

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ĐẶC TÍNH KHÍ ĐỘNG CỦA KHÍ CẦU TREO DẠNG HELIKITE

SIMULATION RESEARCH ON AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF HELIKITE BALLOON

Đinh Tấn Hưng

Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Trong vòng một thế kỷ trở lại đây, thiết bị bay sử dụng khí (nhẹ hơn không khí, LTA-Lighter Than Air) đã được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau, chẳng hạn như tuần tra biên giới, ứng phó thảm họa thiên nhiên, khảo sát địa hình, giám sát quân sự và nghiên cứu khí quyển. Để phục vụ các mục đích này, khí cầu có thể được trang bị camera, radar và các cảm biến khác có thể cung cấp thông tin theo thời gian thực cho mặt đất, cho phép đưa ra các quyết định một cách kịp thời. Bài báo này nghiên cứu mô phỏng số hai dạng hình dạng của khí cầu treo lại gồm bóng bay – điều hay còn gọi là Helikite, tương tự mô hình đã được sản xuất trước đó bởi công ty Allsopp Helikite UK.

Từ khóa: *Nhẹ hơn không khí; Helikite; Khí cầu; Allsopp; Mô phỏng.*

ABSTRACT

Over the past century, air-powered aircraft (LTA-Lighter Than Air) have been used for a variety of purposes, such as border patrol, disaster response nature, topographic survey, military surveillance and atmospheric research. For these purposes, airships can be equipped with cameras, radar and other sensors that can provide real-time information to the ground, allowing decisions to be made in a timely manner. This article studies the numerical simulation of two shapes of a hybrid balloon-kite airship, also known as Helikite, similar to the model previously produced by Allsopp Helikite UK.

Keywords: *LTA; Helikite; Air Balloon; Allsopp; Simulation.*



1. GIỚI THIỆU

Khí cầu treo là một loại thiết bị nhẹ hơn không khí (LTA) được cố định với trạm mặt đất thông qua dây buộc và không có động cơ, thiết bị này có thể bay trên không nhờ sử dụng khí LTA [1]. Hiện nay, với tiến bộ trong khoa học vật liệu và điện tử, khí cầu treo được sử dụng trong công việc giám sát, liên lạc không dây, hoạt động cứu trợ khẩn cấp, giám sát và bảo vệ cánh đồng nông nghiệp, ghi dữ liệu khí quyển, phát điện, chụp ảnh trên không và khám phá không gian. Đây là thiết bị cung cấp các ứng dụng trên với chi phí thấp do mức tiêu thụ điện năng thấp. Chúng lơ lửng trong không trung mà không cần bất kỳ nguồn năng lượng nào; dây buộc duy trì vị trí của chúng và lực nâng được tạo ra bởi khí LTA. Nguồn điện duy nhất cần thiết cho hoạt động của chúng là dành cho tải trọng và, nếu cần, cho khí cầu hoạt động duy trì áp suất bên trong của chúng. Năng lượng có thể được cung cấp thông qua năng lượng mặt trời hoặc pin tích hợp.

Trong điều kiện không có gió, khí cầu treo và bóng bay thông thường sử dụng lực nâng của khí LTA để nâng toàn bộ tải lên theo phương thẳng đứng. Tuy nhiên, khi gặp gió lớn, các khí cụ bay truyền thống sinh ra lực cản lớn làm chúng lệch khỏi vị trí cân bằng, dẫn đến mất độ cao khi bay. Hiện tượng này gọi là blow-by [2]. Để khắc phục hiện tượng blow-by, khí cầu phải sinh ra lực nâng lớn vượt quá cần thiết để giữ cân bằng. Điều này đòi hỏi khí cầu phải có kích thước lớn để chứa đủ lượng khí Heli cần thiết, dẫn đến tăng khối lượng, tăng chi phí vận hành, gây khó khăn trong việc điều khiển. Một nhược điểm khác của khí cầu thông thường là lực nâng của chúng bị hạn chế do chỉ phụ thuộc vào khí LTA. Để khắc phục nhược điểm của các khí cụ bay thông thường, mô hình điều kết hợp bóng bay, gọi là Helikite, đã được phát triển bởi Sandy Allsopp [3]. Helikite ngoài

việc có thiết kế độc đáo, các mô hình này còn nhẹ hơn và nhỏ gọn hơn so với các loại khí cầu khác nhờ vào các vật liệu cấu thành và hình dáng khí động độc đáo. Helikite có ưu điểm ổn định trong gió, tiết kiệm năng lượng, thời gian bay kéo dài, không có tiếng ồn và dễ vận hành hơn so với khí cầu có dây buộc thông thường [4], [5].

