

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC GÓC QUAY NGƯỢC ĐẾN TÀN MÁT KHI PHÓNG VẬT THỂ HÌNH CẦU

RESEARCH OF THE EFFECT OF BACKWARD ANGULAR VELOCITY ON THE DISPERSION OF DROP POINTS WHEN LAUNCHING A SPHERICAL OBJECT

TS. Lê Hữu Ban*, TS. Nguyễn Hải Minh, TS. Nguyễn Thế Lực,

TS. Nguyễn Như Cần, KS. Trần Thanh Hà

Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Email: lehuuban.mta@gmail.com

TÓM TẮT

Mô phỏng CFD được sử dụng để nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc góc quay ngược (backspin) đến hàm lực cản tiếp tuyến (C_D) và hàm lực cản pháp tuyến (C_L). Trên cơ sở đó, phương pháp Monte Carlo được sử dụng để xác định ảnh hưởng của vận tốc backspin đến tán mát của vật thể hình cầu khi phóng. Đối tượng nghiên cứu là một quả bóng nhựa đã được thực nghiệm khí động, vận tốc chuyển động nhỏ. Kết quả cho thấy: khi vận tốc backspin tăng, giá trị các hệ số lực cản tăng gần tuyến tính; ứng với một giá trị vận tốc backspin, khi vận tốc chuyển động của vật tăng, lực cản tiếp tuyến giảm, lực cản pháp tuyến tăng, các hệ số lực cản tiệm cận đến giá trị không đổi trong dải vận tốc nhỏ.

Từ khóa: Lực cản tiếp tuyến; Lực cản pháp tuyến; CFD.

ABSTRACT

CFD simulation is used to research the effect of backspin angular velocity on tangential drag function (C_D) and normal drag function (C_L). On that basis, Monte Carlo method is used to determine the effect of backspin velocity on the dispersion of drop points when launching a spherical object. The research object is a plastic ball which has been experimentally measured aerodynamically, it has a small moving velocity. The results show that: when the backspin velocity increases, the values of the drag coefficients increase almost linearly; corresponding to a value of backspin velocity, when the object's moving velocity increases, the tangential drag decreases, the normal drag increases, and the drag coefficients approach a constant value in a small velocity range.

Keywords: Tangential drag function; Normal drag function; CFD.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuyển động của các vật thể hình cầu được ứng dụng rất nhiều trong đời sống, đặc biệt là các môn thể thao. Trong lĩnh vực quân sự, một số mô hình bán tự nhiên hệ thống ĐKHL Pháo phòng không sử dụng đạn hình cầu để mô phỏng quỹ đạo chuyển động của đạn khi bắn. Có nhiều yếu tố gây nên tán mát của vật thể hình cầu, trong số đó có ảnh hưởng của chuyển động tự quay, còn gọi là chuyển động spin. Chuyển động tự quay của vật thể hình cầu làm xuất hiện hiệu ứng Magnus, từ đó sinh ra lực nâng tác dụng lên vật [1], [2], làm thay đổi quỹ đạo chuyển động và các đặc trưng tán mát khi bắn. Một số bài báo đã nghiên cứu các đặc trưng khí động của vật thể hình cầu quay [1],

[2]... Tuy nhiên, các công bố này chưa nghiên cứu chuyển động của vật thể hình cầu theo khía cạnh tán mát. Bài báo tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của một thành phần chuyển động tự quay đó là chuyển động quay ngược, còn gọi là backspin đến đặc trưng tán mát của vật thể hình cầu khi phóng với vận tốc nhỏ hơn 30 m/s [1].

2. MÔ HÌNH PHƯƠNG PHÁP SỐ

2.1. Điều kiện biên

Để mô phỏng dòng khí chảy qua vật thể hình cầu có chuyển động backspin. Bài báo lựa chọn mô hình dòng chảy và thiết lập điều kiện biên như trong Bảng 1 [2].

Bảng 1. Điều kiện biên và mô hình dòng chảy

Inlet	Outlet	Wall	Fluid Models
Velocity-inlet	Pressure-Outlet	Thành ống: Stationary Bóng: Rotational	Vicous: SST k - omega

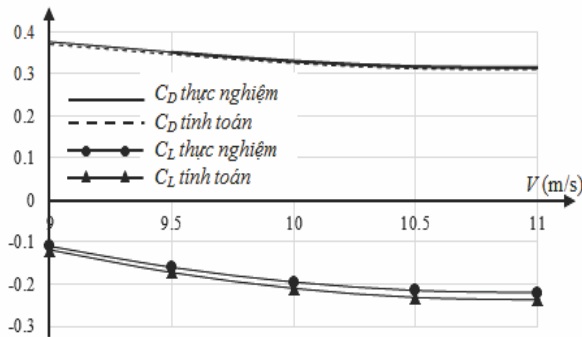
2.2. Xác minh mô hình CFD

Để thuận tiện kiểm tra tính chính xác của mô hình phương pháp số, bài báo tính toán các đặc trưng khí động C_D và C_L của vật thể hình cầu và một quả bóng nhựa đã được thực nghiệm khí động, thể hiện trong Bảng 2 [1].

Bảng 2. Một số thông số của vật thể hình cầu dùng trong mô phỏng CFD

Hình dạng	Vật liệu	Khối lượng	Đường kính	Sơ tốc	Vận tốc backspin
Cầu rỗng	HollowPlastic	92 g	228 mm	9 ÷ 11 (m/s)	367 rpm

Kết quả tính toán và kết quả thực nghiệm được thể hiện đồng thời trên cùng hệ trục tọa độ, như trong Hình 1. Kết quả tính toán khá tương đồng với kết quả thực nghiệm và mô tả đúng quy luật thay đổi của các đặc trưng khí động theo vận tốc dòng khí.

