

## Mô hình thuật phóng trong súng, pháo thông thường sử dụng thuốc phóng thuần hóa

Trần Văn Doanh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Cao Lâm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Học viện Kỹ thuật quân sự, Số 236 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

<sup>2</sup>Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, Số 28A Điện Biên Phủ, Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam.

\*Email: tranvandoanh@gmail.com

Nhận bài: 15/7/2024; Hoàn thiện: 16/9/2024; Chấp nhận đăng: 18/9/2024; Xuất bản: 14/10/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.IPE.2024.204-211>

### TÓM TẮT

Trên cơ sở mô hình thuật phóng trong súng, pháo thông thường, bài báo bổ sung ảnh hưởng của chất thuần hóa đến quy luật tốc độ cháy của thuốc phóng để có được mô hình thuật phóng trong sử dụng thuốc phóng thuần hóa. Đã tiến hành giải mô hình này trên máy tính với kết cấu đạn K56 sử dụng thuốc phóng thuần hóa và bán thành phẩm chưa thuần hóa, có sự so sánh với kết quả thực nghiệm. Qua đó cho thấy, mô hình thuật phóng trong đề xuất có thể ứng dụng được khi tính toán thuật phóng súng pháo thông thường có sử dụng thuốc phóng thuần hóa. Các kết quả tính toán từ mô hình có thể giúp định hướng điều chỉnh chế độ công nghệ thuần hóa thuốc phóng nhằm đạt được tính năng thuật phóng.

**Từ khóa:** Thuốc phóng thuần hóa; Mô hình thuật phóng trong; Ảnh hưởng của thuần hóa.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mục đích sử dụng thuốc phóng thuần hóa làm điều hòa đường cong áp suất, tăng hệ số sử dụng thể tích lòng nòng súng, pháo, từ đó cho phép nâng cao sơ tốc đầu đạn và động năng miệng nòng trong điều kiện áp suất khí thuốc lớn nhất xác định [1, 4, 5].

Sự có mặt của các chất thuần hóa trong thành phần thuốc phóng khiến tốc độ cháy của nó suy giảm. Như vậy, lớp thuốc phóng ngoài có tốc độ cháy thấp hơn các lớp thuốc phóng phía trong [6].

Hiệu quả sử dụng thuốc phóng thuần hóa thể hiện ở sự so sánh với sử dụng thuốc phóng không thuần hóa: trong điều kiện áp suất khí thuốc lớn nhất như nhau, lượng tăng sơ tốc đầu đạn có thể đến (7-9)%, khối lượng thuốc phóng tăng thêm đến (20-30)%; hoặc giảm áp suất khí thuốc lớn nhất (12-15)% khi sơ tốc đầu đạn như nhau.

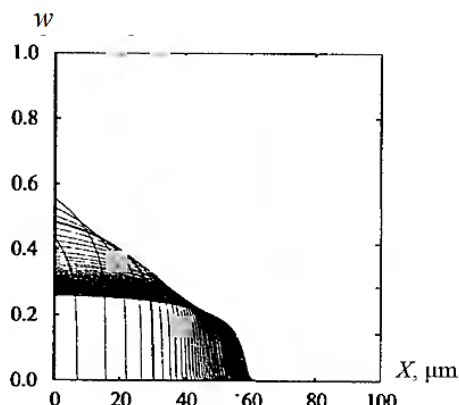
Hiện tại, việc tính toán các thông số thuật phóng cho đạn dùng thuốc phóng thuần hóa nhờ các mô hình nhiệt động học rất phức tạp [6], không tương thích với các mô hình thuật phóng trong đang sử dụng. Một mô hình thuật phóng trong của súng, pháo sử dụng thuốc phóng thuần hóa là rất cần thiết trong tính toán, thiết kế hệ thống vũ khí, đạn cũng như giúp định hướng điều chỉnh chế độ công nghệ chế tạo thuốc phóng thuần hóa để đạt được yêu cầu thuật phóng.

