

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN BÔI TRƠN VỎ LIỀU ĐẾN CHUYỂN ĐỘNG CỦA KHÓA NÒNG SÚNG NGẮN CÓ NÒNG LÙI NGẮN

INFLUENCE OF THE CARTRIDGE LUBRICATION ON THE MOVEMENT OF BREECH OF THE SHORT RECOIL-OPERATED PISTOL

Nguyễn Văn Hưng¹, Khương Tuấn Lợi¹,
Vũ Hòa Bình^{2*}, Phạm Văn Hoàn²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2024.128>

TÓM TẮT

Bài báo này tập trung xây dựng mô hình động lực học và nghiên cứu về ảnh hưởng của một số chất bôi trơn vỏ liều (bảy chất bôi trơn khác nhau) đến chuyển động của khóa nòng đối với súng ngắn hoạt động theo nguyên lý nòng lùi ngắn bằng phương pháp tính toán lý thuyết kết hợp với thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, mặc dù có sự sai khác về đặc tính chuyển động của khóa nòng trong các điều kiện bôi trơn khác nhau; tuy nhiên sự sai khác này là không đáng kể, tức là điều kiện bôi trơn vỏ liều không ảnh hưởng nhiều đến quá trình bắn. Kết quả nghiên cứu của bài báo đã bổ sung thêm cơ sở khoa học về bài toán động lực học máy tự động của súng ngắn khi bắn.

Từ khóa: Vỏ liều, bôi trơn vỏ liều, khóa nòng, súng ngắn.

ABSTRACT

The paper focuses on establishing a dynamic model and researching the effects of the convenience of cartridge lubricants (seven different lubricants) on the movement of the breech for the short recoil-operated pistol using theoretical calculation methods combined with experiments. Research results have shown that, although there are differences in the movement characteristics of the breech under different lubrication conditions; However, this difference is insignificant, meaning that the lubrication conditions of the dosing cartridge do not greatly affect the firing process. The research results of the article have added to the scientific basis of the problem of automatic machine dynamics of pistols when shooting.

Keywords: Cartridge, cartridge lubrication, breech, pistol.

¹Bộ môn Trang bị đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Viện Kỹ thuật Phòng không - Không quân, Quân chủng Phòng không - Không quân

*Email: hoabinh3010@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/2/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 28/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

1. GIỚI THIỆU

Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển động của khóa nòng luôn là bài toán quan trọng bậc nhất trong quá trình tính toán, thiết kế máy tự động súng ngắn hoạt động

theo nguyên lý nòng lùi ngắn. Đã có một số công trình nghiên cứu về vấn đề này được công bố [1-11]. Theo đó, một trong những lực quan trọng nhất tác dụng lên khóa nòng trong chu kỳ chuyển động của vũ khí tự động hoặc bán tự động đó chính là lực rút vỏ đạn. Tầm quan trọng của lực này được nhấn mạnh bởi thực tế đối với súng ngắn hoạt động theo nguyên lý nòng lùi ngắn thì đây chính lực đóng vai trò chủ yếu làm giảm vận tốc của khóa nòng trong hành trình lùi [1-4]. Tuy nhiên, ảnh hưởng của điều kiện bôi trơn vỏ liều đến lực rút vỏ đạn và thông qua đó ảnh hưởng đến chuyển động của khóa nòng vẫn đang là vấn đề mới, chưa được nghiên cứu sâu. Nghiên cứu về vấn đề này, nổi bật lên ba công trình [9-11].

Công trình [9] đã nghiên cứu về các lực tác dụng lên vỏ liều trong quá trình bắn, rút, hất vỏ đạn trên phương diện lý thuyết cũng như xây dựng các công thức để tính toán các lực này, từ đó các tác giả đã giải thích về sự phân bố các ứng suất tác dụng lên vỏ đạn cũng như phương pháp nghiệm bền vỏ đạn. Qua việc nghiên cứu các lực tác dụng lên vỏ đạn, bài báo cũng xây dựng lực tác dụng từ vỏ đạn lên khóa nòng. Trên cơ sở đó tác giả đã tiến hành đo đạc thực nghiệm đối với viên đạn 7,62x51mm nhằm xác định áp suất lớn nhất trong nòng, áp lực mà vỏ đạn tác dụng lên khóa nòng, ứng suất pháp tuyến và tiếp tuyến của vỏ đạn trong hai trường hợp là không bôi trơn với bôi trơn bằng dầu.

