

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ TÊN LỬA NHIÊN LIỆU RẮN KÉO DÂY MỎI PHỤC VỤ CỨU HỘ HÀNG HẢI RESEARCH ON DESIGN OF SOLID PROPELLANT ROCKET WITH ROPE DECOY FOR MARITIME RESCUE DOÃN QUÝ HIẾU

Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt Nga

Email liên hệ: dqhieu57@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.2025.i84.865>

Tóm tắt

Bài báo trình bày quá trình nghiên cứu và thiết kế một hệ thống tên lửa sử dụng nhiên liệu rắn phục vụ mục đích kéo dây mồi trong các hoạt động cứu hộ hàng hải và ứng cứu khẩn cấp. Mục tiêu là phát triển một giải pháp triển khai dây mồi nhanh chóng, an toàn và hiệu quả tại các khu vực khó tiếp cận như biển, vùng núi hoặc khu vực lộn lộn chịu ảnh hưởng thiên tai. Nội dung bài báo tập trung trình bày các bước thiết kế hệ thống, bao gồm thiết kế động cơ, tính toán chu trình làm việc của tên lửa nhiên liệu rắn, và mô phỏng quỹ đạo bay của tên lửa khi mang theo dây mồi. Các thông số chính được phân tích gồm áp suất và nhiệt độ buồng đốt, thể tích làm việc, diện tích tiết diện tối hạn loa phụt, cùng các yếu tố ảnh hưởng đến lực đẩy và cự ly bay. Kết quả tính toán cho thấy cự ly và hiệu quả bay phụ thuộc chặt chẽ vào tương quan giữa lực đẩy, thời gian cháy của động cơ, trọng lượng hệ thống và lực căng của dây mồi. Các kết quả thu được có thể làm cơ sở cho việc phát triển các hệ thống tên lửa kéo dây mồi ứng dụng trong các hoạt động cứu hộ hàng hải chuyên dụng.

Từ khóa: Tên lửa, nhiên liệu rắn, dây mồi cứu hộ, thuật phóng trong, thuật phóng ngoài.

Abstract

This study presents the research and design of a solid-propellant rocket system intended for deploying a guide rope in maritime rescue and emergency response scenarios. The aim is to develop a rapid, safe, and efficient method for delivering ropes to inaccessible areas such as open waters, mountainous terrain, or disaster-affected zones. The system design includes propulsion system development, internal ballistic analysis, and trajectory simulation while carrying the guide rope. Key engine parameters analyzed include combustion chamber pressure and

temperature, free volume, and nozzle throat area.

The results indicate that the flight range and trajectory are significantly influenced by the interplay between thrust, burn duration, system mass, and rope tension. These findings provide a basis for developing practical rocket-assisted rope deployment systems applicable in specialized maritime rescue operations.

Keywords: Rocket, solid propellant, rescue rope, internal ballistics, external ballistics.

1. Mở đầu

Trong các hoạt động cứu hộ hàng hải, yêu cầu triển khai nhanh chóng thiết bị đến các khu vực nguy hiểm hoặc khó tiếp cận là yếu tố then chốt quyết định hiệu quả ứng cứu. Các phương pháp truyền thống như ném dây mồi bằng tay hoặc sử dụng thiết bị khí nén thường bị hạn chế về tầm xa, độ chính xác và tính ổn định, đặc biệt trong điều kiện thời tiết xấu trên biển. Nhằm khắc phục những hạn chế đó, nghiên cứu này đề xuất và phát triển một hệ thống động cơ tên lửa nhiên liệu rắn (ĐTR) có khả năng kéo dây mồi đến khoảng cách xa với tốc độ và độ chính xác cao, phục vụ công tác cứu hộ trong các tình huống khẩn cấp. Nhiệm vụ là tập trung vào toàn bộ quy trình thiết kế hệ thống, bao gồm thiết kế động cơ, phân tích thuật phóng trong (internal ballistics), thuật phóng ngoài (external ballistics) [1] và mô phỏng quỹ đạo bay trong điều kiện có tải là dây mồi cứu hộ.