### 2. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH TOÁN THUẬT PHÓNG TRONG SÚNG, PHÁO THÔNG THƯỜNG SỬ DỤNG THUỐC PHÓNG THUẦN HÓA

#### 2.1. Biểu thức hệ số tốc độ cháy của thuốc phóng thuần hóa

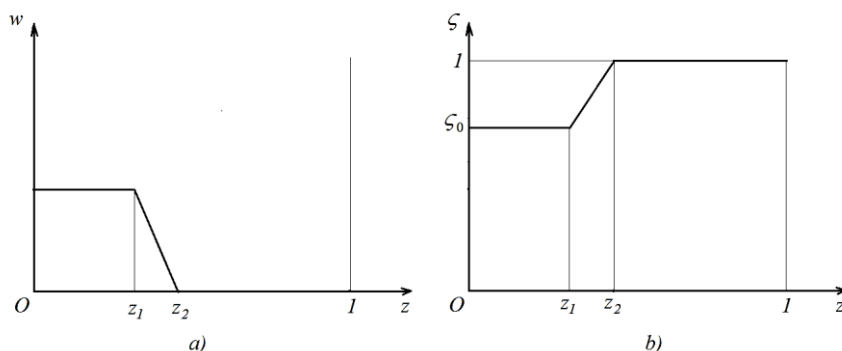
Bản chất quá trình thuần hóa là sự khuếch tán chất thuần hóa từ bề mặt vào sâu bên trong hạt thuốc phóng, đồng thời xảy ra mối liên kết hóa học giữa chất thuần hóa với hệ nitroxelulo tạo hợp chất bền vững. Khi cho tiếp xúc dung dịch chất thuần hóa với thuốc phóng sẽ phát sinh dòng khuếch tán và hình thành vùng tan lẫn của các cấu tử hay còn gọi là vùng khuếch tán. Tốc độ của dòng này khuếch tán một chiều này được xác định bằng gradient thể hóa của chất thuần hóa và hệ số động học.

Kết quả tính toán mô phỏng khuếch tán chất thuần hóa thể hiện trên hình 1 [6].



**Hình 1.** Biểu đồ mô phỏng biến thiên nồng độ tương đối  $w$  và chiều sâu thẩm chất thuần hóa  $X$  (mỗi bước tính 200 s, trong quá trình 300 phút).

Hình 1 thể hiện biểu đồ tính toán nồng độ chất thuần hóa theo pháp tuyến bề mặt hạt thuốc phóng cách quãng 200 s trong khoảng thời gian 300 phút đối với một loại thuốc phóng trong điều kiện xác định. Từ đó, một cách gần đúng cho rằng đồ thị nồng độ chất thuần hóa theo chiều sâu thẩm thấu là một hình thang vuông và độ giảm tốc độ cháy tỷ lệ với nồng độ chất thuần hóa (hình 2).



**Hình 2.** Đường giả thiết nồng độ chất thuần hóa (a) và hệ số giảm tốc độ cháy (b) theo chiều sâu tương đối  $z$ .

Giả thiết rằng, nồng độ chất thuần hóa tỷ lệ với hệ số tốc độ cháy của thuốc phóng. Khi đó, biểu thức hệ số tốc độ cháy của thuốc phóng theo bề dày cháy như sau:

$$u_1 = \zeta u_{1,0} \quad (1)$$

Trong đó:

$u_{1,0}$  - Hệ số tốc độ cháy thuốc phóng chưa thuần hóa;

$u_1$  - Hệ số tốc độ cháy thuốc phóng thuần hóa;

$\zeta$  - Hệ số suy giảm tốc độ cháy do chất thuần hóa, có biểu thức:

$$\zeta = \begin{cases} \zeta_0 & \text{khi } z \leq z_1 \\ \zeta_0 + \frac{1-\zeta_0}{z_2-z_1}(z-z_1) & \text{khi } z_1 < z < z_2 \\ 1 & \text{khi } z \geq z_2 \end{cases} \quad (2)$$

$z$  - Chiều sâu tương đối tính từ bề mặt hạt thuốc,  $z = \frac{e}{e_1}$ ;

$e$  - Chiều sâu tính từ bề mặt hạt thuốc;

$e_1$  - Nửa bề dày cháy của thuốc phóng;

$z_1 = \frac{e_{z1}}{e_1}$ ,  $z_2 = \frac{e_{z2}}{e_1}$  là các đặc trưng thấm sâu chất thuần hóa;

$e_{z1}$  - Bề dày lớp bề mặt thuốc phóng tẩm chất thuần hóa hàm lượng không đổi;

$e_{z2}$  - Bề dày lớp bề mặt thuốc phóng tẩm chất thuần hóa.

