

## Khảo sát đặc tính tầm bắn của tên lửa MK4-70MM - Mỹ khi phóng trên ống phóng tự tạo

Surveying the characteristic of US MK4-70MM rocket's firing range  
on a self-propelled launcher tube

Trần Quốc Trình<sup>1,\*</sup>, Vũ Thị Huệ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Học viện Kỹ thuật Quân sự

<sup>2</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\* Email: [nguyenminhphu9793@gmail.com](mailto:nguyenminhphu9793@gmail.com)

Mobile: 01672509793

---

### Tóm tắt

#### Từ khóa:

Tên lửa MK4- 2.75"; Thuật phóng trong; Thuật phóng ngoài; Áp suất.

Bài báo trình bày phương án phóng tên lửa MK4 - 70 mm của Mỹ trên ống phóng tự tạo. Ban đầu khảo sát các đặc tính cấu tạo và thuật phóng, tiến hành tính toán thuật phóng trong, thuật phóng ngoài cho tên lửa. Bài báo cũng đã xây dựng được đồ thị áp suất khí thuốc trong buồng đốt động cơ tên lửa. Với bảng bắn sơ bộ ta có thể lựa chọn góc phóng tên lửa phù hợp với cự ly cần phóng. Tác giả bài báo đã giải quyết được vấn đề kỹ thuật khả học búa hiện nay là hướng sử dụng lượng tên lửa 70mm còn tồn đọng sau chiến tranh, với cách tự tạo ống phóng và trang bị nó cho các khu vực phòng thủ ven biển, đảo hoặc nhà dân DK thì sức chiến đấu của bộ đội tăng lên rõ rệt.

---

### Abstract

#### Keywords:

MK4-70mm rocket; Interior ballistic; Ballistic, Pressure.

This paper presents a method of launching the MK4, an US rocket, on a self-propelled launcher. First, we describe the structural features and ballistics, and calculate the interior and external ballistic calculations. The chart of gas pressure in the combustion chamber of the rocket is also established. The rocket's appropriate launch angles for the launching distances can be chosen from the base shot table. The paper has shown a method to solve the comparatively challenging problem of utilizing the MK4 rockets through making the self-propelled tube for them, then equipping them to coastal defense areas, islands of DK rigs to significantly increase the fighting power of the army.

---

Ngày nhận bài: 01/8/2018

Ngày nhận bài sửa: 10/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

---

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tên lửa MK4-70mm của Mỹ là loại tên lửa nhiên liệu rắn, cỡ nhỏ, không điều khiển mà ta thu được sau khi giành thắng lợi năm 1975, loại tên lửa này có lịch sử phát triển 70-80 năm với nhiều biến thể khác nhau và hiện nay cỡ 70mm vẫn đang được ưa chuộng sử dụng [5]. Với số lượng đạn còn khá lớn, mà máy bay dùng để phóng tên lửa này thì không có do vậy có thể tự tạo

---

ống phóng đạn và dùng giá ba chân để tạo thành dàn phóng trang bị cho bộ binh kiểu mang vác phòng thủ hay tấn công [4]. Số tên lửa này hiện cất giữ bảo quản ở các kho phía Nam và chưa có kế hoạch sử dụng. Một số đã bị hư hỏng do thời gian quá lâu nên đã tiến hành tiêu hủy, một số khác vẫn còn chất lượng khá tốt, các tính chất thuật phóng vẫn đảm bảo độ tin cậy và có thể sử dụng được nếu được bảo dưỡng, hoán cải mang lại hiệu quả giúp bộ đội nâng cao khả năng sẵn sàng chiến đấu. Bằng cách dùng giá ba chân có sẵn, lắp thêm ống phóng và thiết bị ngắm, dùng cuộn dây bắn với máy điều hòa hoàn toàn có thể tạo một thiết bị phóng tin cậy và an toàn. Phần thiết kế ống phóng tự tạo và giá ba chân được tham khảo tài liệu [5]. Một trong số các loại tên lửa 70mm-Mỹ được minh họa trên hình 1 là loại MK4, phần đầu đạn và ngòi được minh họa trên hình 2.



