyên trong thời gian bay của đạn; tốc độ chuyển động của xe $V_T = 0$.

Với những giả thiết trên thì phương trình véc-tơ (4) có thể được viết dưới dạng:

$$\bar{D} + \bar{V}_y(t)\tau_b - \bar{D}_y = 0, \quad (5)$$

Trong đó, $\bar{D} = D\bar{e}_\xi$; $\bar{D}_y = D_y\bar{e}_{X_3}$;

$\bar{V}_y = V_{y,\xi}\bar{e}_\xi + V_{y,\eta}\bar{e}_\eta + V_{y,\zeta}\bar{e}_\zeta$; $\bar{V}_{y,i}$ là các thành phần của véc-tơ tốc độ của mục tiêu; $\bar{e}_i$ - Véc-tơ đơn vị của trục i nào đó.

Khi xác định dấu của các góc ε_{JL} và α_y , chúng ta coi rằng chúng dương khi nâng đường ngắm (là âm khi hạ đường ngắm). Các góc q_b và β_y được coi là dương khi quay đường ngắm sang phải (là âm khi quay đường ngắm sang trái).

Chiếu phương trình (5) lên các trục của hệ tọa độ $O_T\xi\eta\zeta$, ta nhận được ba phương trình vô hướng sau:

$$\begin{aligned} D_y e_{X_3} e_\xi &= D e_\xi e_\xi + \tau_b (V_{y,\xi} e_\xi e_\xi + V_{y,\eta} e_\eta e_\xi + V_{y,\zeta} e_\zeta e_\xi), \\ D_y e_{X_3} e_\eta &= D e_\xi e_\eta + \tau_b (V_{y,\xi} e_\xi e_\eta + V_{y,\eta} e_\eta e_\eta + V_{y,\zeta} e_\zeta e_\eta), \\ D_y e_{X_3} e_\zeta &= D e_\xi e_\zeta + \tau_b (V_{y,\xi} e_\xi e_\zeta + V_{y,\eta} e_\eta e_\zeta + V_{y,\zeta} e_\zeta e_\zeta). \end{aligned}$$

Gọi A_1 là ma trận chuyển từ hệ tọa độ $O_T\xi\eta\zeta$ sang hệ tọa độ $O_T X_3 Y_3 Z_3$. A_1 là tích của hai ma trận A_α và A_β :

$$\begin{aligned} A_1 = A_\alpha \cdot A_\beta &= \begin{vmatrix} \cos\alpha_y & 0 & \sin\alpha_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\alpha_y & 0 & \cos\alpha_y \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \cos\beta_y & \sin\beta_y & 0 \\ -\sin\beta_y & \cos\beta_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \\ &= \begin{vmatrix} \cos\alpha_y \cos\beta_y & \cos\alpha_y \sin\beta_y & 0 \\ -\sin\beta_y & \cos\beta_y & 0 \\ -\sin\alpha_y \cos\beta_y & -\sin\alpha_y \sin\beta_y & \cos\alpha_y \end{vmatrix} \end{aligned}$$

Và chú ý rằng $e_i e_j = 1$ khi $i = j$ và $e_i e_j = 0$ khi $i \neq j$, ta nhận được:

$$\begin{aligned} D_y \cos\alpha_y \cos\beta_y &= D + \tau_b V_{y,\xi}, \\ D_y \cos\alpha_y \sin\beta_y &= \tau_b V_{y,\eta}, \\ D_y \sin\alpha_y &= \tau_b V_{y,\zeta}. \end{aligned} \quad (6)$$

Giải hệ (6) đối với các biến là D_y , α_y và β_y , ta nhận được:

$$\begin{aligned} \tan\beta_y &= \frac{\tau_b V_{y,\eta}}{D + \tau_b V_{y,\xi}}; \\ \tan\alpha_y &= \frac{\tau_b V_{y,\zeta}}{D + \tau_b V_{y,\xi}} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\tau_b V_{y,\eta}}{D + \tau_b V_{y,\xi}} \right)^2}}; \\ D_y &= (D + \tau_b V_{y,\xi}) \sqrt{\left(1 + \tan^2\alpha_y \right) \left(1 + \tan^2\beta_y \right)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Tiếp theo, chúng ta sẽ tìm biểu thức các thành phần tốc độ của mục tiêu qua các tham số xác định vị trí của véc-tơ tốc độ V_y trong hệ tọa độ gắn với đường ngắm.

Hình 2 thể hiện vị trí véc-tơ tốc độ V_y của mục tiêu so với các hệ tọa độ $O_T\xi\eta\zeta$ và $O_y X_y Y_y Z_y$, các trục của hệ này giữ nguyên không đổi trên mặt đất, ngoài ra, các trục $O_y X_y$ và $O_y Y_y$ trùng với mặt phẳng nằm ngang.

Trên Hình 2, hệ tọa độ $O_y X_{y1} Y_{y1} Z_{y1}$ gắn với mục tiêu và quay so với hệ $O_y X_y Y_y Z_y$ một góc ν (góc tạo bởi véc-tơ tốc độ với mặt phẳng ngang của Trái đất) quanh trục $O_y Y_{y1}$, quay so với hệ $O_T\xi\eta\zeta$ góc q_y quanh trục $O_y Z_{y1}$ và góc ε_y quanh trục $O_y Y_{y1}$.

Phương trình ma trận để xác định các thành phần của vec-tơ V_u có thể được viết dưới dạng:

$$\begin{bmatrix} V_{u,\xi} \\ V_{u,\eta} \\ V_{u,\zeta} \end{bmatrix} = A_\varepsilon A_q A_v \begin{bmatrix} V_{u,X} \\ V_{u,Y} \\ V_{u,Z} \end{bmatrix},$$

Trong đó, A_v - Ma trận chuyển từ hệ sang hệ $O_u X_u Y_u Z_u$ sang hệ $O_u X_{u1} Y_{u1} Z_{u1}$; A_ε, A_q - Các ma trận chuyển từ hệ $O_u X_{u1} Y_{u1} Z_{u1}$ sang hệ $O_T \xi \eta \zeta$.

Sử dụng quy ước xác định dấu các góc như trên cũng như các quy tắc biến đổi ma trận, ta xác định được tích các ma trận $A = A_\varepsilon A_q A_v$ như sau:

$$A = A_\varepsilon A_q A_v = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_y & 0 & \sin \varepsilon_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varepsilon_y & 0 & \cos \varepsilon_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos q_y & \sin q_y & 0 \\ -\sin q_y & \cos q_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos v & 0 & -\sin v \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varepsilon_y & 0 & \cos \varepsilon_y \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_y \cos q_y \cos v + \sin \varepsilon_y \sin v & \cos \varepsilon_y \sin q_y & -\cos \varepsilon_y \cos q_y \sin v + \sin \varepsilon_y \cos v \\ -\sin q_y \cos v & \cos q_y & \sin q_y \sin v \\ -\sin \varepsilon_y \cos q_y \cos v + \cos \varepsilon_y \sin v & -\sin \varepsilon_y \sin q_y & \sin \varepsilon_y \cos q_y \sin v + \cos \varepsilon_y \cos v \end{bmatrix}$$

Vì $V_{u,X} = V_u$, còn $V_{u,Y} = V_{u,Z} = 0$, nên biểu thức các thành phần tốc độ của mục tiêu có thể được viết dưới dạng:

$$\begin{aligned} V_{u,\xi} &= V_u (\cos \varepsilon_y \cos q_y \cos v + \sin \varepsilon_y \sin v); \\ V_{u,\eta} &= V_u \sin q_y \sin v; \\ V_{u,\zeta} &= V_u (\cos \varepsilon_y \sin v - \sin \varepsilon_y \cos q_y \cos v). \end{aligned} \quad (8)$$

2.2.2. Trường hợp xe chiến đấu hành tiến

Các phương trình (7) đúng đối với xe chiến đấu đứng yên. Trong trường hợp bắn khi hành tiến để khử ảnh hưởng của tốc độ chuyển động của chính xe chiến đấu tới tốc độ đầu nòng của đạn, cũng có nghĩa là tới sự thay đổi quỹ đạo của đạn, thì cần đưa vào các lượng hiệu chỉnh động học.

Để tìm các lượng hiệu chỉnh này, ta sử dụng phương trình véc-tơ:

$$\bar{V}_c = \bar{V}_0 + \bar{V}_T, \quad (9)$$

Trong đó, $\bar{V}_0 = V_0 \bar{e}_{X3}$; $\bar{V}_T = V_T \bar{e}_{X1}$; $\bar{V}_c$ - Véc-tơ tốc độ đầu nòng của đạn.

Chiếu phương trình (9) lên các trục của hệ tọa độ $O_T X_3 Y_3 Z_3$, ta nhận được:

$$\begin{aligned} V_{c,X3} &= V_0 e_{X3} e_{X3} + V_T e_{X1} e_{X3}, \\ V_{c,Y3} &= V_0 e_{X3} e_{Y3} + V_T e_{X1} e_{Y3}, \\ V_{c,Z3} &= V_0 e_{X3} e_{Z3} + V_T e_{X1} e_{Z3}. \end{aligned} \quad (10)$$

Ma trận chuyển từ hệ tọa độ $O_T X_1 Y_1 Z_1$ sang hệ tọa độ $O_T X_3 Y_3 Z_3$ được xác định như sau: $A_2 = A_1 A_{\varepsilon_\pi} A_{q_B}$, trong đó:

$$A_{\varepsilon_\pi} = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_\pi & 0 & \sin \varepsilon_\pi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varepsilon_\pi & 0 & \cos \varepsilon_\pi \end{bmatrix};$$

$$A_{q_B} = \begin{bmatrix} \cos q_B & \sin q_B & 0 \\ -\sin q_B & \cos q_B & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

ε_π - Góc nâng của đường ngắm so với trục dọc của tháp pháo; q_B - Góc hướng của xe chiến đấu (góc quay của tháp pháo).

