

Xây dựng mô hình thuật phóng trong của giàn phóng ngư lôi có ba buồng làm việc

Hoàng Văn Hùng^{1, 2*}, Phạm Thế Phiệt¹, Đàm Quang Sang¹,
Nguyễn Đức Long², Nguyễn Văn Hùng¹

¹Học Viện Kỹ thuật quân sự, Số 236 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

² Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Số 192 Đức Giang, Long Biên, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: hoanhhung.ipe95@gmail.com

Nhận bài: 03/7/2024; Hoàn thiện: 09/9/2024; Chấp nhận đăng: 18/9/2024; Xuất bản: 14/10/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.IPE.2024.212-219>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả xây dựng mô hình thuật phóng trong của hệ ngư lôi - giàn phóng có ba buồng làm việc. Dựa vào mô hình này, đã xác định được các đặc trưng thuật phóng như quy luật thay đổi của áp suất trong các buồng và vận tốc chuyển động của ngư lôi theo thời gian và quãng đường chuyển động trong ống phóng. Theo đó, buồng 1 là nơi chịu áp suất lớn nhất là 114 kG/cm², buồng 2 là 43 kG/cm², buồng 3 là 19,5 kG/cm², vận tốc ngư lôi khi ra khỏi miệng ống phóng là 37,2 m/s. Mô hình này cũng có thể được sử dụng để tính toán thiết kế liều phóng cho ngư lôi theo những yêu cầu chiến - kỹ thuật cụ thể.

Từ khoá: Thuật phóng trong; Ngư lôi; Buồng đốt; Giàn phóng.

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh hiện nay, bảo vệ chủ quyền biên giới và hải đảo là ưu tiên hàng đầu của Đảng, Nhà nước và Bộ Quốc phòng. Để nâng cao sức mạnh quân đội, đặc biệt là lực lượng Hải quân, Việt Nam đã đầu tư lớn vào trang bị hiện đại như tàu chiến cỡ lớn, tàu hộ vệ tên lửa và các vũ khí kèm theo,... Trong số các loại vũ khí trên tàu, ngư lôi là mối đe dọa lớn đối với bất cứ tàu chiến nào, vì thế, nhiều nước trên thế giới đang tập trung vào phát triển theo hướng tăng tầm bắn và độ chính xác. Hiện nay, trong nước đang nghiên cứu chế tạo liều phóng cho ngư lôi được bắn từ giàn phóng có 3 buồng làm việc. Đây là sản phẩm chế tạo mới, không theo mẫu do đó việc nghiên cứu đặc tính làm việc của liều phóng và ngư lôi nhằm hoàn thiện phương án thiết kế là vấn đề mang tính cấp thiết, cụ thể là xây dựng mô hình thuật phóng trong của ngư lôi trên giàn phóng có ba buồng làm việc.

Hiện nay, trong nước đã có những nghiên cứu về việc xây dựng mô hình thuật phóng trong cho các giàn phóng ngư lôi với hai buồng làm việc, cũng như mô hình thuật phóng trong của vũ khí khí động [3]. Tuy nhiên, đối với mô hình thuật phóng trong của giàn phóng ngư lôi 3 buồng làm việc, đây là một nghiên cứu mới do có thêm một buồng tích áp. Điều này làm cho quá trình nghiên cứu và xây dựng mô hình thuật phóng phức tạp hơn. So với hệ chỉ có 2 buồng làm việc, cần phải bổ sung các phương trình mô tả quá trình trao đổi khí của buồng đốt và ống phóng với buồng tích áp.

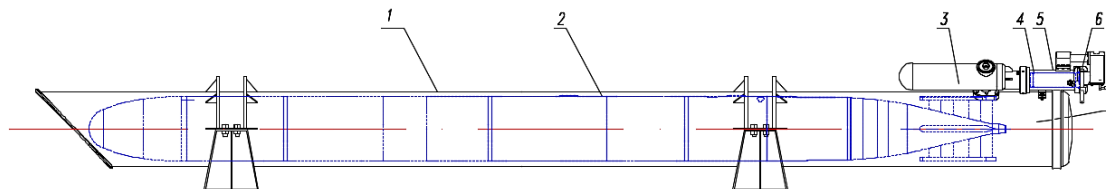
2. MÔ HÌNH BÀI TOÁN THUẬT PHÓNG TRONG CỦA GIÀN PHÓNG NGŨ LÔI CÓ BA BUỒNG LÀM VIỆC

2.1. Nguyên lý hoạt động của giàn phóng ngư lôi có ba buồng làm việc

Lúc chuẩn bị, ngư lôi (2) được nạp vào ống phóng (1) và được cố định chắc chắn nhờ cơ cấu hãm. Sau đó, các thông số hoạt động cần thiết theo từng loại ngư lôi sẽ được cài đặt bao gồm cơ cấu đặt hướng và cơ cấu đặt độ sâu v.v. Tiếp theo, liều phóng ngư lôi được lắp vào buồng 1.

