

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA ÁP LỰC NƯỚC LÊN CƠ CẤU NHẬN ÁP NGỒI THỦY TĨNH KHI ĐẠN CHUYỂN ĐỘNG TRONG NƯỚC

Trần Đức Việt¹, Chu Văn Tùng¹, Ninh Đức Sinh¹,
Dương Trí Dũng¹, Nguyễn Tất Kiên¹, Nguyễn Hanh Hoàn^{2*}

Tóm tắt: Bài báo xây dựng mô hình tính toán đánh giá tác động của áp lực nước lên cơ cấu nhận áp của ngòi nổ thủy tĩnh lắp cho đạn lựu phóng chống người nhái, đánh giá khả năng ngòi bị kích nổ trước khi đạt độ sâu cần thiết. Kết quả tính toán được kiểm chứng bằng thực nghiệm và được sử dụng để thiết kế, chế tạo ngòi nổ thủy tĩnh.

Từ khóa: Đạn chống người nhái; Ngòi nổ; Áp suất thủy tĩnh.

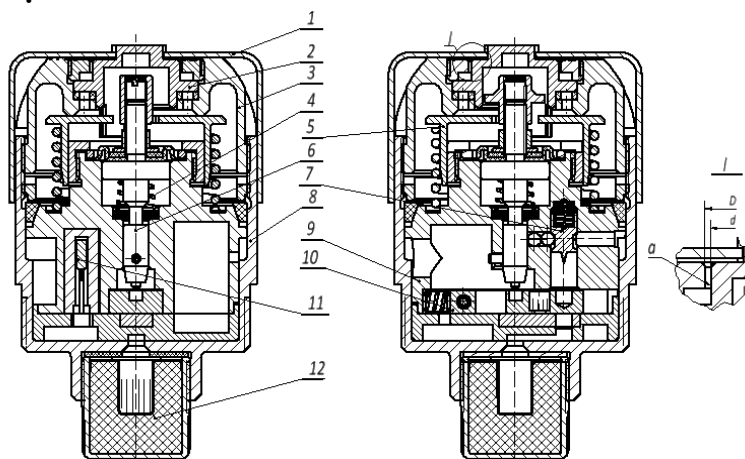
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngòi nổ thủy tĩnh (ngòi nổ được kích hoạt bằng áp suất thủy tĩnh) lắp cho đạn lựu phóng chống người nhái dùng để sát thương sinh lực ở độ sâu nhất định (được cài đặt trước khi bắn). Trong [1, 2], các tác giả đã phân tích, khảo sát các tham số quỹ đạo chuyển động của đạn trong không khí và trong nước đến độ sâu cần kích nổ (10 m hoặc 30 m). Vấn đề được đặt ra là cần nghiên cứu, đánh giá tác động của áp lực nước lên cơ cấu nhận áp (đây là cơ cấu dùng để định độ sâu nổ cho ngòi) đến khả năng ngòi bị kích nổ trước khi đạt độ sâu cần thiết.

Trong phạm vi bài báo, các tác giả xây dựng mô hình tính toán chuyển động của cơ cấu nhận áp trong quá trình đạn chuyển động trong nước, khi hành trình chuyển động của cơ cấu nhận áp nhỏ hơn giá trị thiết kế thì ngòi sẽ không bị kích nổ, ngược lại khi hành trình chuyển động của cơ cấu nhận áp lớn hơn giá trị thiết kế thì ngòi sẽ bị kích nổ trước khi đạt độ sâu cần thiết.

2. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG NGỒI THỦY TĨNH

2.1. Đặc điểm cấu tạo



Hình 1. Ngòi nổ thủy tĩnh:

- 1- Nắp điều chỉnh; 2- Cụm điều chỉnh; 3- Thân trên; 4- Lò xo; 5- Cụm ống và lò xo;
6- Cụm trực nhận áp; 7- Cụm kim hỏa; 8- Thân dưới; 9- Bệ;
10- Cụm bệ trượt mang ống nổ; 11- Cụm bảo hiểm bệ trượt; 12- Cụm trạm nổ.