Hình 1. Loại tên lửa MK4-70mm - Mỹ



Hình 2. Phần chiến đầu và ngòi của tên lửa MK 4

## 2. TÍNH TOÁN MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG THUẬT PHÓNG CHO TÊN LỬA 70mm - MỸ

### 2.1. Thành lập hệ phương trình vi phân

Theo [1, 3]: quy luật thay đổi của áp suất khí thuộc theo thời gian  $p(t)$  được xác định từ phương trình cân bằng khối lượng khí tại mỗi thời điểm: Lưu lượng sinh khí bằng tổng lưu lượng phụt khí qua loa phụt và biến thiên lượng khí lưu lại trong buồng đốt.

$$\dot{m}_+ = \dot{m}_- + \dot{m} \quad (1)$$

Trong đó:  $\dot{m}_+$ : Lưu lượng sinh khí;  $\dot{m}_-$ : Lưu lượng phụt khí qua loa phụt;  $\dot{m}$ : Biến thiên lượng khí lưu lại tại buồng đốt trong mỗi thời điểm.

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt}$$

$$\text{Lưu lượng sinh khí: } \dot{m}_+ = S.u.\rho_T \quad (2)$$

$$\text{Lưu lượng phụt khí: } \dot{m}_- = \frac{\varphi_2 \cdot K_0(x) \cdot F_{th} \cdot p}{\sqrt{\chi_n \cdot R \cdot T_0}} \quad (3)$$

Trong đó:  $S$  - Diện tích bề mặt cháy;  $u$  - Tốc độ cháy của thuốc phóng;  $\rho_T$  - Mật độ thuốc phóng;  $\rho_T = 1580(kg / m^3)$ ;  $\varphi_2$  - Tỷ số thất lưu lượng,  $\varphi_2 = 0,98$ ;  $K_0(k)$  - Hàm chỉ số mũ đoạn nhiệt:

$$K_0(k) = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{2k}{k+1}} \quad (4)$$

$F_{th}$  - Diện tích tiết diện tới hạn của loa phụt;  $R$  - Hằng số khí.

Biến thiên khí thuốc lưu lại trong buồng đốt tại mỗi điểm được xác định bằng phương trình trạng thái:

$$P.V = m.\chi_n.R.T_0 \quad (5)$$

Trong đó:  $V$  - Thể tích khí chiếm chỗ trong buồng đốt tại thời điểm khảo sát  $t$ ;  $m$  - Khối lượng khí trong buồng đốt.

Khi đó biểu thức xác định  $m$  có dạng:

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{dm}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{p.V}{\chi_n.R.T_0} \right) = \frac{1}{RT_0} \frac{d}{dt} \left( \frac{p.V}{\chi_n} \right) \\ &= \frac{1}{\chi_n RT_0} \left( p^*V + pV^* - pV \frac{1}{\chi_n} \frac{d\chi}{dt} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó: 
$$V^* = \frac{dV}{dt} = S.u \quad (7)$$

Thay các biểu thức (2), (3), (4) vào biểu thức (1), biến đổi và cuối cùng nhận được quy luật thay đổi áp suất theo thời gian  $p(t)$ :

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{1}{V} \left[ \left( \varphi_2.K_0(k).F_{th}.\sqrt{\chi_n.f_0} + S.U - V.\chi_1 \right).p - S.U.\chi_n.f_0.\rho_T \right] \quad (8)$$

Trong đó:  $f_0 = R.T_0$  - Lực thuốc phóng đẳng áp;

$$\chi_1 = \frac{1}{\chi_n} \frac{d\chi_n}{dt} \quad (9)$$

$V$  - Thể tích tự do của khí tại mỗi thời điểm:

$$V = V_k - \frac{\omega}{\rho_T} (1 - \psi) \quad (10)$$

$V_k$  - Thể tích buồng đốt;  $\omega$  - Khối lượng của thuốc phóng.