Roman Vitek và các cộng sự [10] đã xây dựng công thức để tính toán lực rút vỏ đạn với cả hai loại là vỏ đạn hình trụ và vỏ đạn hình nón. Bài báo cũng đã giải thích cách thức ảnh hưởng của điều kiện bôi trơn vỏ liều đến lực rút vỏ đạn thông qua hệ số ma sát và lý thuyết cơ bản về ma sát. Từ đó tác giả đã tiến hành đo đạc thực nghiệm bằng khẩu pistol CZ 82. Thông qua 5 lần bắn với hai điều kiện khác nhau là không bôi trơn và có bôi trơn (tuy nhiên tác giả không đề cập đến chất liệu bôi trơn). Qua kết quả thực nghiệm tác giả đưa ra kết luận việc bôi trơn vỏ liều có ảnh hưởng không đáng kể đến hoạt động của súng ngắn. Tuy nhiên, các tác giả mới chỉ khảo sát đối với một chất bôi trơn duy nhất. Bài

báo [11] đã tiến hành thực nghiệm thuần túy để nghiên cứu ảnh hưởng của việc thay đổi các yếu tố đến chuyển động động học của súng bao gồm: khối lượng khóa nòng, độ cứng lò xo đẩy về, hệ số ma sát giữa vỏ liểu và buồng đạn, áp suất khí thuốc, lực ma sát giữa viên đạn với nòng súng. Có thể thấy rằng, các công trình nghiên cứu trên đã cơ bản đưa ra được các mô hình tính toán, cũng như thực nghiệm về động lực học súng ngắn. Tuy nhiên, việc nghiên cứu về điều kiện bôi trơn vỏ liểu ảnh hưởng đến chuyển động của khóa nòng vẫn chưa được nghiên cứu toàn diện với các loại chất bôi trơn khác nhau. Để giải quyết vấn đề đó, bài báo sẽ tiến hành xây dựng mô hình để tính toán động lực học chuyển động của khóa nòng và tiến hành thực nghiệm đối với 7 chất bôi trơn khác nhau đang sử dụng trong ngành quân khí. Đối tượng nghiên cứu của bài báo là súng ngắn cỡ 7,62mm sử dụng nguyên lý nòng lùi ngắn nằm chờ.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH

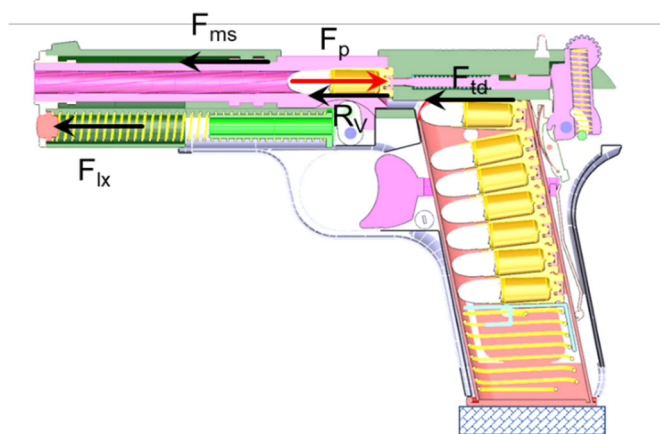
2.1. Các giả thiết

Bài toán động lực học của máy tự động (theo nguyên lý nòng lùi) rất phức tạp [12, 13]. Với mục đích chỉ nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện bôi trơn vỏ liểu đến chuyển động của khóa nòng, nên ta sử dụng các giả thiết sau:

- Coi hộp súng là cố định, đồng thời bỏ qua chuyển động quay, lắc và chuyển động theo phương thẳng đứng của khâu cơ sở. Tức là chỉ nghiên cứu chuyển động của khóa nòng theo phương của trục nòng súng;
- Bỏ qua sự va đập giữa hộp súng với khóa nòng trong quá trình chuyển động;
- Bỏ qua tổn thất nội năng của lò xo, chỉ quan tâm đến lực tác dụng của lò xo lên khâu cơ sở.

2.2. Xây dựng mô hình

Dựa vào các giả thiết trên, chúng ta có thể đưa ra mô hình động lực học của súng ngắn sử dụng nguyên lý nòng lùi ngắn khi bắn như hình 1.



Hình 1. Mô hình động lực học súng ngắn theo nguyên lý nòng lùi ngắn

Trong mô hình này, tùy vào quãng đường chuyển động mà khóa nòng chịu tác dụng của các lực sau:

* **Lực tác dụng của áp suất khí thuốc F_p :**

$$F_p = p \cdot S \tag{1}$$

Trong đó: p - Áp suất khí thuốc tác dụng lên đáy vỏ liểu được xác định từ bài toán thuật phóng trong [14]; S - Diện tích mặt cắt ngang đáy vỏ liểu.

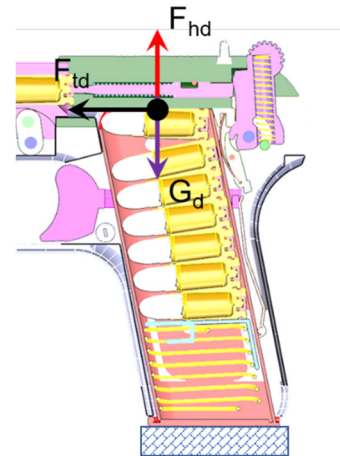
* **Lực của lò xo khóa nòng F_{lx} :**

$$F_{lx} = F_{lx0} + C \cdot X \tag{2}$$

Trong đó: F_{lx0} - Lực nén ban đầu của lò xo; X - Dịch chuyển của khóa nòng; C - Độ cứng lò xo đẩy về.