Khi bắn, cơ cấu điểm hỏa (6) bao gồm nam châm điện và kim hỏa hoạt động để kích hoạt hai bộ lửa nằm ở phần cuối của liều phóng. Bộ lửa sau khi được kích hoạt sẽ đốt cháy liều mồi, từ đó mồi cháy liều thuốc phóng. Một phần nhỏ của khí thuốc theo các ống dẫn đi đến các đầu thu của cơ cấu đặt hướng, cơ cấu đặt độ sâu và cơ cấu hãm ngư lôi. Phần lớn khí thuốc còn lại qua loa phụt

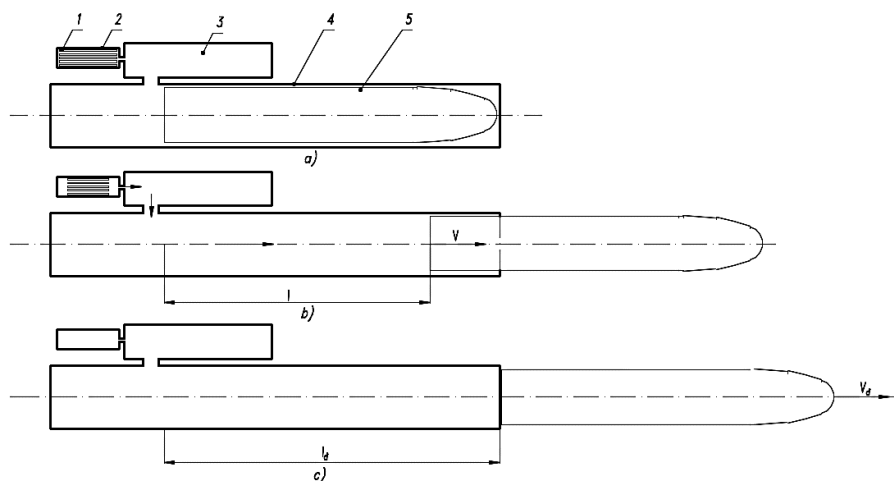
chảy sang buồng tích áp – buồng 2 (3). Khi buồng tích áp đạt áp suất đủ lớn thì màng áp suất bị phá vỡ, cho phép khí thuốc chảy sang ống phóng – buồng 3 (1). Khi áp suất trong ống phóng lớn hơn áp tổng đạn thì ngư lôi (2) bắt đầu chuyển động và đạt tốc độ lớn nhất khi rời khỏi ống phóng.



Hình 1. Hệ thống giàn phóng ngư lôi có 3 buồng làm việc:
1 – Ống phóng; 2 – Ngư lôi; 3 – Buồng tích áp; 4 – Liều phóng;
5 – Buồng đốt (buồng 1); 6 – Cơ cấu điểm hỏa; 7 – Buồng 3.

2.2. Các giai đoạn quá trình phóng ngư lôi trong giàn phóng có ba buồng làm việc

Các giai đoạn quá trình phóng ngư lôi trong giàn phóng có ba buồng làm việc được biểu diễn ở hình 2.



Hình 2. Các giai đoạn quá trình phóng ngư lôi trong giàn phóng có ba buồng làm việc
a) Tại thời điểm $t=0$; b) Tại thời điểm t ; c) Thời điểm ngư lôi bắt đầu ra khỏi ống phóng.

1 - Liều phóng; 2 - Buồng đốt; 3 - Buồng tích áp; 4 - Ống phóng; 5 - Ngư lôi.

- Giai đoạn 1: Bộ lửa làm việc mỗi cháy liều mỗi, liều mỗi cháy tạo áp suất trong buồng đốt khoảng 60 kG/cm^2 đồng thời mỗi cháy toàn bộ liều phóng và làm bung nắp liều phóng.

