NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH HỆ SỐ LỰC CẢN CỦA ĐẠN CỐI ĐC100M-PST TRONG GIAI ĐOẠN THIẾT KẾ BẰNG MÔ PHỎNG SỐ

Đỗ Quốc Vì*, Trần Hoàng Minh, Phùng Văn Cường, Đặng Bá Ngọc

Tóm tắt: *Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng phần mềm mô phỏng số xác định hệ số lực cản của đạn cối ĐC100M-PST. Xây dựng bảng giá trị lực cản của đạn cối tương ứng với từng giá trị vận tốc khác nhau. Kết quả tính toán được kiểm chứng bằng thực nghiệm và đảm bảo độ tin cậy. Kết quả nghiên cứu giúp cho việc thiết kế hình dạng đạn trong giai đoạn thiết kế ban đầu đáp ứng được các yêu cầu đặt ra.*

Từ khóa: Khí động học; Hệ số lực cản; Đạn cối.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình thiết kế một mẫu đạn mới, việc xác định hệ số hình dạng đạn hay hệ số lực cản c_x có vai trò quan trọng trong việc xác định tầm bắn của đạn hoặc xác định vận tốc cần thiết để đạt được tầm bắn theo yêu cầu đặt ra [3].

Hiện nay có các phương pháp thực nghiệm để xác định hệ số lực cản như phương pháp thổi khí trong ống khí động, phương pháp bắn đạn trên đường bắn thí nghiệm, phương pháp quang học [4]. Trong giai đoạn thiết kế ban đầu, việc sử dụng các phương pháp thực nghiệm gặp nhiều khó khăn, chi phí lớn và mất nhiều thời gian. Do vậy, việc sử dụng các phần mềm mô phỏng số như CFX hoặc FLUENT của ANSYS, OpenFOAM,... để xác định hệ số lực cản là vô cùng cần thiết, góp phần giảm số lần chế thử, thử nghiệm dẫn đến giảm chi phí và thời gian.

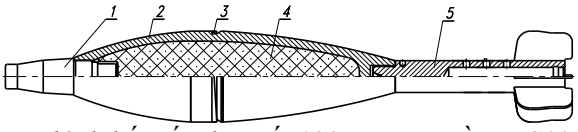
Việc ứng dụng các phần mềm mô phỏng số để xác định lực cản của đạn hoặc vật thể khác (tên lửa, máy bay, ô tô,...) đã được sử dụng tương đối phổ biến ở trong nước và trên thế giới [5, 8, 9]. Hiện nay, trong lĩnh vực đạn dược, thông thường chỉ xác định giá trị lực cản ứng với một giá trị vận tốc, so sánh với loại đạn mẫu tương ứng để xác định hệ số hình dạng đạn. Phương pháp này tồn tại nhược điểm là khi đạn thiết kế có đặc điểm hình dạng khác với đạn mẫu (theo các định luật lực cản 1943, 1958, Xiasi) thì kết quả có độ chính xác không cao, mặc khác phương pháp này xem hệ số hình dạng đạn là không đổi, thực tế hình dạng đạn thay đổi theo vận tốc.

Bài báo sử dụng phần mềm CFX để mô phỏng khí động của đạn cối ĐC100M-PST ở các vận tốc từ (0÷290) m/s, ở góc tấn 0^0. Ứng với mỗi vận tốc xác định được hệ số lực cản c_x từ đó xây dựng được bảng hệ số lực cản c_x ứng với các vận tốc khác nhau (đạn thiết kế xem như đạn mẫu, có hệ số hình dạng bằng 1). Dựa vào bảng hệ số lực cản tính toán tầm bắn của đạn để kiểm tra khả năng đáp ứng các yêu cầu chiến kỹ thuật đã đặt ra trong giai đoạn thiết kế ban đầu.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Kết cấu của đạn cối ĐC100M-PST

Đạn cối ĐC100M-PST được thiết kế theo các nguyên lý tăng tầm đang được áp dụng hiện nay. Đạn có hình dạng thuôn dài thay cho dạng giọt nước để giảm lực cản không khí, đuôi đạn được làm bằng hợp kim nhôm để tăng khả năng ổn định cho đạn. Đạn sử dụng gioăng kín khí để giảm tổn thất năng lượng của khí thuốc khi bắn, giảm tản mát sơ tốc và tăng độ chụm cho đạn. Kết cấu cụ thể được trình bày trên hình 1.