Ngòi nổ thủy tĩnh có cấu tạo như hình 1 [3], bệ 9 lắp cụm trực nhận áp 6, lò xo 4 (ứng với độ sâu nổ 10 m), cụm kim hỏa 7, cụm bệ trượt 10, cụm bảo hiểm bệ trượt 11. Thân trên 3 lắp cụm điều chỉnh 2, nắp điều chỉnh 1. Bệ 9, thân trên 3, cụm ống và lò xo 5 (ứng với độ sâu nổ 30 m), cụm trạm nổ 12 được lắp với thân dưới 8 thành ngòi hoàn chỉnh.

2.2. Nguyên lý hoạt động

Trong bảo quản vận chuyển, các cơ cấu của ngòi có vị trí lắp ghép như hình 1, cụm bộ trượt mang ống nỏ được ngăn cách với cụm trạm nỏ, bộ trượt được giữ bởi cụm bảo hiểm bộ trượt 11, kim hỏa luôn ở trạng thái nén, được giữ bởi bi, bi được giữ bởi cụm trục nhận áp 6. Trước khi bắn, cần chỉnh độ sâu nỏ cho ngòi (10 m hoặc 30 m) sau đó tháo nắp điều chỉnh 1.

Khi bắn, dưới tác dụng của lực quán tính, cụm trục nhận áp chuyển động đi xuống tỳ vào cụm bộ trượt, lúc này cụm nhận áp vẫn giữ bi để cố định kim hỏa, đồng thời cụm bảo hiểm 11 được mở pha 1.

Khi bay, lò xo đẩy cụm trục nhận áp về vị trí ban đầu (giữ bi cố định kim hỏa), đồng thời cụm bảo hiểm bộ trượt 11 được mở pha 2, giải phóng cụm bộ trượt mang ống nỏ, bộ trượt chuyển động đưa ống nỏ về vị trí đợi nỏ.

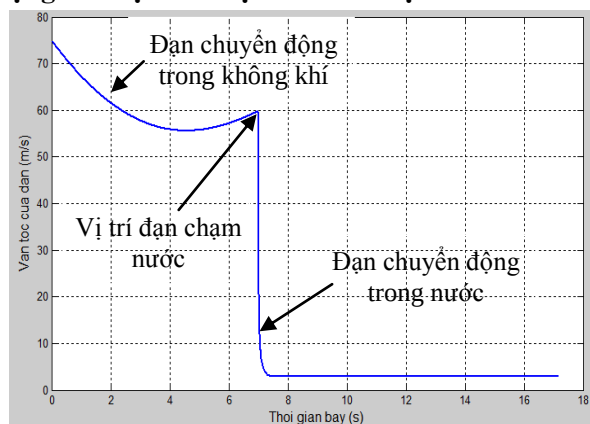
Với chế độ nỏ ở độ sâu 10 m, khi đạn chuyển động trong nước đến 10 m, nước đi qua rãnh a vào trong khoang trên của ngòi, áp lực nước tác dụng lên cụm trục nhận áp sẽ thắng lực lò xo 4, trục nhận áp giải phóng bi, giải phóng kim hỏa, kim hỏa chuyển động kích nổ ống nỏ, ống nỏ kích nổ trạm nỏ, kích nổ đạn.

Với chế độ nỏ ở độ sâu 30 m, lúc này trục nhận áp được gài vào cụm ống và lò xo 5, khi đạn chuyển động đến độ sâu 30 m, áp lực nước lớn hơn lực nén của hợp lực lò xo 4 và lò xo 5, trục nhận áp giải phóng bi, kim hỏa kích nổ ống nỏ, kích nổ trạm nỏ, kích nổ đạn.

Như vậy, với nguyên lý hoạt động của ngòi thủy tĩnh, cần tính toán, đánh giá tác động của áp lực nước đến cơ cấu nhận áp trong quá trình đạn chuyển động trong nước, áp lực nước phụ thuộc vào hình dạng rãnh a , vận tốc chuyển động của đạn trong nước.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA CỤM NHẬN ÁP

3.1. Vận tốc chuyển động của đạn đến độ sâu kích hoạt



Hình 2. Vận tốc chuyển động của đạn theo thời gian ở góc bắn 31° .