Trong lĩnh vực chế tạo tên lửa, một trong những nội dung quan trọng nhất là nghiên cứu thiết kế hệ thống động lực. Các hướng nghiên cứu hiện đại tập trung vào việc cải thiện tính năng động lực học, giảm khối lượng hệ thống, tăng cường khả năng điều khiển lực đẩy và tối ưu hóa đặc tính cháy của thuốc phóng [2-5]. Trong những năm gần đây, một số công trình quốc tế và trong nước đã đóng góp đáng kể vào việc xây dựng cơ sở lý thuyết và mô hình mô phỏng cho ĐTR. Có thể kể đến nghiên cứu của Q. Li và cộng sự [6] mô phỏng liên hợp giữa quá trình cháy và thoát lui

bề mặt thuốc phóng trong buồng đốt; nghiên cứu của TS. Nguyễn Thế Dũng và cộng sự [7] về thiết kế tăng đẩy thứ hai cho tên lửa TV-02. Những đóng góp này mở ra hướng phát triển các hệ thống ĐTR ứng dụng dân sự có độ tin cậy cao, dễ triển khai và phù hợp với trình độ công nghệ trong nước.

Bài báo đề xuất phương pháp thiết kế một hệ thống tên lửa nhiên liệu rắn kéo dây mồi phục vụ cứu hộ hàng hải, đánh giá ảnh hưởng của các thông số kỹ thuật như lực đẩy, áp suất và nhiệt độ buồng đốt, thời gian cháy, khối lượng hệ thống và lực căng dây đến quỹ đạo bay. Kết quả tính toán và mô phỏng có thể được sử dụng làm cơ sở cho việc phát triển các hệ thống ĐTR kéo dây mồi ứng dụng trong thực tế, không chỉ trong cứu hộ hàng hải mà còn trong các điều kiện địa hình phức tạp như vùng núi cao, khu vực thiên tai, lụt lội, vùng nguy hiểm khó tiếp cận.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là loại tên lửa nhiên liệu rắn không điều khiển cỡ nhỏ dùng để kéo dây mồi phục vụ cứu hộ hàng hải. Thuốc phóng sử dụng là loại thuốc phóng keo RSI-12M, dây cứu hộ là dây thừng hoặc làm bằng sợi polyester cường lực để giảm khối lượng, tăng độ bền cơ học.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế hệ thống

Quá trình thiết kế hệ thống tên lửa kéo dây mồi bắt đầu từ các yêu cầu: phạm vi hoạt động, khối lượng dây mồi, điều kiện môi trường (gió, sóng biển), độ chính xác cần đạt và giới hạn an toàn cho người sử dụng. Về mặt cấu trúc, hệ thống bao gồm ba phân hệ chính: (1) Thiết bị phóng tên lửa, (2) tên lửa mang dây mồi, và (3) cụm thu hồi hoặc tiếp nhận dây tại vị trí mục tiêu. Thiết bị phóng tên lửa được thiết kế dạng súng do người cầm thao tác hoặc dạng giá phóng gắn chặt trên tàu. Dây kéo sử dụng vật liệu sợi tổng hợp chịu lực cao, đồng thời đảm bảo khối lượng nhẹ để không ảnh hưởng đến ổn định bay. Ngoài ra, cần tính đến yếu tố an toàn trong thao tác, khả năng tái sử dụng, cũng như tính năng bảo quản lâu dài trong môi trường ẩm mặn của biển.