- Giai đoạn 2: Liều phóng cháy tạo ra khí thuốc, khí thuốc từ buồng đốt chảy sang buồng tích áp. Khi khí thuốc điền đầy buồng tích áp thì khí thuốc chảy sang ống phóng.

- Giai đoạn 3: Tại thời điểm t , khi áp suất tại buồng 3 đạt áp suất tổng đạn $p_{td} = 9 \text{ kG/cm}^2$ thì ngư lôi bắt đầu chuyển động.

- Giai đoạn 4: Thời điểm ngư lôi rời khỏi ống phóng thì vận tốc ngư lôi đạt lớn nhất với sơ tốc v_d . (không tính giai đoạn tác dụng sau cùng của khí thuốc).

3. MÔ HÌNH TOÁN HỌC THUẬT PHÓNG TRONG CỦA GIÀN PHÓNG NGƯ LÔI CÓ BA BUỒNG LÀM VIỆC

3.1. Các giả thiết chính

- Thuốc mỗi cháy tức thì, đảm bảo mỗi cháy tin cậy tất cả các bề mặt cháy của thuốc phóng áp suất khí thuốc trong buồng 1 tại thời điểm $t = 0$ bằng áp suất mỗi ($p_1 = p_{môi}$);

- Thuốc phóng cháy theo quy luật hình học với tốc độ cháy tuân theo quy luật hàm số mũ: $u = u_1 p^v$ [2];
- Toàn bộ liều thuốc cháy trong điều kiện môi trường có áp suất như nhau và bằng áp suất trong buồng 1 (p_1);
- Thành phần sản phẩm cháy không thay đổi trong suốt thời gian làm việc;
- Tại thời điểm áp suất khí thuốc trong buồng 3 đạt giá trị áp suất tổng đạn ($p_3 = p_{td}$), ngư lôi bắt đầu chuyển động;
- Ống phóng khí bắn ở trạng thái nằm ngang. Ngư lôi chuyển động dưới tác dụng của áp suất trung bình trong buồng 3 (p_3);
- Năng lượng khí thuốc dùng để nâng trục chính của cơ cấu đặt hướng, cơ cấu đặt độ sâu và cữ chặn của các bộ hãm là không đáng kể so với năng lượng liều phóng sinh ra trong quá trình cháy.

3.2. Các phương trình vi phân thuật phóng trong của giàn phóng ngư lôi có ba buồng làm việc

3.2.1. Ký hiệu các đại lượng

- V_{01}, V_{02}, V_{03} lần lượt là thể tích ban đầu các buồng 1, 2, 3;
- V_1, V_2, V_3 lần lượt là thể tích tự do của buồng 1, 2, 3;
- F_{12}, F_{23} lần lượt là diện tích lỗ thông khí giữa các buồng 1 và 2, buồng 2 và 3;
- m, P_{td}, φ lần lượt là khối lượng ngư lôi, áp suất tổng đạn, hệ số tính công thứ yếu;
- v, l lần lượt là tốc độ và quãng đường chuyển động của ngư lôi trong ống phóng;
- ω, ρ_T lần lượt là khối lượng và mật độ thuốc phóng;
- e_1, e lần lượt là bề dày cháy ban đầu của thuốc phóng, bề dày thuốc cháy;
- S là diện tích bề mặt cháy của liều phóng;
- $T_1, \alpha, R, k, c_v, c_p$ lần lượt là nhiệt độ cháy, cộng tích, hằng số khí, nhiệt dung đẳng tích và đẳng áp của khí thuốc;
- u, u_1, v, k_T, K_W lần lượt là tốc độ cháy và các hệ số trong biểu thức tốc độ cháy (u);
- $T_{bd}, T_{bd.c}$ lần lượt là nhiệt độ ban đầu của thuốc phóng và nhiệt độ ban đầu tiêu chuẩn;
- $\omega_{m0i}, f_{m0i}, p_{m0i}$ lần lượt là khối lượng, lực thuốc phóng của thuốc môi, áp suất môi;
- $m_{sk,t}$ là lượng khí sinh ra sau thời gian t của quá trình cháy;
- $m_{trd.12}, m_{trd.23}$ lần lượt là lượng khí trao đổi giữa các buồng 1-2, 2-3;
- φ_2 là hệ số tổn thất lưu lượng khí;
- $K_0(k)$ là hàm của chỉ số mũ đoạn nhiệt của khí thuốc;
- $I_{rd.12}, I_{rd.23}$ lần lượt là entanpi trao đổi của khí giữa các buồng 1-2, 2-3;
- m_1, m_2, m_3 lần lượt là khối lượng khí trong các buồng 1, 2, 3;
- T_{k1}, T_{k2}, T_{k3} lần lượt là nhiệt độ khí thuốc trong các buồng 1, 2, 3;
- p_1, p_2, p_3 lần lượt là áp suất khí thuốc trong các buồng 1, 2, 3.

