

ẢNH HƯỞNG CỦA BỀ MẶT GIỚI HẠN TỚI ĐẶC TÍNH KHÍ ĐỘNG HỌC CỦA KHÍ CỤ BAY TRONG BÀI TOÁN KHÔNG DỪNG VÀ PHI TUYẾN

ThS Phan Xuân Tăng, *Quản chủng PK-KQ*

TS Phạm Vũ Uy, *Trung tâm KHK-T-CNQS*

GS TSKH Dương Ngọc Hải, *Viện KH&CN Việt Nam*

Tóm tắt: Các khí cụ bay (KCB) nh tên lửa hành trình thường hoạt động ở độ cao rất thấp so với địa hình (mặt đất hoặc mặt biển). Ở những độ cao bay thấp nh vậy (bằng hoặc nhỏ hơn kích thước đặc trưng của khí cụ bay) thì hình dạng của bề mặt giới hạn trở nên một trong những yếu tố ảnh hưởng lớn đến các đặc tính khí động của khí cụ bay. Nhóm tác giả đã có các bài báo nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm khảo sát về sự ảnh hưởng của bề mặt giới hạn đến các đặc tính khí động của khí cụ bay trong bài toán dừng và tuyến tính. Bài báo này giới thiệu những kết quả trong xây dựng mô hình tính toán ảnh hưởng của bề mặt giới hạn không phẳng (có biên dạng bất kỳ và không giới hạn kích thước) tới đặc tính khí động của khí cụ bay bay sát nó. Mô hình được xây dựng trên cơ sở phát triển lý thuyết xoáy rời rạc và trong bài toán không dừng, phi tuyến.

I. Đặt vấn đề

Tương tác của bề mặt giới hạn tới đặc tính khí động học của khí cụ bay bay gần nó từ lâu đã dành được sự quan tâm của nhiều tác giả. Trong thời gian gần đây, với xu hướng phát triển của tên lửa hành trình, vấn đề bay thấp càng thu hút được sự chú ý nhiều hơn. Trong tính toán cho KCB bay thấp, mặt đất giới hạn thường được giả thiết là mặt giới hạn phẳng; giả thiết này sẽ không còn phù hợp khi nghiên cứu đặc tính khí động của KCB bay thấp trên biển có sóng.

Với định hướng nghiên cứu vấn đề này, một mô hình tính toán [1,2] đã được xây dựng, trong đó bề mặt giới hạn có biên dạng lượn sóng (mô phỏng bề mặt sóng biển) với đặc điểm là:

- + Bề mặt sóng biển chỉ thể hiện lượn sóng theo một hướng trùng với chiều chuyển động của KCB.

- + Trong tính toán theo phương pháp xoáy rời rạc (XRR) mô hình phi tuyến dừng, các bề mặt nâng của KCB và bề mặt sóng biển đều đã được thay thế bằng hệ XRR hình móng ngựa.

Sau đây sẽ trình bày một số kết quả đã đạt được trong quá trình phát triển mô hình trên [1] với cố gắng đa mô hình tính sát với thực tế hơn. Mô hình tính được phát triển theo 2 hướng sau:

- + Áp dụng phương pháp XRR mô hình phi tuyến, không dừng.
- + Tạo khả năng mô tả sự lượn sóng bề mặt giới hạn theo cả hai hướng: hướng chuyển động của KCB (Ox) và theo hướng ngang (Oz)

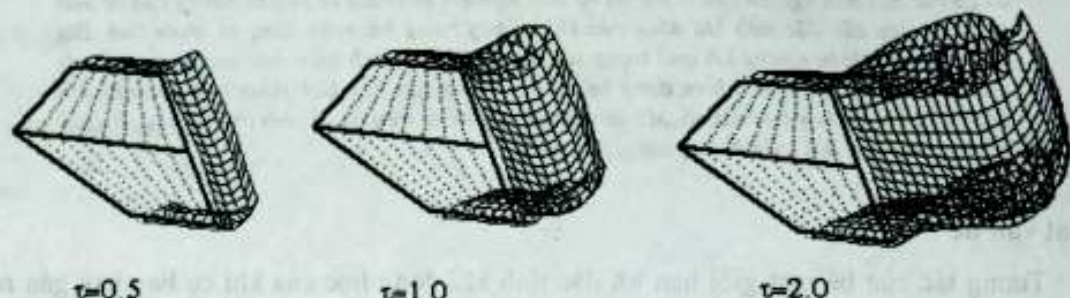
II. Mô hình tính theo phương pháp Xoáy rời rạc phi tuyến, không dừng

Khác với mô hình dòng chảy dừng [1], với mô hình không dừng [3,4], trong hệ thống XRR mô tả các mặt nâng của KCB ngoài những xoáy liên kết ngang và dọc gắn liền với bề mặt cánh (gồm N_c xoáy với cường độ Γ_c) còn các hệ XRR ngang và dọc trong hệ thống các màn xoáy I (gồm N_{c1} xoáy với cường độ Γ_{c1}) thoát từ các mép sau và màn xoáy II (gồm N_{c2} xoáy với cường độ Γ_{c2}) thoát từ các đầu mút của các bề mặt nâng của KCB, sự hiện diện của hệ thống các xoáy này là do có sự biến thiên cường độ của các xoáy dọc và ngang trên các bề mặt nâng của KCB theo thời gian (yếu tố không dừng). Hệ phương trình đại số tuyến tính [3] được thiết lập để xác định giá trị cần tìm của cường độ xoáy liên kết trên mặt cánh sẽ gồm 2 nhóm phương trình chính [3]:

+ Nhóm các phương trình được xây dựng từ điều kiện không chảy thấu qua bề mặt cánh tại các điểm kiểm tra.

