

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁNH QUẠT QUAY LẮP TRÊN CÁNH MÁY BAY ĐẾN HỆ SỐ LỰC NÂNG CỦA MÔ HÌNH MÁY BAY SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

A STUDY ON THE INFLUENCE OF THE ROTATING PROPELLER ARRANGES ON
THE WING OF AN AIRPLANE ON THE LIFT COEFFICIENT OF AN AIRPLANE
MODEL USING SOLAR ENERGY

Vũ Hồng Thanh¹, Trịnh Ngọc Thăng², Mai Đức Nghĩa³

^{1,2}Khoa Thiết bị hàng không, Trường Sĩ quan Không quân

³Khoa Kỹ thuật cơ sở, Trường Sĩ quan Không quân

TÓM TẮT

Xu hướng phát triển ngành hàng không đã trở thành vấn đề cấp thiết, do đó nghiên cứu về tính năng của máy bay ngày càng được quan tâm, nhất là máy bay sử dụng năng lượng mới, trong đó có năng lượng mặt trời. Đối với máy bay sử dụng năng lượng mặt trời, do các tấm pin năng lượng được lắp trên toàn bộ bề mặt của cánh, nên cánh phải có độ dài lớn. Vì thế, cần đặt các thiết bị động lực trong thân hoặc trên cánh để đảm bảo các đặc tính khí động lực học khi bay. Trong bài báo này, nghiên cứu sự ảnh hưởng của cánh quạt quay lắp trên cánh máy bay đến đặc trưng khí động lực học của mô hình máy bay sử dụng năng lượng mặt trời bằng phương pháp mô phỏng, sử dụng phần mềm Ansys fluent. Kết quả cho thấy, khi lắp cánh quạt quay có độ dài khác nhau ở đầu cánh máy bay đều làm giảm hệ số lực nâng.

Từ khóa: Máy bay; Cánh quạt quay; Cánh máy bay; Hệ số lực nâng; Năng lượng mặt trời.

ABSTRACT

The development trend of the aviation industry has become an urgent problem, so research on the features of aircraft is increasingly interested, especially airplanes using new energy, including solar power. For a solar-powered plane, because the solar panels had arranged over the entire surface of the wing, the wing must have a great length. Therefore, it is necessary to install dynamic devices in the fuselage or on the wing to ensure the aerodynamic characteristics of the flight. In this paper, the influence of the rotating propeller arranges on the wing is studied on the aerodynamic characteristics of the aircraft model using solar energy by simulation method, using Ansys fluent software. The results show when arranging rotating propellers has different lengths at the wingtips, the lift coefficient is small.

Keywords: Airplane, propeller, the wing of an airplane, lift coefficient, solar energy.