3.2.2. Các phương trình mô tả hiện tượng bắn

3.2.2.1. Trong buồng 1

- Phương trình cháy và tạo khí của liều phóng [1]:

$$\frac{de}{dt} = \begin{cases} 0 & \text{khi } e > e_1 \\ u & \text{khi } 0 < e \leq e_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{dm_{sk.1}}{dt} = Su\rho_T \quad (2)$$

Trong đó: $u = f(p)f_1(T_{bd})\varphi(w_{kh})$; Hàm $f(p) = u_1 p^v$ mô tả quy luật tốc độ cháy theo áp suất; Hàm $f_1(T_{bd}) = [1 - k_T(T_{bd} - T_{bd.c})]^{-1}$ mô tả hệ số ảnh hưởng của nhiệt độ tới tốc độ cháy; Hàm $\varphi(w_{kh}) = 1 + k_w w_{kh}^2$ mô tả ảnh hưởng xói mòn do dòng khí trên bề mặt thổi thuốc.

- Phương trình biểu diễn lưu lượng trao đổi khí giữa buồng 1 và buồng 2 [1-3]:

+ Khi $p_1 \geq p_2$ (khí cháy từ buồng 1 vào buồng 2):

$$\dot{m}_{trd.12} = \begin{cases} \frac{\varphi_2 K_0(k) F_{12} p_1}{\sqrt{RT_{k1}}} & khi \quad 1 \leq \frac{p_1}{p_2} \geq k_{gh} = \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}} \\ \frac{\varphi_2 F_{12} p_1}{\sqrt{RT_{k1}}} \cdot \sqrt{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right] & khi \quad 1 \leq \frac{p_1}{p_2} < k_{gh} \end{cases} \quad (3a)$$

Trong đó, $K_0(k) = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{2k}{k+1}}$ là hàm của chỉ số mũ đoạn nhiệt.

+ Khi $p_1 < p_2$ (khí cháy từ buồng 2 vào buồng 1):

$$\dot{m}_{trd.12} = \begin{cases} -\frac{\varphi_2 K_0(k) F_{12} p_2}{\sqrt{RT_{k2}}} & khi \quad 1 \leq \frac{p_2}{p_1} \geq k_{gh} \\ -\frac{\varphi_2 F_{12} p_2}{\sqrt{RT_{k2}}} \cdot \sqrt{k-1} \left[\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right] & khi \quad 1 \leq \frac{p_2}{p_1} < k_{gh} \end{cases} \quad (3b)$$

- Phương trình bảo toàn khối lượng khí trong buồng 1 [3]:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_{sk.1} - \dot{m}_{trd.12} \quad (4)$$

- Phương trình bảo toàn năng lượng trong buồng 1 [1-4]:

$$dQ = dU + \sum dL \rightarrow \frac{dT_{k1}}{dt} = \frac{1}{m_1} \left(T_{c1} \cdot \frac{dm_{sk.1}}{dt} - T_{k1} \frac{dm_1}{dt} - \frac{1}{c_v} \cdot \frac{dI_{trd.12}}{dt} \right) \quad (5)$$

Trong đó:

$$1 \leq \frac{p_1}{p_F} < k_{gh}$$

$$dU = d(m_1 \cdot c_v \cdot T_{k1}) = c_v (dm_1 \cdot T_{k1} + m_1 dT_{k1})$$

$$\sum dL = dI_{trd.12} = \begin{cases} dm_{trd.12} \cdot c_p \cdot T_{k1} & khi \quad p_1 \geq p_2 \\ dm_{trd.12} \cdot c_p \cdot T_{k2} & khi \quad p_1 < p_2 \end{cases}$$

- Phương trình trạng thái khí trong buồng 1 [1-3]:

$$p_1 \cdot V_1 = m_1 RT_{k1} \rightarrow p_1 = \frac{m_1 RT_{k1}}{V_1} \quad (6)$$

Trong đó: $V_1 = V_{01} - \frac{\omega - m_{sk1}}{\rho_T} - \alpha \cdot m_1$.