* **Lực tách viên đạn ra khỏi băng đạn F_{td} :**

Lực này được tính toán như sơ đồ hình 2.



Hình 2. Sơ đồ xác định lực tách viên đạn ra khỏi băng đạn

Theo đó:

$$F_{td} = f(F_{hd} - G_d) \tag{3}$$

Trong đó: f - Hệ số ma sát giữa khóa nòng và viên đạn trên cùng trong hộp tiếp đạn; F_{hd} - Lực của lò xo bàn nâng đạn; G_d - Trọng lượng của bàn nâng đạn và số viên đạn hiện có trong băng.

$$G_d = g(n_{hd} \cdot m_d + m_{kn}) \tag{4}$$

Với: g - Gia tốc trọng trường; n_{hd} - Số viên đạn hiện có trong hộp tiếp đạn; m_d - Khối lượng mỗi viên đạn; m_{kn} - Khối lượng khóa nòng.

* **Lực rút vỏ đạn R_v :**

Theo tác giả Roman Vitek [10] ta có công thức tính lực rút vỏ đạn:

$$R_v = \pi \left(fl(p d_1 + 2E_N \Delta \delta) - p \frac{d_1^2}{4} \right) \tag{5}$$

Trong đó: f - Hệ số ma sát giữa vỏ liểu và buồng đạn; l - Chiều dài vỏ liểu tiếp xúc với buồng đạn; p - Áp suất khí thuốc trong vỏ liểu; d_1 - Đường kính trong của đáy vỏ liểu; E_N - Modul đàn hồi của vật liệu làm vỏ liểu; Δ - Biến dạng tiếp tuyến tương đối của vỏ liểu; δ - Độ dày của thành vỏ liểu.

Cuối cùng, một cách chung nhất, ta có thể viết hệ phương trình mô tả chuyển động của khóa nòng như sau:

$$\begin{cases} \dot{X}_{kn} = V_{kn} \\ \dot{V}_{kn} = \frac{F_p - F_{lx} - R_v - F_{td} - F_{ms}}{M_{kl}} \end{cases} \tag{6}$$

Trong đó: M_{ki} - Khối lượng của khối lồi.

Tùy vào đặc điểm quỹ đạo hoạt động (theo biểu đồ tuần hoàn) mà sự có mặt các lực là khác nhau.

2.3. Phương pháp giải

Để giải được hệ phương trình chuyển động của khóa nòng, đầu tiên ta phải xác định được biểu đồ tuần hoàn theo chuyển động của khóa nòng. Để rồi từ đó chia thành các đoạn, đưa các biến điều khiển vào để biểu thị cho sự xuất hiện của các lực và giải.

Biểu đồ tuần hoàn được xác định dựa vào bản vẽ thiết kế súng và đo đạc thực tế trên súng mẫu. Biểu đồ này được biểu diễn như trong bảng 1.

Bảng 1. Biểu đồ tuần hoàn dịch chuyển của khóa nòng

Các giai đoạn làm việc của máy tự động	Dịch chuyển của khóa nòng (mm)
<i>Hành trình lùi: 0-----45</i>	
1 - Cụm khóa nòng, nòng cùng chuyển động lùi	0-----5
2 - Cụm khóa nòng, vỏ đạn cùng lùi về, Giương búa, Kéo vỏ đạn khỏi buồng đạn	5-----22
3 - Cụm khóa nòng, vỏ đạn cùng lùi về, Giương búa, đến cuối hất vỏ đạn	22---41
4 - Cụm khóa nòng, tiếp tục lùi về sau và chạm với thân súng	41---45
<i>Hành trình đẩy lên: 45-----0</i>	
1- Cụm khóa nòng, được đẩy lên đến vị trí lấy đạn ra khỏi hộp tiếp đạn.	45---43
2 - Cụm khóa nòng tiếp tục đẩy lên lấy đạn ra khỏi băng đạn	43---18
3 - Cụm khóa nòng và đạn cùng chuyển động tới vị trí đuôi nòng	18---5
4 - Cụm khóa nòng, đạn cùng nòng đẩy lên vị trí trên cùng	5---0

Dựa vào biểu đồ tuần hoàn như bảng 1, đưa các biến điều khiển vào hệ phương trình (6) ta có hệ phương trình bài toán động lực học máy tự động súng ngắn được khảo sát trong bài báo như sau:

Đối với hành trình lùi của khóa nòng:

$$\begin{cases} \dot{X}_{Kn} = V_{Kn} \\ \dot{V}_{Kn} = \frac{\xi_1 Sp - (F_{lx0} + CX) - \xi_4 R_v - F_{ms}}{m_{kn} + \xi_1 m_n + m_{lx} + \xi_2 m_{vd} + \xi_3 (J_B \cdot \frac{i_B^2}{r_B^2 \cdot \eta_B^2} + m_B \cdot \frac{i_B^2}{\eta_B})} \end{cases} \quad (7)$$

Trong đó: m_n - khối lượng nòng; m_{lx} - khối lượng của lò xo đẩy về; m_{vd} - khối lượng vỏ đạn; $F_{ms} = fg(m_{kn} + m_{lx} + \xi_2 m_{vd} + \xi_1 m_n)$ - lực ma sát; J_B - Mô men quán tính của búa; r_B - Bán kính quay của búa; i, η_B - Tỷ số truyền và hiệu suất truyền động của búa.