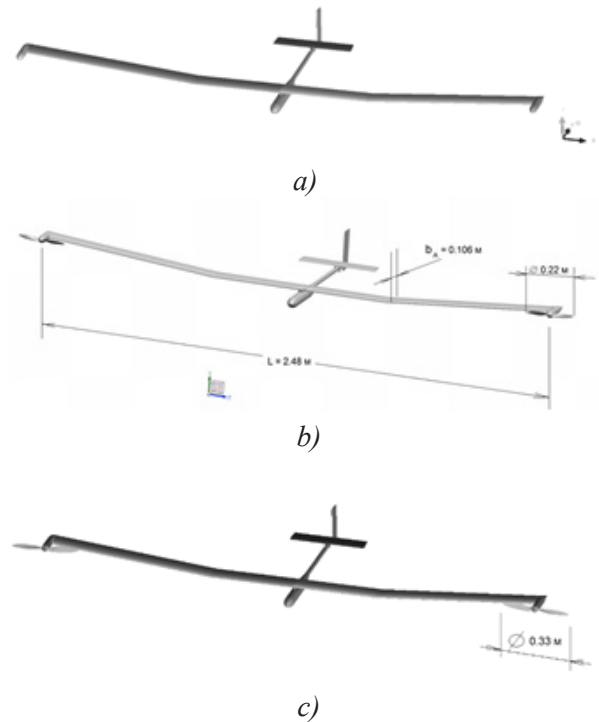
1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật, phục vụ phát triển kinh tế xã hội và đời sống cho con người luôn được gắn liền với bảo vệ môi trường, giảm thiểu ô nhiễm, nhất là việc sử dụng các nguồn năng lượng sạch và tái tạo, như năng lượng gió, năng lượng mặt trời, địa nhiệt và sinh khối. Trong số đó, năng lượng mặt trời đang thu hút được sự quan tâm nghiên cứu của các chuyên gia thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau. Đối với ngành hàng không, việc thiết kế chế tạo máy bay sử dụng năng lượng mặt trời dùng trong quan sát địa hình; khí tượng; phòng, chống cháy rừng... đang là vấn đề phát triển mới [1, 3]. Yêu cầu chính khi thiết kế máy bay sử dụng năng lượng mặt trời là tính toán khả năng bay với thời gian tối đa. Để đáp ứng yêu cầu đó, cần phải lắp đặt các tấm pin năng lượng trên toàn bộ bề mặt của cánh, do đó cánh máy bay phải có độ giãn dài lớn. Trong trường hợp này, cần đặt các thiết bị động lực trong thân hoặc trên cánh để đảm bảo các đặc tính khí động lực học khi bay. Vì thế, việc nghiên cứu tác động của luồng khí thổi từ cánh quạt đến cánh máy bay cần được xác định, từ đó có phương án bố trí kết cấu cho thiết bị bay hợp lý [2, 4].

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Mô hình máy bay sử dụng năng lượng mặt trời với các phương án bố trí khí động: Không có cánh quạt và có cánh quạt quay lắp ở đầu cánh với tốc độ quay: $n = 1.500$ v/p như trên hình 1.



Hình 1. Mô hình máy bay nghiên cứu:

- a) Mô hình không cánh quạt, b) Mô hình có cánh quạt quay với đường kính 0.22m, c) Mô hình có cánh quạt quay với đường kính 0.33m

Để đánh giá tính khả thi của việc chế tạo thiết bị bay không người lái, sử dụng năng lượng mặt trời, cũng như đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ hiện đại vào phát triển mô hình thiết bị bay, quá trình nghiên cứu tập trung xác định ảnh hưởng của việc bố trí và kích thước cánh quạt quay lắp trên đầu cánh máy bay đến hệ số lực nâng.

2.2. Cơ sở của mô phỏng

Nghiên cứu được thực hiện bằng phương pháp mô phỏng trên phần mềm Ansys fluent, trong đó [7-8]:

- Phương trình liên tục

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \Delta \cdot (\rho \vec{V}) = 0 \quad (1)$$



- Phương trình động lượng

Thành phần x:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \Delta \cdot (\rho u \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho f_x \quad (2)$$

Thành phần y:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \Delta \cdot (\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho f_y \quad (3)$$

Thành phần z:

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \Delta \cdot (\rho w \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho f_z \quad (4)$$

- Phương trình năng lượng

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(e + \frac{V^2}{2} \right) \right] + \Delta \cdot \left[\rho \left(e + \frac{V^2}{2} \right) \vec{V} \right] = \rho \dot{q} - \left(\frac{\partial(u p)}{\partial x} + \frac{\partial(v p)}{\partial y} + \frac{\partial(w p)}{\partial z} \right) + \rho \vec{f} \cdot \vec{V} \quad (5)$$

- Mô hình k-epsilon tiêu chuẩn

Các phương trình đối lưu cho k và ε:

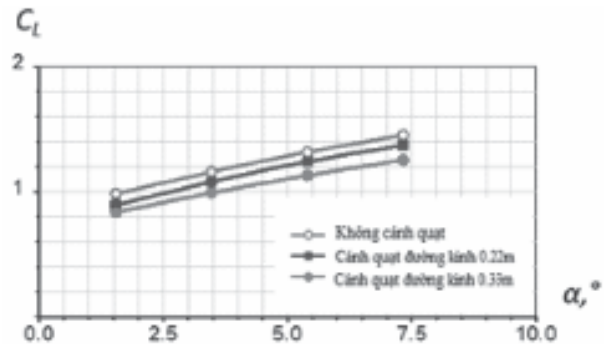
$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho \varepsilon - Y_m + S_k \\ \frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (P_k + C_{3\varepsilon} P_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó: $\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$ là độ nhớt chảy rối được mô hình hóa; $P_k = -\rho u_i u_j \frac{\partial u_j}{\partial x_i}$; $P_b = \mu_t S^2$, S là modul của tỉ số ứng suất tensor trung bình, $S = \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}}$; $P_b = \beta g_i \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_i}$ là ảnh hưởng của lực đẩy; $Pr_t = 0.85$ là số Prandtl; $\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p$ là hệ số giãn nở nhiệt; $C_{1\varepsilon} = 1,44$; $C_{2\varepsilon} = 1,92$; $C_\mu = 0,09$; $\sigma_k = 1,0$; $\sigma_\varepsilon = 1,3$ là các hằng số của mô hình rối k-ε [5-6].

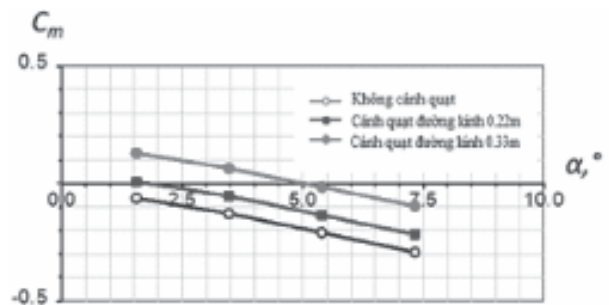
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Tính toán sự phụ thuộc của hệ số lực

nâng (C_L) và mô men chúc góc (C_m) vào góc tấn (α) được trình bày trên hình 2 và hình 3. Khi lắp đặt cánh quạt quay đã dẫn đến sự suy giảm lực nâng ở trường hợp góc tấn nằm trong khoảng từ $1^\circ \div 8^\circ$, khi đó mô men chúc góc tăng lên nhanh chóng và tác động của luồng khí thổi từ cánh quạt làm thay đổi phân bố tải trọng ở đầu mút cánh. Trên hình 4, cánh quạt có đường kính 0.22m làm giảm hệ số lực nâng trên cánh (vùng ảnh hưởng chiếm khoảng 18% chiều dài của cánh), khi tăng đường kính cánh quạt lên 0.33m, thì hệ số lực nâng trên cánh càng giảm mạnh (vùng ảnh hưởng tăng lên khoảng 36% chiều dài của cánh).



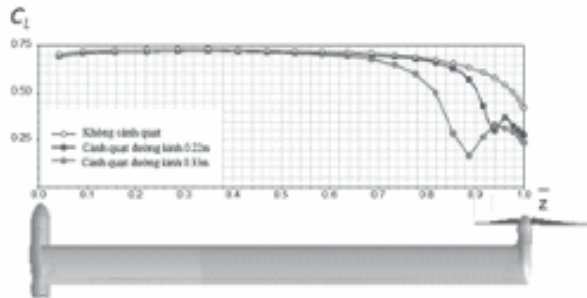
Hình 2. Sự phụ thuộc của hệ số lực nâng vào góc tấn của mô hình tính toán



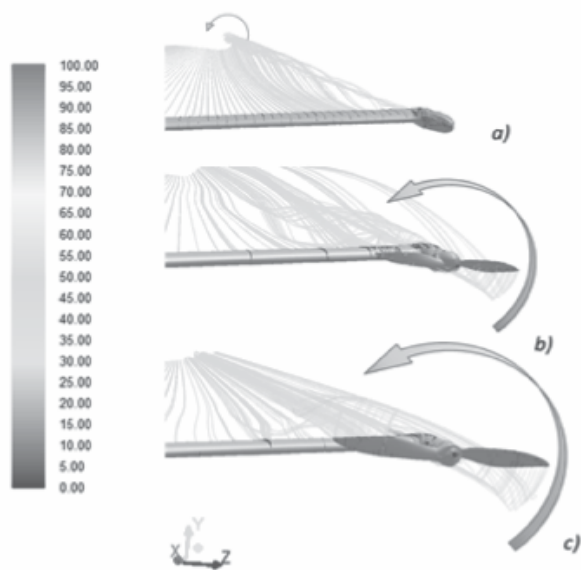
Hình 3. Sự phụ thuộc của hệ số mô men chúc góc vào góc tấn của mô hình tính toán