Trong bài báo này, hai mô hình Helikite được lựa chọn nghiên cứu gồm mô hình Helikite dạng cầu và mô hình Helikite dạng elip.

2. NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG

Mô hình Helikite gồm [3]:

- Bóng: Hình elip hoặc hình tròn, làm bằng vải hoặc vật liệu nhẹ để chứa khí heli hoặc khí hydro để tạo nên khối lượng nhẹ hơn không khí. Phần bóng giúp Helikite bay lên không trung ở điều kiện không có gió: trong hang động, trong rừng cây, địa hình thấp, khuất gió... Theo thống kê của [3], tỷ lệ chiều dài trên chiều rộng của Helikite phổ biến nằm trong khoảng từ 0,83 đến 1,67. Trong đó, tỷ lệ 1,5 được sử dụng nhiều nhất cho Helikite. Vậy nên, mô hình Helikite trong bài báo được thiết kế theo tỷ lệ này;

- Cánh điều: Được làm bằng vải hoặc các loại vật liệu bền, được gắn vào phần bóng của khí cầu. Sau khi Helikite đạt được độ cao nhờ phần bóng, cánh điều tạo ra lực nâng giúp Helikite duy trì độ cao. Ngoài ra, cánh điều giúp tăng sự ổn định và kiểm soát của Helikite trong khi bay;

- Đuôi đứng: Có hình dạng tam giác phẳng, đặt phía dưới của điều, bao gồm khung và vải. Phần đuôi đứng này có tác dụng như một bề mặt ổn định của máy bay giúp khí cầu ổn định khi có sự thay đổi hướng gió;

- Dây: Giống như khí cầu treo khác, Helikite có cuộn dây đi kèm để kết nối với mặt đất, thường được làm bằng dây cước hoặc các loại vật liệu mỏng nhẹ có khả năng chịu lực. Dây buộc giúp kết nối Helikite với mặt đất và cố định phạm vi hoạt động của Helikite;

- Tải có ích: Phục vụ các mục đích khác nhau, tải có ích khác nhau. Khả năng mang tải của một Helikite có thể thay đổi tùy thuộc vào mẫu cụ thể và kích thước của khí cầu.

2.1. Mô hình Helikite

a. Helikite dạng cầu

Mô hình Helikite dạng cầu có phần bóng với đường kính 80 cm. Hình dạng và kích thước của Helikite dạng cầu được tổng hợp trong Hình 1.

b. Helikite dạng elip

Mô hình này được thiết kế với phần bóng đựng khí Heli dạng elip dẹt, cùng thể tích chứa khí Heli so với mô hình dạng cầu nhằm mục đích so sánh, phát triển sản phẩm. Tỷ lệ $D1/D2$ của mô hình (Hình 2) được thiết kế dựa trên mô hình Helikite của công ty Allsopp [3]. Chiều dài H và góc M được giữ nguyên so với mô hình Helikite dạng cầu.

2.2. Thiết lập mô phỏng

Nghiên cứu mô phỏng ứng xử của dòng chảy qua Helikite được thực hiện với sự trợ giúp của phần mềm ANSYS. Đặc tính khí động của mô hình Helikite dạng cầu và elip được so sánh với nhau và so sánh với bóng hình cầu không có điều (Hình 3) ở vận tốc gió 5 m/s, với góc tấn α thay đổi từ -20° đến 60° . Góc tấn này được định nghĩa là góc vĩnh của Helikite so với phương gió thổi như minh họa trong Hình 4.

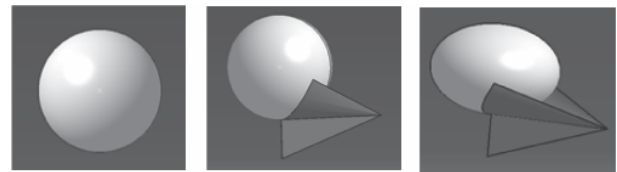
Miền tính toán là hình hộp chữ nhật với kích thước xác định trong Hình 5 [6].