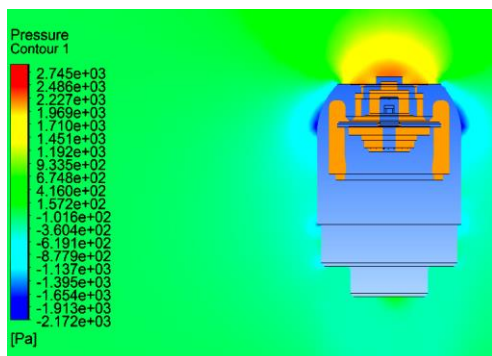
Các thông số quỹ đạo chuyển động của đạn từ khi bắn đến khi đạn chuyển động đạt độ sâu kích nổ trong nước đã được xác định trong [1, 2]. Sự thay đổi vận tốc của đạn được mô tả trong hình 2.

3.2. Mô phỏng tính toán áp lực của nước lên cụm nhận áp

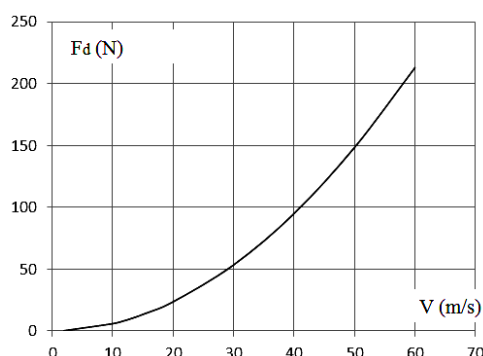
Khi đạn chuyển động trong nước, nước sẽ tràn vào trong ngòi theo rãnh a , tạo ra áp lực nước lên cụm nhận áp, áp lực này phụ thuộc vào hình dạng rãnh a (đường kính trong d và đường kính ngoài D như hình 1) và tốc độ chuyển động của đạn trong nước. Khi áp lực tác dụng lên cụm nhận áp lớn sẽ có thể làm cho trục nhận áp chuyển động đến vị trí giải phóng bi và phát hỏa cho ngòi (khi đạn chưa đạt độ sâu cần thiết).

Áp suất nước tác dụng lên cụm nhận áp gồm có áp suất thủy động và áp suất thủy tĩnh. Áp suất thủy động được tính toán, xác định trên phần mềm mô phỏng Ansys [4], kết quả trường áp

suất và quy luật lực tác động lên trực nhận áp theo vận tốc chuyển động của đạn được mô tả như hình 3, 4.



Hình 3. Trường áp suất tác dụng lên ngòi.



Hình 4. Lực tác dụng lên trực nhận áp do áp suất thủy động.

Áp suất thủy tĩnh được xác định thông qua độ sâu của đạn. Lực áp suất thủy tĩnh tác dụng lên trực nhận áp được xác định theo công thức:

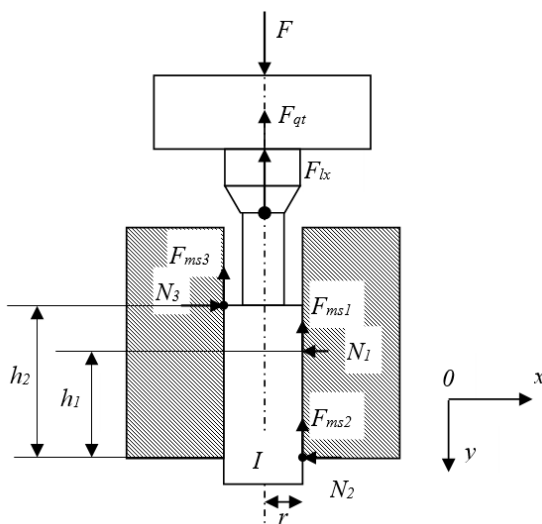
$$F_t = P_t \cdot S = H \cdot \rho \cdot g \cdot S \quad (1)$$

Trong đó: F_t là lực do áp suất thủy tĩnh (P_t) tác dụng lên trực nhận áp; S là diện tích hiệu dụng nhận áp; H là độ sâu; ρ là khối lượng riêng của nước; g là gia tốc trọng trường.