Sử dụng các quy tắc biến đổi ma trận và kết hợp với (10), ta nhận được:

$$\begin{aligned} V_{c,X3} &= V_0 + V_T (\cos \alpha_y \cos \beta_y \cos \varepsilon_\pi \cos q_B - \cos \alpha_y \sin \beta_y \sin q_B - \sin \alpha_y \sin \varepsilon_\pi \cos q_B), \\ V_{c,Y3} &= -V_T (\cos \beta_y \sin q_B + \sin \beta_y \cos \varepsilon_\pi \cos q_B), \\ V_{c,Z3} &= -V_T (\sin \alpha_y \cos \beta_y \cos \varepsilon_\pi \cos q_B + \cos \alpha_y \sin \varepsilon_\pi \sin q_B - \sin \alpha_y \sin \beta_y \sin q_B). \end{aligned} \quad (11)$$

Biểu thức nhận được cho phép xác định sự thay đổi tốc độ đầu nòng của đạn trong mặt phẳng ngang và mặt phẳng thẳng đứng. Ảnh

hường của các thay đổi này tới độ chính xác bắn có thể được tính tới bằng cách đưa lượng hiệu chỉnh tương ứng vào các góc ngắm động học, các lượng hiệu chỉnh được xác định theo các công thức sau:

$$\alpha_c = -\arctan \frac{V_{c,Z3}}{V_{c,X3}}; \beta_c = -\arctan \frac{V_{c,Y3}}{V_{c,X3}},$$

Trong đó α_c và β_c là lượng hiệu chỉnh tương ứng đối với góc α_u và β_u .

Ngoài ra, tốc độ V_T của xe chiến đấu đang chuyển động cũng ảnh hưởng tới sự thay đổi tốc độ đầu nòng của đạn, đại lượng này có thể được xác định từ biểu thức: $\delta V_0 = V_{c,X3} - V_0$, trong đó V_0 là tốc độ đầu nòng của đạn khi $V_T = 0$.

Do các đại lượng α_u và α_c , β_c và β_u từng cặp không phụ thuộc lẫn nhau nên các phương trình động học của bài toán bắn đón trong trường hợp chung là xe chiến đấu chuyển động có thể được viết dưới dạng:

$$\alpha_k = \alpha_u + \alpha_c;$$

$$\beta_k = \beta_u + \beta_c;$$

$$D_y = (D + V_{u,\xi} \tau_b) \sqrt{(1 + \tan^2 \alpha_k)(1 + \tan^2 \beta_k)}. \quad (12)$$

2.2.3. Trường hợp tốc độ mục tiêu thay đổi

Tiếp theo, chúng ta sẽ thiết lập các phương trình động học của bài toán bắn đón trong trường hợp tốc độ của mục tiêu thay đổi theo thời gian.

Giả thiết rằng tốc độ của mục tiêu, ví dụ, trong mặt phẳng ngang, được mô tả bởi đa thức bậc n như sau:

$$V_y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^n,$$

Trong đó, a_i - Các hệ số cố định là các tham số của quy luật chuyển động, giá trị của chúng được xác định trên cơ sở đo đạc tọa độ hiện thời của mục tiêu trong quá trình bám.

Giả sử rằng trong trường hợp này quỹ đạo chuyển động của mục tiêu là một đường thẳng. Khi đó, bằng cách sử dụng sơ đồ tính toán tọa độ điểm ngắm được trình bày ở trên, ta nhận được biểu thức để tính toán các góc ngắm như sau:

$$\alpha_u = \frac{\int_0^{\tau_b} V_{y,\xi}(t) dt}{D(t_B) + \int_0^{\tau_b} V_{y,\xi}(t) dt};$$

$$\beta_u = \frac{\int_0^{\tau_b} V_{y,\eta}(t) dt}{D(t_B) + \int_0^{\tau_b} V_{y,\xi}(t) dt},$$

Trong đó, $D(t_b)$ là khoảng cách từ xe tới mục tiêu tại thời điểm bắn.

Việc sử dụng các công thức trên để xây dựng thuật toán ngoại suy có nhiều đặc điểm liên quan tới tính chất thay đổi tọa độ hiện thời của mục tiêu.

Trong các hệ thống điều khiển tổ hợp pháo trên xe chiến đấu hiện đại thì việc bám mục tiêu được thực hiện theo góc bởi vì các đại lượng đo đạc được không phải là các tham số tuyến tính của mục tiêu, mà là các tham số góc.

Sử dụng phương trình liên kết cơ bản giữa tốc độ góc và tốc độ tuyến tính có thể viết:

$$\omega_\eta(t) = \frac{V_{y,\eta}(t)}{D(t)} = \frac{a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^n}{D(t)}. \quad (13)$$

Ta sẽ sử dụng các ký hiệu sau:

$$\omega_0 = \frac{a_0}{D(t)}; \omega^{(1)} = \frac{a_1}{D(t)}; \omega^{(2)} = \frac{a_2}{D(t)}; \dots; \omega^{(n)} = \frac{a_n}{D(t)},$$

Khi đó:

$$\omega_\eta(t) = \omega_0 + \omega^{(1)}t + \omega^{(2)}t^2 + \dots + \omega^{(n)}t^n.$$

Để nhận thấy rằng, khác với các tham số chuyển động tuyến tính, các tham số chuyển động góc của mục tiêu không phải là các đại lượng cố định mà là các hàm của thời gian.

Thế (13) vào công thức tính góc β_q và thực hiện tích phân, ta nhận được:

$$\beta_q = \left(\omega_0 \tau_b + \omega^{(1)} \frac{\tau_b^2}{2} + \omega^{(2)} \frac{\tau_b^3}{3!} + \dots + \omega^{(n)} \frac{\tau_b^{n+1}}{(n+1)!} \right) \frac{D(t_B)}{D_y}, \quad (14)$$

$$\text{Trong đó, } D_y = D(t_B) + \int_0^{\tau_b} V_{y,\xi}(t) dt.$$

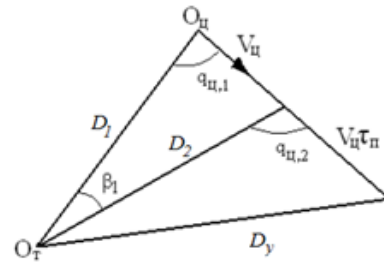
Vì các phương pháp xác định các tham số chuyển động của mục tiêu đều được xây dựng trên cơ sở vi phân nhiều lần tọa độ hiện thời của mục tiêu nên việc tính góc β_q theo công thức (14) luôn kèm theo sai số phương pháp do sự phụ thuộc của các tham số chuyển động góc của mục tiêu vào thời gian. Ngoài ra, trị số của các sai số này phụ thuộc đáng kể vào khoảng tốc độ chuyển động của mục tiêu và giả thiết được chấp nhận. Thực vậy, giả sử, ví dụ mục tiêu chuyển động với gia tốc không đổi, nghĩa là $V(t) = a_0 + a_1 t$. Khi đó, áp dụng phép vi phân đối với (13) có thể dễ dàng thấy rằng sai số phương pháp trong xác định gia tốc góc a_1 sẽ là:

$$\delta_M = \omega_\eta(t) \frac{1}{D(t)} \left(\frac{dD}{dt} \right)_\xi,$$

Trong đó, $\left(\frac{dD}{dt} \right)_\xi$ là tốc độ thay đổi khoảng cách từ xe tới mục tiêu trên hướng ngắm.

Tiếp theo, chúng ta sẽ xem xét một cách tiếp cận khác để xây dựng thuật toán ngoại suy các quy luật chuyển động của mục tiêu trên cơ sở tính toán các tham số tuyến tính của nó tại những thời điểm rời rạc.

Giả sử rằng mục tiêu chuyển động với gia tốc không đổi với góc hướng như minh họa trên Hình 3.



Hình 3. Cách thiết lập thuật toán bắn đón khi mục tiêu chuyển động thẳng với gia tốc không đổi

Trong trường hợp này $V_{u,\eta} = V_u \sin q_u$, $V_{u,\xi} = V_u \cos q_u$ và $V_{u,\zeta} = 0$. Suy ra, phương trình góc ngắm đón β_q có dạng:

$$\beta_q = \frac{V_u \tau_b \sin q_2 + a \frac{\tau_b^2}{2} \sin q_2}{D_2 - \left(V_u \tau_b \cos q_2 + a \frac{\tau_b^2}{2} \cos q_2 \right)}, \quad (15)$$

Trong đó, chỉ số “2” tương ứng với giá trị các đại lượng $V_u(t)$, $D(t)$, và $q_u(t)$ tại thời điểm tiến hành phát bắn t_B .

Nhận thấy rằng, trong trường hợp $V_{u,\zeta} \neq 0$ thì có thể nhận được công thức tính β_q từ (15) bằng cách thay thế $V_{u,\eta}$ bởi $V_{u,\zeta}$.

Giả thiết rằng, để xác định các đại lượng chưa biết trong biểu thức (15), chúng ta có thông tin về giá trị của tốc độ góc ω_1, ω_2

và khoảng cách D (D_1, D_2) tại hai thời điểm liên tiếp t_1 và $t_2 = t_B$ ($t_2 > t_1$).

Theo sơ đồ chuyển động của mục tiêu được minh họa trên Hình 3, ta có hai đẳng thức hiển nhiên sau:

$$\omega_1 D_1 = V_1 \sin q_1; \quad (16)$$

$$\omega_2 D_2 = V_2 \sin q_2, \quad (17)$$

Trong đó, $q_2 = q_1 + \beta_1$; $V_2 = V_1 + at_{2-1}$; $t_{2-1} = t_2 - t_1$.