Kích thước	Giá trị
D (cm)	80
L (cm)	80
H (cm)	30
M (độ)	58,41

Hình 1. Hình dạng và kích thước Helikite dạng cầu

Kích thước	Giá trị
D1 (cm)	63
D2 (cm)	90
L (cm)	90
H (cm)	30
M (độ)	58,41

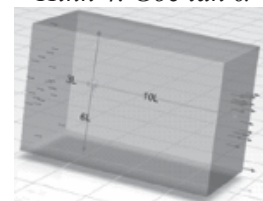
Hình 2. Hình dạng và kích thước Helikite dạng elip



a. Bóng hình cầu b. Helikite dạng cầu c. Helikite dạng elip

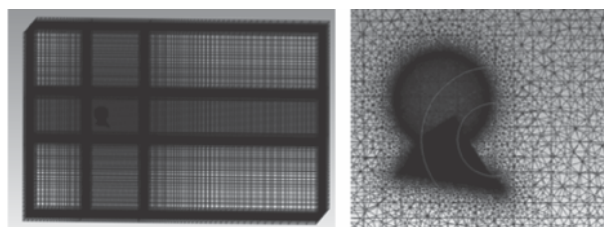


Hình 4. Góc tấn α



Hình 5. Miền tính toán

Tiếp theo, miền tính toán được chia lưới để tính toán mô phỏng. Chia lưới là một công đoạn quan trọng trong quá trình mô phỏng, ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian mô phỏng và đặc biệt là kết quả bài toán. Thêm vào đó hình dạng của Helikite phức tạp, có nhiều điểm nối với kích thước nhỏ, nhất là ở phần liên kết giữa cánh điều và vỏ bóng nên lưới không cấu trúc dạng tứ diện được lựa chọn sử dụng. Tổng số lưới thu được là 2.498.341 phần tử (Hình 6).



Hình 6. Chia lưới Helikite

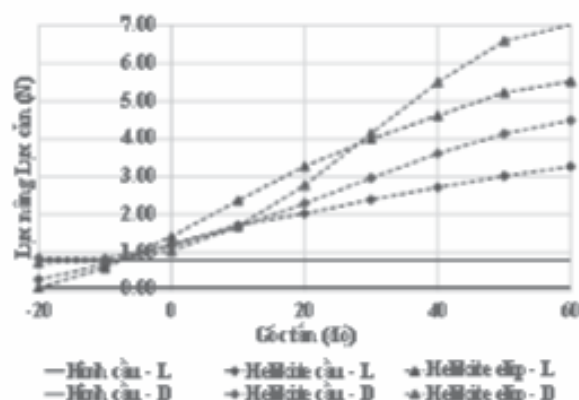
Mô hình rối k- ϵ được lựa chọn sử dụng trong bài báo. Đây là mô hình rối phổ biến nhất được sử dụng trong mô phỏng dòng chảy qua vật thể [6].

3. KẾT QUẢ

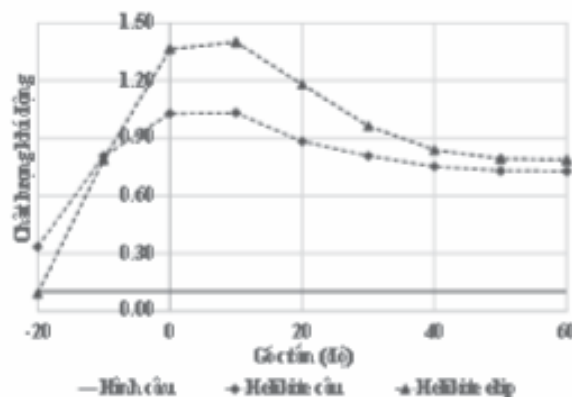
Đối với bóng hình cầu, phương gió tạo với hình cầu tại mọi phương đều như nhau, vì vậy ta chỉ mô phỏng một trường hợp duy nhất đối với bóng hình cầu. Đối với hai mô hình Helikite, các góc tấn thay đổi từ -20° đến 60° .