Đối với hành trình hành trình đẩy lên của khóa nòng:

$$\begin{cases} \dot{X}_{Kn} = V_{Kn} \\ \dot{V}_{Kn} = \frac{(F_{lx0} + CX) - \xi_6 F_{td} - F_{ms}}{m_{kn} + m_{lx} + \xi_5 m_d + \xi_7 m_n} \end{cases} \quad (8)$$

$$F_{ms} = kg(m_{kn} + m_{lx} + \xi_6 m_n + \xi_3 m_d) \quad (9)$$

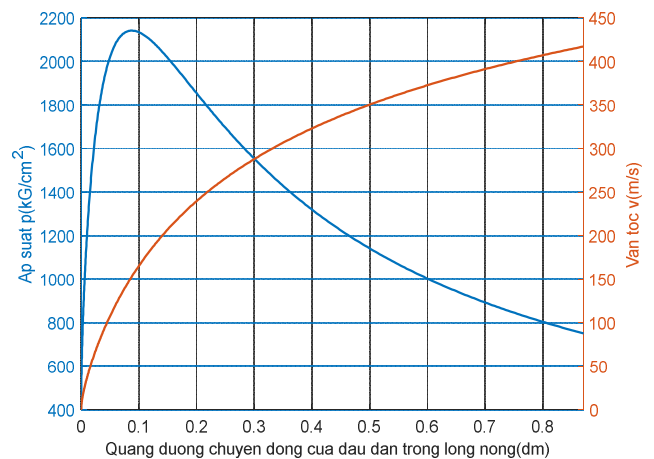
Các biến điều khiển để đưa vào tính toán được biểu thị như bảng 2.

Bảng 2. Giá trị các biến điều khiển trong hệ phương trình (7),(8)

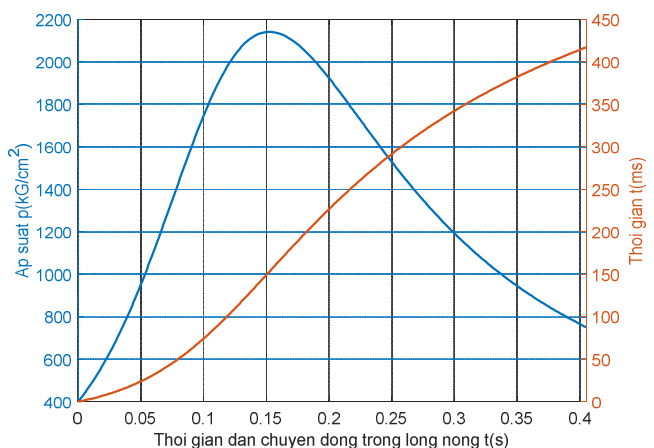
Hành trình lùi: Dịch chuyển của khóa nòng X = 0...45mm								
ξ	ξ_1		ξ_2		ξ_3		ξ_4	
Giá trị	1	0	1	0	1	0	1	0
Điều kiện	$X \leq 5$	$X > 5$	$X \leq 41$	$X > 41$	$X \geq 5$ và $X \leq 41$	$X < 5$ và $X > 41$	$X \geq 5$ và $X \leq 22$	$X < 5$ và $X > 22$
Hành trình đẩy lên: Dịch chuyển của khóa nòng X = 45...0mm								
ξ	ξ_5		ξ_6		ξ_7			
Giá trị	1	0	1	0	1	0		
Điều kiện	$X \leq 43$	$X > 43$	$X \leq 43$ và $X \geq 18$	$X > 43$ và $X < 18$	$X \leq 5$	$X > 5$		

Cần chú ý rằng, các hệ phương trình trên phải được giải đồng thời với hệ phương trình vi phân thuật phóng trong đã được trình bày trong [5, 14].

3. KẾT QUẢ BÀI TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG CỦA KHÓA NÒNG



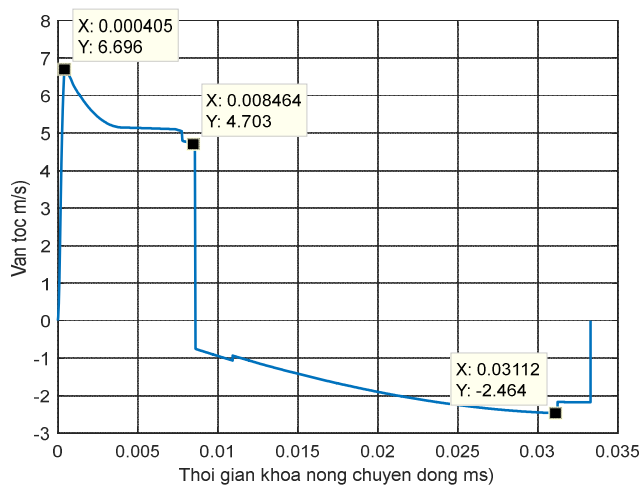
Hình 3. Sự thay đổi áp suất khí thuốc và vận tốc đầu đạn theo quãng đường chuyển động của đầu đạn trong lòng nòng