+ Nhóm các phương trình xây dựng từ điều kiện bất biến về lưu số vận tốc tính theo đường cong kín ôm quanh mỗi dải xoáy phân chia trên các bề mặt cánh.

Một phần mềm tính toán theo mô hình XRR phi tuyến, không dừng đã được xây dựng để tính các đặc tính khí động cho cánh phẳng có hình đồ dạng bất kỳ dựa trên nguyên tắc ghép nối nó từ các hình tứ giác nhỏ. Trên hình 1 là kết quả tính toán được thể hiện qua hình dáng màn xoáy (I và II) của cánh có độ dẫn dài $\lambda=2,7$, độ thon $\eta=2,0$, phát triển theo thời gian $\tau=0,5; 1,0; 2,0$



Hình 1. Dạng màn xoáy phát triển theo thời gian cho góc $\alpha = 30^\circ$

III. Mô hình KCB và bề mặt giới hạn

Trong mô hình phát triển, các bề mặt nâng của KCB được thay thế bằng các xoáy hình móng ngựa như đã làm trong [1], hệ thống các mặt giới hạn được thay thế bằng các xoáy dạng khung hình tứ giác (gồm N_{kh} xoáy với cường độ Γ_{kh}). Ảnh hưởng của hệ thống các màn xoáy tự do thoát ra từ mép bên cạnh bề mặt giới hạn được bỏ qua. Việc bỏ qua ảnh hưởng này xuất phát từ các lý do sau:

+ Khi thỏa mãn điều kiện về tỷ lệ kích thước giữa bề mặt giới hạn và kích thước của KCB thì việc bỏ qua ảnh hưởng này chỉ gây ra sai lệch nhỏ trong kết quả tính toán [1].

+ Việc xác định các ma trận hệ số của hệ phương trình đại số tuyến tính sẽ đơn giản đi rất nhiều và vì vậy thời gian tính toán cũng sẽ giảm theo. Với hệ thống các XRR thay thế như vậy thì véc tơ tốc độ cảm ứng từ hệ các xoáy đó tính tại mỗi điểm trong không gian ($\vec{r}$) được tính bằng:

$$\vec{w}(\vec{r}) = \frac{1}{2\pi} \left(\sum_{i=1}^{N_{kh}} \vec{v}_{kh_i}(\vec{r}) \cdot \Gamma_{kh_i} + \sum_{i=1}^{N_c} \vec{v}_{ci}(\vec{r}) \cdot \Gamma_{ci} + \sum_{i=1}^{N_{cl}} \vec{v}_{cli}(\vec{r}) \cdot \Gamma_{cli} + \sum_{i=1}^{N_{cII}} \vec{v}_{cII_i}(\vec{r}) \cdot \Gamma_{cII_i} \right)$$

Trong đó:

$\vec{v}_{kh_i}(\vec{r})$ - Tốc độ cảm ứng từ các xoáy khung đơn vị thay thế bề mặt giới hạn tính tại điểm có tọa độ ($\vec{r}$) trong không gian.

$\vec{v}_{ci}(\vec{r}), \vec{v}_{cli}(\vec{r}), \vec{v}_{cII_i}(\vec{r})$ - Tốc độ cảm ứng từ các xoáy móng ngựa đơn vị trên bề mặt nâng của KCB và trên các màn xoáy hệ I và II của chúng, được tính tại điểm có tọa độ ($\vec{r}$) trong không gian.