Kết quả lực nâng và lực cản của hai mô hình Helikite tăng dần theo góc tấn (Hình 7). Lực nâng và lực cản của hai mô hình Helikite nhỏ hơn so với bóng hình cầu ở góc tấn -20° , xấp xỉ bóng hình cầu ở góc tấn -10° và lớn hơn bóng hình cầu từ góc tấn 0° đến 60° . Mặc dù lực cản của Helikite lớn hơn mô hình bóng không điều, tuy nhiên việc kết hợp điều với bóng cũng tạo ra lực nâng lớn hơn bóng hình cầu. Điều này khiến Helikite giữ độ cao trong điều kiện gió lớn tốt hơn bóng hình cầu. Lực cản của hai

mô hình tăng tuyến tính trong khoảng từ 0° đến 40° và tăng chậm dần trong khoảng từ 40° đến 60° . Lực nâng và lực cản của mô hình Helikite dạng elip lớn hơn so với mô hình Helikite dạng cầu.



Hình 7. Lực nâng và lực cản Helikite



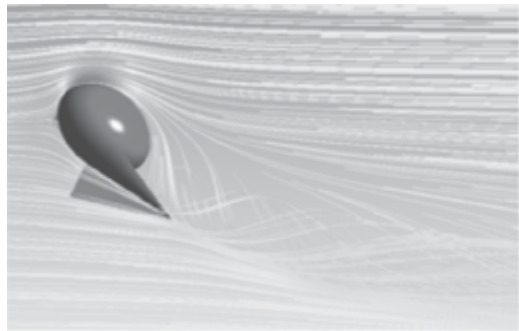
Hình 8. Chất lượng khí động Helikite

Mô hình Helikite dạng elip có hệ số chất lượng khí động tốt hơn mô hình Helikite dạng cầu (từ -10° đến 60°) (Hình 8). Hệ số chất lượng khí động của hai mô hình đạt cực đại trong khoảng 0° đến 10° và giảm đột ngột khi góc tấn âm. Nguyên nhân là do khi góc tấn âm, phần điều bị bóng cản làm mất lực nâng của cánh điều. Vì vậy, góc tấn của điều cần được chọn trong khoảng từ 10° đến 30° nhằm đảm bảo độ ổn định của điều.

Đường dòng của dòng chảy qua hai mô hình tại góc tấn 30° , vận tốc 5 m/s được biểu diễn trong hình 9. Dòng khí đi từ mặt trên của phần bóng đi xuống kết hợp với dòng khí đi từ dưới cánh điều đi lên tạo một vùng xoáy sau bóng. Các dòng xoáy này có thể ảnh hưởng đến hiệu suất bay của Helikite.



a. Helikite dạng cầu



b. Helikite dạng elip

Hình 9. Đường dòng qua Helikite

4. KẾT LUẬN

Bóng hình cầu do tính đối xứng nên phương gió tạo với hình cầu tại mọi phương đều như nhau và gần như không tạo lực nâng. Helikite, khí cầu treo kết hợp bóng và điều, cho lực nâng, lực cản lớn hơn và đồng thời cũng tạo ra chất lượng khí động tốt hơn nhiều so với bóng hình cầu. Lực nâng, lực cản và chất lượng khí động của mô hình Helikite dạng elip lớn hơn so với mô hình Helikite dạng cầu với góc tấn từ -10° đến 60° . ❖

Ngày nhận bài: **28/4/2024**

Ngày phản biện: **23/5/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Atlas LTA Advanced Technology, <https://atlas-lta.com/>
- [2]. K. Mahmood, N. A. Ismail, “*Application of multibody simulation tool for dynamical analysis of tethered aerostar*”, Journal of King Saud University - Engineering Sciences, Vol 34, Issue 3, pp. 209-216, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.09.005>.
- [3]. Allsopp Helikites LTD, <https://www.helikites.com/>
- [4]. M. E. Rogers, “*Helikite elevated platform (Final report HEP Phase I)*”, Topic A00-134, Small Business Innovative Research (SBIR), Carolina Unmanned Vehicles Inc., 4105 Graham-Newton Road, Raleigh, NC 27606, 2001.
- [5]. G. Verhoeven, J. Loenders, F. Vermeulen, R. Docter, *Helikite aerial photography “A versatile means of unmanned, radio controlled, low-altitude aerial archaeology”*, Archaeological Prospection Vol 16, Issue 2, pp. 125-138, 2009, <https://doi.org/10.1002/arp.353>.
- [6]. ANSYS User’s Guide, Lecture 09: “*Domains, Boundary Conditions and Sources*”.