Các giá trị  $e_{z1}$ ,  $e_{z2}$  có thể được xác định bằng tính toán hoặc thực nghiệm đo trên mặt cắt hạt thuốc phóng. Giá trị  $\zeta_0$  được xác định bằng thực nghiệm từ thí nghiệm bom đo áp hoặc xạ thuật (với súng thí nghiệm tiêu chuẩn). Luôn có:  $\zeta_0 \leq 1$ , thuốc phóng không thuần hóa:  $\zeta_0 = 1$ .

## 2.2. Mô hình toán thuật phóng trong súng, pháo thông thường sử dụng thuốc phóng thuần hóa

Kế thừa mô hình thuật phóng trong súng pháo thông thường hiện có [1, 4, 5], bổ sung giả thiết về sự thay đổi hệ số tốc độ cháy thuốc phóng tại vùng thuần hóa trên hạt thuốc phóng theo biểu thức (1).

### Hệ thống giả thiết

1. Trong thời kỳ sơ bộ, thuốc phóng cháy trong điều kiện đẳng tích, đạn chỉ bắt đầu chuyển động khi áp suất khí thuốc lớn hơn áp suất tổng đạn  $p_0$ .

2. Thuốc phóng cháy và đạn chuyển động đều thực hiện dưới áp suất trung bình trong toàn không gian trong lòng nòng, sau đáy đạn.

3. Tất cả các công làm súng, pháo, thuốc phóng chuyển động, công lực ma sát, công làm đạn chuyển động quay, tổn thất nhiệt,... tính vào công làm đầu đạn chuyển động tịnh tiến thông qua hệ số tăng nặng cho đầu đạn hay là hệ số tính công thứ yếu.

4. Thuốc phóng cháy tuân theo quy luật hình học.

5. Bỏ qua tổn thất nhiệt, hoặc hiệu chỉnh tổn thất nhiệt vào lực thuốc phóng.

6. Các đặc trưng hình dạng và thuật phóng của thuốc phóng, các đặc trưng của khí thuốc đều giữ không đổi. Riêng hệ số tốc độ cháy thuốc phóng thuần hóa theo bề dày cháy tương đối theo biểu thức (1).

### Hệ phương trình thuật phóng trong

Hệ phương trình biểu diễn các quá trình xảy ra khi bắn trên súng pháo thông thường bằng thuốc phóng thuần hóa của thời kỳ thứ nhất, thứ hai như sau:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz}{dt} &= \zeta \frac{p}{I_k} \\ \psi &= \begin{cases} \chi z(1 + \lambda z + \mu z^2), & \text{khi } z = [0, 1] \\ \psi_s + \chi_2(z-1)[1 + \lambda_2(z-1)], & \text{khi } z = (1, z_k] \end{cases} \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{Sp}{\varphi m} \\ \frac{dl}{dt} &= v \\ p &= \frac{f_{moi} \omega_{moi} + f \omega \psi - \frac{k-1}{2} \varphi m v^2}{W_0 - (1-\psi) \frac{\omega}{\delta} - \omega \psi \alpha - \omega_{moi} \alpha_{moi} + Sl} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Trong đó:

$t$  - Thời gian, s;

$v$  - Vận tốc của đạn trong nòng súng, pháo, m/s;

$l$  - Quãng đường chuyển động của đạn trong nòng súng, pháo, m;

$p$  - Áp suất khí thuốc trong buồng đốt (áp suất thuật phóng), Pa;

$W_0$  - Thể tích buồng đốt ban đầu, m<sup>3</sup>;