Quy luật thay đổi của tỷ số thất nhiệt  $\chi_n$  trong buồng đốt có thể viết dưới dạng:

$$\frac{d\chi_n}{dt} = \frac{d}{dt} \left( 1 - \frac{a}{1+b\psi} \right) = -\frac{a \frac{d}{dt} (1+b\psi)}{(1+b\psi)^2} = \frac{ab}{(1+b\psi)^2} \frac{d\psi}{dt} \quad (11)$$

Quy luật thay đổi của lượng thuốc phóng cháy tương đối  $\psi$  có dạng:

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{\rho_T \cdot S \cdot u}{\omega} \quad (12)$$

Từ các phương trình trên (9), (10), (11), (12), ta có hệ phương trình vi phân xác định các quy luật thay đổi theo thời gian của áp suất  $p(t)$ , lượng thuốc phóng cháy tương đối  $\psi(t)$ , tổn thất nhiệt trong buồng đốt  $\chi_n(t)$ .

Khi động cơ bắt đầu làm việc ( $t = t_0 = 0$ ) cho đến thời điểm thuốc phóng cháy hết ( $t_k$ ) được mô tả dưới dạng hệ phương trình vi phân sau đây:

$$\begin{cases} \frac{d\psi}{dt} = \frac{S \cdot u \cdot \rho_T}{\omega_T} \\ \frac{d\chi_n}{dt} = \frac{ab}{(1+b\psi)^2} \frac{d\psi}{dt} \\ \frac{dp}{dt} = -\frac{1}{V} [(\varphi_2 \cdot K_0(k) \cdot F_{th} \cdot \sqrt{\chi_n \cdot f_0} + Su - V \cdot \chi_1) p - Su \cdot \chi_n \cdot f_0 \cdot \rho_T] \end{cases} \quad (13)$$

Trong đó:  $u = f(p) f_1(T_{bd}) \varphi(w) = u_1 p^v f_1(T_{bd}) \varphi(w)$  - tốc độ cháy của thuốc phóng;

$u_1, v$  là hệ số tốc độ cháy và chỉ số mũ trong quy luật tốc độ cháy;

$$\chi_1 = \frac{1}{\chi_n} \frac{d\chi_n}{dt}$$

$S = S(t)$  - diện tích bề mặt cháy của liều phóng.

Các điều kiện ban đầu:  $t = t_0, \psi = \psi_0, p = p(t_0) = p_{moi}, \chi_n = \chi_n(t_0)$ .

Thời kỳ phụt khí tự do: Trong khoảng thời gian  $t > t_k$ , sản phẩm cháy phụt từ trong buồng đốt ra môi trường xung quanh do sự chênh lệch áp suất  $p$  trong buồng đốt với môi trường bên ngoài. Các thông số của khí thuốc trong buồng đốt ở thời điểm bất kỳ  $t > t_k$  trong thời kỳ phụt khí tự do có thể xác định trên cơ sở giả thiết: Quá trình phụt khí là ổn định và đoạn nhiệt. Từ giả thiết dòng khí là đoạn nhiệt nhận được công thức xác định áp suất khí trong buồng đốt ở thời kỳ tự do.

Giả sử tại thời điểm thuốc phóng cháy hết  $t_k$ , áp suất trong buồng đốt có giá trị  $p_k$ . Khối lượng khí  $m_k$  trong buồng đốt được xác định trực tiếp từ phương trình trạng thái:

$$P_k \cdot V_k = m_k \cdot f_0$$

Các giá trị  $p_k, f_0$  và  $V_k$  là những điều kiện ban đầu của thời kỳ phụt khí tự do.

Thể tích riêng của khí  $v_k$  trong buồng đốt tại  $t_k$  được xác định từ biểu thức:

$$v_k = v(t_k) = \frac{V_k}{m_k} = \frac{f_0}{P_k}$$

Giả thiết dòng khí là đoạn nhiệt, áp suất và thể tích riêng  $v$  của khí thỏa mãn phương trình:

$$p \cdot v^k = p_k \cdot v_k^k$$

Qua quá trình biến đổi ta được:  $P = P_k (1 + Bt)^{-\frac{2k}{k-1}}$

$$B = \frac{k-1}{2k} b \quad (\text{với } b = \frac{\varphi_2 K_0 (k) F_{th}}{m_k} \sqrt{\frac{P_k}{V_k}})$$