Hình 1. *Mô hình kết cấu đạn cối 100mm tăng tầm ĐC100M-PST.*
1- Ngòi M12; 2- Thuốc nổ TNT; 3- Gioăng kín khí; 4- Thân đạn; 5- Đuôi đạn.

2.2. Mô hình khí động lực học mô tả dòng chảy bao quanh đạn

2.2.1. Khi không tính tới dòng chảy rối

Giả thiết không khí có nhớt theo quy luật Newton, tính nhớt phụ thuộc nhiệt độ theo quy luật Sutherland. Việc xây dựng hệ phương trình mô tả dòng chảy bao quanh đạn như sau:

Các tham số cơ bản của dòng chảy là: mật độ khí: ρ; nhiệt độ: T; áp suất: p; véc tơ vận tốc của dòng chảy: $u_i \equiv \vec{u} = (u_1, u_2, u_3)$.

Từ định luật bảo toàn khối lượng, định lý biến thiên động lượng và định luật bảo toàn năng lượng, ta thiết lập được hệ phương trình cơ bản [1, 2, 7].

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial (u_i)}{\partial x_i} = 0 \tag{1}$$

- Phương trình Navie-Stokes:

$$\frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho f_i \tag{2}$$

Trong đó: τ_{ij} là ten-xơ ứng suất nhớt; ρf_i là lực khối.

- Phương trình năng lượng:

$$\frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho E u_i)}{\partial x_i} = -\frac{\partial (p u_i)}{\partial x_i} + \frac{\partial (u_j \tau_{ij} - q_i)}{\partial x_i} + \rho f_i u_i + q_H \tag{3}$$

Các phương trình (1÷3) là những phương trình cơ bản mô tả dòng chảy, chúng được gọi chung là hệ phương trình Navie-Stokes.

Với giả thiết không khí là khí lý tưởng ta có phương trình trạng thái:

$$p = \rho RT \tag{4}$$

và phương trình Calori:

$$e = C_v T \tag{5}$$

với R=287 N.m/kg.K và C_v=717 N.m/kg.K.

2.2.2. Khi tính đến dòng chảy rối

Dòng khí chảy quanh thân đạn là dòng chảy rối do đạn chuyển động nhanh và biên dạng đạn thay đổi có chỗ đột ngột.

Phương pháp chuẩn chung đưa đến các phương trình Navier-Stokes trung bình Reynolds đối với các dòng không nén được dựa trên các giá trị trung bình thời gian như sau [6]:

$$u_i(t) = \bar{u}_i + u_i' \tag{6}$$

trong đó: $\bar{u}_i$ là giá trị trung bình Reynolds.

$$\bar{u}_i = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} u_i(\tau) d\tau \tag{7}$$

Với dòng chảy nén được, sử dụng phương pháp trung bình Favre:

$$u_i = \tilde{u}_i + u_i''; \ \tilde{u}_i = \frac{1}{\bar{\rho} T} \int_t^{t+T} \rho(\tau) u_i(\tau) d\tau \tag{8}$$

Ở đây, giá trị trung bình Favre được đánh dấu kèm theo ký hiệu sóng (~). Ưu điểm của trung bình Favre là trung bình theo thời gian của các số hạng dẫn xuất của tỷ trọng và bất

cứ biến nào sẽ là dẫn xuất của tỷ trọng trung bình và biến trung bình Favre. Do đó có phương trình sau:

$$\overline{\rho u_i} = \overline{\rho u_i} + \overline{\rho' u_i''} = \overline{\rho}\tilde{u}_i + \overline{\rho u_i''} = \overline{\rho}\tilde{u}_i \tag{9}$$

Nói cách khác trung bình theo thời gian của $\rho u_i''$ bằng 0. Điều này có được từ định nghĩa của trung bình Favre trong phương trình (8). Từ đó có:

$$\rho = \overline{\rho} + \rho';\ p = \overline{p} + p';\ q = \overline{q} + q';\ u_i = \tilde{u}_i + u_i'';\ E = \tilde{E} + E'' \tag{10}$$