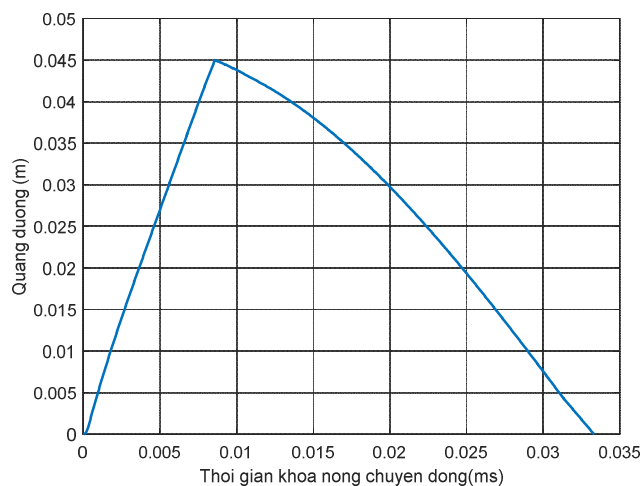
Hình 4. Sự thay đổi áp suất khí thuốc và vận tốc đầu đạn theo thời gian

Các tham số giải bài toán thuật phóng trong theo [5] và [15]. Áp dụng phương pháp tích phân số, sử dụng phần mềm Matlab ta được sự thay đổi áp suất khí thuốc trong lòng nòng và tốc độ đầu đạn theo quãng đường chuyển động, thời gian như hình 3, 4. Theo đó, áp suất lớn nhất của khí thuốc là 2141,45 (kG/cm²) và sơ tốc đầu nòng là 417,14 (m/s).

Các kết quả này cũng chính là đầu vào khi giải bài toán động lực học chuyển động của khóa nòng. Các tham số đầu vào để giải bài toán động lực học được trình bày trong [15] và đo đạc trực tiếp trên mẫu súng được bắn thực nghiệm. Áp dụng phương pháp tích phân số, sử dụng phần mềm Matlab ta được đồ thị biểu thị tốc độ và quãng đường chuyển động của khóa nòng khi không bôi trơn như hình 5.



a)



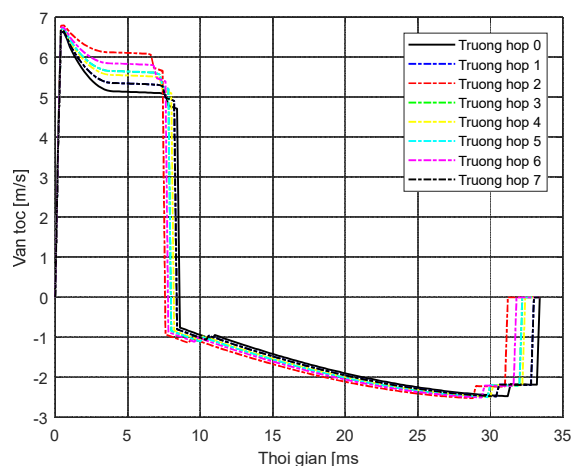
b)

Hình 5. Sự thay đổi vận tốc (a) và quãng đường chuyển động của khóa nòng (b) theo thời gian

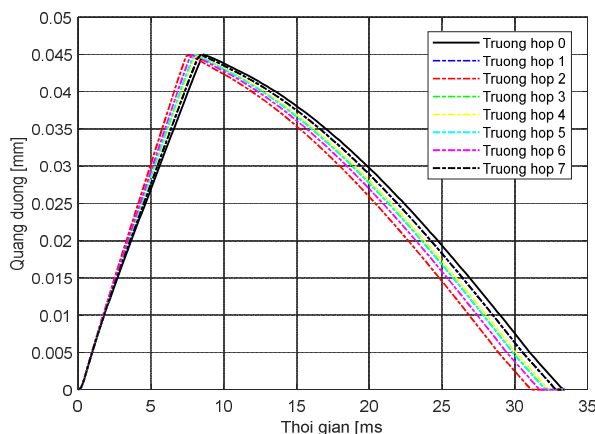
Để xác định ảnh hưởng của điều kiện bôi trơn. Các tác giả sử dụng một số loại chất bôi trơn thường được sử dụng để bôi trơn và bảo quản trong súng pháo có hệ số ma sát cho trong bảng 3. Từ các số liệu trên ta thay vào chương trình giải bài toán động lực học, ta nhận được sự thay đổi của vận tốc bệ khóa nòng và quãng đường chuyển động đối với từng chất bôi trơn khác nhau như hình 6, 7 và bảng 4.