Kết hợp với các biểu thức đã được trình bày ở trên, ta có thể biến đổi (17) về dạng:

$$\omega_2 D_2 = V_1 \sin(q_1 + \beta_1) + at_{2-1} \sin q_2.$$

Do $q \gg \beta_1$ nên có thể coi rằng $\beta_1 = 0$, từ biểu thức trên nhận được:

$$a \sin q_2 = \frac{\omega_2 D_2 - \omega_1 D_1}{t_{2-1}}. \quad (18)$$

Thế (18) vào (15), ta tìm được:

$$\beta_y = \frac{\omega_2 D_2 \tau_b}{D_y} + \frac{\omega_2 D_2 - \omega_1 D_1}{D_y t_{2-1}} \frac{\tau_b^2}{2}, \quad (19)$$

Trong đó, D_y là mẫu số của (15), nghĩa là:

$$D_y = D_2 - \left(V_2 \tau_b \cos q_2 + a \frac{\tau_b^2}{2} \cos q_2 \right).$$

Trong phương trình trên tiến hành thay thế $V_2 = V_1 + at_{2-1}$ và cũng coi rằng $\beta_1 = 0$, khi đó ta nhận được:

$$D_y = D_2 - \left(V_1 \tau_b \cos q_1 + a \cos q_1 t_{2-1} \tau_b + a \frac{\tau_b^2}{2} \cos q_1 \right). \quad (20)$$

Ta sẽ biểu diễn $V_1 \cos q_1$ và $a \cos q_1$ qua

các đại lượng đo đạc được là $\omega_1, \omega_2, D_1, D_2$. Để làm điều này thì cùng với việc chấp nhận giả thiết rằng $q_1 = q_2$, ta cần sử dụng hệ gồm 4 phương trình sau:

$$\omega_2 D_2 = V_1 \sin q_1 + at_{2-1} \sin q_1;$$

$$\omega_1 D_1 = V_1 \sin q_1;$$

$$a \sin q_1 = \frac{\omega_2 D_2 - \omega_1 D_1}{t_{2-1}}; \quad (21)$$

$$D_2 - D_1 = V_1 \cos q_1 + a \frac{\tau_{2-1}^2}{2} \cos q_1.$$

Giải hệ (21) với đối số là các đại lượng cần tìm, ta nhận được:

$$V_1 \cos q_1 = \frac{2(D_2 - D_1)\omega_1 D_1}{t_{2-1}(\omega_2 D_2 + \omega_1 D_1)}; \quad a \cos q_1 = \frac{2(D_1 - D_2)(\omega_2 D_2 - \omega_1 D_1)}{(t_{2-1})^2(\omega_2 D_2 + \omega_1 D_1)}.$$

Sau khi thế các biểu thức tìm được của $V_1 \cos q_1$ và $a \cos q_1$ vào công thức tính D_y , ta nhận được:

$$D_y = D_2 - \frac{D_1 - D_2}{t_{2-1}} \left(\frac{2\omega_2 D_2 \tau_b}{\omega_2 D_2 + \omega_1 D_1} + \frac{\omega_2 D_2 - \omega_1 D_1}{\omega_2 D_2 + \omega_1 D_1} \frac{\tau_b^2}{t_{2-1}} \right) \quad (22)$$

Bằng cách so sánh thuật toán vừa nhận được để xác định tọa độ bắn đón của mục tiêu là (19) và (22) với thuật toán sử dụng các tham số chuyển động góc của mục tiêu, mà đối với quy luật chuyển động đang được xem xét thì các tham số này có dạng:

$$D_y = D_2 - \frac{D_1 - D_2}{t_{2-1}} \tau_b; \quad \beta_y = \left(\omega_2 \tau_b + \omega^{(1)} \frac{\tau_b^2}{2} \right) \frac{D_2}{D_y}, \quad (23)$$

trong đó, $\omega^{(1)} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_{2-1}}$.

3. KẾT LUẬN

Việc sử dụng các giả thiết phức tạp hơn về quy luật chuyển động của mục tiêu, và cùng với đó là phải vi phân nhiều lần để xác định các tham số của nó, dẫn tới tăng rất mạnh các sai số phương pháp. Vì vậy, biểu thức (14) chỉ được

sử dụng một cách hạn chế để ngoại suy các quy luật chuyển động phức tạp.

Việc sử dụng các tham số chuyển động tuyến tính của mục tiêu để xác định β_u và D_y cho phép giảm sai số tính toán tọa độ bắn đón do xác định chính xác hơn gia tốc chuyển động của mục tiêu, cũng như do giảm được sai số tính tới sự thay đổi của khoảng cách tới mục tiêu trong thời gian ngắm đón.

Bài báo đã đưa ra mô hình toán của bài toán bắn đón trong quá trình điều khiển hỏa lực súng máy phòng không trên xe chiến đấu và phân tích phương pháp giải bài toán này nhằm xác định tọa độ trong không gian của điểm bắn đón trong những trường hợp cụ thể khi xe chiến đấu đứng yên, xe chiến đấu hành tiến và khi tốc độ mục tiêu thay đổi.

Kết quả của bài báo đã được áp dụng trong quá trình lập trình phần mềm xác định phần tử bắn của hệ thống điều khiển hỏa lực cho súng máy phòng không 12,7mm đặt trên xe chiến đấu. Kết quả bài báo là một phần nội dung của đề tài mã số 24.TXM.04 do Học viện Kỹ thuật quân sự quản lý. ❖

Ngày nhận bài: **16/7/2025**

Ngày phản biện: **06/8/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh Trung Hiếu, Hoàng Văn Đáng, Nguyễn Nam Quý, Đoàn Văn Dũng (2020), “*Giáo trình cơ sở điều khiển hỏa lực*”. NXB. Quân đội nhân dân.
- [2]. Nguyễn Hải Minh, Lê Minh Thái, Nguyễn Quang Tuấn (2019), “*Mô tả toán học quá trình điều khiển súng pháo của xe chiến đấu*”. NXB. Quân đội nhân dân.
- [3]. Захаров Д. Н. Погодаев Д. В. (2010), “*Автоматические системы управления вооружениями*”. Омск.



TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG LẮP ĐẶT NÒNG PHÁO 125mm TRÊN GIÁ PHÁO 152mm D20

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF INTERGRATING A 125mm GUN BARREL
ONTO THE 152mm D20 ARTILLERY MOUNT

TS. **Trần Thanh Hải**, ThS. **Kiều Duy Thanh**

Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng

Email: duythanh.mta@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung vào việc tính toán khả năng lắp đặt các loại nòng pháo 125mm 2A46M, nòng pháo thử nghiệm 125mm lên giá pháo 152mm D20. Thông qua việc sử dụng mô hình bài toán thuật phóng và mô hình bài toán hãm lùi, nghiên cứu đã xác định các thông số thay đổi khi lắp đặt các loại nòng pháo 125mm để xác định điều kiện ổn định khi bắn các loại đạn xuyên vượt tốc và đạn nổ phá dùng cho nòng pháo 125mm 2A46M. Kết quả nghiên cứu giúp tối ưu hóa thiết kế và đảm bảo an toàn khi sử dụng pháo để thử nghiệm trong thực tế.

Từ khóa: Nòng 125mm 2A46M; Pháo 152mm D20; Thiết kế hệ thống hãm lùi.

ABSTRACT

This study focuses on calculating the possibility of installing 125mm 2A46M gun barrels, 125mm test gun barrels on 152mm D20 gun mounts. Through the use of the launch algorithm model and the recoil problem model, the study has determined the parameters that change when installing 125mm gun barrels to determine the stability conditions when firing high-velocity armor-piercing and high-explosive shells for the 125mm 2A46M gun barrel. The research results help optimize the design and ensure safety when using the gun for testing in practice.

Keywords: 125mm 2A46M barrel; 152mm D20 artillery; Recoil system design.

1. GIỚI THIỆU

Xe tăng T-90S giữ vai trò quan trọng trong lực lượng tăng - thiết giáp hiện đại nhờ khả năng kết hợp giữa hỏa lực mạnh, tính cơ động cao và khả năng phòng vệ tốt. Với pháo nòng trơn 125mm 2A46M có thể bắn nhiều loại đạn khác nhau, bao gồm cả tên lửa chống tăng dẫn đường, T-90S đảm bảo sức mạnh tấn công vượt trội trên chiến trường. Nhờ sự cân bằng giữa sức mạnh, độ tin cậy và chi phí vận hành, T-90S trở thành một trong những dòng xe tăng chủ lực được nhiều quốc gia tin dùng, góp phần nâng cao năng lực tác chiến và răn đe chiến lược của quân đội. Trong những năm gần đây, xe tăng T-90S trang bị nòng pháo 125mm 2A46M (nòng chiến đấu) đã được đưa vào biên chế trong Quân đội ta. Tuy nhiên, do nguồn cung đạn dược và nòng thay thế cho pháo nòng trơn 125mm 2A46M còn hạn chế, việc nghiên cứu và phát triển các loại đạn dùng cho pháo và nòng thay thế trở nên vô cùng cấp thiết. Điều này không chỉ giúp đáp ứng nhu cầu đạn dược, và nòng thay thế trong nước, giảm thiểu chi phí và tiết kiệm ngoại tệ từ việc nhập khẩu, mà còn góp phần nâng cao năng lực tự chủ trong sản xuất vũ khí và trang bị kỹ thuật quốc phòng.

Đặc biệt, trước tình hình thế giới và khu vực có nhiều biến động phức tạp, việc nhập khẩu vật tư và thiết bị kỹ thuật liên quan đến vũ khí và đạn dược ngày càng trở nên khó khăn. Nhằm đảm bảo tính chủ động và khả năng sẵn sàng chiến đấu, Bộ Quốc phòng đã đưa ra kế hoạch nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm nòng pháo nòng trơn 125mm 2A46M và các loại đạn tương thích với nòng pháo 125mm 2A46M.