3.2.2.2. Trong buồng 2

- Phương trình biểu diễn lưu lượng trao đổi khí giữa buồng 2 và buồng 3:

+ Khi $p_2 \geq p_3$ (khí chảy từ buồng 2 vào buồng 3):

$$\dot{m}_{trd.23} = \begin{cases} \frac{\varphi_2 K_0(k) F_{23} p_2}{\sqrt{RT_{k2}}} & khi \ 1 \leq \frac{p_2}{p_3} \geq k_{gh} \\ \frac{\varphi_2 F_{23} p_2}{\sqrt{RT_{k2}}} \cdot \sqrt{\frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} & khi \ 1 \leq \frac{p_2}{p_3} < k_{gh} \end{cases} \quad (7a)$$

+ Khi $p_2 < p_3$ (khí chảy từ buồng 3 vào buồng 2):

$$\dot{m}_{trd.23} = \begin{cases} -\frac{\varphi_2 K_0(k) F_{23} p_3}{\sqrt{RT_{k3}}} & khi \ 1 \leq \frac{p_3}{p_2} \geq k_{gh} \\ -\frac{\varphi_2 F_{23} p_3}{\sqrt{RT_{k3}}} \cdot \sqrt{\frac{2k}{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_3} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_3} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} & khi \ 1 \leq \frac{p_3}{p_2} < k_{gh} \end{cases} \quad (7b)$$

- Phương trình bảo toàn khối lượng khí trong buồng 2:

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_{trd.12} - \dot{m}_{trd.23} \quad (8)$$

- Phương trình bảo toàn năng lượng trong buồng 2 [1-4]:

$$dQ = dU + \sum dL \rightarrow \frac{dT_{k2}}{dt} = \frac{1}{m_2} \left(\frac{1}{c_v} \cdot \frac{dI_{trd.12}}{dt} - T_{k2} \frac{dm_2}{dt} - \frac{1}{c_v} \cdot \frac{dI_{trd.23}}{dt} \right) \quad (9)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} dQ &= dI_{trd.12} \\ dU &= d(m_2 \cdot c_v \cdot T_{k2}) = c_v (dm_2 T_{k2} + m_2 dT_{k2}) \\ \sum dL &= dI_{trd.23} = \begin{cases} dm_{trd.23} \cdot c_p \cdot T_{k2} & khi \ p_2 \geq p_3 \\ dm_{trd.23} \cdot c_p \cdot T_{k3} & khi \ p_2 < p_3 \end{cases} \end{aligned}$$

- Phương trình trạng thái khí trong buồng 2:

$$p_2 V_2 = m_2 R T_{k2} \rightarrow p_2 = \frac{m_2 R T_{k2}}{V_2} \quad (10)$$

Trong đó: $V_2 = V_{02} - \alpha \cdot m_2$.

3.2.2.3. Trong buồng 3

- Phương trình bảo toàn khối lượng khí trong buồng 3:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_{trd.23} \quad (11)$$

- Phương trình bảo toàn năng lượng trong buồng 3:

$$dQ = dU + \sum dL \rightarrow \frac{dT_{k3}}{dt} = \frac{1}{m_3} \left(\frac{1}{c_v} \cdot \frac{dI_{trd.23}}{dt} - T_{k3} \frac{dm_3}{dt} - \frac{1}{c_v} \varphi m v \frac{dv}{dt} \right) \quad (12)$$

Trong đó:

$$dQ = dI_{trd.23} = \begin{cases} dm_{trd.23} \cdot c_p \cdot T_{k2} & \text{khi } p_2 \geq p_3 \\ dm_{trd.23} \cdot c_p \cdot T_{k3} & \text{khi } p_2 < p_3 \end{cases}$$

$$dU = d(m_3 \cdot c_v \cdot T_{k3}) = c_v (dm_3 \cdot T_{k3} + m_3 \cdot dT_{k3})$$

$$\sum dL = d \frac{\varphi m v^2}{2} = \varphi m v dv$$

- Phương trình trạng thái khí trong buồng 3 [1-4]:

$$p_3 V_3 = m_3 R T_{k3} \rightarrow p_3 V_3 = \frac{m_3 R T_{k3}}{V_3} \quad (13)$$

Trong đó: $V_3 = V_{03} + S_n l - \alpha \cdot m_3$.