Tương tự như trên, từ phương trình đoạn nhiệt và phương trình trạng thái ta có thể tính được nhiệt độ  $T$ , thể tích riêng  $v$  và mật độ  $\rho$  của khí trong buồng đốt ở thời điểm  $t > 0$  bất kỳ trong thời kỳ phụt khí tự do:

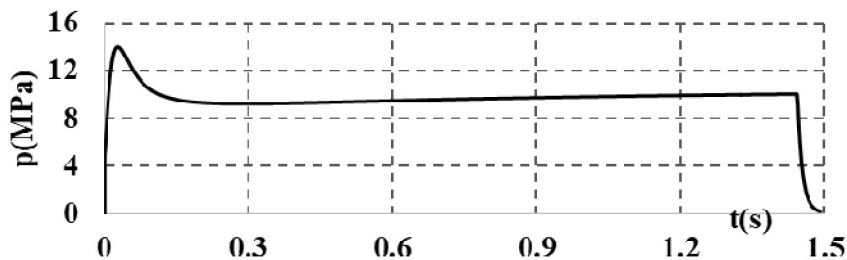
$$\begin{aligned} \frac{P}{P_k} &= (1 + Bt)^{-\frac{2k}{k-1}} \\ \frac{T}{T_k} &= (1 + Bt)^{-\frac{2k}{k-1}} \\ \frac{v}{v_k} &= (1 + Bt)^{-\frac{2k}{k-1}} \\ \frac{\rho}{\rho_k} &= (1 + Bt)^{-\frac{2k}{k-1}} \end{aligned} \quad (14)$$

Trong đó  $P_k$ ,  $t_k$ ,  $v_k$ ,  $\rho_k$  là các thông số trạng thái của khí trong buồng đốt tại thời điểm ban đầu của thời kỳ phụt khí tự do (lúc thuốc phóng cháy hết).

## 2.2. Giải phương trình vi phân

Một số tham số cấu tạo buồng đốt như sau: Chiều dài thanh thuốc: 0,6525 m, đường kính ngoài thanh thuốc: 0,062 m, đường kính tiết diện tối hạn: 0,0095m, đường kính trong buồng đốt: 0,066 m, số loa phụt: 4 loa, lực thuốc phóng: 11500000 J/kg, khối lượng thuốc phóng: 2,55kg.

Sử dụng phần mềm Matlab để giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong. Kết quả tính áp suất trong động cơ được biểu diễn dạng đồ thị như hình 3 sau:



Hình 3. Đồ thị áp suất khí thuốc trong động cơ tên lửa

Kết quả tính với một số giá trị đặc biệt:

- Áp suất lớn nhất: 13,996 MPa
- Lực đẩy của động cơ: 1425 kN
- Thời gian cháy của thuốc phóng: 1,442 s
- Thời gian làm việc của động cơ: 1,492 s

### 3. TẦM BẮN CỦA TÊN LỬA VỚI CÁC GÓC PHÓNG KHÁC NHAU

**Bảng 1.** Các đại lượng và giá trị sử dụng trong chương trình tính tầm bắn

STT	Các đại lượng	Ký hiệu		Giá trị	Đơn vị
		Trong hệ phương trình	Trong chương trình		
1	Nhiệt độ tiêu chuẩn	$T_n$		273	$^{\circ}\text{K}$
2	Gradient nhiệt độ	gt		$6,328.10^{-3}$	
3	Nhiệt độ không khí	$\tau$		288,9	$^{\circ}\text{K}$
4	Khối lượng thuốc phóng	$\omega$	Om	2,55	kg
5	Gia tốc trọng trường	g	g	9,81	$\text{m/s}^2$
6	Góc phóng	$\theta$	tetako	$37^{\circ}$	độ
7	Đường kính ngoài của đạn	$D_n$	d	0,07	m
8	Tốc độ phụt khí hiệu dụng	$U_c$	ue	2000	m/s
9	Khối lượng ban đầu của đạn	$Q_0$	Qo	9,25	kg
10	Thời gian cháy của thuốc phóng	$t_k$	tgchay	1,49	s
11	Lượng tiêu hao khối lượng tương đối	$\pi(y)$			
12	Các hệ số điều khiển	$\alpha$ và $\beta$	Anfa và Beta		