$S$  - Diện tích tiết diện lòng nòng, m<sup>2</sup>;

$m, \omega$  - Khối lượng đạn và khối lượng thuốc phóng, kg;

$\delta$  - Mật độ thuốc phóng, kg/m<sup>3</sup>;

$I_k = \frac{e_1}{u_{1,0}}$  - Xung lượng áp suất của khí thuốc trong thời gian thuốc phóng chưa thuần hóa cháy;

$f, f_{moi}$  - Lực thuốc phóng và lực thuốc môi, J/kg;

$\alpha, \alpha_{moi}$  - Lượng cộng tích của khí thuốc phóng và khí thuốc môi, m<sup>3</sup>/kg;

$\varphi$  - Hệ số tính công thứ yếu,  $\varphi = a + b \frac{\omega}{m}$ ,  $a, b$  là các hệ số.

Điều kiện đầu tích phân hệ phương trình (3):

$$t = t_0 = 0, v = 0, l = 0, p = p_0, \psi = \psi_0 = \frac{W_0 - \frac{1}{\delta} - \frac{\omega_{moi}}{\omega} \left( \alpha_{moi} - \frac{f_{moi}}{p_0} \right)}{\frac{f}{p_0} - \frac{1}{\delta} + \alpha},$$

$z = z_0$ , với  $z_0$  là nghiệm của phương trình:  $\psi_0 = \chi z_0 (1 + \lambda z_0 + \mu z_0^2)$ , được xác định bằng giải gần đúng. Trong trường hợp  $\mu = 0$ , giá trị  $z_0$  có thể xác định theo biểu thức:

$$z_0 = \frac{\sqrt{1 + 4 \frac{\lambda}{\chi} \psi_0} - 1}{2\lambda} = \frac{\sqrt{1 + 4\lambda(\lambda + 1)\psi_0} - 1}{2\lambda} \quad (4)$$

Hiện nay, hệ (3) chỉ có thể giải bằng phương pháp tích phân số.

### 3. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ $\zeta_0$ VÀ $z_1$ CỦA THUỐC PHÓNG THUẦN HÓA TỪ KẾT QUẢ BẮN THỰC NGHIỆM

Bán thành phẩm thuốc phóng thuần hóa thường có các kích thước như thuốc phóng thành phẩm (đã thuần hóa). Nạp bán thành phẩm vào đạn thử nghiệm, tiến hành bắn trên các nòng chuẩn và đo các thông số áp suất khí thuốc và sơ tốc đầu đạn. Dùng mô hình thiết lập ở trên lập, tiến hành tính toán xác định hệ số  $a$  (của biểu thức hệ số tính công thứ yếu  $\varphi$ ) và thông số  $I_k$  từ các thông số thực nghiệm trên.

Nạp thuốc phóng thuần hóa vào đạn thử nghiệm, tiến hành bắn trên các nòng chuẩn (như đã thực hiện với bán thành phẩm) và đo các thông số áp suất khí thuốc và sơ tốc đầu đạn. Tiếp tục sử dụng mô hình thiết lập, tính toán khớp kết quả bắn đo áp suất để tìm ra các giá trị  $\zeta_0$  (với  $z_1 = 1$ ), sau đó, tính toán khớp kết quả bắn đo sơ tốc đầu đạn để tìm được giá trị  $z_1$ .

Minh họa tính toán cho kết cấu đạn 7,62 × 39 mm nạp thuốc phóng 2/1TH trong quá trình chế thử loạt “O” [2]. Các thông số của hệ súng đạn như trong bảng 1.