Thay (10) vào các phương trình (1÷3) và lấy giá trị trung bình theo thời gian, ta có hệ phương trình mô tả dòng chảy có tính đến dòng chảy rối [3, 6, 7]:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \overline{\rho}}{\partial t} + \dfrac{\partial}{\partial x_i}(\overline{\rho}\tilde{u}_i) = 0 \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(\overline{\rho}\tilde{u}_i) + \dfrac{\partial}{\partial x_j}(\overline{\rho}\tilde{u}_i\tilde{u}_j) = -\dfrac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \dfrac{\partial}{\partial x_j}(\tau_{ij} - \overline{\rho u_i'' u_j''}) \\ \dfrac{\partial}{\partial t}\left[\overline{\rho}\tilde{E} + \dfrac{1}{2}\overline{\rho u_i'' u_i''}\right] + \dfrac{\partial}{\partial x_j}\left[(\overline{\rho}\tilde{E} + \overline{p})\tilde{u}_j + \dfrac{1}{2}\tilde{u}_j\,\overline{\rho u_i'' u_i''}\right] = \\ \dfrac{\partial}{\partial x_j}\left[-\overline{q}_j - \overline{q}_{\phi j} - \overline{\rho u_j'' h''} + \overline{\tau_{ji} u_i''} - \dfrac{1}{2}\overline{\rho u_j'' u_i'' u_i''} + \tilde{u}_i\left(\overline{\tau}_{ij} - \overline{\rho u_i'' u_j''}\right)\right] \end{cases} \tag{11}$$

2.3. Mô hình tính toán lực cản khí động lên đạn khi bay

Trong lớp các mô hình ứng suất Reynolds có một phân lớp đơn giản, mô hình ứng suất Reynolds đại số, trong đó có mô hình rối 2 phương trình như mô hình k-ε hoặc mô hình k-ω, được bổ sung do tính không đẳng hướng của các ứng suất Reynolds.

Có rất nhiều mô hình khác nhau song trong phạm vi của bài báo xin được trình bày ở đây mô hình dòng chảy rối 2 phương trình. Mô hình chảy rối 2 phương trình có 2 dạng cơ bản là k-ε và k-ω.

Mô hình chảy rối k-ε

Các số hạng nguồn của mô hình k-ε là [5,6]:

$$Q_{\rho k} = P - \rho\varepsilon \tag{12}$$

$$Q_{\rho\varepsilon} = c_1\frac{\varepsilon}{k}P - c_2\frac{\rho\varepsilon^2}{k} \tag{13}$$

trong đó: c_1=1,44 và c_2=1,92 là các hằng số; P là dẫn xuất động năng chảy rối, khi áp dụng xấp xỉ Boussinesq, có dạng:

$$P = -\overline{\rho u_i'' u_j''}\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \left[\mu_T\left(2S_{ij} - \frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\right) - \frac{2}{3}\delta_{ij}\rho k\right]\frac{\partial u_i}{\partial x_j} \tag{14}$$

Trong mô hình k-ε, độ nhớt chảy rối được tính từ:

$$\mu_T = c_\mu\frac{\rho k^2}{\varepsilon} \tag{15}$$

trong đó: c_μ=0,09; σ_k=1,0 và σ_ε=1,3 được coi là không đổi.

Mô hình chảy rối k-ω

Mô hình k-ω do Wilcox xác lập [6], là cơ sở cho tất cả các mô hình k-ω hiện đại ngày nay. Trong mô hình k-ω, các số hạng nguồn cho ρk và ρω là:

$$Q_{\rho k} = P - \beta^* \rho k \omega \tag{16}$$

$$Q_{\rho \omega} = \alpha \frac{\omega}{k} P - \beta \rho \omega^2 \tag{17}$$

trong đó: α=5/9; β=0,075 và β^*=0,09 là các hằng số. Các số Schmidt có giá trị không đổi σ_k=2,0 và σ_ω=2,0.

Dẫn xuất động năng chảy rối P được mô hình hóa như trong mô hình k-ε bằng phương trình (14). Độ nhớt chảy rối nhận được từ công thức:

$$\mu_T = \frac{\rho k}{\omega} \tag{18}$$

Liên hệ chuẩn giữa ε và ω là:

$$\omega = \frac{\varepsilon}{\beta^* k} \tag{19}$$

Mô hình Shear Stress Transport (SST)

