NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MÔ MEN TẠO QUAY QUANH TRỤC DỌC ĐẾN TẢN MÁT CỦA ĐẠN PHẢN LỰC CÓ CÁNH

Nguyễn Đức Thuận*

Tóm tắt: *Tản mát ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả chiến đấu của vũ khí nói chung, đạn phản lực nói riêng. Đạn phản lực có cánh thường có tản mát lớn (lớn hơn khá nhiều so với đạn phản lực ổn định theo nguyên lý con quay). Để giảm tản mát, cần thiết phải khảo sát ảnh hưởng các thông số đến tản mát của đạn. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của mô men tạo quay quanh trục dọc đến tản mát của một loại đạn phản lực có cánh. Trên cơ sở đó, đưa ra khuyến cáo để giảm tản mát khi thiết kế, chế tạo mới hoặc cải tiến, nâng cấp tổ hợp pháo phản lực có trong trang bị.*

Từ khóa: BM-21; Đạn phản lực; Tản mát.

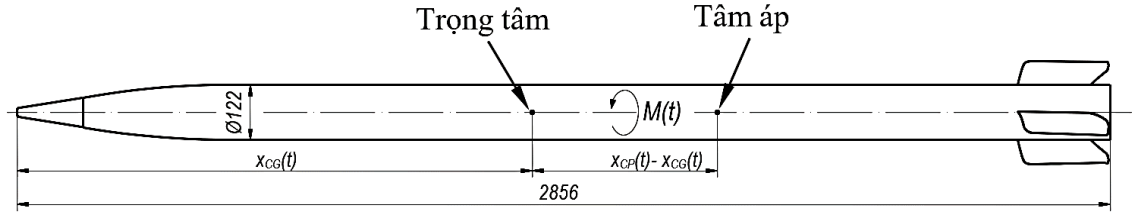
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tản mát của đạn phụ thuộc vào rất nhiều nguyên nhân khác nhau. Chúng đã tạo ra phát đạn này rơi xa hơn, phát đạn khác rơi gần hơn, có phát bay sang trái, có phát bay sang phải. Một trong những nguyên nhân ấy là do sự sai lệch của các đối số (độ lệch tâm lực đẩy, góc phóng, trọng lượng đạn,...) so với giá trị ở điều kiện chuẩn. Đối với mỗi phát bắn, các đối số sẽ có một giá trị hoàn toàn xác định, giá trị đó đối với từng phát bắn khác nhau có sự sai khác. Để giảm tản mát cho đạn có thể sử dụng hai biện pháp: làm giảm sự sai lệch nói trên hoặc làm giảm ảnh hưởng của những sai lệch đó đến tản mát của đạn.

Đối với đạn phản lực có cánh, một trong những biện pháp để giảm tản mát cho đạn là tạo cho đạn một chuyển động quay thích hợp quanh trục dọc của nó. Trong trường hợp này, ảnh hưởng của mô men lệch tâm lực đẩy được chia đều về các phía, do đó giảm được tản mát của đạn.

Tuy nhiên, tốc độ chuyển động quay quanh trục dọc của đạn như thế nào là phù hợp, vấn đề này cần phải nghiên cứu, khảo sát. Trong bài báo này, tác giả trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của mô men tạo quay quanh trục dọc M(t) đến tản mát của đạn. Trên cơ sở của nghiên cứu đưa ra quy luật sự phụ thuộc của tản mát vào mô men M(t) và các khuyến cáo để giảm tản mát khi thiết kế, chế tạo mới hoặc cải tiến tổ hợp pháo phản lực.

Đối tượng nghiên cứu: đạn phản lực có cánh, bắn trên dàn phóng của xe chiến đấu BM-21 (tác giả gọi là đạn BM-21). Mô hình đạn BM-21 được minh họa trên hình 1.



Hình 1. *Mô hình đạn BM-21.*

2. MÔ HÌNH TOÁN

Mô hình toán mô tả động lực học bay cho đạn BM-21 có kể đến lệch tâm lực đẩy và lệch tâm trọng lượng được xây dựng tương tự như mô hình cho đạn 9M22Y trong nghiên cứu [2]. Tuy nhiên, ở đây có tính đến thành phần mô men tạo quay M(t).