**Bảng 1.** Các thông số súng và đạn  $7,62 \times 39 \text{ mm}$  [1, 2, 7].

Thông số	Giá trị
Cỡ súng $d$ , m	$7,62 \cdot 10^{-3}$
Diện tích tiết diện lòng nòng $S$ , $\text{m}^2$	$0,48 \cdot 10^{-4}$
Thể tích buồng đốt $W_0$ , $\text{m}^3$	$1,86 \cdot 10^{-6}$
Quãng đường chuyển động lớn nhất của đạn trong nòng $l_d$ , m	0,495
Khối lượng đầu đạn $m$ , kg	$7,92 \cdot 10^{-3}$
Áp suất tổng đạn $p_0$ , MPa	39,4

Bán thành phẩm nạp vào đạn để bắn có các thông số trong bảng 2:

**Bảng 2.** Các thông số thuật phóng của bán thành phẩm 2/1TH [2].

Thông số	Giá trị
Nhiệt lượng cháy, kCal/kg	988,2
Khối lượng thuốc phóng $\omega$ , kg	$0,48 \cdot 10^{-4}$
Lực thuốc phóng $f$ , MJ/kg	1,000
Cộng tích $\alpha$ , $\text{m}^3/\text{kg}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Mật độ thuốc phóng $\delta$ , $\text{kg}/\text{m}^3$	1640
Các đặc trưng hình dạng của thuốc phóng	$\chi$ : 1,17 $\mu$ : 0
Áp suất khí thuốc trung bình nhóm bắn (đo bằng Crusher) $p_{m.TB}$ , $\text{kG}/\text{cm}^2$	2461
Vận tốc đạn $v_{25TB}$ , m/s	667

Tiến hành tính toán với mô hình thiết lập (với  $\zeta_0 = 1$ ), xác định được giá trị  $I_k = 123,65 \text{ kPa.s}$  và  $a = 1,207$  cùng đồ thị trên hình 3.

Lưu ý, trong các tính toán ở đây, độ lớn áp suất được quy ra giá trị sẽ thu được khi đo bằng phương pháp trụ đồng (thiết bị Crusher) [3]:

$$\begin{cases} p_{Pie} = 1,181 \times p_{Cru} - 12,82 & \text{khi } p_{Cru} = (100 \div 330) \text{ MPa} \\ p_{Pie} = 1,248 \times p_{Cru} - 32,45 & \text{khi } p_{Cru} = (330 \div 400) \text{ MPa} \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó:  $p_{Cru}$  - Áp suất có thể đo được bằng đầu đo trụ đồng (Crusher);  $p_{Pie}$  - Áp suất có thể đo được bằng đầu đo áp điện (Piezo) cùng đơn vị MPa.

Bán thành phẩm đầu lô “O” nạp vào đạn để bắn có các thông số trong bảng 3.

**Bảng 3.** Các thông số thuật phóng của thuốc phóng thuần hóa mẫu CT02-17 [2].

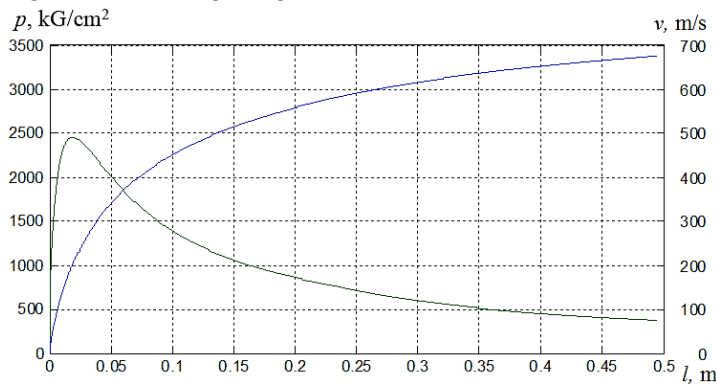
Thông số	Giá trị
Nhiệt lượng cháy, kCal/kg	913,2
Khối lượng thuốc phóng $\omega$ , kg	$1,66 \cdot 10^{-3}$
Lực thuốc phóng $f$ , MJ/kg	1,000
Cộng tích $\alpha$ , $\text{m}^3/\text{kg}$	$1,24 \cdot 10^{-3}$
Mật độ thuốc phóng $\delta$ , $\text{kg}/\text{m}^3$	1620
Các đặc trưng hình dạng của thuốc phóng	$\chi$ : 1,17 $\mu$ : 0
Áp suất khí thuốc trung bình nhóm bắn (đo bằng Crusher) $p_{m.TB}$ , $\text{kG}/\text{cm}^2$	2506
Vận tốc đạn $v_{25TB}$ , m/s	718,6

Giải bài toán thuật phóng ngoài, xác định được  $v_0 = 742,5 \text{ m/s}$ , từ đó:  $v_d = 728,0 \text{ m/s}$ . Tiến hành tính toán với mô hình thiết lập, nhận được các giá trị:  $\zeta_0 = 0,653$  và  $z_I = 0,294$  cùng đồ thị trên hình 4.