Hệ thống hoạt động dựa trên nguyên lý lực đẩy phản lực do ĐTR tạo ra, cung cấp gia tốc ban đầu cho tên lửa mang dây mồi. Các bước thiết kế động cơ bao gồm lựa chọn loại thuốc phóng, tính toán thể tích buồng đốt, áp suất làm việc, nhiệt độ cháy, diện tích tiết diện tới hạn loa phụt và hình dạng của thuốc phóng. Thuật phóng trong được phân tích để mô phỏng quá

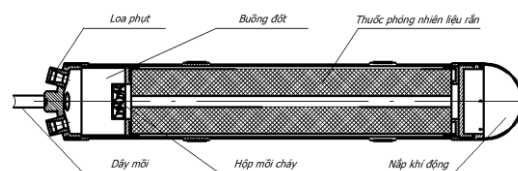
trình sinh lực đẩy bên trong buồng đốt ĐTR, xác định mối liên hệ giữa thời gian cháy, tốc độ thoát khí, áp suất tức thời và lực đẩy.

Ngay sau khi kích hoạt, động cơ cháy trong thời gian ngắn, đẩy tên lửa rời bệ phóng và tiến về phía mục tiêu theo quỹ đạo đạn đạo thấp. Trong quá trình bay, dây mồi được kéo theo từ cuộn dây đặt tại bệ phóng, với cơ cấu dẫn hướng nhằm giảm thiểu ma sát và ngăn hiện tượng rối dây. Phương trình chuyển động của tên lửa được xây dựng trên cơ sở bài toán thuật phóng ngoài, có xét đến lực cản không khí, khối lượng biến đổi theo thời gian thuốc phóng cháy, và ảnh hưởng của lực kéo do dây mồi [8].

Tính toán thuật phóng trong ĐTR

Trong ĐTR xảy ra các quá trình cháy thuốc phóng, tạo ra sản phẩm cháy có nhiệt độ và áp suất cao, dòng sản phẩm cháy đi qua loa phụt, được nén, giãn nở và qua đó biến đổi nhiệt năng của dòng thành động năng tạo ra lực đẩy cho tên lửa.

Tính chất của quá trình cháy liệu nhiên liệu phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Dạng buồng đốt, loại thuốc phóng sử dụng, diện tích bề mặt cháy của liệu. Tốc độ cháy của thuốc phóng phụ thuộc rất nhiều vào áp suất cháy, nhiệt độ ban đầu của thuốc, kết cấu buồng đốt động cơ (Hình 1). Nghiên cứu, phân tích ảnh hưởng qua lại của các thông số làm việc ĐTR là mục đích của bài toán thuật phóng trong, thực chất là tính giá trị áp suất, nhiệt độ của khí thuốc trong buồng đốt và đặc biệt tại loa phụt động cơ trong suốt quá trình làm việc.



Hình 1. Các chi tiết cấu tạo bên trong ĐTR

Để đảm bảo quá trình cháy ổn định, bài báo lựa chọn thời thuốc dạng hình trụ có một lỗ tròn ở giữa, bề mặt cháy được giả định xảy ra tại ba vùng: Mặt trong (lỗ giữa), hai mặt phẳng đầu, và mặt ngoài của hình trụ. Giả sử thời thuốc hình trụ có chiều dài L , bán kính ngoài R_o , và bán kính lõi trong R_i , diện tích bề mặt cháy ban đầu S (trong trường hợp chỉ cháy ở lõi trong và hai đầu) được tính theo công thức:

$$S = 2\pi R_i L + 2\pi(R_o^2 - R_i^2)$$

Trong đó:

- $2\pi R_i L$: Diện tích bề mặt bên trong (lỗ giữa);
- $2\pi(R_o^2 - R_i^2)$: Tổng diện tích hai mặt đầu của lõi (giả định cháy đối xứng hai đầu).

Nếu cả mặt ngoài cũng cháy (cấu hình cháy toàn phần), diện tích bề mặt cháy trở thành:

$$S = 2\pi R_0 L + 2\pi R_i L + 2\pi(R_0^2 - R_i^2)$$

Trong đó $2\pi R_0 L$ là diện tích mặt ngoài hình trụ.