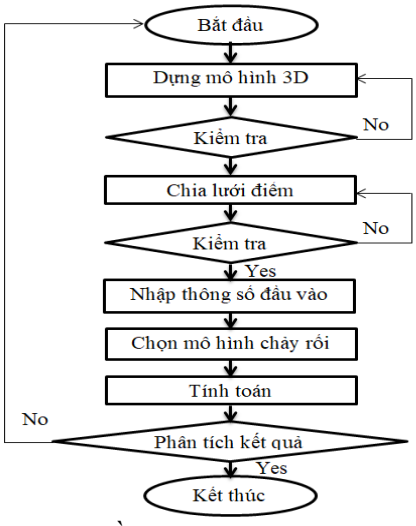
Mô hình SST (hay còn gọi là k-ω SST) là phương án hợp nhất những đặc trưng của hai mô hình k-ε và k-ω. Để làm vậy, mô hình k-ε được biến đổi lại dưới dạng k-ω và thêm hàm trọng số F_1 vào phương trình thu được để tạo sự chuyển đổi nhịp nhàng từ mô hình k-ω gần biên sang mô hình k-ε xa biên. F_1 lấy giá trị bằng 1 khi nó ở rìa ngoài của dòng chảy, và nhận giá trị bằng 0 khi nó tiến sát tới bề mặt vật thể chảy bao. Hai phương trình mô tả có dạng [6, 7]:

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho \bar{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \beta^* \rho k \omega + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \tag{20}$$

$$\rho \frac{\partial \omega}{\partial t} + \rho \bar{u}_j \frac{\partial \omega}{\partial x_j} = \alpha \frac{\omega}{k} \tau_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + 2(1 - F_1) \rho \sigma_{\omega^2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \tag{21}$$

2.4. Ứng dụng phần mềm CFX giải bài toán

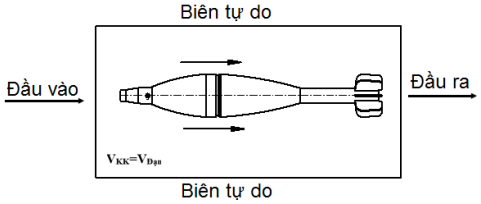
Phần mềm ANSYS cung cấp cách giải phương trình chuyển động bằng phương pháp phần tử hữu hạn, tiến hành theo các bước (hình 2), cần xây dựng mô hình phù hợp, chia lưới điểm cho miền tính toán, nhập các thông số đầu vào phù hợp để có được kết quả hợp lý [5, 6].



Hình 2. *Sơ đồ thuật toán của bài toán khí động.*

2.4.1. Xây dựng mô hình bài toán

Xét miền khảo sát có độ lớn hợp lý, được bao bởi đường biên như sau:



Hình 3. *Mô hình bài toán dòng chảy bao quanh đạn.*

Với mô hình bài toán, cho phép nghiên cứu các tham số dòng chảy bao quanh thân đạn như: trường vận tốc, áp suất, mật độ, nhiệt độ của dòng khí. Qua các tham số dòng chảy ta xác định được các giá trị lực cản khí động tác dụng lên đạn. Tuy nhiên, để áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn cho bài toán dòng chảy, ta viết lại các phương trình cơ bản dưới dạng [10, 11]:

$$\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial F_i}{\partial x_i}+\frac{\partial G_i}{\partial x_i}+Q=0 \tag{22}$$

Trong đó:

$$U=[\rho;\rho u_1;\rho u_2;\rho u_3;\mathrm{Pe};\rho k;k\psi]^T \tag{23}$$

$$F_i=[\rho u_i;\rho u_1u_i+p\delta_{1i};\rho u_2u_i+p\delta_{2i};\rho u_3u_i+p\delta_{3i};(\rho E+p)u_i;\rho k u_i;\rho\psi u_i]^T \tag{24}$$

$$G_i=[0;-\tau_{1i};-\tau_{2i};-\tau_{3i};-\tau_{ij}u_j-k_T\frac{\partial T}{\partial x_i};\mu_k\frac{\partial k}{\partial x_i};\mu_\psi\frac{\partial \psi}{\partial x_i}]^T \tag{25}$$

$$Q=[0;\rho f_1;\rho f_2;\rho f_3;-\rho f_iu_i-q_H;Q_{\rho k};Q_{\rho\varepsilon}]^T \tag{26}$$

$$q_i=-k_T\frac{\partial T}{\partial x_i}$$

2.4.2. Xác định các điều kiện biên và điều kiện đầu

a. Điều kiện biên trên miền khảo sát [8, 9]

- Điều kiện biên đầu vào:

Tại đầu vào của miền khảo sát, nhiệt độ, áp suất bằng với nhiệt độ, áp suất của môi trường. Vận tốc khí theo phương x bằng vận tốc của đạn, vận tốc theo phương y và phương z bằng 0.