Tuy nhiên, việc thử nghiệm và nghiệm thu các sản phẩm này trực tiếp trên xe tăng T-90S là không khả thi về mặt kỹ thuật. Vì vậy, lựa chọn tiến hành thử nghiệm trên pháo

thử nghiệm thay vì trực tiếp trên xe tăng được xem là giải pháp hiệu quả và khả thi nhất. Pháo thử nghiệm được tạo ra bằng cách lắp đặt nòng pháo 125mm (nòng chiến đấu 125mm 2A46M và nòng thử nghiệm 125mm) lên một loại giá pháo hiện có trong trang bị.

Qua quá trình nghiên cứu, khảo sát thực tế các loại giá pháo hiện có trong quân đội ta hiện nay, việc lắp đặt nòng pháo 125mm lên giá pháo 152mm D20 được xác định là phương án tối ưu. Giải pháp này không chỉ giúp tận dụng tối đa trang thiết bị hiện có trong quân đội mà còn tiết kiệm chi phí do không cần thiết kế mới hoàn toàn một giá pháo chuyên dụng. Đây là nhiệm vụ mang tính cấp bách, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao trong bối cảnh hiện nay. Tuy nhiên cần đảm bảo điều kiện hoạt động ổn định, đảm bảo bền khi bắn nòng pháo.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

2.1. Bài toán thuật phóng trong của pháo 125mm 2A46M

2.1.1. Cơ sở lý thuyết

Để đánh giá ảnh hưởng của các loại đạn đến chiều dài lù khi bắn nòng pháo 125mm 2A46M lắp trên giá pháo 152mm D20, nghiên cứu sử dụng phương pháp số để giải trực tiếp hệ phương trình mô tả quá trình thuật phóng trong [4]. Phương pháp này cho phép mô phỏng chi tiết các giai đoạn trong một phát bắn, từ đó xác định được tác động của các loại đạn khác nhau đến hệ thống hãm lù và chiều dài lù của nòng pháo.

Quá trình thuốc phóng cháy chia ra làm bốn thời kỳ:



- Thời kỳ sơ bộ: Bắt đầu từ khi liều thuốc phóng bắt đầu được môi cháy cho tới khi đại đạn được hoàn toàn tống vào rãnh nòng.

- Thời kỳ thứ nhất: Từ khi đạn bắt đầu chuyển động cho tới khi thuốc phóng cháy hết.

- Thời kỳ thứ hai: Từ khi thuốc phóng cháy hết cho tới khi đạn ra khỏi miệng nòng.

- Thời kỳ tác dụng sau cùng của khí thuốc: Được tính theo quy luật Bravin.

Hệ phương trình vi phân mô tả quá trình xảy ra trong một phát bắn như sau:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dz_i}{dt} &= \xi_{i,i} \frac{p}{I_{k,i}}; i=1,2,\dots,n \\ \frac{d\psi_i}{dt} &= \chi_i(1+2\lambda_i z_i + 3\mu_i z_i^2) \frac{dz_i}{dt} \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{Sp_g}{\varphi q} \\ \frac{dl}{dt} &= v \\ \frac{dT}{dt} &= \frac{\sum_{i=1}^4 \left(\frac{f_i \omega_i}{\theta} \cdot \frac{d\psi_i}{dt} \right) - \varphi m v \frac{dv}{dt} - T \sum_{i=1}^4 \left(\frac{f_i \omega_i}{T_i \theta} \cdot \frac{d\psi_i}{dt} \right)}{\sum_{i=1}^3 \left(\frac{f_i \omega_i \psi_i}{T_i \theta} \right)} \\ W &= W_0 - \sum_{i=1}^4 (1 - \psi_i) \frac{\omega_i}{\delta_i} - \sum_{i=1}^4 \alpha_i \omega_i \psi_i + Sl \\ p &= \frac{1}{W} \sum_{i=1}^4 (f_i \omega_i \psi_i - \frac{\theta}{2} \varphi q v^2) \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Trong đó:

- I_k là xung lượng toàn phần của khí thuốc phóng tại thời điểm thuốc phóng cháy hết.
- z là bề dày cháy tương đối của lớp thuốc phóng đã cháy tính đến thời điểm đang xét.
- χ, λ, μ là đặc trưng hình dạng của thuốc phóng.
- ω là trọng lượng của liều thuốc phóng.
- f là lực thuốc phóng.
- p là áp suất trong lòng nòng.
- q là trọng lượng đầu đạn.
- S là tiết diện ngang của lòng nòng.
- W_0 là thể tích buồng đốt.

- δ là mật độ thuốc phóng.

- α là lượng cộng tích khí thuốc.

- g là gia tốc trọng trường, lấy $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

- v là vận tốc chuyển động của đạn trong lòng nòng.

- l là quãng đường đạn chuyển động.

- ψ là lượng thuốc phóng cháy tương đối.

- T_1 là nhiệt độ cháy của thuốc phóng.

- T là nhiệt độ khí thuốc trong lòng nòng.

- $\varphi = K + \frac{1}{3} \frac{\omega}{q}$ là hệ số tính công thứ yếu.

Điều kiện ban đầu:

Khi $t = 0$ thì $v = 0$; $l = 0$ (khi đạn chưa chuyển động):

$$w = w_0 - \sum_{i=1}^3 \frac{\omega_i}{\delta_i}$$

- $p = p_{\text{môi}}$;

- $z = 0$ là thuốc phóng bắt đầu cháy.

- $\psi_0 = \frac{1/\Delta - 1/\delta}{f_{\text{môi}}/P_{\text{môi}} + \alpha - 1/\delta}$ (khi tính đến ảnh hưởng của thuốc môi);

- n là số loại thuốc phóng trong phát bắn.

2.2. Bài toán máy hãm lùi pháo thử nghiệm

2.1.1. Cơ sở lý thuyết

Bài toán hãm lùi pháo thử nghiệm thuộc dạng bài toán ngược hãm lùi, dựa trên: Kích thước kết cấu của máy hãm lùi trên giá pháo 152mm D20 [3], nòng pháo thử nghiệm 125mm 2A46M [6] và kết quả tính toán từ bài toán thuật phóng trong.

Hệ phương trình vi phân chuyển động của khối lùi [1] có dạng:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= \frac{P_{lg} - R}{M_0} \\ \frac{dX}{dt} &= V \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Trong đó:

- X, V : Quỹ đường và vận tốc chuyển động của khối lựu;
- P_{lg} : Hợp lực khí thuốc tác dụng lên lòng nòng trong một phát bắn;
- M_0 : Khối lượng khối lựu;
- R : Hợp lực cản lựu.

Dùng phương pháp tích phân số theo Runge-Kutta, ta có thể giải được hệ phương trình (2) theo sơ đồ thuật toán được cho trên hình (4).

Trong đó: j - Chỉ số chạy; h - Bước tích phân; λ - Chiều dài lựu.

Điều kiện ban đầu:

$$t = 0; v = 0; x = x_0; z = z_0; p = p_0; \\ V = 0; X = 0; P_{lg} = P_{lg0}; R = R_0.$$

Điều kiện để kết thúc quá trình tính toán: $V[j] = 0$ hoặc $X[j] \geq \lambda$.

2.3. Xác định điều kiện ổn định và điều kiện bền của pháo thử nghiệm

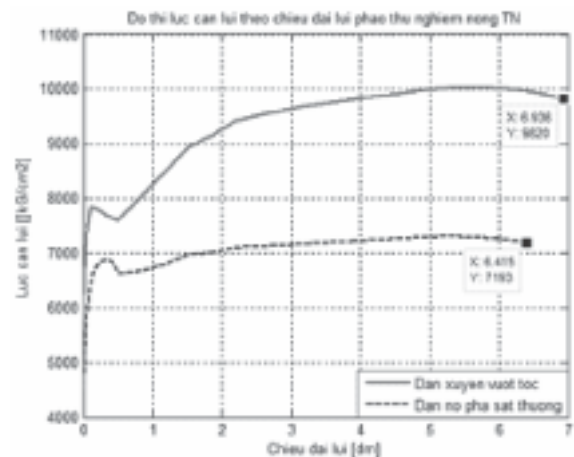
Để xác định điều kiện ổn định và điều kiện bền của pháo thử nghiệm, nghiên cứu kết hợp giữa hệ phương trình (1) và (2). Sử dụng thuật toán Runge Kutta làm cơ sở để giải bài toán thuật phóng trong trên máy tính bằng phương pháp số trên phần mềm Matlab.