Bảng 3. Hệ số ma sát của các loại chất bôi trơn

Các chất bôi trơn	Hệ số ma sát (f)	Ký hiệu
Không bôi trơn	0,2	Trường hợp 0
Mỡ roil 45	0,18	Trường hợp 1
Dầu thủy lực	0,1	Trường hợp 2
Dầu pháo	0,15	Trường hợp 3
Mỡ pháo	0,16	Trường hợp 4
Nước	0,15	Trường hợp 5
Dầu CTEOL-M	0,13	Trường hợp 6
Mỡ roil 45и	0,18	Trường hợp 7



Hình 6. Sự thay đổi vận tốc chuyển động của khóa nòng đối với từng chất bôi trơn khác nhau



Hình 7. Sự thay đổi quãng đường chuyển động của khóa nòng đối với từng chất bôi trơn khác nhau

Bảng 4. So sánh các tham số tại các thời điểm đặc biệt

Chất bôi trơn	V _{lmax} (m/s)	ΔV _{lmax} (%)	V _{dlmax} (m/s)	ΔV _{dlmax} (%)	T _{lùi} (ms)	ΔT _{lùi} (%)	T _{tổng} (ms)	ΔT _{tổng} (%)
Không bôi trơn	6,7	0,00	2,46	0,00	8,6	0,00	33,3	0,00
Mỡ roil 45	6,73	+0,45	2,5	+1,63	8,3	-3,49	32,8	-1,5

Dầu thủy lực	6,84	+2,09	2,52	+2,44	7,44	-13,49	31,1	-6,6
Dầu pháo	6,77	+1,04	2,49	+1,22	7,94	-7,67	32,1	-3,6
Mỡ pháo	6,78	+0,90	2,49	+1,22	8,06	-6,28	32,3	-3
Nước	6,77	+1,04	2,49	+1,22	7,94	-7,67	32,1	-6,6
Dầu CTEOL-M	6,8	+1,49	2,5	+1,63	7,73	-10,12	31,7	-4,8
Mỡ gọi 45и	6,73	+0,45	2,5	+1,63	8,3	-3,49	32,8	-1,5

Ghi chú: V_{lmax} - Vận tốc lùi lớn nhất của khóa nòng; V_{dlmax} - Vận tốc đẩy lên lớn nhất của khóa nòng; $T_{lùi}$ - Thời gian khóa nòng thực hiện hành trình lùi; $T_{tổng}$ - Thời gian khóa nòng thực hiện cả hành trình lùi và đẩy lên.

Thông qua các kết quả khảo sát ở trên ta có thể nhận thấy việc thay đổi chất bôi trơn hay nói cách khác là thay đổi hệ số ma sát giữa vỏ đạn và buồng đạn có ảnh hưởng đến các thông số chuyển động của khóa nòng trong hành trình của máy tự động. Tuy nhiên ảnh hưởng này không đáng kể (sai khác đối với vận tốc lùi lớn nhất đạt giá trị cao nhất là +2,09% và sai khác đối với vận tốc đẩy lên lớn nhất đạt giá trị cao nhất là +2,44%) và không làm thay đổi các đặc tính chuyển động của khóa nòng và do đó không ảnh hưởng nhiều đến quá trình bắn.

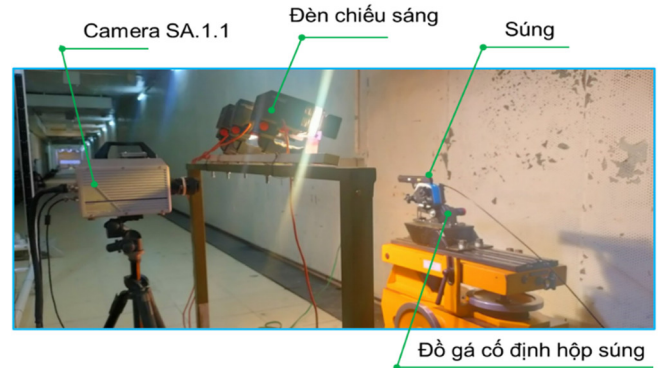
4. THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Để đánh giá lại tính chính xác của mô hình, phương pháp tính toán, kết quả tính toán ở trên, các tác giả đã tiến hành bắn thực nghiệm trên một mẫu súng cụ thể với 7 loại chất bôi trơn khác nhau (tương ứng với bảng 3) như hình 8.



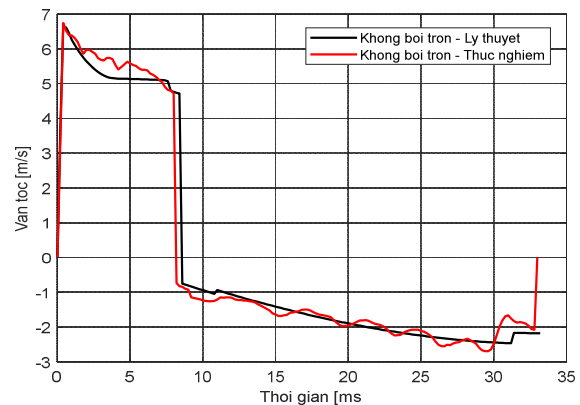
Hình 8. Các loại chất bôi trơn và mẫu đã bôi chất bôi trơn khi tiến hành thực nghiệm

Trang thiết bị thực nghiệm được bố trí như hình 9. Trong đó, để thu thập dữ liệu chuyển động của khóa nòng, hệ thống Camera tốc độ cao SA.1.1 đã được sử dụng. Sau đó kết quả được xử lý trên phần mềm chuyên dụng TEMA đồng bộ với Camera tốc độ cao. Súng được gá cố định trên gá bắn.