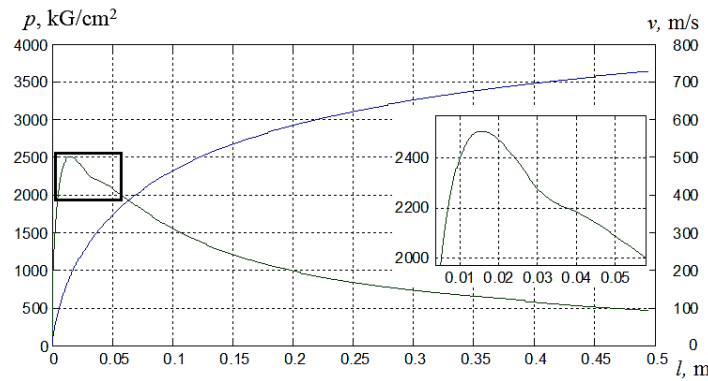
Trên đường cong áp suất của hình 4, có thể quan sát thấy các điểm uốn sau vị trí áp suất lớn nhất do sự thay đổi giá trị tốc độ cháy theo các biểu thức (1), (2).

Tính toán cũng chỉ ra thời điểm áp suất khí thuốc đạt giá trị lớn nhất, bề dày thuốc phóng cháy tương đối là  $z_m = 0,216$ . Giá trị này nhỏ hơn đáng kể so với  $z_1 = 0,294$ , có nghĩa là độ thâm sâu chất thuần hóa của mẫu thuốc khá lớn.

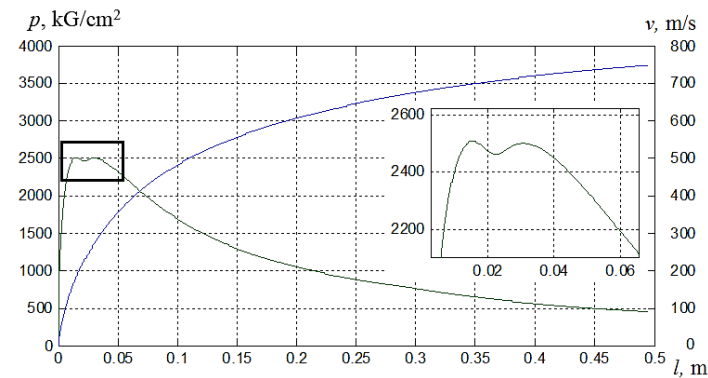
Giảm độ thâm sâu xuống, vận tốc rời nòng của đạn sẽ tăng lên trong khi áp suất khí thuốc lớn nhất không thay đổi. Tuy nhiên, nếu độ thâm sâu giảm quá một mức nào đó, áp suất khí thuốc lớn nhất lại tăng lên. Như vậy, sẽ tồn tại độ thâm sâu tối ưu cho tốc độ rời nòng lớn nhất mà áp suất khí thuốc vẫn không bị đẩy lên. Trong tính toán trên, độ thâm sâu  $z_1 = 0,243$  là giá trị tối ưu (hình 5), ở đó áp suất khí thuốc lớn nhất không thay đổi ( $2506 \text{ kG/cm}^2$ ) nhưng vận tốc rời nòng  $v_d$  đạt  $748,7 \text{ m/s}$ , tăng  $20,7 \text{ m/s}$  ( $2,8\%$ ). Trên hình 5, có thể thấy tồn tại hai cực đại của áp suất khí thuốc, ở trường hợp tối ưu giá trị của chúng bằng nhau.