Giải hệ phương trình (1) và (2) với thông số bài toán thuật phóng trong của các loại đạn nổ phá sát thương, đạn xuyên vượt tốc dùng cho nòng pháo 125mm 2A46M [2] và thông số kết cấu của nòng chiến đấu, nòng thử nghiệm [6], [9] và thông số kết cấu của máy hãm lựu, máy đẩy lên của giá pháo 152mm D20 [4] với thông số thay đổi:

Nòng pháo 125mm	Trọng lượng khối lựu [kG]	Hiệu suất loa hãm lựu	Góc bắn [độ]
Nòng chiến đấu	3.705	0 (không có loa hãm lựu)	0
Nòng thử nghiệm	4.186	0 (không có loa hãm lựu)	0

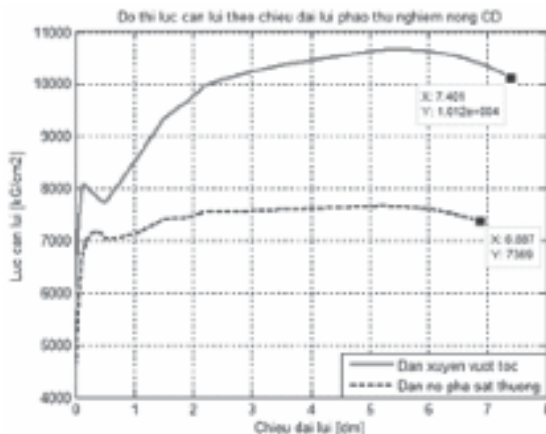
Kết quả giải hệ phương trình (1) và (2) ta xác định được áp suất khí thuốc lớn nhất $P_{\max}$ và chiều dài lựu λ của pháo khí bắn các loại đạn khác nhau. Điều kiện ổn định và điều kiện bền của pháo thử nghiệm được xác định như sau:

- Điều kiện ổn định:
 - + $\lambda < 93\text{mm}$ [4];
 - + Kiểm tra điều kiện ổn định của cán điều tiết [4].
- Kết quả giải hệ phương trình (1) và (2):



Hình 1. Đồ thị lực cản lựu theo chiều dài lựu khi bắn pháo thử nghiệm nòng thử nghiệm





Hình 2. Đồ thị lực cản lùn theo chiều dài lùn khi bắn pháo thử nghiệm nòng chiến đấu

Kết quả tính toán đã chỉ ra khi bắn đạn xuyên cháy vạch đường trên pháo thử nghiệm lắp nòng thử nghiệm và pháo thử nghiệm lắp nòng chiến đấu đều có chiều dài lùn lớn hơn khi bắn đạn nổ phá sát thương. Chiều dài lùn lớn nhất khi bắn pháo thử nghiệm $\lambda = 74 \text{ dm} < 93 \text{ dm}$, đảm bảo điều kiện ổn định về chiều dài lùn.

- Điều kiện ổn định của cán điều tiết:

Trong thời kỳ đẩy lên, bên trong khoang lòng cán, một áp suất khá lớn sẽ tác động, khiến cán điều tiết chịu lực nén dọc trục với độ lớn bằng lực hãm đẩy lên. Cán điều tiết có kết cấu một đầu ngòam cố định, đầu còn lại gắn bản lề và chịu tác động của lực nén dọc trục. Do chiều dài cán điều tiết lớn hơn nhiều lần so với kích thước ngang, nên khi chịu lực nén, có nguy cơ xảy ra mất ổn định hình dáng, dẫn đến hiện tượng cong vênh của cán điều tiết.

Kiểm tra ổn định cán điều tiết, hay nói cách khác, kiểm tra uốn dọc, thực chất là xác định hệ số dự trữ ổn định của nó. Cán điều tiết được kiểm tra độ ổn định dưới tác dụng của lực nén lớn nhất.

Trong mọi trường hợp khi một thanh

chịu nén dọc trục, lực tới hạn – giá trị lực nén lớn nhất mà thanh có thể chịu trước khi xảy ra hiện tượng mất ổn định – được xác định bằng công thức của L. Euler. Công thức này mô tả mối quan hệ giữa lực tới hạn, độ cứng uốn của thanh, điều kiện liên kết hai đầu và chiều dài tính toán, từ đó giúp dự đoán chính xác khả năng chịu tải và nguy cơ mất ổn định của thanh.

$$P_{th} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(\mu l)^2}$$

Công thức này chỉ đúng khi ứng suất và biến dạng nằm trong giới hạn tỷ lệ, tức là ứng suất tới hạn bằng giới hạn tỷ lệ của vật liệu.

Trong đó:

$E = 2,16.105 \text{ MPa}$ là mô đun đàn hồi của vật liệu cán;

$I_{min} = \frac{\pi}{64} \delta_{min}^4$ Mô men quán tính cực nhỏ nhất của tiết diện cán điều tiết;

$\delta_{min} = 35,22 \text{ mm}$ là đường kính nhỏ nhất của cán điều tiết.

Hệ số an toàn ổn định uốn dọc của cán được chấp thuận bằng:

$$n = \frac{P_{th}}{\Phi_{hd \max}} > 2,5$$

Giữ nguyên các thông số của vòng điều tiết và cán điều tiết của máy hãm lùn trên giá pháo 152mm D20, kết quả tính toán trong điều kiện khối lùn lùn lớn nhất của pháo thử nghiệm nghiên cứu đã xác định hệ số an toàn ổn định uốn dọc của cán là:

$$n = \frac{P_{th}}{\Phi_{hd \max}} = 5,12 > 2,5$$

3. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán đã chỉ ra rằng chiều dài lù của pháo thử nghiệm khi lắp nòng chiến đấu 125mm 2A46M hoặc nòng thử nghiệm 125mm bắn các loại đạn nổ phá sát thương và đạn xuyên vượt tốc có chiều dài lù của khối lù nằm trong giới hạn tiêu chuẩn, cân điều tiết đảm bảo điều kiện ổn định mà không cần điều chỉnh kích thước, do đó phương án lắp đặt nòng pháo 125mm trên giá pháo 152mm D20 có tính khả thi tin cậy, đồng thời mở ra hướng cải tiến để mở rộng khả năng sử dụng với các loại đạn có áp suất cao hơn, đảm bảo an toàn và hiệu quả của pháo thử nghiệm trong các điều kiện khác nhau. ❖

Ngày nhận bài: 12/8/2025

Ngày phản biện: 03/9/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. K. Đ. Tuy, N. V. Trung, & N. V. Dũng (2009), “Cơ sở thiết kế hệ thống pháo”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- [2]. N. Q. Lượng, & T. Q. Trình (2010), “Số liệu vũ khí - đạn”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- [3]. Tổng cục Kỹ thuật, Cục Quân khí (1984), “Hướng dẫn sử dụng pháo nòng vừa 152mm D20”. NXB. Quân đội nhân dân, Hà Nội.
- [4]. N. V. Dũng (2016), “Tính toán, thiết kế thiết bị hãm lù hệ thống pháo”. NXB. Quân đội nhân dân, Hà Nội.
- [5]. N. X. Trình, N. Q. Lượng, N. T. Hiếu, & N. V. Quảng (2015), “Thuật phóng trong”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- [6]. Thông số kỹ - chiến thuật xe tăng T-90S (2018), NXB. Binh chủng Tăng - Thiết giáp, Hà Nội.
- [7]. Министерство Обороны СССР (1983), “125mm Танковые пушки 2A46-M, 2A46M-1 Техническое описание, инструкция по эксплуатации”. Москва: Военное издательство.
- [8]. Г. Г. Валеев, В. Ф. Сонин, & Б. А. Соков (2004), “Артиллерийские метательные заряды”. ФГУП, Казань.
- [9]. В. Г. Суфиянов (2016), “Решение задачи комплексного моделирования артиллерийского выстрела с применением визуальных технологий для проектирования и отработки артиллерийских систем”. Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск.



NGHIÊN CỨU LẬP LỊCH SẢN XUẤT LINH HOẠT CHO NGÀNH SƠN: ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MILP VÀ THUẬT TOÁN HEURISTICS

A STUDY ON FLEXIBLE FLOW SHOP SCHEDULING IN THE PAINT INDUSTRY:
APPLICATION OF MILP MODEL AND HEURISTICS ALGORITHM

Lê Thị Yến Vy

Khoa Quản lý Công nghiệp, Trường Đại học Quốc tế, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh
Email: levy.vt294@gmail.com

TÓM TẮT

Trong sản xuất công nghiệp hiện đại, lập lịch sản xuất là công cụ trung tâm để đảm bảo đơn hàng giao đúng hạn, giảm chi phí và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn lực. Ngành sơn bột tĩnh điện, với đặc thù quy trình nhiều công đoạn, nhiều máy song song và thời gian setup phụ thuộc trình tự, là một ví dụ điển hình của môi trường Flexible Flow Shop (FFS). Nếu lập lịch thủ công, doanh nghiệp thường phải đối diện với tỷ lệ giao trễ cao, máy móc hoạt động không đồng đều và chi phí setup lớn.

Bài báo này đề xuất khung giải pháp hai tầng. Trước hết, mô hình toán Mixed Integer Linear Programming (MILP) được xây dựng để tìm nghiệm tối ưu cho bộ dữ liệu nhỏ và kiểm chứng mô hình. Tiếp đó, một thuật toán heuristics được thiết kế để xử lý dữ liệu lớn hơn, với mục tiêu rút ngắn thời gian tính toán và tạo lịch khả thi. Kết quả thực nghiệm tại Công ty AkzoNobel cho thấy MILP đạt makespan tối ưu với bộ dữ liệu nhỏ (5 công việc, 8 máy, 3 công đoạn), trong khi heuristics giải quyết thành công bộ dữ liệu lớn (41 công việc, 19 máy, 7 công đoạn) chỉ trong 14,6 giây.

Kết quả nghiên cứu khẳng định sự bổ sung giữa hai phương pháp: MILP mang tính chuẩn mực, trong khi heuristics phù hợp ứng dụng thực tiễn. Hướng nghiên cứu tiếp theo gồm metaheuristics, tối ưu đa mục tiêu và lập lịch động theo dữ liệu thời gian thực.

Từ khóa: Flexible Flow Shop; Setup phụ thuộc trình tự; MILP; Heuristics; AkzoNobel.

ABSTRACT

In modern manufacturing, scheduling is central to ensuring on-time delivery, reducing costs, and improving resource utilization. Powder coating production, characterized by multiple stages, parallel machines, and sequence-dependent setup times, represents a typical Flexible Flow Shop (FFS) environment. Manual scheduling often results in high tardiness rates, unbalanced machine loads, and excessive setup costs.