Hình 9. Bố trí mô hình thực nghiệm

Để đánh giá độ chính xác của mô hình trên, chúng ta so sánh vận tốc chuyển động của khóa nòng đối với trường hợp không bôi trơn giữa lý thuyết và thực nghiệm. Theo đó, hình dạng đồ thị và các giá trị vận tốc khóa nòng cho thấy sự phù hợp giữa tính toán lý thuyết so với thực nghiệm (hình 10, bảng 5).



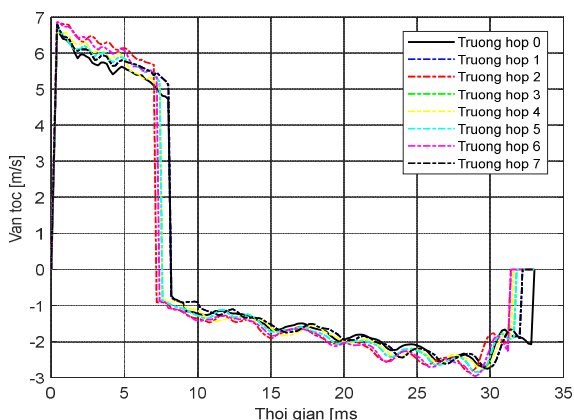
Hình 10. So sánh vận tốc khóa nòng theo kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm trong trường hợp không bôi trơn

Bảng 5. So sánh các tham số tại các thời điểm đặc biệt giữa lý thuyết và thực nghiệm trong trường hợp không bôi trơn

Trường hợp	V_{lmax} (m/s)	ΔV_{lmax} (%)	V_{dlmax} (m/s)	ΔV_{dlmax} (%)	$T_{lùi}$ (ms)	$\Delta T_{lùi}$ (%)	$T_{tổng}$ (ms)	$\Delta T_{tổng}$ (%)
Thực nghiệm	6,75	0,00	2,55	0,00	8	0,00	33	0,00
Lý thuyết	6,7	-0,74	2,46	-3,5	8,6	+7,5	33,3	+0,9

Ghi chú: V_{lmax} - Vận tốc lùi lớn nhất của khóa nòng; V_{dlmax} - Vận tốc đẩy lên lớn nhất của khóa nòng; $T_{lùi}$ - Thời gian khóa nòng thực hiện hành trình lùi; $T_{tổng}$ - Thời gian khóa nòng thực hiện cả hành trình lùi và đẩy lên.

Kết quả thực nghiệm chuyển động của khóa nòng đối với 8 trường hợp khác nhau (một trường hợp không bôi trơn và 7 trường hợp ứng với 7 chất bôi trơn) được trình bày tại hình 11 và bảng 6. Các kết quả này đều cho thấy sự phù hợp giữa lý thuyết (hình 6, bảng 4) với thực nghiệm.



Hình 11. Kết quả thực nghiệm sự thay đổi vận tốc khóa nòng theo thời gian

Bảng 6. So sánh các tham số tại các thời điểm đặc biệt theo thực nghiệm

Chất bôi trơn	V_{lmax} (m/s)	ΔV_{lmax} (%)	V_{dlmax} (m/s)	ΔV_{dlmax} (%)	$T_{lùi}$ (ms)	$\Delta T_{lùi}$ (%)	$T_{tổng}$ (ms)	$\Delta T_{tổng}$ (%)
Không bôi trơn	6,75	0,00	2,55	0,00	8	0,00	33	0,00
Mỡ goi 45	6,79	+0,59	2,75	+7,84	8	0,00	32,2	-2,42
Dầu thủy lực	6,86	+1,63	2,83	+10,98	7,2	-10	31,4	-4,85
Dầu pháo	6,8	+0,74	2,77	+8,63	7,6	-5	31,8	-3,64
Mỡ pháo	6,78	+0,44	2,76	+8,24	7,6	-5	31,6	-4,24
Nước	6,8	+0,74	2,77	+8,63	7,6	-5	31,8	-3,64
Dầu CTEOL-M	6,81	+0,89	2,8	+9,8	7,4	-7,5	31,4	-4,85
Mỡ goi 45и	6,79	+0,59	2,75	+7,84	8	0,00	32,2	-2,42