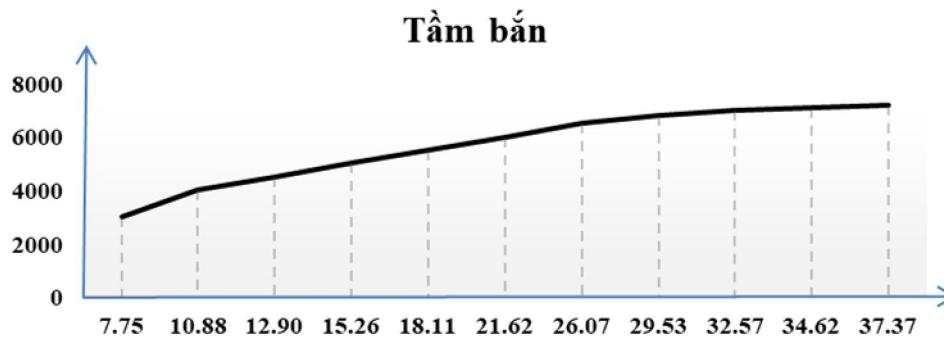
Hệ phương trình khối tâm đạn được viết theo [6]:

$$\begin{cases} \dot{V} = \alpha \frac{\omega u_e}{Q_0 t_k (1 - \mu)} - \beta \frac{C_0}{1 - \mu} \pi(y) F(V_r) \\ \dot{\theta} = -\frac{g \cos \theta}{V} \\ \dot{x} = V \cos \theta \\ \dot{y} = V \sin \theta \end{cases} \quad (15)$$

Chạy trên phần mềm chuyên dùng tính thuật phóng ngoài, thu được kết quả một số giá trị đặc biệt như sau:

- Tầm bắn xa nhất:  $X_{\max} = 7274,3\text{m}$ ;
- Thời gian tại thời điểm chạm đất:  $t_c = 42,83\text{s}$ ;
- Độ cao lớn nhất:  $Y_{\max} = 2335,6\text{m}$ ;
- Tốc độ lớn nhất:  $V_{\max} = 664,4\text{m/s}$ .
- Góc phóng từ  $7^{\circ} \div 37^{\circ}$  tầm bắn đạt  $3000 \div 7200\text{m}$ .

Dựa vào bảng kết quả tính, vẽ đồ thị tầm bắn của tên lửa với các góc phóng khác nhau như trong hình 4.



**Hình 4.** Quan hệ giữa góc phóng và tầm bắn của tên lửa MK 4

#### 4. KẾT LUẬN

Bằng bộ số liệu đầu vào của tên lửa 70mm, ta đã tính được tầm bắn lớn nhất khoảng 7200m. Kết quả cho thấy quá trình tính toán đảm bảo độ tin cậy. Nghiên cứu kết quả bắn thử nghiệm từ các tài liệu đã công bố trước đó thì tầm bắn của loại tên lửa này nằm trong khoảng 6500 ÷ 7000m.

Như vậy nếu dùng tên lửa 70 mm của Mỹ phóng đi trên bệ phóng có ống phóng tự tạo thì có thể đạt tầm bắn trong khoảng 7200 m, cho phép phòng thủ hoặc tấn công đối phương một cách hiệu quả. Phương án này giúp tận dụng hiệu quả số tên lửa 70 mm của Mỹ đang tồn đọng trong kho và chi phí sản xuất phương tiện phóng không cao.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Đăng Điện (1990); *Bài giảng thuật phóng trong của động cơ tên lửa*; Bộ môn Đạn.
- [2]. Phạm Thế Phiệt (1996); *Thuật phóng trong và lý thuyết động cơ tên lửa*; Học viện KTQS.
- [3]. Phạm Thế Phiệt (1995); *Lý thuyết động cơ tên lửa*; Học viện KTQS.
- [4]. Nguyễn Thanh Hải (2018); *Thiết kế giá phóng tên lửa*, Học viện KTQS.
- [5]. Jane's journal (2005).
- [6]. Mai Quang Huy (2012); Bài giảng Thuật phóng ngoài, Bộ môn TP và ĐKHL. Học viện KTQS.