Quy luật biến đổi áp suất và nhiệt độ trong buồng đốt ĐTR là kết quả bài toán thuật phóng trong đầy đủ xác định áp suất và nhiệt độ theo thời gian $p = p(\tau); T = T(\tau)$ [4]:

$$\begin{cases} \frac{dW_{td}}{d\tau} = Su; \frac{de}{d\tau} = u = u_1 p^v; \dot{m} = \frac{\varphi_2 A_k F_{th} p}{\sqrt{RT}}; \\ \frac{W_{td} p}{T} \frac{dT}{d\tau} = S \rho_T u R (\chi T_v - T) - (k-1) \dot{m} RT; \\ W_{td} \frac{dp}{d\tau} = S \rho_T u R \chi T_v - k \dot{m} RT - S p u. \end{cases}$$

Trong đó W_{td} là thể tích tự do của buồng đốt; S là diện tích bề mặt cháy; u là vận tốc cháy của thuốc phóng; $\dot{m}$ là lưu lượng đơn vị; F_{th} là diện tích tiết diện tới hạn của loa phụt; R là hằng số khí; ρ_T là mật độ thuốc phóng; χ là hệ số tổn thất nhiệt; k là chỉ số đoạn nhiệt, chỉ số đẳng entropy; T_v là nhiệt độ đẳng tích. Với các điều kiện đầu khi $t=0$:

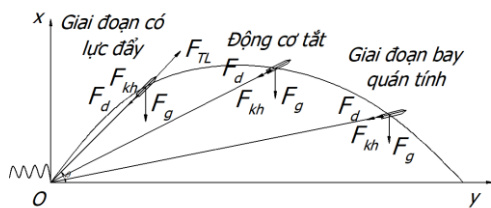
$$p = p_{0m}; W_{td} = W_{td0}; S = S_0; T = T_m.$$

Các tổn thất nhiệt coi như không đổi và được lấy trung bình cho toàn bộ quá trình làm việc của ĐTR theo phương trình:

$$\frac{dQ}{d\tau} = S u \rho_T c_v T_v (1 - \chi) = \text{const}$$

Tính toán thuật phóng ngoài ĐTR

Quỹ đạo tên lửa có 2 phần, phần chủ động khi tên lửa đang hoạt động (giai đoạn có lực đẩy) và phần bị động khi thuốc phóng cháy hết, động cơ tắt và rơi tự do (giai đoạn bay quán tính) như Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ động học và chuyển động của tên lửa

Hệ phương trình chuyển động của tên lửa có dạng như sau:

$$\begin{cases} m(t) = M_{HT} - \dot{m}t; \\ m(t) \frac{d}{dt} V(t) = F_{TL} - T_d - F_{kh} - F_g \sin \theta(t); \\ \frac{d}{dt} X(t) = V(t) \cos \theta(t); \frac{d}{dt} Y(t) = V(t) \sin \theta(t) \end{cases}$$

Trong đó: $m(t)$ là khối lượng hệ thống gồm tên

lửa và dây (M_{HT}), có tính đến phần thuốc phóng cháy hết theo thời gian ($\dot{m}t$).

F_{TL} là lực đẩy của tên lửa, duy trì trong thời gian thuốc phóng làm việc; T_d là lực kéo lại từ dây cứu hộ; F_{kh} là lực cản không khí; F_g là trọng lực.

$$F_{kh} = \frac{1}{2} C_D \rho V(t)^2 A$$

C_D là hệ số lực cản không khí; ρ là mật độ không khí; $V(t)$ là vận tốc tên lửa; A là diện tích cản - diện tích mặt cắt ngang của tên lửa vuông góc với phương chuyển động [8];

$X(t)$ và $Y(t)$ là tọa độ của tên lửa theo phương thẳng đứng và phương ngang. $\theta(t)$ là góc giữa trục tên lửa và phương ngang. Góc phóng là giá trị $\theta(t)$ tại thời điểm $t = 0$.