3.3. Mô hình chuyển động của cụm nhận áp

Khi đạn chuyển động trong nước, áp lực nước sẽ tác dụng lên cụm trực nhận áp, làm cho trực có xu hướng chuyển động đi xuống, mặt khác, dưới tác dụng của bi (đang giữ cụm kim hỏa) sẽ đẩy làm cho trực nhận áp bị nghiêng khi chuyển động và hình thành các phản lực từ bộ tác dụng lên trực.

Giả thiết trực bị nghiêng trong mặt phẳng tọa độ xOy như hình vẽ, áp lực nước tác dụng lên tấm nhận áp được quy thành lực tập trung F . Từ kết cấu và hoạt động của cụm nhận áp có thể mô hình hóa các lực tác dụng lên cụm nhận áp như sau:



Hình 5. Các lực tác dụng lên trực nhận áp.

Trong đó: F_{tx} là lực lò xo; $N_1, F_{ms1}, N_2, F_{ms2}, N_3, F_{ms3}$ lần lượt là phản lực và hệ số ma sát

do bi và bộ ngòi tác dụng lên trục nhận áp; F, F_{qt} là áp lực nước và lực quán tính tác dụng lên trục nhận áp khi đạn chuyển động.

Từ mô hình đặt lực trên, với hệ trục tọa độ xOy như hình vẽ, ta có phương trình cân bằng của trục nhận áp như sau:

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum M_I = 0 \quad (2)$$

Biến đổi phương trình đầu tiên nhận được:

$$N_1 + N_2 = N_3 \quad (3)$$

Biến đổi phương trình thứ ba nhận được:

$$\sum M_I = N_1 \cdot h_1 + F_{ms1} \cdot r + F_{ms2} \cdot r - N_3 \cdot h_2 - F_{ms3} \cdot r = 0 \quad (4)$$

Từ phương trình (3) và (4) với giả thiết $f_1 = f_2 = f_3$, biến đổi nhận được:

$$N_2 = N_1 \cdot (h_1 - h_2) / h_2 ; N_3 = N_1 \cdot h_1 / h_2 \quad (5)$$

Biến đổi phương trình thứ hai của hệ (2), nhận được:

$$m \cdot \ddot{y} = F - F_{qt} - F_{lx} - F_{ms1} - F_{ms2} - F_{ms3} \quad (6)$$

Thay N_2, N_3 , vào phương trình (6) và biến đổi nhận được:

$$m \cdot \ddot{y} = F_t + F_d - m \cdot dV / dt - k \cdot (\Delta + y) - 2 \cdot N_1 \cdot h_1 / h_2 \quad (7)$$

Trong đó: h_2 thay đổi theo y và được biểu diễn $h_2 = h_2^0 - y$ với h_2^0 ở vị trí lắp ban đầu; m là khối lượng trục nhận áp; dV / dt là gia tốc chuyển động của đạn trong nước.

Như vậy, phương trình chuyển động của trục nhận áp có dạng:

$$m \cdot \ddot{y} = F_t + F_d - m \cdot \frac{dV}{dt} - k \cdot (\Delta + y) - 2 \cdot N_1 \cdot \frac{h_1}{h_2^0 - y} \quad (8)$$

Phương trình (8) mô tả chuyển động của trục nhận áp, thời điểm trục nhận áp bắt đầu chuyển động khi vế phải của phương trình (8) dương. Khi quãng đường chuyển động của trục nhận áp lớn hơn giá trị cho phép (a_{mbh}), ngòi sẽ bị phát hỏa và ngược lại.