2.1. Mô hình toán chuyển động của đạn trong ống phóng

Mô hình toán chuyển động của đạn trong ống phóng có tính đến thành phần mô men M(t) được thiết lập như sau [3, 5]:

$$\begin{cases} m_d \dfrac{dV}{dt} = F_{dc} - \dfrac{\left(4J_x F_{dc}\tan\delta - 2m_d d.M(t)\right)\left(\sin\delta + \mu\cos\delta\right)}{m_d d^2\left(\cos\delta - \mu\sin\delta\right) + 4J_x\left(\sin\delta + \mu\cos\delta\right)\tan\delta} \\ \omega = \dfrac{2V}{d}\tan\delta \\ \dfrac{dS}{dt} = V \end{cases}$$

Trong đó, M(t) là mô men tạo quay quanh trục dọc.

2.2. Mô hình toán chuyển động của đạn trên quỹ đạo bay

Các giả thiết, hệ phương trình chuyển động của đạn được mô tả như trong nghiên cứu [2]. Sự khác biệt trong trường hợp này là các lực và mô men tác động lên đạn trong quá trình chuyển động, ngoài việc có kể đến lệch tâm lực đẩy và lệch tâm trọng lượng, còn kể đến mô men M(t).

$$\begin{pmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -m_d g\sin\theta \\ m_d g\cos\theta\sin\phi \\ m_d g\cos\theta\cos\phi \end{pmatrix} + \frac{\rho V^2 S}{2}\begin{pmatrix} -C_D\cos\alpha + C_L\sin\alpha \\ C_{Y_\beta}\beta + C_{Y_p}\dfrac{L_{ref}}{2V}p + C_{Y_r}\dfrac{L_{ref}}{2V}r \\ -C_D\sin\alpha - C_L\cos\alpha \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} F_{dc}\cos\varepsilon \\ F_{dc}\sin\varepsilon\cos\varphi \\ F_{dc}\sin\varepsilon\sin\varphi \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} l \\ m \\ n \end{pmatrix} = \frac{\rho V^2 S}{2}\begin{pmatrix} L_{ref}\left[C_{lo} + C_{l_\beta}\beta + C_{l_p}\dfrac{L_{ref}}{2V}p + C_{l_r}\dfrac{L_{ref}}{2V}r\right] \\ L_{ref}\left[C_{m_\alpha}\alpha + C_{m_q}\dfrac{L_{ref}}{2V}q\right] \\ L_{ref}\left[C_{n_\beta}\beta + C_{n_p}\dfrac{L_{ref}}{2V}p + C_{n_r}\dfrac{L_{ref}}{2V}r\right] \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M(t) \\ -F_{dc}L\sin\varepsilon\sin\varphi \\ -F_{dc}L\sin\varepsilon\cos\varphi \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_d g L_m\cos\theta\cos\varphi_1 \\ m_d g L_m\sin\theta\sin\varphi_1 \\ m_d g L_m\sin\theta\cos\varphi_1 \end{pmatrix}$$

Trong đó [3]:

- $C_D, C_L, C_{m_\alpha}, C_{l_\beta}, C_{n_\beta}, C_{m_q}, C_{l_p}, C_{n_r}$ là các hệ số khí động và đạo hàm hệ số khí động;
- S, L_{ref} tương ứng là diện tích đặc trưng và chiều dài đặc trưng của đạn;
- ε và φ tương ứng là góc lệch tâm lực đẩy và góc đặc trưng cho vị trí lệch tâm lực đẩy;
- L_m và φ_1 tương ứng là độ lệch tâm trọng lượng và góc đặc trưng cho vị trí lệch tâm trọng lượng.

3. MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN, THẢO LUẬN

3.1. Số liệu đầu vào

- Số liệu đầu vào là các thông số của đạn BM-21, dàn phóng BM-21. Các số liệu này được đưa vào chương trình mô phỏng ở hai dạng, dạng hằng số (bảng 1) [3, 6], dạng đại lượng ngẫu nhiên (bảng 2) [3, 6, 7]. Số liệu dạng đại lượng ngẫu nhiên là các số liệu có kể đến sai số phạm phải khi chế tạo;

- Các hệ số khí động được tính bằng phần mềm Missile Datcom.