Có thể thấy rằng, khi bố trí cánh quạt quay trên đầu cánh máy bay đã tạo ra dòng nhiễu động, từ đó làm xuất hiện trường vận tốc không đồng nhất trên cánh. Bên cạnh đó,

càng tăng kích thước cánh quạt, sẽ càng gia tăng vùng nhiễu động ở bề mặt trên và dưới của cánh (hình 5). Vì thế, lắp đặt cánh quạt quay có đường kính 0.22m làm giảm hệ số lực nâng khoảng 10%, ở trường hợp cánh quạt quay có đường kính 0.33m thì hệ số lực nâng giảm khoảng 16%.



Hình 4. Phân bố hệ số lực nâng theo bề mặt của cánh



Hình 5. Trường dòng:

a) Mô hình không cánh quạt, b) Mô hình có cánh quạt quay với đường kính 0.22m, c) Mô hình có cánh quạt quay với đường kính 0.33m

4. KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng bằng phần mềm Ansys fluent cho thấy, việc lắp đặt cánh quạt

quay có đường kính 0.22 m và 0.33m trên cánh máy bay có độ giãn dài lớn của mô hình máy bay nghiên cứu, đã làm giảm hệ số lực nâng khoảng 10% và 16%, tương ứng với góc tấn thay đổi từ 1° ÷ 8° . Đây là cơ sở ban đầu, nhằm đưa ra các giải pháp thiết kế thiết bị bay không người lái sử dụng năng lượng mặt trời phù hợp. ❖

Ngày nhận bài: 03/4/2022

Ngày phản biện: 19/4/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Kudryavtsev O.V., Teperin L.L., Teperina L.N., Shustov A.V., Orfinejad F., Thein M. *Application of the principle of favorable interference to increase the aerodynamic performance of the propeller and wing configuration*. 2016. TsAGI Science Journal. 47 (8) 839-850.
- [2]. Kornushenko A.V., Kudryavtsev O.V., Teperin L.L., Teperina L.N., Shustov A.V., Orfinejad F., Thein M. *The investigation of the preferable interference of a tractor and pusher propellers mounted on the wing tips*. 2017. TsAGI Science Journal. 48 (1) 1-9.
- [3]. Liseitsev N. K., Samoilovskii A. A. *State-of-the-art, problems and development perspective of the aircraft, using solar energy to flight*. 2012. Trudy MAI. 55. (in Russian).
- [4]. Osman Akgun1, Ali Ihsan Golcuk1, Dilek Funda Kurtulus, Ünver Kaynak, *Drag Analysis of a Supersonic Fighter Aircraft, Ninth International Conference on Computational Fluid Dynamics (ICCFD9)*, Istanbul, Turkey, July 11-15, 2016.
- [5]. Pátek Z, Červinka J, Vrchota P, *Wind tunnel and CFD study of an airfoil with airbrake*, international congress of the aeronautical sciences, 2012.
- [6]. Pavlenko O. V., Petrov A. V., Pigusov E. A. *Studies of flow-around of high-lift wing airfoil with combined energy system for the wing lifting force increasing*. 2020. Aerospace MAI Journal. 27 (4) 7-20. DOI: 10.34759/vst-2020-4-7-20 (in Russian).
- [7]. Ramprasadh, *A CFD Study on Leading Edge Wing Surface Modification of a Low Aspect Ratio Flying wing to Improve Lift Performance*, Volume 7• Number 3, International Journal of Micro Air Vehicles, 2015
- [8]. T Triantafyllou, T Nikolaidis, M Diakostefanis, P Pilidis, *Numerical Simulation of the Airflow Over a Military Aircraft with Active Intake, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 2016, Vol 231, Issue 8, pp. 1369 - 1390. DOI: 10.1177/0954410016651294.