4. KẾT QUẢ KHẢO SÁT VÀ THỰC NGHIỆM

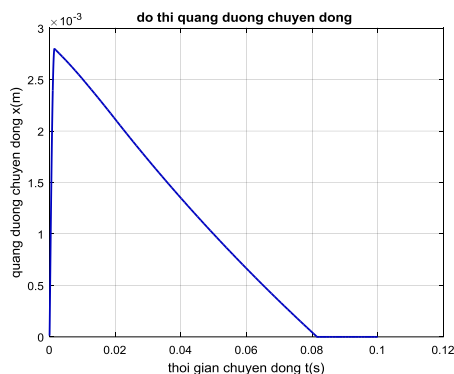
4.1. Kết quả tính toán, khảo sát

Tiến hành tính toán, khảo sát cho 2 phương án kích thước rãnh a : phương án 1 (PA1) rãnh a có $D = \Phi 17$ mm, $d = \Phi 16,8$ mm; phương án 2 (PA2) có $D = \Phi 17$ mm, $d = \Phi 16,0$ mm.

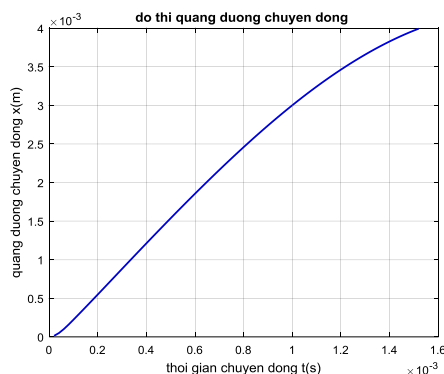
Với góc bắn 31° , vận tốc tiếp nước của đạn là 59,8 m/s [2], giải phương trình (8) bằng phần mềm Matlab nhận được kết quả chuyển động của trục nhận áp như hình 6 và hình 7.

Bảng 2. Thông số đầu vào tính chuyển động cụm nhận áp.

Đại lượng	Ký hiệu	Giá trị	Đại lượng	Ký hiệu	Giá trị
Khối lượng trục nhận áp	m (kg)	0,003	Áp lực của bi	N_1 (N)	4
Độ cứng lò xo 10	k (N/m)	670	Khoảng cách	h_1 (mm)	5,45
Độ nén lò xo 10 khi lắp	Δ (m)	0,007	Khoảng cách	h_2^0 (mm)	8,2
Hệ số ma sát	$f_1 = f_2 = f_3$	0,2	Khoảng cách mở BH	a_{mbh} (mm)	4



Hình 6. Đồ thị quãng đường chuyển động của trực nhận áp (PA1).



Hình 7. Đồ thị quãng đường chuyển động của trực nhận áp (PA2).

Từ kết quả thu được nhận thấy, với kích thước rãnh a theo phương án 1, ban đầu khi đạn chuyển động trong nước với vận tốc lớn, áp lực nước làm cho trực nhận áp chuyển động được đoạn đường $2,7 \text{ mm} < a_{mbh}$, sau đó, tốc độ của đạn trong nước giảm nhanh đến tốc độ rơi tự do trong nước, khi này áp lực của nước tác dụng lên trực nhận áp nhỏ hơn lực lò xo, trực nhận áp bị đẩy về vị trí ban đầu, ngòi không bị kích nổ khi chưa đủ độ sâu.

Với phương án 2, diện tích rãnh a lớn hơn, áp lực thủy động lên trực nhận áp lớn, làm cho trực nhận áp chuyển động với đoạn đường đủ để kích hoạt cơ cấu ($a_{mbh} = 4 \text{ mm}$).

Khảo sát một số góc bắn khác tương ứng với các tầm bắn 50 m, 100 m, 200 m, 300 m nhận được kết quả tương tự.

4.2. Kết quả thực nghiệm

Tiến hành thực nghiệm ngòi thủy tĩnh với 2 phương án rãnh a (phương án 1 có $D = \Phi 17 \text{ mm}$, $d = \Phi 16,8 \text{ mm}$; phương án 2 có $D = \Phi 17 \text{ mm}$, $d = \Phi 16,0 \text{ mm}$) như hình 8. Ngòi được chế thử, thử nghiệm đánh giá hoạt động khi bắn xuống nước tại hồ Cẩm Sơn - Bắc Giang. Thử nghiệm bắn khi ngòi được cài đặt ở độ sâu nổ $10 \pm 2 \text{ m}$, kết quả cụ thể:

Với phương án 1, khi bắn ngòi chuyển động đến độ sâu 8 m, kết quả 10/10 ngòi không bị kích hoạt (như vậy cụm trực nhận áp chưa làm việc), khi bắn đến độ sâu 12 m, kết quả 10/10 ngòi bị kích hoạt (cụm trực nhận áp làm việc).