- Điều kiện biên đầu ra:

Tại đầu ra của miền khảo sát chỉ cần điều kiện áp suất bằng áp suất môi trường, các tham số khác được xác định thông qua định luật bảo toàn khối lượng, động lượng và năng lượng (không đặt điều kiện cho vận tốc, nhiệt độ hay mật độ tại đây vì như vậy dễ dẫn đến không hội tụ trong quá trình lặp).

- Điều kiện biên tự do:

Nếu khí có xu hướng chảy vào (vận tốc theo phương y và z nhỏ hơn 0) tại đây thì thiết lập điều kiện biên như đối với đầu vào, ngược lại nếu chảy ra thì thiết lập như đối với đầu ra. Thực tế cho thấy sự biến đổi của vận tốc theo phương y và z tại biên tự do không lớn (xấp xỉ bằng 0) nên có thể thiết lập như đối với điều kiện biên đầu vào trên toàn bộ biên tự do: nhiệt độ, áp suất bằng với nhiệt độ, áp suất của môi trường.

Vận tốc khí theo phương x bằng vận tốc của đạn, vận tốc theo phương y và phương z bằng 0.

b. Điều kiện biên trên thành đạn [7-10]

Do giả thiết đạn đứng yên nên vận tốc tại những điểm sát thành bằng 0 theo phương pháp tuyến với bề mặt đạn: $\vec{u}_n = 0$

Ứng suất trong phương trình cân bằng của những phần tử sát thành đạn là:

$$\tau_{ij} = \tau_{ji} \tag{27}$$

trong đó: $\tau_{ij} = 2\mu S_{ij} + \lambda\delta_{ij}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}$; $S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$; $\lambda = -\frac{2}{3}\mu$.

Trong hệ tọa độ Oxyz:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}; \quad \tau_{xz} = \tau_{zx}; \quad \tau_{yz} = \tau_{zy}$$

$$\tau_{xy} = \mu\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right); \quad \tau_{xz} = \mu\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right); \quad \tau_{yz} = \mu\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right)$$

$$\tau_{xx} = \mu\left(2\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3}div\vec{u}\right); \quad \tau_{yy} = \mu\left(2\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{2}{3}div\vec{u}\right); \quad \tau_{zz} = \mu\left(2\frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3}div\vec{u}\right)$$

$$div\vec{u} = \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right)$$

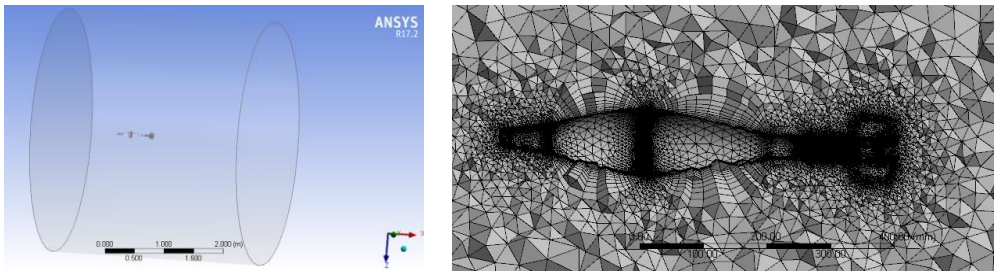
Do giả thiết bỏ qua sự truyền nhiệt từ bề mặt vào trong thân đạn, ta có:

$$q_i = -k_T\frac{\partial T}{\partial x_i}$$

2.4.3. Xây dựng mô hình và lựa chọn các thông số cho bài toán

Theo [8], kích thước vùng khảo sát được lựa chọn đảm bảo độ chính xác của kết quả mô phỏng và khối lượng tính toán không quá lớn (L = 4.$l_{đạn}$; D = 40.$d_{đạn}$). Với các kích thước lớn hơn thì kết quả gần như không thay đổi.