Thông qua các kết quả khảo sát cả về lý thuyết lẫn thực nghiệm, ta có thể nhận thấy việc thay đổi chất bôi trơn hay có ảnh hưởng đến các thông số chuyển động của khóa nòng trong hành trình của máy tự động. Tuy nhiên ảnh hưởng này không đáng kể và không làm thay đổi các đặc tính chuyển động của khóa nòng và do đó không ảnh hưởng nhiều đến quá trình bắn.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng và giải được bài toán động lực học của súng ngắn sử dụng nguyên lý nòng lùi ngắn. Trên cơ sở đó khảo sát ảnh hưởng khi thay đổi điều kiện bôi trơn đến chuyển động của khóa nòng. So sánh kết quả giữa lý thuyết và thực nghiệm đã bảo đảm tính tin cậy cho mô hình bài toán lý thuyết. Cũng qua bài báo này, các tác giả rút ra kết luận việc thay đổi điều kiện bôi trơn vô liệu có ảnh hưởng đến chuyển động của khóa nòng. Khi chất bôi trơn có hệ số ma sát càng nhỏ thì vận tốc lớn nhất của khóa nòng khi lùi càng lớn, vận tốc lùi sau cùng càng lớn và thời gian thực hiện một chu trình của súng càng nhanh. Tuy nhiên sự thay đổi này không đáng kể và không làm thay đổi các tính chất chuyển động của khóa nòng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Suchocki C., Ewertowski J., "Modeling and numerical simulation of semi-automatic pistol dynamics," *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 53(1), 81-91, 2015. DOI: 10.15632/jtam-pl.53.1.81

[2]. Badurowicz P., Wróblewski A., Kupidura P., Fikus B., "Impact of ballistic parameters of used ammunition on stress distribution on the parts of the short recoil operated weapon," *Journal of Physics: Conference Series*, 2090, 1, 012071, 2021. IOP Publishing. DOI:10.1088/1742-6596/2090/1/012071

[3]. Badurowicz P., Kupidura P., Fikus B., "Numerical and Experimental Investigation of a Short-Recoil-Operated Weapon and Impact of Construction Characteristics on its Operation Cycle," *Defence Science Journal*, 72(3), 2022. DOI : 10.14429/dsj.72.3.17040

[4]. Badurowicz P., Kupidura P., Stępnik W., Fikus B., "Development of the preliminary numerical model of the short recoil operated weapon using the multibody systems," *Problemy Mechatroniki: uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa*, 12, 2021. DOI:10.5604/01.3001.0014.7849

[5]. Nguyen Van Hung, "Study on the effect of barrel length on some interior ballistic characteristics for the pistol in 7.62 mm caliber," *Journal of Military Science and Technology*, 75, 2021. https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.75.2021.148-156.

[6]. Nguyen D. T., Van Nguyen H., "Dynamic analysis of the firing mechanism of the underwater pistol," *VNUHCM Journal of Science and Technology Development*, 20(K2), 61-65, 2017. https://doi.org/10.32508/stdj.v20iK2.449

[7]. Van Hung N., "Prediction of the distribution and effect of diameters of the cylinder and the piston post-manufacture on the operation of gas-operated automatic rifles," *Vietnam Journal of Science and Technology*, 61(2), 310-322, 2023. https://doi.org/10.15625/2525-2518/16627

[8]. Nguyen Van H., Dao Van D., Zenkour A. M., Minh P. V., Thom D. V., "Movement of amphibious rifles fixed on the mount when shooting and operating underwater," *Waves in Random and Complex Media*, 1-17, 2022. https://doi.org/10.1080/17455030.2022.2147244

[9]. Krist Z., Macko M., Procházka S., "Load of Firearm Breech Node," In *2019 International Conference on Military Technologies (ICMT)*, 1-5, 2019. DOI: 10.1109/MILTECHS.2019.8870044

[10]. Vitek R., "Influence of the Cartridge Lubrication on the Function of the Automatic Weapon," In *International Conference on Military Technologies (ICMT)*, 1-4, 2015. DOI: 10.1109/MILTECHS.2015.7153759

[11]. Badurowicz P., Kupidura P., Fikus B., "Numerical Parametric Analysis of PW INKA Pistol," *Problemy Mechatroniki: uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa*, 14, 2023. https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.6670.

[12]. Allsop D. F., Balla J., Cech V., Popelinsky L., Prochazka S., *Rosicky - Guide to Military Small Arms - Design principles and operating methods*. Brassey's Essential, London, Washington, 1997.

[13]. Alferov V.V., *Design of Automatic Weapons*. Textbook. Moscow. 1977. (in Russian).

[14]. Nghiem Xuan Trinh, Nguyen Quang Luong, Nguyen Trung Hieu, Ngo Van Quang, *Thuat phong trong*. Military Technical Academy, Hanoi, 2015.

[15]. Faculty of Weapons, *So lieu vu khi dan*. Military Technical Academy, Hanoi, 2013.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Van Hung¹, Khuong Tuan Loi¹, Vu Hoa Binh², Pham Van Hoan²

¹Department of Special Equipment, Le Qui Don Technical University, Vietnam

²Air Force - Air Defence Technical Institute, Air Defence - Air Force, Vietnam