Gia tốc tên lửa được tính bằng công thức:

$$a(t) = \frac{F_{TL} - T_d - F_{kh}}{m(t)} - g \sin \theta(t).$$

3. Kết quả và thảo luận

Các thông số thiết kế của động cơ tên lửa

Các loại súng, thiết bị phóng dây mồi cứu hộ trên thị trường hiện nay thường có cự ly từ 70-150 (m). Nhiệm vụ là cần thiết kế hệ thống có cự ly bay khoảng 150m trở lên. Trước hết ta thiết kế ĐTR với buồng đốt và thuốc phóng hình trụ có các thông số như sau:

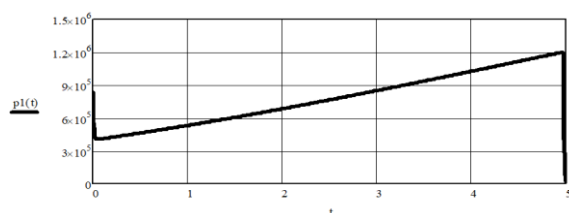
Bảng 1. Thông số thuốc phóng RSI-12M

Thông số thuốc phóng	Giá trị	Đơn vị
Đường kính trong	0,00675	m
Đường kính ngoài	0,018	m
Chiều dài	0,242	m
Mật độ thuốc phóng	1600	
Hằng số khí sản phẩm cháy	380	
Chỉ số đoạn nhiệt	1,25	
Nhiệt độ đẳng tích	2778	
Hệ số tổn thất nhiệt	0,98	

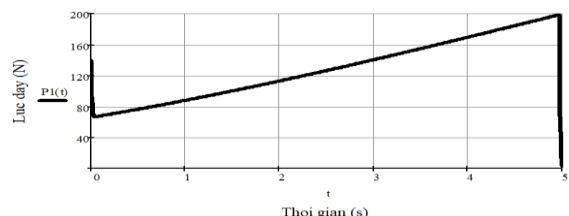
Bảng 2. Thông số buồng đốt ĐTR

Thông số buồng đốt	Giá trị	Đơn vị
Đường kính trong	0,0435	m
Chiều dài	0,3	m
Đường kính tới hạn loa phụt	0,012	m
Đường kính cửa ra loa phụt	0,015	m
Hệ số tổn thất loa phụt	0,99	

Kết quả bài toán thuật phóng trong thể hiện trên Hình 3 - 5. Từ đồ thị ta thấy áp suất lớn nhất trong buồng đốt ĐTR đạt khoảng 1,2Mpa, đồ thị áp suất sau thời điểm mồi cháy tăng dần theo thời gian, nguyên



Hình 3. Đồ thị áp suất trong buồng đốt ĐTR



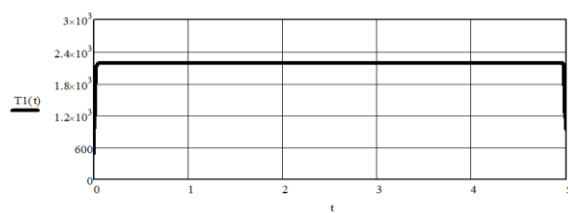
Hình 5. Đồ thị lực đẩy ĐTR

nhân do diện tích bề mặt cháy tăng dần. Nhiệt độ trong buồng đốt hầu như không đổi trong suốt quá trình cháy thuốc phóng và đạt khoảng 2180°K . Áp suất trung bình trong cả quá trình động cơ hoạt động là $0,77\text{Mpa}$, nhiệt độ trung bình là 2162°K . Đồ thị lực đẩy của ĐTR như Hình 5. Tổng xung lực của động cơ đạt khoảng 638N.s , lực đẩy trung bình của động cơ là 128N . Theo Hình 5, lực đẩy của tên lửa tăng dần từ khoảng 80N lên 200N sẽ không gây ra hiện tượng giật bất ngờ với dây mồi, giúp cho lực căng của dây tăng dần, không giật tên lửa làm thay đổi góc tấn.