- Phương trình chuyển động của ngư lôi [1, 3]:

$$\frac{dv}{dt} = \begin{cases} 0 & \text{khi } p_3 \leq p_{td} \\ \frac{S_n p_3}{\varphi m} & \text{khi } p_3 > p_{td} \end{cases} \quad (14)$$

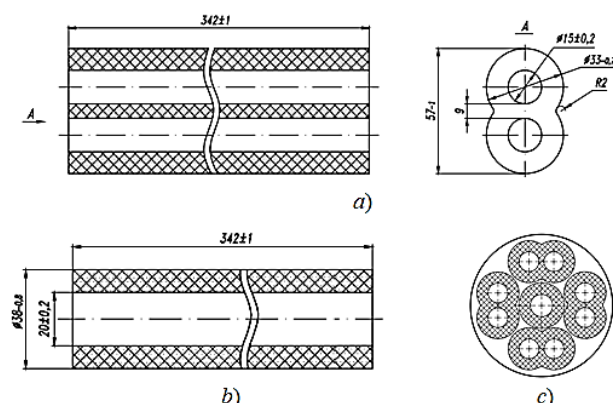
$$\frac{dl}{dt} = v \quad (15)$$

4. GIẢI BÀI TOÁN THUẬT PHÓNG TRONG CỦA GIÀN PHÓNG NGƯ LÔI CÓ BA BUỒNG LÀM VIỆC

4.1. Các tham số đầu vào của bài toán thuật phóng trong

Hệ các phương trình (1)-(15) được giải theo phương pháp số trên Matlab dùng để xác định các đặc trưng thuật phóng trong của giàn phóng ngư lôi có ba buồng làm việc. Các điều kiện ban đầu là: $t = 0$; $p_1 = p_{moi}$; $e = e_1$; $S = S_0$; $m_{sk} = m_{sk.0}$; $m_1 = m_{sk.0}$; $m_2 = m_{2.0}$; $m_3 = m_{3.0}$; $m_{trd.12} = 0$; $m_{trd.23} = 0$; $T_{k1} = T_{k1.0}$; $T_{k2} = 293K$; $T_{k3} = 293K$; $v = 0$; $l = 0$.

Liều phóng ngư lôi được thiết kế gồm 4 thỏi thuốc hình số 8 và 1 thỏi thuốc hình trụ. Với kính thước và hình dạng và cách bố trí như hình 3:

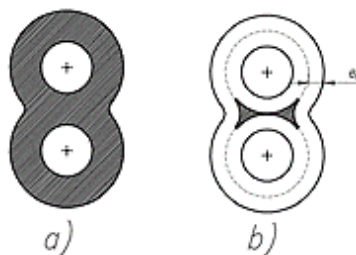


Hình 3. Cấu tạo liều phóng:

a) Thỏi thuốc hình số 8; b) thỏi thuốc hình trụ; c) cách sắp xếp trong liều phóng.

Quy luật cháy của các thỏi thuốc phóng:

- Thời thuốc hình trụ cháy không đổi trong suốt quá trình, cháy theo quy luật hình học với bề dày cháy $2e_1 = 9 \text{ mm}$. Tốc độ cháy tuân theo quy luật hàm số mũ: $u = u_1 p^v$.
- Thời thuốc phóng hình số 8 cháy theo 2 giai đoạn (hình 4):
 - + Giai đoạn 1: Cháy định diện theo quy luật hình học với bề dày cháy $2e_1 = 9 \text{ mm}$.
 - + Giai đoạn 2: Tại thời điểm t thời thuốc phóng hình số 8 cháy hết với bề dày cháy $2e_1 = 9 \text{ mm}$. Phân rã thành 2 mảnh như hình b và tiếp tục cháy giảm diện cho đến khi hết hoàn toàn.



Hình 4. Mô tả quá trình cháy của thời hình số 8:

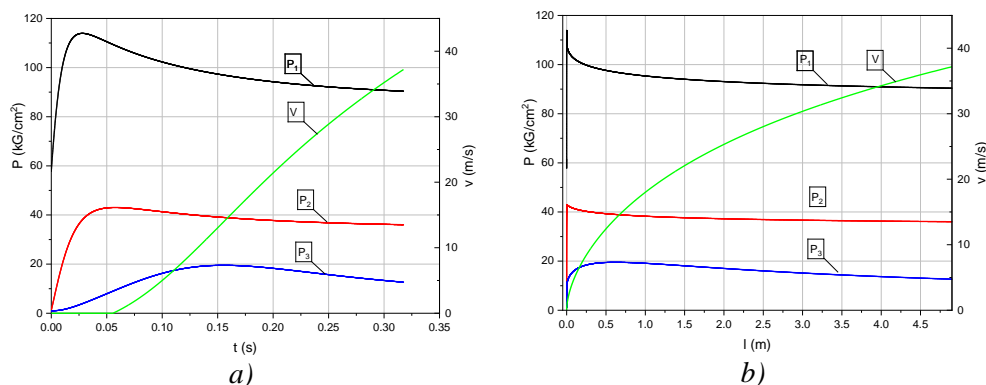
a) Thời điểm $t=0$ bắt đầu giai đoạn 1; b) Kết thúc giai đoạn 1, bắt đầu giai đoạn 2.

Để chứng minh độ tin cậy của mô hình thuật phóng trong vừa xây dựng, tác giả tiến hành xác định đặc trưng thuật phóng trong đối với hệ ngư lôi - giàn phóng có ba buồng làm việc có các thông số đầu vào tham khảo từ một loại ngư lôi trong thực tế: Khối lượng thuốc phóng trong liều phóng $\omega = 3000 \text{ g}$; Thể tích ban đầu của buồng 1 $V_{01} = 4,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; Diện tích tiết diện ngang lỗ loa phụt 12 $F_{12} = 1,146 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$; hệ số mũ đoạn nhiệt $k = 1,22$; Hệ số cộng tích khí thuốc $\alpha = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$; Lực thuốc phóng $f = 884.000 \text{ J/kg}$; Nhiệt độ cháy của thuốc phóng $T_{c1} = 2600^\circ\text{C}$ [5]; Khối lượng riêng của thuốc phóng $\rho_T = 1590 \text{ kg/m}^3$; Hệ số tốc độ cháy $u_1 = 1,37 \cdot 10^{-6} \text{ m/s/Pa}^v$; Chỉ số mũ trong quy luật tốc độ cháy $v = 0,56$; Hệ số tổn hao khi dòng khí chảy qua lỗ thông giữa các buồng $\varphi_2 = 0,98$; Hằng số khí thuốc $R = 340 \text{ J/(kg.K)}$; hệ số trong biểu thức hàm xói mòn $k_w = 15 \cdot 10^{-6} \text{ s}^2/\text{m}^2$; Áp suất môi thuốc phóng $p_{môi} = 60 \text{ kG/cm}^2$; Thể tích ban đầu của buồng 2 $V_{02} = 24,49 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; Diện tích tiết diện lỗ thông giữ buồng 2 với buồng 3 $F_{23} = 2,884 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$; Thể tích ban đầu của buồng 3 $V_{03} = 438,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; Khối lượng của ngư lôi $m = 2330 \text{ kg}$; Tiết diện ngang của ngư lôi $S_n = 22,43 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$; Quãng đường chuyển động của ngư lôi trong ống phóng $l = 4,91 \text{ m}$; Áp suất tổng đạn $p_{td} = 9 \text{ kG/cm}^2$; Hệ số tính công thứ yếu $\varphi = 1,0$.

4.2. Kết quả tính toán bài toán thuật phóng trong

Dựa trên đồ thị quy luật thay đổi áp suất khí thuốc trong buồng 1, buồng 2 và buồng 3 theo thời gian (hình 4), ta nhận thấy áp suất khí thuốc trong buồng 1 tăng rất nhanh từ $p_{môi} = 60 \text{ kG/cm}^2$ đến giá trị lớn nhất $p_{1max} = 113,9 \text{ kG/cm}^2$ tại thời điểm $t = 0,028 \text{ s}$, cùng lúc đó xảy ra quá trình trao đổi dòng khí giữa buồng 1 và buồng 2 qua loa phụt. Tại thời điểm $t = 0,0556 \text{ s}$, áp suất buồng 2 đạt giá trị lớn nhất $p_{2max} = 43,0 \text{ kG/cm}^2$, đồng thời tại thời điểm đó áp suất tại buồng 3 là $p_3 = 9 \text{ kG/cm}^2$ đạt áp suất tổng đạn thì ngư lôi bắt đầu chuyển động, ngư lôi chuyển động nên khoảng không gian sau ngư lôi tăng cùng với đó thể tích tự do tại buồng 3 tăng nhưng do vận tốc chuyển động của ngư lôi trong giàn phóng nhỏ hơn rất nhiều so với tốc độ trao đổi khí giữ buồng 2 và buồng 3, do đó áp suất của buồng 3 tiếp tục tăng và đạt giá trị lớn nhất $p_{3max} = 19,5 \text{ kG/cm}^2$ tại thời điểm $t = 0,1556 \text{ s}$. Quá trình cháy tiếp tục xảy ra đến thời điểm $t = 0,3175 \text{ s}$ thì ngư lôi đi ra khỏi ống phóng.