Bảng 1. *Thông số đầu vào dạng hằng số của đạn BM-21.*

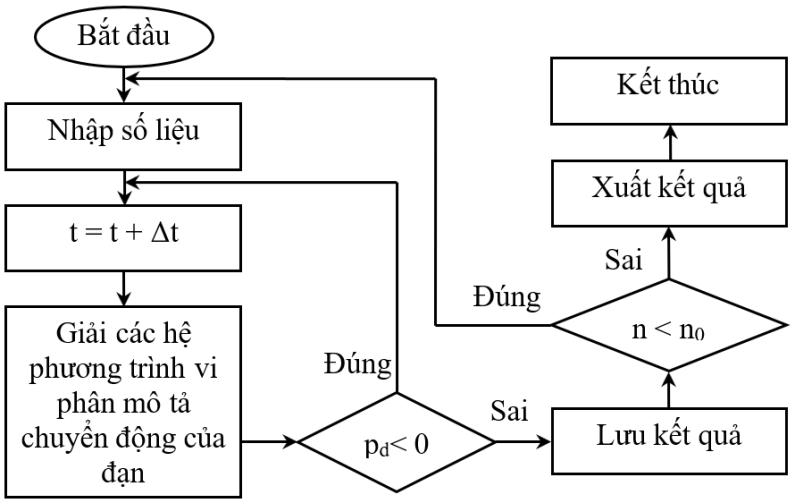
TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Đường kính Midel	mm	122
2	J_x ban đầu	kgm^2	0,154
3	J_x khi thuốc phóng cháy hết	kgm^2	0,112
4	J_y ban đầu	kgm^2	53,91
5	J_y khi thuốc phóng cháy hết	kgm^2	30,24
6	J_z ban đầu	kgm^2	53,91
7	J_z khi thuốc phóng cháy hết	kgm^2	30,24
8	Khối lượng thuốc phóng	kg	27,3
9	Hệ số ma sát		0,2
10	Góc nghiêng rãnh ống phóng	độ	1,5
11	Chiều dài ống phóng	m	3
12	Góc bắn	độ	55

Bảng 2. *Thông số đầu vào dạng đại lượng ngẫu nhiên của đạn BM-21.*

TT	Thông số	Đơn vị	Quy luật phân bố
1	Tổng xung lực đẩy	kNs	Chuẩn $\mu = 62,9$; $\sigma = 0,5/3$
2	Thời gian động cơ làm việc	s	Chuẩn $\mu = 2,65$; $\sigma = 0,4/3$
3	Độ lệch tâm trọng lượng	mm	Chuẩn $\mu = 0$; $\sigma = 0,12$
4	Phân bố độ lệch tâm trọng lượng	độ	Đều trong [0...360]
5	Góc lệch tâm lực đẩy	độ	Chuẩn $\mu = 0$; $\sigma = 0,08$
6	Phân bố góc lệch tâm lực đẩy	độ	Đều trong [0...360]
7	Khối lượng đạn	kg	Chuẩn $\mu = 69$; $\sigma = 0,1$
8	Lực giữ chốt định hướng	N	Đều trong [5883...7845]
9	Nhiễu loạn ban đầu về góc tầm	Độ	Chuẩn $\mu = -1,5$; $\sigma = 0,1$
10	Nhiễu loạn ban đầu về góc hướng	Độ	Chuẩn $\mu = 0$; $\sigma = 0,1$

3.2. Phương pháp, công cụ mô phỏng

Khảo sát ảnh hưởng của mô men M(t) đến tản mát của đạn bằng cách: Với mỗi giá trị mô men M, thời gian t, xác định các đặc trưng tản mát của đạn [2] theo sơ đồ thuật toán được thể hiện trên hình 2, thống kê số liệu thu được, xây dựng quy luật sự phụ thuộc của tản mát vào mô men M(t).



Hình 2. *Sơ đồ thuật toán.*

P_d - Vị trí của đạn theo trục $O_e z_e$; n_0 - Số phát bắn trong một lần bắn.

