

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH VẬN TỐC DÒNG KHÍ TRONG ỐNG LÀM MÁT DƯỚI TÁC DỤNG CỦA KHÍ THUỐC ĐẦU NÒNG

RESEARCH ON DETERMINING THE AIRFLOW VELOCITY IN COOLING TUBES UNDER THE INFLUENCE OF PROPELLANT GAS AT THE MUZZLE

ThS. Mai Văn An, ThS. Phạm Đức Khôi
Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

TÓM TẮT

Việc làm mát nòng khi bắn giúp tuổi thọ nòng súng, pháo tăng lên từ đó tăng tuổi thọ của cho cả khẩu súng, pháo. Có nhiều biện pháp làm mát nòng súng, pháo khi bắn như tạo các rãnh tản nhiệt bên ngoài nòng, làm mát bằng nước hay làm mát bằng dòng khí... Súng trung liên thế hệ mới STrL-P được thiết kế kết hợp cả hai phương pháp làm mát nòng bằng các rãnh tản nhiệt và dòng khí. Thiết kế này giúp tăng tuổi thọ nòng (súng) lên đáng kể. Dòng khí cưỡng bức được tạo ra bằng cách bố trí các ống có tiết diện nhất định bao quanh nòng, sử dụng vận tốc dòng khí đầu nòng ở giai đoạn tác dụng sau cùng của khí thuốc tạo ra sự chênh lệch áp suất giữa hai đầu ống giúp không khí trong ống di chuyển. Bài báo này trình bày phương pháp khảo sát sự ảnh hưởng của vận tốc khí thuốc đầu nòng đến vận tốc dòng khí trong ống làm mát trên phần mềm ANSYS FLUENT.

Từ khóa: Làm mát nòng súng; Vận tốc dòng khí; ANSYS FLUENT.

ABSTRACT

Cooling the barrel during firing helps to extend the lifespan of the gun barrel, thereby increasing the overall lifespan of the weapon. There are various methods to cool gun barrels, such as adding external cooling fins, water cooling, or air cooling. The new generation light machine gun, STrL-P, is designed to combine both cooling methods: using cooling fins and airflow. This design significantly enhances the lifespan of the gun barrel. The forced airflow is generated by arranging tubes with specific cross-sections around the barrel. The airflow velocity at the muzzle, in the final stage of the propellant gas effect, creates a pressure difference between the two ends of the tubes, allowing air to move through the tubes. This paper presents a method to investigate the effect of muzzle gas velocity on the airflow velocity in the cooling tubes using ANSYS FLUENT software.

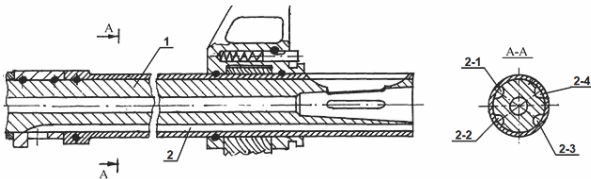
Keywords: Gun barrel cooling; Airflow velocity; ANSYS FLUENT.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nâng cao tuổi thọ nòng súng nói riêng và súng nói chung luôn là yêu cầu được đặt lên hàng đầu trong công tác khai thác và sử dụng vũ khí. Súng trung liên STrL-P là loại súng mới được thiết kế các bộ phận làm mát đặc biệt giúp tăng tuổi thọ nòng lên đáng kể so với súng thế hệ trước. Với hai thành phần làm mát chính là các rãnh tản nhiệt và các ống làm mát bằng không khí. Để có cơ sở cho các bước tính toán hệ số làm mát nòng cần tính toán được vận tốc dòng khí trong ống làm mát. Trong nghiên cứu này trình bày phương pháp khảo sát sự ảnh hưởng của vận tốc khí thuốc đầu nòng đến vận tốc dòng khí trong ống làm mát trên phần mềm ANSYS FLUENT.

2. PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH

2.1. Cấu tạo bộ phận làm mát bằng các ống dẫn khí



Hình 1. Cấu tạo bộ phận làm mát bằng ống dẫn khí:

1 - Nòng súng; 2 - Các ống dẫn khí

Trong bài báo này, lấy kết quả áp suất đầu nòng của bài toán thuật phóng trong và kết cấu mặt cắt qua tiết diện hai ống làm mát đối xứng là thông số đầu vào để khảo sát. Diện tích ống làm mát lấy theo tài liệu thiết kế ban đầu, mặt cắt đầu nòng coi như phẳng và tạo một góc 90° với trục nòng. Phương pháp mô phỏng số dựa trên rời rạc hóa phương trình Navier-Stokes với mô hình rối k - ω SST được ứng dụng [3]. Kết quả mô phỏng số là dữ liệu đầu

vào để đánh giá khả năng làm mát nòng súng khi bắn.