**Hình 3.** Đường cong thuật phóng đạn nạp bán thành phẩm.



**Hình 4.** Đường cong thuật phóng đạn nạp thuốc phóng thuần hóa mẫu CT-02-17.



**Hình 5.** Đường cong thuật phóng đạn nạp thuốc phóng thuần hóa giảm thâm sâu.

Đề đạt sơ tốc như của mẫu CT-02-17, chỉ cần nạp 1,624 gam (giảm 2,2%), trong khi đỉnh áp suất chỉ là 2339 kG/cm<sup>2</sup> (giảm 9,3%).

Nhận thấy, mẫu CT-02-17 cần nhồi nhiều thuốc so với thuốc phóng БУФЛ và Z2/1 (1,59 gam), nguyên nhân là mẫu CT-02-17 cháy chậm hơn. Trong công đoạn thuần hóa, cần tìm cách tăng  $\zeta_0$  (giảm nồng độ chất thuần hóa ở vùng thuần hóa) và đạt  $z_1$  phù hợp. Kết quả tính toán bằng mô hình thiết lập với các giá trị  $\zeta_0$  khác nhau cho các kết quả như trên bảng 4.

**Bảng 4.** Các phương án thuật phóng của thuốc phóng thuần hóa.

$\zeta_0$	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
$z_1$	0,245	0,248	0,251	0,254	0,257
$\omega$ , gam	1,650	1,635	1,621	1,607	1,593
$p_m$ , kG/cm <sup>2</sup>	2509	2507	2508	2508	2507
$v_d$ , m/s	747,2	744,3	742,0	739,5	736,9

Trên bảng 4, các phương án đều có khả năng đạt vận tốc cần thiết ( $v_d = 728,0$  m/s) cho dù độ thấm sâu có thể lớn hơn giá trị chỉ ra trong bảng. Phương án  $\zeta_0 = 0,70$  có khối lượng thuốc nạp vào đạn tương đương với các mẫu thuốc phóng БУФЛ và Z2/1.

#### 4. ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH ĐỀ XUẤT

Tiến hành các tính toán với mô hình cho thuốc phóng 2/1TH lô “O” [2]. Các thông số của bán thành phẩm đầu lô và lô “O” trong đồng, nên lấy các thông số thuật phóng của bán thành phẩm đầu lô để tính cho thuốc phóng lô “O”.

**Bảng 5.** Các thông số thuật phóng của thuốc phóng 2/1TH lô “O” trong đạn K56T [2].

Thông số	Giá trị
Nhiệt lượng cháy, kCal/kg	913,7
Khối lượng thuốc phóng $\omega$ , kg	$1,63 \cdot 10^{-3}$
Lực thuốc phóng $f$ , MJ/kg	1,000
Cộng tích $\alpha$ , m <sup>3</sup> /kg	$1,24 \cdot 10^{-3}$
Mật độ thuốc phóng $\delta$ , kg/m <sup>3</sup>	1604
Các đặc trưng hình dạng của thuốc phóng	$\chi$ : 1,17 $\mu$ : 0
Áp suất khí thuốc trung bình nhóm bắn (đo bằng Crusher) $p_{m.TB}$ , kG/cm <sup>2</sup>	2556
Vận tốc đạn $v_{25TB}$ , m/s	719,5

Các tính toán trên mô hình đề xuất với các số liệu trong bảng 5 xác định được các thông số thuần hóa của thuốc phóng:  $\zeta_0 = 0,677$  và  $z_1 = 0,299$ .

Tiếp theo, tính toán với đạn K56XG, từ kết cấu đạn xác định được:  $m = 7,88$  gam;  $W_0 = 1,92$  cm<sup>3</sup>, kết quả ghi trong bảng 6. Trong các tính toán ở đây,  $a = 1,25$  (một phần hệ số tính công thứ yếu) là thông số khớp.