3.3. Kết quả tính toán

3.3.1. Mô phỏng kiểm chứng mô hình

Với mỗi góc bắn, sẽ có một bộ thông số quỹ đạo của đạn. Trên bảng 3 là các thông số quỹ đạo của đạn BM-21 không vòng cản khi bắn ở góc 55^o.

Bảng 3. *Các thông số của đạn BM-21 bắn ở góc $55^{o.}$*

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Vận tốc tại thời điểm đạn rời ống phóng	m/s	45,7
2	Vận tốc góc tại thời điểm đạn rời ống phóng	rad/s	19,6
3	Vận tốc lớn nhất của đạn	m/s	1060,6
4	Vận tốc rơi của đạn	m/s	379,1
5	Độ cao lớn nhất của đường đạn	km	17,1
6	Thời gian đạn bay	s	121,1
7	Tầm bắn	km	40,288
8	Sai số vòng tròn xác suất (CEP)	%	0,995

Nhận xét: kết quả tính toán đối với đạn BM-21 (CEP = 0,995%) sát đúng với kết quả thực nghiệm (CEP = 1,0%) [3]. Do đó, mô hình toán và chương trình mô phỏng này sẽ được sử dụng để nghiên cứu ảnh hưởng của mô men M(t) đến tản mát của đạn.

3.3.2. Ảnh hưởng của mômen tạo quay đến tản mát của đạn

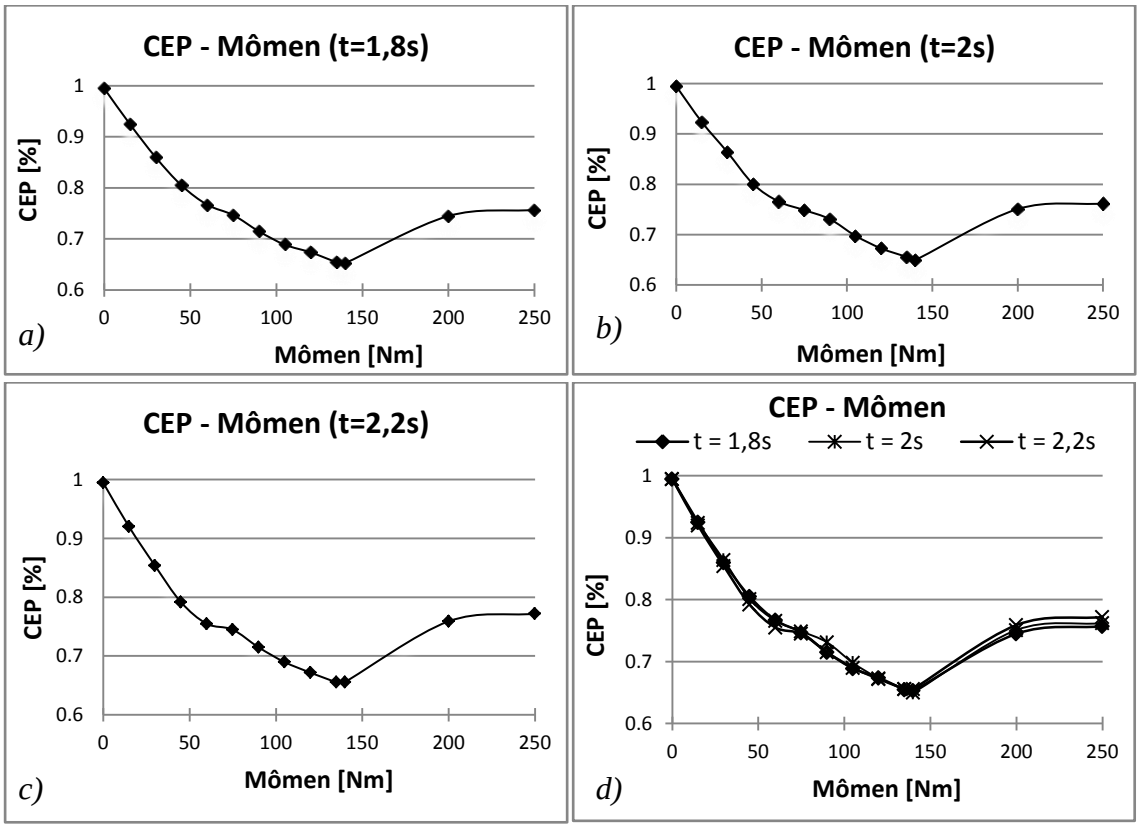
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của mô men tạo quay đến tản mát của đạn BM-21 được minh họa như trên hình 3.