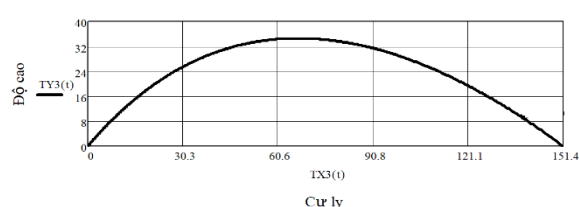
Tính toán quỹ đạo bay của hệ thống ĐTR kéo dây mồi cứu hộ. Các giai đoạn hoạt động của hệ thống ĐTR kéo dây mồi cứu hộ bao gồm: Giai đoạn phóng, tên lửa được phóng theo góc phóng 40° đến 45° từ giá phóng có ray dẫn hướng và được xác định phụ thuộc vào điều kiện của bài bắn. Giai đoạn rơi tự do: Sau khi động cơ ĐTR cháy hết, tên lửa tiếp tục bay lên dưới tác dụng của quán tính trong khoảng thời gian xác định (thời gian rơi tự do được xác định thông qua việc tối ưu hóa độ cao bay lớn nhất có thể đạt được của tên lửa).

Thông số dây mồi: Dây mồi có đường kính $0,8\text{mm}$, độ dài 200m với lực kéo tối đa $<500\text{N}$ (đảm bảo không đứt). Dây có lớp phủ PU chống thấm tốt, giúp không bị nước thấm tăng khối lượng khi rơi trên biển. Với thông số động cơ ĐTR và dây mồi cứu hộ như trên, theo kết quả tính toán bài toán thuật phóng ngoài, hệ thống có quỹ đạo bay với độ cao lớn nhất khoảng 35m , cự ly bay đạt khoảng 151m (Hình 6).

Từ đồ thị Hình 6 cho thấy quỹ đạo bay tên lửa ổn định, và có tầm xa hơn so với các súng phóng dây trên thị trường. Đối với các nhiệm vụ có tầm bắn xa hơn nữa, có thể tăng kích thước chiều dài thuốc phóng,



Hình 4. Đồ thị nhiệt độ trong buồng đốt ĐTR



Hình 6. Quỹ đạo bay của ĐTR kéo dây mồi

giúp tăng lực đẩy cho tên lửa.

Hình 6. Quỹ đạo bay của ĐTR kéo dây mồi cứu hộ. Thiết kế ĐTR kéo dây mồi đáp ứng yêu cầu cứu hộ hàng hải với ưu điểm là độ chính xác cao, triển khai nhanh. Dây mồi có đường kính nhỏ ($0,8\text{mm}$) và khối lượng nhẹ nhằm đảm bảo tầm bay xa và ổn định khi động cơ được tên lửa kéo đi. Đối với nhiệm vụ cần dây có khối lượng lớn hơn, sau khi dây mồi được kéo đến vị trí yêu cầu, dây chính có đường kính và độ bền lớn hơn sẽ được dây mồi kéo theo để thực hiện buộc kéo, cố định hoặc cung cấp thiết bị cứu hộ. Giải pháp này tương tự phương pháp "móc kéo từng bước" thường được áp dụng trong cứu hộ hàng hải, dây nhẹ dùng để dẫn dây nặng qua khoảng cách xa.

Kết quả đánh giá thiết kế ĐTR:

- Xây dựng thành công mô hình tính toán của hệ thống ĐTR kéo dây mồi cứu hộ hàng hải. Mô hình này được xây dựng dựa trên tổ hợp các phương trình cơ bản nhiệt động lực học, phương trình sinh áp suất, lực đẩy từ quá trình cháy nhiên liệu rắn, phương trình chuyển động của tên lửa, và ảnh hưởng của dây mồi đến động năng hệ thống. Kết quả bài toán thuật phóng trong giúp tính toán được sự thay đổi áp suất và nhiệt độ trong buồng đốt của ĐTR. Thông số tiết diện tới hạn của loa phụt có ảnh hưởng lớn tới áp suất của động cơ. Muốn thay đổi áp suất, lực đẩy ĐTR có thể thay đổi thông số tiết diện tới hạn loa phụt. Kết quả bài toán thuật phóng ngoài cho thấy quỹ đạo và cự ly bay của ĐTR phụ thuộc vào mối tương quan giữa lực đẩy, thời gian làm việc của động cơ, lực căng của dây mồi, và trọng lực của tên lửa, dây mồi.