Đối với bài toán đang xét, lựa chọn lưới theo phần tử tứ giác là phù hợp vì có thể lấp đầy miền bất kỳ, đồng thời trong trường hợp suy biến thành tam giác (có 2 nút trùng nhau) vẫn không ảnh hưởng đến kết quả (do ma trận Jacobian trong phép đổi biến về hệ tọa độ tự nhiên vẫn khác không) [7-9]. Với mô hình tính toán đã xác định, tiến hành chia lưới với kết quả thu được là: 583686 nút và 2444541 phần tử, phần tử nhỏ nhất có kích thước 0,57mm.



Hình 5. *Mô hình 3D và chia lưới bài toán.*

Các mô hình chảy rối "k-ε", "k-ω" và "SST" là những mô hình sử dụng hai phương trình chuyển dịch biểu diễn động năng và sự tản mát động năng dòng rối, được dùng phổ biến trong tính toán kỹ thuật khi mô phỏng số. Tùy thuộc vào từng bài toán khác nhau cần chú ý tới bản chất, đặc trưng dòng chảy để chọn mô hình sao cho phù hợp nhất. Trong trường hợp giải bài toán tính lực cản khí động tác dụng lên đạn khi bay, sử dụng bài toán khí động chảy bao quanh vật thể, mô hình "SST" thể hiện tốt đặc tính dòng chảy trong cả lớp gần và lớp xa vật cần khảo sát, cho kết quả hội tụ nhanh và sát với thực tế.

Mô hình "SST" là phương án hợp nhất những đặc trưng của 2 mô hình "k-ω" và "k-ε" (mô hình "k-ω" mô tả tốt dòng chảy ở gần biên, còn "k-ε" mô tả các thuộc tính của dòng dịch chuyển tốt hơn) [6].

3. MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN VÀ THỰC NGHIỆM

3.1. Mô phỏng

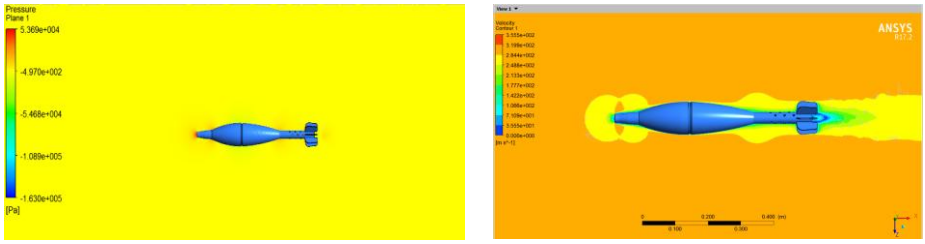
Tiến hành mô phỏng với các giả thuyết và điều kiện biên như mục 2.4. Xác định hệ số lực cản c_x ứng với các vận tốc từ (0÷290)m/s.

Hệ số lực cản chính diện của đạn được tính theo [4], trong đó R_x được xác định bằng phần mềm CFX sau khi mô phỏng:

$$c_{xTT} = \frac{R_x}{\pi \frac{d^2}{4} \rho v_0^2} \tag{28}$$

Bảng 1. *Kết quả tính toán hệ số lực cản của đạn cối ĐC100M-PST.*

v	c_x	v	c_x	v	c_x
250	0,122	275	0,142	284	0,160
255	0,124	280	0,151	285	0,164
260	0,126	281	0,152	286	0,167
265	0,130	282	0,156	287	0,171
270	0,136	283	0,158	290	0,181
Khi v<250m/s c_x=0,122					



a) b)

Hình 4. *Kết quả phân bố trường vận tốc và áp suất.*
a) Áp suất; b) Vận tốc.

Theo bảng 1, quy luật thay đổi của hệ số lực cản c_x theo vận tốc của đạn cối ĐC100M-PST tương đồng với định luật lực cản 1958 của Liên Xô [4]. So sánh giá trị c_x trong bảng 1 với c_x của định luật 1958 thì kết quả tính toán c_x của đạn cối ĐC100M-PST nhỏ hơn. Có thể xem hệ số hình dạng đạn trung bình của đạn cối ĐC100M-PST nếu tính theo định luật 1958 là 0,9. Ở các vận tốc nhỏ hơn 250m/s hệ số lực cản gần như không thay đổi và bằng 0,122.

3.2. Tính toán tầm bắn và kết quả thực nghiệm

Từ kết quả mô phỏng, tính toán hệ số lực cản chính diện c_x, tác giả giải bài toán thuật phóng ngoài xác định tầm bắn của đạn và so sánh với kết quả bắn thực nghiệm, từ đó đánh giá độ chính xác của phương pháp đã nghiên cứu.