Nhận xét:

- Tản mát gần như ít phụ thuộc vào thời gian tồn tại mô men tạo quay (trong vùng khảo sát t = 1,8 ÷ 2,2 s);

- Tản mát phụ thuộc vào giá trị mô men tạo quay. Mô men tạo quay càng lớn tản mát càng nhỏ (trong miền khảo sát M = 15 ÷ 140 Nm). Khi mômen tạo quay lớn (M = 200 Nm; 250 Nm), mômen tạo quay càng lớn thì tản mát càng tăng;

- Tản mát phụ thuộc vào giá trị mô men tạo quay không tuyến tính, khi mô men tạo quay càng tăng (trong miền khảo sát M = 15 ÷ 140 Nm) thì tốc độ giảm tản mát càng giảm.



Hình 3. *Ảnh hưởng của mô men tạo quay đến tản mát của đạn:*
a) t = 1,8 s; b) t = 2 s; c) t = 2,2 s; d) Đồ thị kết hợp.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán nhận thấy, mô men tạo quay quanh trục dọc ảnh hưởng đáng kể đến tản mát của đạn BM-21. Mô men tạo quay càng lớn, tản mát của đạn càng nhỏ (khi giá trị mô men tạo quay nhỏ) và tồn tại một giá trị mô men tạo quay, mà tại đó, tản mát đạt giá trị nhỏ nhất. Như vậy, có thể giảm tản mát cho đạn BM-21 bằng cách tạo cho đạn một mô men quanh trục dọc phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Đức Cương, *"Mô hình hóa và mô phỏng chuyển động của khí cụ bay tự động",* NXB Quân đội nhân dân (2002).

[2]. Nguyễn Đức Thuận, Lê Hùng Phong, Hoàng Thế Dũng, Hoàng Việt Trung, Lê Tuấn Anh, *"Xác định các đặc trưng tản mát của đạn phản lực không điều khiển bằng mô phỏng ngẫu nhiên"* Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự, số 69 (2020).

[3]. Nguyễn Đức Thuận, *"Nghiên cứu, xây dựng phương án giảm tản mát cho đạn phản*

lực tăng tầm 40km bắn trên dàn phóng của xe chiến đấu BM-21", Báo cáo tổng hợp kết quả thực hiện đề tài, Viện KHCNQS (2019)

[4]. R. F. Stengel, *"Flight Dynamics"*, Princeton University Press (2004).

[5]. Е. В. Чурбанов, *"Краткий курс баллистики"*,2-е издание, Санкт-Петербург(2006).

[6]. Боевая машина БМ - 21, *"Технические условия накапитальный ремонт БМ-21 УК"*, Москва, Военное издательство(1980).

[7]. Ф. Р. Гантмахер, Л. М. Левин, *"Теорияполетанеуправляемыхракет"*, ИздательствоФизико-МатематическойЛитературы (1959).

ABSTRACT

RESEARCHING THE EFFECT OF ROTATIONAL TORQUE AROUND THE LONGITUDINAL AXIS ON THE DISPERSION OF WINGED JET PROJECTILES

Dispersion directly affects the combat effectiveness of all most weapons and unguided rockets. Winged jet projectiles usually have a large dissipation (much larger than gyro-stabilized rockets). In order to reduce dispersion, it is necessary to investigate the influence of parameters on the dispersion of bullets. This paper presents research results investigating the influence of rotational moment around the longitudinal axis on the dispersion of a winged jet projectile. On that basis, make recommendations to reduce dispersion when designing, building new or improving and upgrading the rocket artillery combination included in the equipment.

Keywords: BM-21; Rocket; Dispersion.

Nhận bài ngày 10 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 9 tháng 8 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tên lửa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: ndthuanvtl@gmail.com.