- Để đánh giá độ chính xác và tính ứng dụng thực tế của mô hình, cần tiến hành so sánh giữa kết quả mô phỏng và dữ liệu thực nghiệm thu được từ các

đợt thử nghiệm bắn thật. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm: sai số về tầm bắn (ΔR), sai số về thời gian bay (Δt), và độ lệch quỹ đạo theo phương ngang (Δx). Nếu kết quả sai số trung bình của mô hình so với thực tế nằm trong khoảng 5-12%, thì được đánh giá là chấp nhận được trong điều kiện ảnh hưởng mạnh của gió biển và biến thiên trọng lượng dây kéo. Đặc biệt, mô hình cho khả năng dự báo chính xác xu hướng thay đổi tầm bắn theo các tham số thiết kế như góc phóng, khối lượng dây và lực đẩy ban đầu, từ đó hỗ trợ hiệu quả cho quá trình tối ưu hóa hình dáng vỏ thuốc, cấu hình tên lửa, cũng như lựa chọn vật liệu dây mồi.

- Một số ưu nhược điểm nổi trội so với súng bắn dây: Tên lửa sử dụng ĐTR có thể đạt tầm bay xa hơn đáng kể (150-300m), phù hợp với các tình huống cứu hộ tầm xa ngoài khơi, trong khi súng bắn dây thông thường chỉ hiệu quả trong khoảng dưới 70-150m. Tên lửa có khối lượng lớn hơn và vận tốc đầu cao hơn nên ít bị lệch hướng bởi gió biển. Súng bắn dây thường dùng khí nén hoặc thuốc phóng nhỏ, dễ bị gió làm sai lệch quỹ đạo. Mặc dù chi phí chế tạo ban đầu của hệ tên lửa cao hơn, nhưng hệ thống có thể được sản xuất loạt với độ tin cậy cao và bảo quản lâu dài mà không cần bảo dưỡng định kỳ như các thiết bị cơ khí, từ đó tối ưu chi phí trong dài hạn.

Kiến nghị về những vấn đề nghiên cứu tiếp theo

Trong các nghiên cứu tiếp theo, để tăng cường độ chính xác, mô hình tính toán này cần được mở rộng tích hợp các yếu tố phi tuyến như dao động dây trong không khí, biến thiên khối lượng khi kéo dây ở tốc độ cao, và ảnh hưởng của mô-men xoắn trong trường hợp tên lửa lệch trục.

4. Kết luận

1) Bài báo đã trình bày phương pháp nghiên cứu thiết kế ĐTR kéo dây mồi có thể ứng dụng phục vụ công tác cứu hộ hàng hải. Sử dụng phương pháp tính thuật phóng trong để tính toán áp suất, nhiệt độ trong buồng đốt cũng như lực đẩy của ĐTR, sử dụng phương pháp tính thuật phóng ngoài để tính toán quỹ đạo, cự ly bay của ĐTR;

2) Kết quả tính toán cho thấy, với các thông số thuốc phóng, kết cấu buồng đốt và loa phụt bài báo đề xuất như trên, buồng đốt ĐTR có áp suất làm việc trung bình là 0,77Mpa, nhiệt độ trung bình là 2162°K. Tổng xung lực của động cơ đạt khoảng 638N.s, lực đẩy trung bình của động cơ là 128N, cự ly bay của ĐTR đạt khoảng 151m;