This paper proposes a two-layer solution framework. First, a Mixed Integer Linear Programming (MILP) model is developed to provide optimal solutions for small datasets and

validate the model's correctness. Then, a heuristics algorithm is designed to handle large-scale datasets, aiming to reduce computation time while generating feasible schedules. Experimental results from AkzoNobel show that MILP achieves optimal makespan on a small dataset (5 jobs, 8 machines, 3 stages), while the heuristics algorithm successfully schedules a large dataset (41 jobs, 19 machines, 7 stages) in only 14.6 seconds.

The findings highlight the complementary roles of MILP and heuristics: MILP provides optimal benchmarks, while heuristics ensures practical feasibility. Future research directions include hybrid metaheuristics, multi-objective optimization, and dynamic scheduling with real-time data.

Keywords: Flexible Flow Shop; Sequence-dependent Setup; MILP; Heuristics; AkzoNobel.

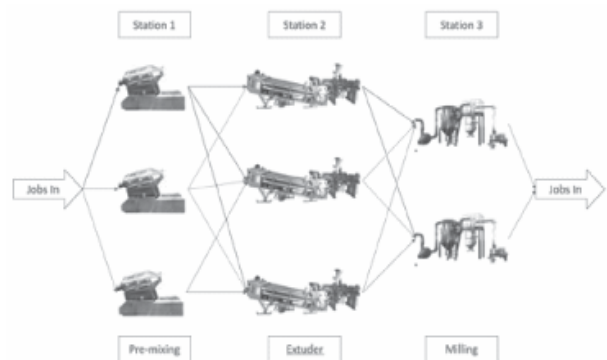
1. TỔNG QUAN

Lập lịch sản xuất là vấn đề quan trọng trong quản lý sản xuất, đóng vai trò cầu nối giữa kế hoạch chiến lược và hoạt động vận hành hàng ngày. Đối với ngành sơn bột, quy trình sản xuất gồm nhiều công đoạn như trộn, đun, nghiền, sàng lọc, đóng gói. Ở mỗi công đoạn tồn tại nhiều máy song song, không đồng nhất, dẫn đến việc phân công và sắp xếp công việc trở nên phức tạp. Đặc biệt, yếu tố làm tăng độ khó của bài toán là thời gian setup phụ thuộc trình tự: khi đổi từ màu đậm sang màu nhạt cần nhiều thời gian vệ sinh hơn so với đổi ngược lại.

Thực tế tại Công ty AkzoNobel cho thấy hệ thống lập lịch thủ công bằng Excel gây ra nhiều hạn chế. Năm 2024, có hơn 75% đơn hàng bị giao trễ so với cam kết. Nguyên nhân chính là việc phân công không khoa học khiến máy móc mất cân đối, thời gian setup tăng cao, ảnh hưởng đến năng suất chung.

Trong nghiên cứu trước, Cortés (2011) đề xuất mô hình đa mục tiêu cho flow shop với máy song song. Sun và Klein (2007) nghiên cứu lập lịch một máy với setup phụ thuộc. Wang và cộng sự (2019) phát triển giải pháp cho flow shop nhiều giai đoạn có setup. Tuy

nhien, ít công trình nào áp dụng trực tiếp cho ngành sơn bột, nơi dữ liệu lớn và setup chiếm vai trò then chốt.



Hình 1. Quy trình tổng quát sản xuất sơn bột với nhiều công đoạn và máy song song.

2. ĐỀ XUẤT NGUYÊN LÝ LẬP LỊCH TRONG FFS

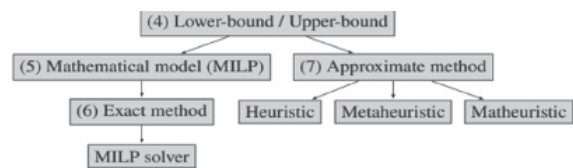
2.1. Nguyên lý làm việc

Bài toán lập lịch trong môi trường Flexible Flow Shop (FFS) có bản chất là tổ chức dòng công việc qua nhiều công đoạn, mỗi công đoạn có nhiều máy song song không đồng nhất. Nguyên lý vận hành của hệ thống lập lịch được đề xuất trong nghiên cứu này là kết hợp giữa tối ưu hóa chính xác bằng mô hình MILP và xấp xỉ bằng thuật toán heuristics.



Mô hình MILP được thiết kế để mô tả đầy đủ các yếu tố cốt lõi của hệ thống, bao gồm phân công công việc vào máy, trình tự thực hiện, thời gian bắt đầu – kết thúc, và các ràng buộc liên quan đến setup phụ thuộc trình tự. Khi chạy mô hình trên dữ liệu nhỏ, MILP cho phép tìm nghiệm tối ưu, từ đó cung cấp chuẩn tham chiếu để đánh giá chất lượng các thuật toán xấp xỉ.

Trong khi đó, thuật toán heuristics hoạt động theo nguyên tắc ưu tiên động. Mỗi công việc khi đến công đoạn sẽ được gán cho máy rảnh sớm nhất, xét đến thời gian setup nếu đổi loại sản phẩm. Quy tắc lựa chọn công việc dựa trên hạn giao hoặc thời gian xử lý ngắn nhất, nhằm vừa giảm makespan vừa hạn chế đơn hàng trễ hạn. Nhờ cơ chế này, hệ thống có khả năng sinh lịch khả thi nhanh chóng, phù hợp để triển khai hằng ngày trong môi trường sản xuất thực tế.



Hình 2. Sơ đồ thể hiện giữa hai phương pháp MILP và heuristics

2.2. Các thông số cơ bản của hệ thống lập lịch

Để làm rõ đặc điểm của hai cách tiếp cận, nghiên cứu phân tích các thông số cơ bản khi áp dụng MILP và heuristics.

Với mô hình MILP, hệ thống được đặc trưng bởi tập hợp biến nhị phân và biến liên tục bao gồm: biến gán công việc – máy, biến xác

định trình tự giữa các công việc, biến thời gian bắt đầu và kết thúc, và biến trễ hạn. Hàm mục tiêu duy nhất là tối thiểu hóa makespan. Các ràng buộc chính bao gồm: mỗi công việc chỉ được gán cho một máy tại mỗi trạm, tuân thủ trình tự qua các trạm, không có hai công việc trùng lặp trên cùng máy, và thời gian setup phụ thuộc trình tự được cộng vào giữa hai công việc liên tiếp. Với cấu trúc này, MILP cho nghiệm tối ưu nhưng thời gian tính toán tăng nhanh khi số jobs và số máy lớn.

Bảng 1. Các thông số cơ bản của bài toán MILP

X_{im}	Biến nhị phân, $X_{im} = 1$ nếu job i gán cho máy m
B_{ia}	Thời gian bắt đầu của job i trên công đoạn a
F_{ia}	Thời gian kết thúc của job i trên công đoạn a
Y_{ijm}	Biến nhị phân, nếu i được gán trước j trên cùng một máy m ; otherwise $Y_{ijm} = 0$
L_i	Biến nhị phân, $L_i = 1$ nếu job i trễ, $L_i = 0$ ngược lại

Trong khi đó, thuật toán heuristics được mô tả bằng các thông số điều khiển đơn giản hơn. Input của heuristics là tập jobs, danh sách stations và nhóm máy song song ở mỗi trạm, bảng thời gian xử lý và ma trận setup phụ thuộc loại sản phẩm. Nguyên tắc vận hành gồm: chọn công việc theo quy tắc ưu tiên (EDD, SPT hoặc ATC), gán cho máy rảnh sớm nhất, cộng thêm thời gian setup nếu có sự thay đổi loại sản phẩm, và cập nhật lại lịch cho vòng lặp tiếp theo. Các thông số đầu vào không thay đổi, nhưng cơ chế xử lý giảm đáng kể độ phức tạp toán học, cho phép heuristics giải quyết dữ liệu lớn trong vài giây thay vì không khả thi như MILP.



Hình 3. Sơ đồ khối của Heuristics

Bảng 2. Mô hình MILP được lập trình khi giải bằng phần mềm CPLEX

No	Equation	Constraint
1	$Z = \sum_{i=1}^i Li$	Calculates the total late orders
2	$Cmax \geq Fia$ $\forall i, a \in FinSet$	Defines the make span which is the time to complete a job
3	$\sum_{<m,a> \in CellSet} Xim = 1,$ $\forall i, a \in NodeSet$	Ensures that every job at one station is only assigned once
4	$Fia \geq Bia + \sum_{<s,m> \in CellSet} Xim \times pim$ $\forall i, a \in NodeSet$	Guarantees that finishing time of job i must be greater than sum of the beginning time and processing time
5	$Fia \leq Bik, \forall i, a, k \in ArcSet$	Clarifies that for each job, the job must satisfy the workstation sequence constraint. Particularly, the beginning of job k would be after the job is done before
6	$Yijm + Yjim \leq Xim, \forall i, j, m \in SeSet$	
7	$Yijm + Yjim \leq Xjm, \forall i, j, m \in SeSet$	
8	$Yijm + Yjim \geq Xim + Xjm - 1$ $\forall i, j, m \in SeSet$	Describe that only one of two job i and j is assigned on machine m and processed before the other
9	$Fia + sijm - BigM \times (1 - Yij,m) \leq Bja$ $\forall m, a \in CellSet \forall i, j, m \in SeSet i \neq j$	Ensures that the beginning of job j would be after that of job i including the processing time and setup time for job i.
10	$dia - BigM \times (1 - Li) \leq Fia$ $\forall i, a \in FinSet$	Identify the lateness of order. One order is late if finishing time of job i at station a is larger than its due date
11	$dia + BigM \times Li \geq Fia$ $\forall i, a \in FinSet$	



Mô hình MILP được lập trình và giải bằng phần mềm CPLEX. Với cấu trúc này, mô hình cho phép tìm nghiệm tối ưu ở bộ dữ liệu nhỏ, đồng thời đóng vai trò làm chuẩn tham chiếu để đánh giá chất lượng của các phương pháp xấp xỉ. Tuy nhiên, với bộ dữ liệu lớn (L) gồm 41 công việc, 7 trạm và 19 máy, số biến và ràng buộc bùng nổ khiến MILP không thể tìm được nghiệm trong thời gian hợp lý.