Lập chương trình tính toán thuật phóng ngoài bằng phầm mềm Matlap, theo hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của đạn cối với các giả thuyết theo [4]. Đạn cối ĐC100M-PST được xem là đạn mẫu với hệ số hình dạng bằng 1, khối lượng đạn 8,0kg, sơ tốc để tính toán tầm bắn là 285m/s. Kết quả tính toán với góc phóng 45^0, tầm bắn của đạn là 5870m.

Thử nghiệm bắn kiểm tra tầm bắn của đạn cối ĐC100M-PST với các điều kiện khí tượng được quy về điều kiện khí tượng tiêu chuẩn pháo binh Liên Xô (nhiệt độ 15^0C, áp suất quyển 750mmHg, tốc độ gió 0m/s) [4]. Sau khi hiệu chỉnh chênh cao, hiệu chỉnh sơ tốc về 285m/s và hiệu chỉnh trọng lượng đạn về 8,0 kg, kết quả tầm bắn trung bình của nhóm bắn 10 phát là 6010m [4].

Kết quả mô phỏng tính toán có sai số 2,33% so với kết quả thực nghiệm thu được, chứng tỏ phương pháp mô phỏng tính toán hệ số lực cản ở trên là đáng tin cậy.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết và phương pháp sử dụng phầm mềm CFX để xác định hệ số lực cản c_x của đạn cối ĐC100M-PST ứng với các vận tốc từ (0÷290)m/s, từ đó tính toán thuật phóng ngoài xác định tầm bắn của đạn. Kết quả thử nghiệm cho thấy, phương pháp tính toán đảm bảo độ tin cậy. Phương pháp này có thể áp dụng để xác định hệ số lực cản cho các loại đạn thiết kế mới (đạn pháo, đạn cối, tên lửa,...) để xác định tầm bắn sơ bộ trong giai đoạn thiết kế ban đầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phan Nguyên Di, "*Cơ học môi trường liên tục"*, Nhà xuất bản Quân đội Nhân dân, 2001.
[2]. Nguyễn Văn Kiều, "*Thủy khí động lực kỹ thuật"*, Nhà xuất bản Quân đội Nhân dân, 2002.
[3]. Trần Văn Định, *"Cơ sở thiết kế đầu đạn pháo"*, Học viện Kỹ thuật quân sự, 2013.
[4]. Nguyễn Văn Thọ, Nguyễn Đình Sại, "*Giáo trình thuật phóng ngoài"*, Nhà xuất bản Quân đội Nhân dân, 2003.
[5]. Ansys 17 Tutorial.
[6]. D.C, Wilcox , "*Turbulence Modeling for CFD"*, 1998.
[7]. John F, Wendt, "*Compatational Fluid Dynamics"*, Verlag Berlin, 1996.
[8]. Hong Chuan Wee, "*Aerodynamic analysis of a canard missile configuration using Ansys-CFX"*, Naval postgraduate school, Thesis 2011.
[9]. Sor Wei Lun, *"Aerodynamic validation of emerging projectile configurations"*, Naval postgraduate school, Thesis 2011.
[10]. Краснов Н.Ф, "*Аэродинамика тел вращения",* 1958.
[11]. Шец ДЖ, "*Турбуленмное течение процессы вдува и перемешивания, перевод с английского Л.В. Соколовской под педакцей В.П.Шидловского", 1984*.

ABSTRACT

A STUDY OF DETERMINING THE DRAG COEFFICIENT OF MORTAR ĐC100M-PST IN THE DESIGN PHASE BY NUMERICAL SIMULATION

This paper presents the result of the study using numerical simulation software to determine the drag coefficient of the mortar ĐC100M-PST. Building a table of the drag coefficient corresponding to each different velocity value. The results of calculation are verified experimentally and ensure reliability. The results of studying help to design the mortar shape in the initial design phase to meet the requirements.

Keywords: Aerodynamic; Drag coefficient; Mortar.

Nhận bài ngày 21 tháng 5 năm 2020
Hoàn thiện ngày 30 tháng 6 năm 2020
Chấp nhận đăng ngày 03 tháng 8 năm 2020

Địa chỉ: Viện Vũ khí – Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.
*Email: vidq09@gmail.com.