3) Quá trình nghiên cứu cần tiếp tục bằng thử

ng nghiệm thực tế, có thể gia công chế tạo ĐTR với kích thước như bài báo đề xuất, bắn thử tính trên giá phóng thử nghiệm sử dụng đầu đo áp suất, nhiệt độ để đo áp suất, nhiệt độ trong buồng đốt động cơ. Bắn thử trên thực địa ĐTR kéo dây mồi để kiểm tra cự ly bay. Kết quả thử nghiệm thực tế so sánh với lý thuyết sẽ khẳng định được độ chính xác của phương pháp.

Việc nghiên cứu thiết kế ĐTR kéo dây mồi cứu hộ giúp đi sâu tìm hiểu, nắm vững nguyên lý hoạt động, đặc điểm thiết kế và công nghệ chế tạo của ĐTR không điều khiển nói chung và ĐTR kéo dây mồi nói riêng. Ngoài ra, đây cũng là cơ hội để xây dựng cơ sở lý thuyết vững chắc, từ đó có thể tiếp tục đưa ra các sáng kiến, giải pháp kỹ thuật, nhằm rút ngắn thời gian nghiên cứu giúp cho công tác thiết kế, chế tạo ĐTR tại Việt Nam được tốt hơn.

Lời cảm ơn

Bài báo này là nghiên cứu khảo sát thăm dò tại Viện Độ bền Nhiệt đới. Tác giả cảm ơn các Thủ trưởng Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga đã tạo điều kiện thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Орлов Б.В (1968). *Термодинамические и баллистические основы проектирования РДТТ, Машиностроение*, Москва, 1968, 536 стр.
[https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(00\)00030-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(00)00030-7).
- [2] Phạm Thế Phiệt (1995). *Lý thuyết động cơ tên lửa*. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 304tr.
- [3] Виноцкий А. М. (1973). *Ракетные двигатели на твердом топливе*. Учебное пособие для вузов. М. : Машиностроение, 346 с.
- [4] Đoàn Quý Hiếu, Lê Song Tùng, Hoàng Thế Dũng, Bùi Đình Tân, Trần Mạnh Tuấn (2014). *Nghiên cứu khảo sát các thông số dòng khí trong loa phụt ĐTR bằng phần mềm Ansys CFX*. Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân Sự. Số Đặc san CNTT (04), tr.148-154.
- [5] Đoàn Quý Hiếu, Lê Song Tùng, Hoàng Thế Dũng, Nguyễn Đức Thuận (2016). *Nghiên cứu tính toán ổn định chuyển động của đạn tuabin-phản lực không điều khiển trên đường bay*. Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân Sự. Số đặc san Tên lửa (09), tr.159-166.
- [6] Q. Li, G. qiang He, P. jin Liu, J. Li (2014). *Coupled Simulation of Fluid Flow and Propellant Burning Surface Regression in a Solid Rocket Motor*. Computers and Fluids, Vol.93, pp.146-152. DOI: 10.1016/j.compfluid.2014.01.028.

- [7] Nguyễn Thế Dũng, Phạm Thành Đồng, Lê Quang Quyền, Nguyễn Ngọc Bình, Lại Hợp Dũng, Nguyễn Ngọc Du, Mai Khánh, Đặng Ngọc Thanh, Nguyễn Lạc Hồng (2020), *Nghiên cứu tính toán thiết kế động cơ tầng 2 của tên lửa TV-02*, Tuyển tập Công trình Hội nghị khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc lần thứ 22, tr.189-198.
- [8] George M. Siouris (2004), *Missile Guidance and Control Systems*, Springer-Verlag New York, 666pp. Inc ISBN: 0-387-00726-1.

Ngày nhận bài:	01/07/2025
Ngày nhận bản sửa lần 1:	02/08/2025
Ngày nhận bản sửa lần 2:	07/08/2025
Ngày duyệt đăng:	08/08/2025