Với phương án 2, khi bắn ngòi chuyển động đến độ sâu 8 m, kết quả 5/5 ngòi bị kích hoạt (cụm trực nhận áp làm việc).

Như vậy, kết quả thử nghiệm tại trường bắn phù hợp với kết quả tính toán, khảo sát, khi để rãnh nước vào a có diện tích đủ lớn sẽ làm tăng đáng kể áp lực nước lên trực nhận áp và làm cho ngòi bị kích hoạt khi chưa đủ độ sâu làm việc.



Phương án 1
Hình 8. Mẫu ngòi thủy tĩnh thử nghiệm.
Phương án 2

5. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán, khảo sát cho thấy, khi thiết kế rãnh cho nước vào khoang thân ngòi (rãnh a) phù hợp, cơ cấu nhận áp thủy tĩnh dùng để định độ sâu nổ cho ngòi thủy tĩnh làm việc tin cậy, cơ cấu không bị kích hoạt khi đạn chuyển động trong nước ở giai đoạn đầu. Khi diện tích rãnh a đủ lớn cơ cấu bị kích hoạt khi đạn chuyển động trong nước ở giai đoạn đầu.

Kết quả tính toán phù hợp với kết quả thực nghiệm, với kích thước rãnh theo PA1 ($D = \Phi 17$ mm, $d = \Phi 16,8$ mm), cơ cấu không bị kích hoạt khi đạn chuyển động trong nước ở giai đoạn đầu đến độ sâu 8 m và được kích hoạt do áp suất thủy tĩnh khi đạn đủ độ sâu kích nổ (10 ± 2 m). Với kích thước rãnh theo PA2 ($D = \Phi 17$ mm, $d = \Phi 16,0$ mm), ngòi bị kích hoạt sớm khi chưa đủ độ sâu.

Kết quả tính toán và thực nghiệm được trình bày trong bài báo được sử dụng để thiết kế, chế thử và thử nghiệm ngòi thủy tĩnh lắp cho đạn lựu phóng chống người nhái.

Mở rộng phương pháp tính toán và thực nghiệm trong bài báo có thể áp dụng để tính toán, thiết kế các cơ cấu định áp thủy tĩnh, thiết kế lựa chọn rãnh (lỗ) tiết lưu cho các loại ngòi áp suất thủy tĩnh tương tự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Đức Việt, Nguyễn Hanh Hoàn, “Xác định hệ số khí động của đạn lựu phóng cỡ 45mm chống người nhái,” TC. Cơ khí Việt Nam, số 4 (2019), tr. 37-42.
- [2]. Nguyễn Hanh Hoàn, Trần Đức Việt, “Khảo sát quỹ đạo đạn lựu phóng cỡ 45mm chống người nhái,” TC. Cơ khí Việt Nam, số 4 (2019), tr. 91-95.
- [3]. Viện Vũ khí, “Hồ sơ đề tài súng và đạn lựu phóng chống người nhái,” (2020).
- [4]. Ansys CFX Release 12.0, “ANSYS CFX-Solver Theory Guide”.

ABSTRACT

IMPACT ASSESSMENT OF WATER PRESSURE UP TO STRUCTURE HYDROSTATIC FUSE WHEN BULLET MOVE IN THE WATER

This paper builds a calculation model to impact assessment of water pressure up to structure hydrostatic fuse, which is assembled for anti-frogmen grenades, assess detonated fuses before reaching depth. The results are proved experimentally and be used to design hydrostatic fuse.

Keywords: Bullet exterminate Frogman; Fuse; Hydrostatic pressure.

Nhận bài ngày 29 tháng 7 năm 2020

Hoàn thiện ngày 01 tháng 3 năm 2021

Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 6 năm 2021

Địa chỉ: ¹Viện Vũ khí/Tổng cục CNQP;

²Viện Tên lửa/Viện KHCNQS.

*Email: hanhhoanvtl@gmail.com.