Thuật toán heuristics được xây dựng để khắc phục hạn chế về quy mô của MILP. Input của heuristics là tập công việc, danh sách các trạm với máy song song, thời gian xử lý và ma trận setup phụ thuộc loại sản phẩm/màu.

Nguyên tắc vận hành gồm: chọn công việc theo quy tắc ưu tiên (EDD trong nghiên cứu này), gán vào máy rảnh sớm nhất, cộng thêm thời gian setup nếu có thay đổi loại sản phẩm, và cập nhật lại lịch để lặp cho đến khi toàn bộ công việc hoàn tất.

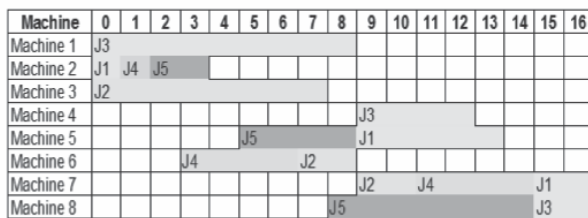
Heuristics được lập trình trên MATLAB và áp dụng cho cả hai bộ dữ liệu S và L. Ở bộ dữ liệu nhỏ, heuristics cho nghiệm gần tối ưu, làm cơ sở so sánh với MILP. Ở bộ dữ liệu lớn, heuristics chứng minh khả năng mở rộng với thời gian tính toán chỉ vài giây, trong khi MILP không khả thi.

Bảng 3. Mô hình thuật toán heuristics khi được giải bằng phương pháp MATLAB

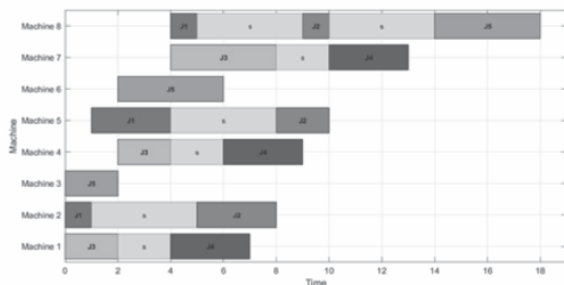
Lines	Dataset Generation
1	Input data information
2	Assign jobs to a machine
3	If a job is not completed & machine is available
4	Enter time = max (job_release time, machine_release time)
5	Beginning time = Enter time
6	If job is not completed & machine has previous jobs processing
7	Last job ID = last position of job sequence in machine
8	Enter time = machine_release time
9	Beginning time = Enter time + Setup time
10	Finishing time = Beginning time + Processing time
11	Departure time = Release time
12	Assign jobs to a station
13	Evaluate job and machine with setup time
14	If evaluated job_release time (end) < max (station_release time)
15	max (station_release time) = evaluated job_release time (end)
16	Update machine_candidate = evaluated machine
17	Update job_candidate = evaluated job
18	Assign a job to station and machine
19	If machine_candidate_release time < assigned job_finish
20	time Finish job = job_candidate
21	Finish machine = machine_candidate
22	Assigned job_finish time = finish machine_release time

3.2. Phân tích kết quả mô phỏng

Mô phỏng với lượng công việc nhỏ bao gồm 3 công đoạn, 8 máy và 5 công việc. Hình 4a, mô phỏng MILP, kết quả thực hiện không có kết quả trễ lịch và đều đúng thời gian EDD. Hình 4b, mô tả thuật toán heuristics lại trễ hơn so với MILP là 2 ngày so với EDD (chỉ kéo dài đến 16 ngày).

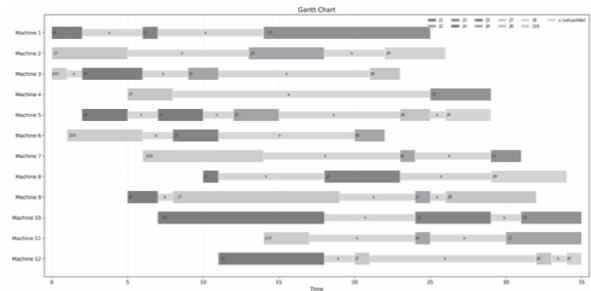


Hình 4a. Gantt chart của MILP cho 5 công việc, 3 công đoạn và 8 máy móc.

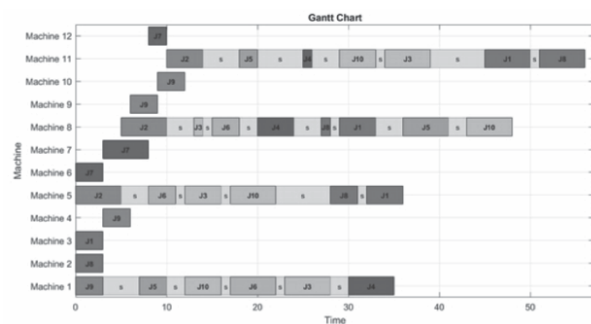


Hình 4b. Gantt chart của Heuristics cho 5 công việc, 3 công đoạn và 8 máy móc.

Tương tự như vậy, khi tăng khối lượng công việc, công đoạn và máy móc lần lượt theo thứ tự (10, 4, 12) trước khi đưa lên mức mô phỏng với thực tế của sản xuất, bao gồm 7 công đoạn, 19 máy và 41 công việc. Hình 4c, 4d thể hiện Gantt chart của MILP và Heuristics cho thấy MILP vẫn đưa ra kết quả tối ưu hơn (35 ngày due date so với kết quả Heuristics là 56 ngày).



Hình 4c. Gantt chart của MILP cho 10 công việc, 4 công đoạn và 12 máy móc.

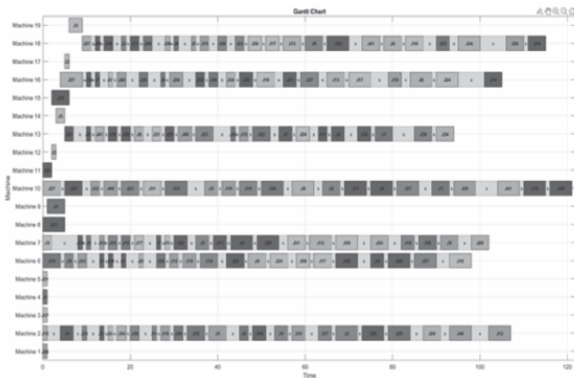


Hình 4d. Gantt chart của heuristics cho 10 công việc, 4 công đoạn và 12 máy móc

3.3. Khả năng ứng dụng vào thực tế

Hình 5 là kết quả mô phỏng lượng công việc ở thực tế trong một ngày của công ty AkzoNobel gồm 7 công đoạn, 19 máy móc và 41 công việc cần thực hiện, MILP bộc lộ hạn chế nghiêm trọng. Số biến và ràng buộc của mô hình tăng lên mức không thể xử lý trong thời gian hợp lý, do đó MILP không thể tìm được nghiệm khả thi. Ngược lại, heuristics vẫn vận hành hiệu quả. Kết quả cho thấy heuristics xây dựng lịch khả thi với makespan bằng 120 trong thời gian tính toán chỉ 14,6 giây. Khi xét thêm hạn giao chặt chẽ, có hai công việc bị trễ, song điều này vẫn chấp nhận được trong bối cảnh thực tế công nghiệp, nơi dữ liệu biến động liên tục và yêu cầu tốc độ ra quyết định cao.





Hình 5. Kết quả sử dụng thuật toán Heuristics chứng minh được tính khả thi khi ứng dụng thực tế.

Bảng 4. So sánh kết quả giữa MILP và heuristics

Bộ dữ liệu	Phương pháp	Makespan	Thời gian tính toán	Số đơn trễ hạn
Nhỏ (S)	MILP (CPLEX)	16	2,3 giây	0
Nhỏ (S)	Heuristics	18	2,6 giây	0
Nhỏ (S)	MILP (CPLEX)	35	120 giây	0
Nhỏ (S)	Heuristics	56	60 giây	0
Lớn (L)	MILP (CPLEX)	–	–	–
Lớn (L)	Heuristics	120	14,6 giây	2

Từ phân tích này có thể thấy rằng MILP đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp chuẩn tối ưu để đánh giá, nhưng không thể áp dụng cho quy mô công nghiệp. Ngược lại, heuristics chứng minh được tính khả thi, tốc độ và khả năng mở rộng, do đó là lựa chọn phù hợp hơn cho bài toán lập lịch sản xuất linh hoạt trong ngành sơn.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng khung lập lịch sản xuất linh hoạt có xét đến setup phụ thuộc

trình tự, kết hợp mô hình MILP và thuật toán heuristics. Kết quả cho thấy MILP phù hợp với dữ liệu nhỏ, cung cấp nghiệm tối ưu làm chuẩn tham chiếu, trong khi heuristics hiệu quả với dữ liệu lớn, cho lịch khả thi nhanh và gần tối ưu. Heuristics nhờ đó là giải pháp phù hợp để ứng dụng trong thực tế công nghiệp, giúp giảm tỷ lệ trễ hạn, nâng cao hiệu quả sử dụng máy và rút ngắn thời gian lập lịch.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được hướng dẫn bởi thầy Phan Nguyễn Kỳ Phúc và sự giúp đỡ bộ phận Kế hoạch – Sản xuất của Công ty AkzoNobel đã hỗ trợ cung cấp dữ liệu và đóng góp ý kiến trong quá trình nghiên cứu. Lời cảm ơn cũng xin được gửi đến các đồng nghiệp đã tham gia góp ý và giúp hoàn thiện bài báo này.❖

Ngày nhận bài: **20/8/2025**

Ngày phản biện: **09/9/2025**

Tài liệu tham khảo:

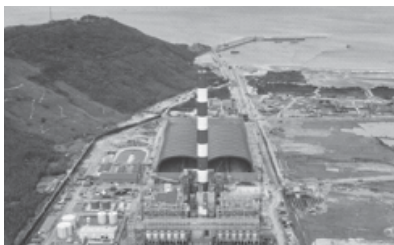
- [1]. Cortés, B., “Flow-shop scheduling with multiple objectives and parallel machines”. European Journal of Operational Research (2011).
- [2]. Sun, X., Noble, J. S., Klein, C. M., “Single-machine scheduling with sequence-dependent setup”. Journal of Scheduling (2007).
- [3]. Wang, W., Wang, J., Yu, G., “Two-stage mixed-shop scheduling with sequence-dependent setup”. Computers & Operations Research (2019).
- [4]. Lê Thị Yến Vy, “A Flexible Flow Shop Scheduling Problem: A Case Study of Paint Company”. Luận văn cao học, Trường Đại học Quốc tế – Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh (2025).
- [5]. Kazemi, M., et al., “Flexible flow shop with sequence-dependent setups”. International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2013).