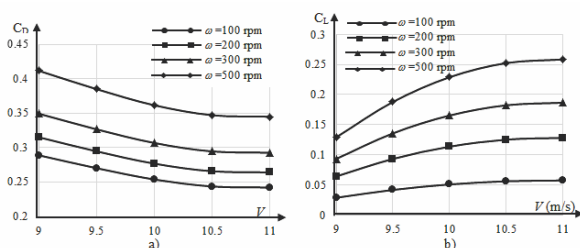


Hình 1. Sự phụ thuộc của các hệ số khí động vào vận tốc chuyển động tương đối

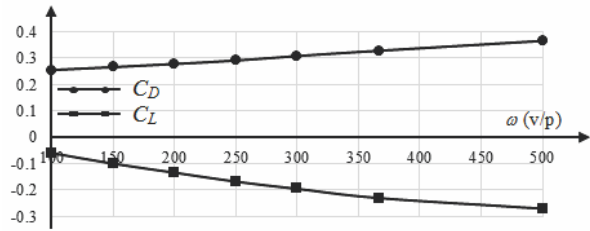
2.3. Ảnh hưởng của vận tốc backspin đến các đặc trưng khí động

Sử dụng mô hình phương pháp số đã nêu để tính toán các đặc trưng khí động cho quả bóng trong Bảng 2. Sự ảnh hưởng của vận tốc backspin đến các đặc trưng khí động được thể hiện trong các Hình 2-a và Hình 2-b.

Với một vận tốc không đổi của dòng khí, $V = 10\text{m/s}$, sự phụ thuộc của các đặc trưng khí động vào vận tốc backspin được thể hiện trong Hình 3.



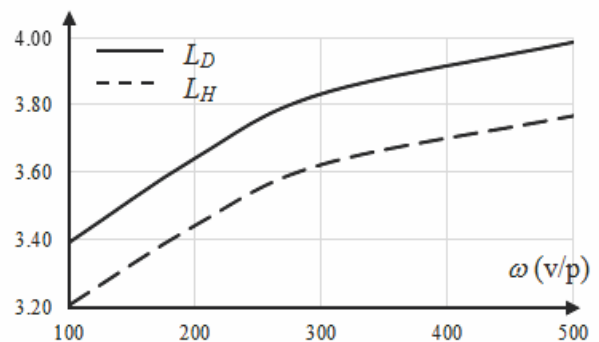
Hình 2. Sự ảnh hưởng của vận tốc backspin đến các đặc trưng khí động



Hình 3. Sự phụ thuộc của các hệ số khí động vào vận tốc backspin khi $V = 10\text{m/s}$

3. ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC BACKSPIN ĐẾN TẢN MÁT

Sử dụng phương pháp mô phỏng ngẫu nhiên Monte Carlo để xác định trung tâm tản mát trung bình và các đặc trưng tản mát của điểm rơi của quả bóng [3], [4]. Bộ thông số chuyển động ban đầu của bóng là: $V_0 = 11\text{ (m/s)}$; $\theta_0 = 30^\circ$; $r_{V_0} = 0.5\%$; $r_{\theta_{0x}} = 0.5^\circ$; $r_{\theta_{0z}} = 0.5^\circ$. Kết quả là sự phụ thuộc các đặc trưng tản mát điểm rơi L_D , L_H vào vận tốc backspin, được thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Sự phụ thuộc của các đặc trưng tản mát vào vận tốc backspin

4. KẾT LUẬN

Bài báo sử dụng mô hình CFD nghiên cứu các đặc trưng khí động và phương pháp Monte Carlo tính toán các đặc trưng tản mát cho vật thể hình cầu khi phóng. Một số kết quả thu được:

Ứng với một vận tốc backspin, khi vận tốc chuyển động của bóng tăng (nhưng không lớn hơn 30m/s), hệ số lực cản tiếp tuyến giảm dần, hệ số lực cản pháp tuyến tăng dần, cả hai hệ số lực cản đều tiệm cận giá trị không đổi.

Nếu vận tốc chuyển động của bóng không đổi, sự phụ thuộc của các hệ số lực cản vào vận tốc backspin là gần như tuyến tính.

Khi vận tốc backspin tăng, các đặc trưng tản mát tăng.

Kết quả của bài báo góp thêm cơ sở lý thuyết để nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố thuật phóng khác đến tản mát một số loại đạn sử dụng trong quân sự. Kết quả bài báo là một phần nội dung của đề tài mã số 24.TXM.07 do Học viện Kỹ thuật Quân sự quản lý. ❖

Ngày nhận bài: **05/3/2025**

Ngày phản biện: **24/3/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Rod Cross, “*Aerodynamics in the classroom and at the ball park*”. In American Journal of Physics, 2012.
- [2]. Bin Lyu, Lloyd Smith, Jack Elliott and Jeff Kensrud, “*The dependence of baseball lift and drag on spin*”. In Journal of Sports Engineering and Technology.
- [3]. Bộ môn Cơ sở bắn, “*Giáo trình thuật phóng ngoài*”. Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2003.
- [4]. Mark Ilg, Jonathan Rogers, Mark Costello, Mark Costello, “*Projectile Monte-Carlo Trajectory Analysis Using a Graphics Processing Unit*”. In AIAA Conference, 2011.