**Bảng 6.** Thông số thuật phóng đạn K56XG nạp thuốc phóng 2/1TH lô “O”.

Thông số	$\omega = 1,68$ gam			$\omega = 1,70$ gam		
	Tính toán	Thực nghiệm [2]	Sai lệch, %	Tính toán	Thực nghiệm [2]	Sai lệch, %
$p_{m.TB}$ , kG/cm <sup>2</sup>	2754	2.727	0,99	2.868	2.883	-0,52
$v_d$ , m/s	744,9	-	-	755,7	-	-
$v_0$ , m/s	759,8	-	-	770,8	-	-
$v_{25TB}$ , m/s	733,5	731,8	0,23	744,3	740,5	0,51

Số liệu trong bảng 6 cho thấy, kết quả tính toán sai lệch với số liệu thực nghiệm trong khoảng 1%. Điều này khẳng định, mô hình thuật phóng trong đề xuất tin cậy.

## 5. KẾT LUẬN

1. Mô hình thuật phóng trong súng, pháo thông thường thiết lập cho thuốc phóng thuần hóa phản ánh được các quy luật thuật phóng và lý giải được hiệu quả sử dụng thuốc phóng thuần hóa. Với sai lệch giữa tính toán so với thực nghiệm dưới 1% cho thấy mô hình đề xuất khả dụng.

2. Đặc trưng cho thuốc phóng thuần hóa về cấu tạo là nồng độ chất thuần hóa trong thuốc phóng và chiều sâu thắm, tương ứng về mặt thuật phóng là hai thông số  $\zeta_0$  và  $z_1$ . Giá trị của các thông số này có thể xác định được từ các kết quả bắn thực nghiệm. Chúng cũng là các đích hướng tới của các điều chỉnh thành phần thuốc phóng và quy trình thuần hóa.

3. Nồng độ chất thuần hóa ở lớp ngoài hạt thuốc càng lớn, càng nhồi được nhiều thuốc phóng, càng tăng vận tốc của đạn tại đầu nòng (bảng 4); với mỗi giá trị  $\zeta_0$  tồn tại giá trị tối ưu của chiều sâu thắm  $z_1$  cho vận tốc của đạn tại đầu nòng lớn nhất, chiều sâu thắm càng lớn hơn giá trị này thì vận tốc của đạn tại đầu nòng giảm đi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nghiêm Xuân Trinh, Nguyễn Quang Lượng, Nguyễn Trung Hiếu, Ngô Văn Quảng. “*Thuật phóng trong*”. Học viện KTQS, (2015).
- [2]. Nguyễn Cao Lâm và cộng sự. Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu đề tài “*Nghiên cứu chế tạo và sản xuất loạt “O” thuốc phóng 2/1TH dùng cho liều phóng bộ đạn 7,62mm K56*”. (2019).
- [3]. Trần Bá Tấn, Trần Văn Doanh. “*Về một cách chuyển đổi kết quả đo áp suất khí thuốc*”. Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật số 156. Học viện KTQS, trang 67-73, (2013).
- [4]. В.Ф. Захаренков. “*Баллистическое проектирование орудий и импульсных метательных установок*”. Учебное пособие. Санкт-Петербург 2000 г.
- [5]. М.Е. Серебряков. “*Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет*”, Оборонгиз, Москва, (1962).
- [6]. Ю.М. Михайлов, Н.М. Ляпин и др. “*Сферические пороха*”. Институт прблема химической физики РАН, (2003).
- [7]. Коломыйцев А.В. и др. “*Патроны к стрелковому оружию*”. Харьков, (2003).

## ABSTRACT

### **Interior ballistic model of guns using deterred propellant**

*Based on the interior ballistic model of conventional guns and artillery, the paper supplements the influence of deterred characteristics on the law of the burning rate of propellant to obtain an interior ballistic model of conventional guns using deterred propellant. The model has been solved on the computer with the K56 cartridges using deterred propellant and semi-finished products of deterred propellant. The calculation has been compared with experimental results. Thereby, it shows that the proposed model can be applied when calculating the interior ballistic of conventional artillery guns using deterred propellant. The calculation results from the model can be useful in adjusting the technology process to meet the requirements of deterred propellant.*

**Keywords:** Deterred propellant; Interior ballistic model; Influence of deterred characteristics.