17 triệu giờ an toàn: Bản lĩnh và trách nhiệm của LILAMA 10 tại dự án trọng điểm quốc gia

Dự án Nhà máy Nhiệt điện Quảng Trạch 1 – một trong những dự án nguồn điện chiến lược của Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) – đã ghi nhận thành tích đáng tự hào: hơn 17 triệu giờ làm việc an toàn, không xảy ra tai nạn lao động. Thành tích này không chỉ phản ánh tinh thần trách nhiệm và sự chuyên nghiệp của các đơn vị tham gia, mà còn là minh chứng rõ rệt cho vai trò, dấu ấn của Công ty Cổ phần LILAMA 10 – một trong những nhà thầu chủ lực thi công cơ khí và lắp máy tại dự án.

Văn hóa an toàn – nền tảng bền vững

Dự án Nhà máy Nhiệt điện Quảng Trạch 1 được khởi công tháng 12/2021 với tổng mức đầu tư hơn 42.000 tỷ đồng, gồm 2 tổ máy có tổng công suất 1.403 MW. Khi hoàn thành và vận hành, dự kiến nhà máy sẽ cung cấp khoảng 8,4 tỷ kWh điện mỗi năm, góp phần quan trọng bảo đảm an ninh năng lượng quốc gia trong bối cảnh nhu cầu điện ngày càng tăng cao.



LILAMA 10 là một trong những nhà thầu chủ lực thi công cơ khí và lắp máy tại dự án Nhiệt điện Quảng Trạch 1.

Trong bức tranh tổng thể ấy, LILAMA 10 được giao thực hiện hai gói thầu lớn: Thi công cơ khí và lắp đặt toàn bộ hệ thống điện. Đây là khối lượng công việc đồ sộ, đòi hỏi năng lực kỹ thuật cao, tiến độ khẩn trương và trên hết là sự đảm bảo tuyệt đối về an toàn.

Trên công trường Quảng Trạch 1, hơn 1.300 cán bộ, kỹ sư và công nhân LILAMA 10 luôn duy trì kỷ luật lao động nghiêm ngặt. Với phương châm “An toàn là trên hết”, Công ty đã xây dựng văn hóa an toàn xuyên suốt mọi hoạt động. Công tác huấn luyện, đào tạo an toàn được tổ chức thường xuyên; các buổi nhắc nhở, kiểm tra định kỳ và đột xuất được triển khai để đảm bảo mọi cá nhân đều tuân thủ quy định.



Nhờ sự đồng bộ từ lãnh đạo tới từng người thợ mà môi trường làm việc luôn được duy trì an toàn, hiệu quả.

Phòng An ninh – An toàn của Ban dự án LILAMA 10

tại Quảng Trạch luôn đồng hành cùng các tổ, đội thi công. Từng nguy cơ rủi ro đều được nhận diện, đánh giá và đưa ra giải pháp xử lý sớm. Chính nhờ sự đồng bộ từ lãnh đạo tới từng người thợ mà môi trường làm việc luôn được duy trì an toàn, hiệu quả. Thành tích 17 triệu giờ làm việc an toàn chính là kết quả của một văn hóa an toàn được duy trì bền bỉ, chứ không chỉ đến từ những quy định mang tính hình thức.

Bên cạnh các hạng mục lớn như chế tạo, lắp đặt hàng trăm nghìn ID ống, hàng chục nghìn tấn thiết bị hay kết cấu thép khổng lồ, giá trị của LILAMA 10 còn nằm ở sự thâm lặng đóng góp của từng cá nhân. Mỗi người thợ, mỗi kỹ sư đều mang trong mình ý thức trách nhiệm: bảo vệ an toàn cho bản thân, đồng đội và dự án. Chính những hành động nhỏ nhưng nhất quán – từ việc tuân thủ quy trình, sử dụng đầy đủ trang bị bảo hộ đến việc sẵn sàng nhắc nhở đồng nghiệp – đã tạo nên sức mạnh tập thể, góp phần vào thành tích an toàn chung.

Chung tay vì mục tiêu quốc gia

Tính đến nay, LILAMA 10 đã hoàn thành nhiều hạng mục quan trọng:

- Lắp đặt hơn 20.000 tấn thiết bị.
- Chế tạo và lắp đặt trên 290.000 ID ống, đạt 78% khối lượng.



- Lắp đặt thiết bị công nghệ đạt 94%, thiết bị và kết cấu thép hệ thống than đạt 43%.
- Lắp đặt hệ thống điện đạt trên 35%.

Song song với đó, Công ty đã bàn giao thành công nhiều hạng mục phục vụ vận hành như: Đóng điện ngược đến Nhà điều khiển trung tâm, hệ thống xử lý nước, hệ thống khí nén, lò hơi phụ... Đây là nền móng quan trọng để dự án bước vào giai đoạn chạy thử.

Ngày 18/8/2025, dự án đã đánh dấu cột mốc quan trọng khi tổ máy số 1 chính thức bước vào giai đoạn đốt dầu lần đầu – bước then chốt trước khi chạy thử và hòa lưới điện. LILAMA 10, với vai trò chủ lực, đã góp phần quyết định vào sự kiện này.

Mục tiêu tiếp theo của dự án là hoàn thành chạy đồng bộ tổ máy số 1 vào ngày 20/12/2025 theo chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ. Đây là thách thức lớn, song tập thể LILAMA 10 đang cho thấy bản lĩnh và kinh nghiệm dày dặn. Sự đoàn kết, tinh thần lao động hăng say và ý thức trách nhiệm của hơn 1.300 cán bộ công nhân viên đã tạo nên khí thế sôi nổi trên công trường.

Thành tích 17 triệu giờ làm việc an toàn không chỉ mang ý nghĩa trong phạm vi một dự án. Nó còn góp phần xây dựng hình ảnh ngành xây lắp cơ khí Việt Nam ngày càng chuyên nghiệp, tiệm cận các chuẩn mực quốc tế.

Đây cũng là minh chứng cho thấy các doanh nghiệp Việt Nam hoàn toàn có thể làm chủ những công trình phức tạp, quy mô lớn nếu biết đặt an toàn, kỷ luật và trách nhiệm lên hàng đầu.

Đối với LILAMA 10, thành tích này là niềm tự hào tập thể, là động lực để tiếp tục lan tỏa văn hóa an toàn tới mọi công trình khác. Nó cũng thể hiện cam kết lâu dài của Công ty: đồng hành cùng các dự án năng lượng chiến lược, góp phần bảo đảm an ninh năng lượng và phát triển bền vững cho đất nước.

Khẳng định vị thế thương hiệu

Trải qua hàng chục năm xây dựng và trưởng thành, LILAMA 10 đã ghi dấu ấn trên nhiều công trình lớn: Từ thủy điện Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu đến các nhà máy nhiệt điện, xi măng, hóa chất... Quảng Trạch 1 chỉ là một trong số đó, nhưng lại mang tính biểu tượng mới cho năng lực thi công cơ khí – lắp máy trong giai đoạn hiện đại.



Với phương châm “An toàn là trên hết”, Công ty đã xây dựng văn hóa an toàn xuyên suốt mọi hoạt động.

Việc duy trì an toàn tuyệt đối trên một công trường quy mô hàng nghìn lao động, hàng trăm nghìn chi tiết kỹ thuật và khối lượng công việc khổng lồ không chỉ đòi hỏi năng lực quản lý vượt trội mà còn phản ánh tầm vóc thương hiệu. Với Quảng Trạch 1, LILAMA 10 đã khẳng định mình không chỉ là một nhà thầu uy tín, mà còn là một lực lượng tiên phong đồng hành cùng mục tiêu phát triển năng lượng quốc gia.

Dự án Nhiệt điện Quảng Trạch 1 đang tiến những bước vững chắc tới giai đoạn hoàn thành tổ máy số 1 vào cuối năm 2025. Trên hành trình đó, thành tích 17 triệu giờ làm việc an toàn đã trở thành cột mốc đáng nhớ, thể hiện sự chung sức của toàn bộ các nhà thầu và đặc biệt là dấu ấn đậm nét của LILAMA 10. Thành công này không chỉ góp phần bảo đảm an toàn cho dự án mà còn khẳng định vị thế của LILAMA 10 – đơn vị cơ khí lắp máy hàng đầu, luôn đặt “An toàn – Chất lượng – Tiên độ” làm kim chỉ nam. Đây chính là nền tảng để Công ty tiếp tục đồng hành cùng đất nước trong chặng đường chinh phục những công trình năng lượng trọng điểm trong tương lai. ❖

PV.