Dựa trên đồ thị quy luật thay đổi vận tốc của ngư lôi trong giàn phóng theo thời gian (hình 5), ta nhận thấy ở giai đoạn đầu ngư lôi chưa chuyển động do áp suất khí thuốc ở buồng 3 chưa đạt áp suất tổng đạn, ở $t = 0,0556 \text{ s}$ ngư lôi bắt đầu chuyển động và đạt vận tốc lớn nhất $v_{max} = 37,20 \text{ m/s}$ tại thời điểm $t = 0,3175 \text{ s}$ cũng là thời điểm cuối hành trình chuyển động của ngư lôi trong lòng ống phóng.



Hình 5. Kết quả tính toán bài toán thuật phóng trong:

a) Đồ thị quy luật áp suất khí thuốc trong buồng 1, buồng 2 và buồng 3 và vận tốc ngư lôi theo thời gian; b) Đồ thị quy luật áp suất khí thuốc trong buồng 1, buồng 2 và buồng 3 và vận tốc ngư lôi theo quãng đường chuyển động của ngư lôi trong lòng ống phóng.

5. KẾT LUẬN

Mô hình thuật phóng trong được xây dựng đã phản ánh đầy đủ các quá trình xảy ra trong giàn phóng ngư lôi có ba buồng làm việc. Với các giả thiết và tham số đầu vào của bài toán thì kết quả tính toán ra được áp suất buồng 1 là nơi chịu áp suất lớn nhất là 114 kg/cm^2 , buồng 2 là 43 kg/cm^2 , buồng 3 là $19,5 \text{ kg/cm}^2$, vận tốc ngư lôi khi ra khỏi miệng ống phóng là $37,20 \text{ m/s}$. Mô hình này có thể được sử dụng để xác định các thông số của liều phóng mới như mức thuốc phóng, hình dạng và kích thước các thỏi thuốc phóng, khối lượng liều phóng để đáp ứng yêu cầu chiến kỹ thuật đề ra (áp suất cho phép của các buồng làm việc, sơ tốc của ngư lôi,...).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Thế Phiệt, “Các cơ sở vật lý của hiện tượng bắn”, NXB Quân đội nhân dân, (2001).
- [2]. Nghiêm Xuân Trình, “Thuật phóng trong”, Học viện Kỹ thuật quân sự, (2015).
- [3]. Phạm Thế Phiệt, “Mô hình nhiệt động – thuật phóng của súng tự động kiểu trích khí”. Tạp chí Khoa học và kỹ thuật số 152, Học viện Kỹ thuật quân sự, (2013).
- [4]. Đàm Quang Sang, “Nguyên lý tính toán và thiết kế liều phóng”, NXB Quân đội Nhân dân, (2013).
- [5]. Phạm Thế Phiệt, “Lý thuyết động cơ tên lửa”, Học viện Kỹ thuật quân sự, (1995).
- [6]. CHEN Zong-yang, “Interior ballistic simulation of Italian B512 torpedo launch”, International Conference on Sensors and Instruments (2021).
- [7]. Xu Qin-chao, “Interior ballistic modeling and test of a push-pull cylinder type torpedo launcher” (2019).

ABSTRACT

Developing an internal ballistic model for the torpedo launchers with three working cavities

The paper presents the scientific basis for developing an internal ballistic model for the torpedo launching system with three working cavities. Based on this model, characteristics of the launch process, such as the pressure variation in each compartment and the torpedo's velocity over time, have been determined. Specifically, Compartment 1 has the highest pressure of 114 kg/cm^2 , Compartment 2 has 43 kg/cm^2 , and Compartment 3 has $19,5 \text{ kg/cm}^2$. The torpedo's velocity upon exiting the launch tube is $37,20 \text{ m/s}$. This model can also be used to calculate the propellant charge for torpedoes according to specific operational and technical requirements.

Keywords: Torpedo; Internal ballistics; Combustion chamber; Launcher.