2.2. Bài toán thuật phóng trong

Trên cơ sở các giả thiết cơ bản, kết hợp với kết cấu thực tế của súng, hệ phương trình bài toán thuật phóng trong của súng như sau [1], [2]:

$$\begin{cases} \frac{dz}{dt} = s_1 \frac{p}{I_k} \\ \frac{d\psi}{dt} = \chi (1 + 2\lambda z + 3\mu z^2) \frac{dz}{dt} \\ \frac{dv}{dt} = s_2 \frac{gpS}{\phi q} \\ \frac{dl}{dt} = s_2 \cdot v \\ \frac{dw}{dt} = \frac{1 - \alpha \delta}{\delta} \chi \omega (1 + 2\lambda z + 3\mu z^2) \frac{dz}{dt} + S \frac{dl}{dt} \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{w} \left[f \chi \omega (1 + 2\lambda z + 3\mu z^2) \frac{dz}{dt} - p \frac{dw}{dt} - \frac{\theta \phi q v}{g} \frac{dv}{dt} \right] \end{cases} \quad (1)$$

Giải hệ phương trình vi phân 1 có được thông số áp suất khí thuốc tại thời điểm đạn ra khỏi nòng P_{dn} .

2.3. Phương pháp tính toán

Phương trình trung bình Navier-Stokes theo Reynolds (RANS) là phương trình chuyển động trung bình theo thời gian của dòng chảy [3]. Các phương trình RANS chủ yếu được sử dụng để mô tả các dòng chảy rối. Các phương trình này có thể được sử dụng với các phép tính gần đúng dựa trên các đặc tính của sự hỗn loạn dòng chảy để đưa ra các giải pháp trung bình theo thời gian gần đúng cho các phương trình Navier-Stokes. Các phương trình này có thể được viết bằng như sau:

$$\rho \bar{u}_i \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = \rho \bar{f}_i + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[-\rho \bar{\delta}_{ij} + \mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \bar{u}_i u_j \right] \quad (2)$$

Trong đó: $i, j = 1, 2, 3$; u_i là thành phần

vận tốc trung bình; p là áp suất; ρ là mật độ không khí.

Về trái của phương trình này đại diện cho sự thay đổi động lượng trung bình của một phần tử chất khí do sự không ổn định trong dòng chảy trung bình và sự đối lưu của dòng chảy trung bình. Sự thay đổi này được cân bằng bởi lực trung bình của mô hình, ứng suất đẳng hướng do trường áp suất trung bình, ứng suất nhớt và ứng suất biểu kiến ($-\rho u_i' u_j'$) do trường vận tốc dao động, thường được gọi là ứng suất Reynolds.

Trong mô hình này, biểu thức v_t và k phương trình tương tự như các giá trị trong mô hình $k-\epsilon$. Sự khác biệt nằm ở việc sử dụng phương trình cho ω và ϵ , như được mô tả chi tiết bởi Wilcox [3], đối với các dòng chảy ở lớp biên, mô hình $k-\omega$ có ưu thế hơn cả trong xử lý vùng gần thành nhớt và trong tính toán của nó cho các ảnh hưởng của gradient áp suất dòng chảy. Tuy nhiên, việc xử lý các ranh giới dòng tự do không rời là một trở ngại lớn: điều kiện biên khác không (phi vật lý) trên ω là bắt buộc và tính toán dòng chảy nhạy cảm với giá trị được chỉ định.

2.4. Xây dựng mô hình

Trong nghiên cứu này xây dựng mô hình mô tả mặt cắt đi qua tâm nòng và vị trí hai ống làm mát đối xứng (hình 2).



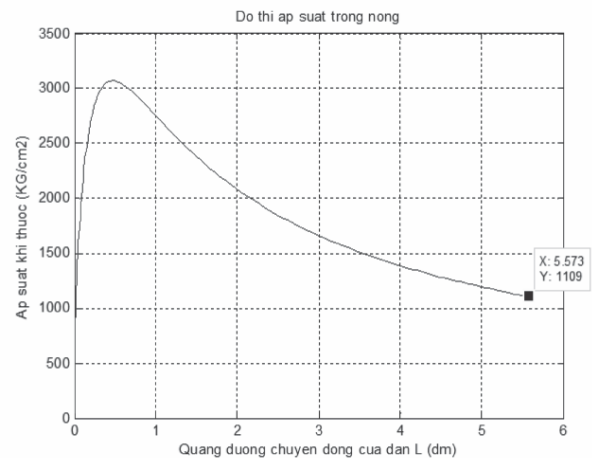
Hình 2. Mô hình tính toán

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Sử dụng phương pháp tích phân số trên

phần mềm MATLAB 2011b giải hệ phương trình 1 và phần mềm ANSYS FLUENT mô phỏng dòng khí thu được các kết quả như sau:

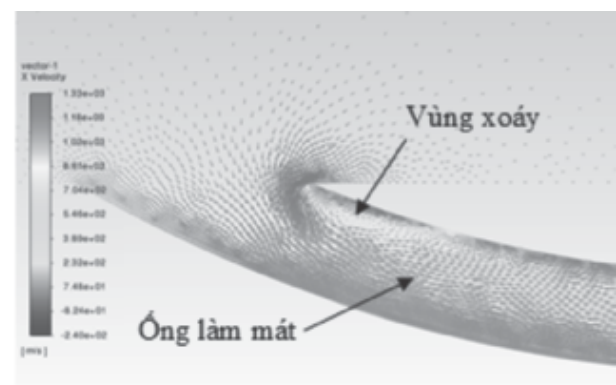
3.1. Kết quả giải bài toán TPT



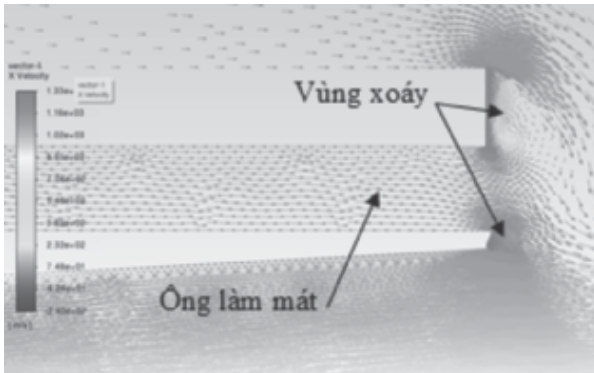
Hình 3. Đồ thị biến thiên áp suất khí thuốc trong lòng nòng

- Áp suất khí thuốc tại miệng nòng: 1109 kG/cm². Đây là thông số đầu vào cho bài toán xác định vận tốc dòng khí khi ra khỏi nòng.

3.2. Kết quả bài toán xác định vận tốc khí trong ống làm mát

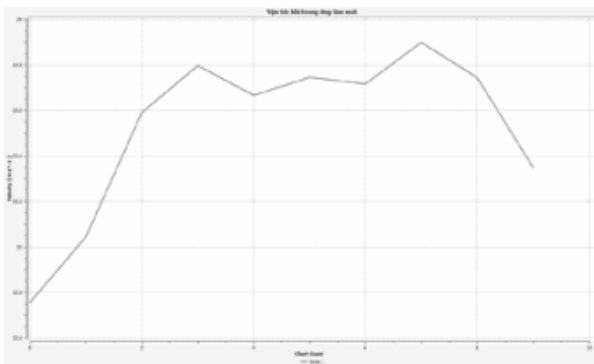


Hình 4. Trường vận tốc dòng khí ở đầu vào ống



Hình 5. Trường vận tốc dòng khí ở đầu ra ống

Do bề mặt đầu nòng vuông góc với phương chuyển động của dòng khí khi ra khỏi nòng (90°) nên xuất hiện các vùng xoáy tại hai bên ống dẫn khí. Nguyên nhân là vì góc $\geq 90^\circ$ gây ra sự thay đổi đột ngột của trường dòng chảy. Dòng chảy khí dần ổn định bên trong ống và vận tốc tăng lên dần từ đầu vào đến đầu ra. Ở tiết diện đầu ra do có sự thay đổi về dòng (ảnh hưởng bởi các vùng xoáy hai bên miệng ống theo hai hướng khác nhau) làm cho vận tốc giảm đi trước khi ra khỏi ống làm mát (hình 6).



Hình 6. Đồ thị vận tốc của dòng khí trong ống dẫn khí

Nhận xét kết quả tính toán:

Kết quả mô phỏng cho thấy có dòng khí dịch chuyển trong các ống làm mát, tốc độ dòng khí tăng dần ra phía đầu nòng từ 32,75m/s ở đầu vào đến 33,85m/s là giá trị lớn nhất. Giá trị trung bình của vận tốc ≈ 33 m/s.

4. KẾT LUẬN

Như vậy có thể khẳng định việc thiết kế ống dẫn khí để làm mát nòng dựa trên sự chênh lệch áp suất tại đầu ống và cuối ống dẫn khí khi bắn là có cơ sở. Vận tốc dòng khí trong ống là thông số đầu vào quan trọng cho tính toán hệ số làm mát nòng khi bắn. ❖

Ngày nhận bài: **25/5/2024**

Ngày phản biện: **15/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Ngọc Du, Đỗ Văn Thọ; *Thuật phóng trong của súng pháo*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 1976.
- [2]. Phạm Huy Chương; *Động lực học vũ khí tự động*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2002.
- [3]. Lê Công Cát; *Kỹ thuật nhiệt*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2001.
- [4]. Trần Ích Thịnh, Ngô Như Khoa; *Phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
- [5]. ANSYS Inc, *ANSYS Workbench User's Guide*, Release 21R1, 11/2021.