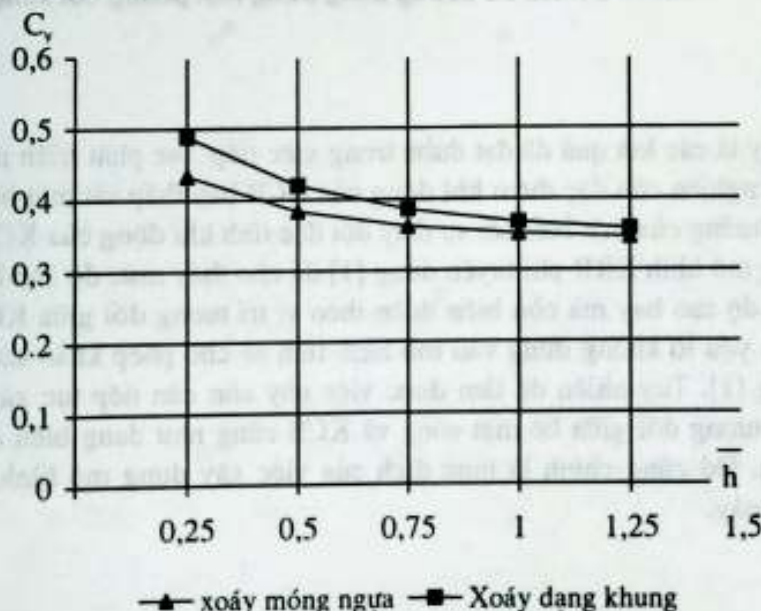
Bảng 1

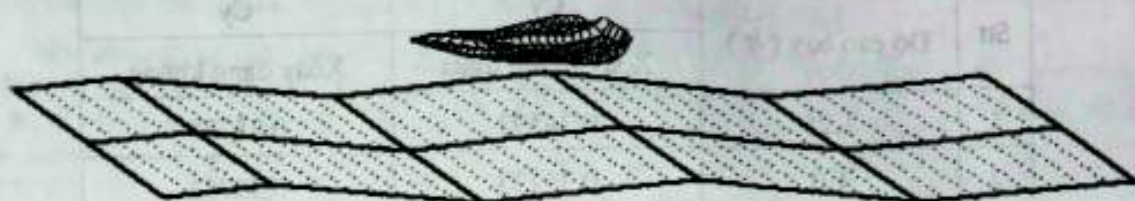
Stt	Độ cao bay ($\bar{h}$)	Cy	Cy
		Xoáy móng ngựa	Xoáy dạng khung
1	1.25	0.34592	0.35778
2	1.0	0.35133	0.36753
3	0.75	0.36200	0.38567
4	0.5	0.38328	0.41925
5	0.25	0.43322	0.48801

Các kết quả tính toán tương tác khí động của bề mặt giới hạn lợn sổng (mô phỏng mặt biển có độ cao tương đối đỉnh sóng $\bar{h}_s=0.625$ và độ dài tương đối của bước sóng $\bar{\lambda}_s=2.5$, độ dài đặc trưng được chọn là sai cánh) tới cánh đơn ($\lambda=2.7$, $\eta=2.0$) bay sát trên nó được trình bày trên bảng 1 và hình 2.

Trong bảng 1 là giá trị của hệ số lực nâng C_y biến thiên theo độ cao tương đối của KCB so với mặt biển, để so sánh ảnh hưởng của việc chuyển mô phỏng mặt giới hạn bằng hệ thống xoáy hình móng ngựa sang các xoáy dạng khung, trong bảng trình bày các kết quả tính cho cả hai trường hợp. Sự biến thiên của C_y theo độ cao bay tương đối cho thấy rõ ảnh hưởng tương tác của bề mặt giới hạn tới đặc tính khí động của KCB bay gần nó.

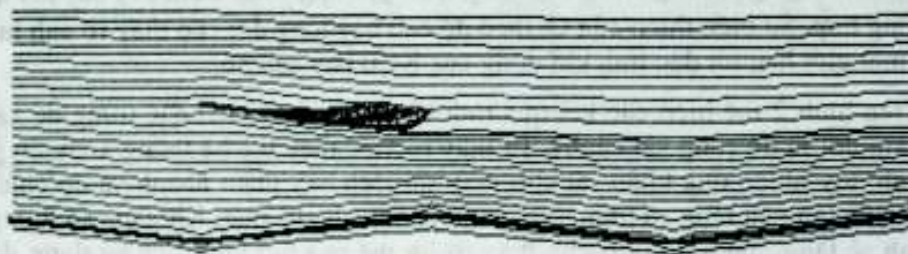
Trên hình 2 thể hiện các kết quả tính bằng đồ thị (độ dài đặc trưng để xác định độ cao bay tương đối là độ rộng sai cánh). Ta thấy rõ việc thay thế hệ thống xoáy có gây ra sai lệch nhất định, tuy nhiên qua khảo sát cho thấy sai lệch này giảm nhanh và độ chính xác của các kết quả tăng lên nếu tăng số lượng xoáy mô phỏng cho bề mặt; Khi tăng số lượng xoáy thì thời gian tính sẽ tăng mạnh, khi đó cho thấy rõ lợi thế của mô hình tính sử dụng dạng xoáy hình khung.

Hình 2. Ảnh hưởng của độ cao bay tới hệ số lực nâng C_y



Hình 3. Hình dạng màn xoáy tự do khi có xét tương tác của mặt giới hạn

Trên hình 3 là kết quả tính thể hiện dưới dạng đồ hoạ, bên cạnh hình dạng màn xoáy, trên hình 4 còn thể hiện các đường dòng tính trong mặt phẳng đối xứng của cánh. Từ hình vẽ thấy rõ các đường dòng bám sát theo bề mặt giới hạn cũng như bề mặt cánh, điều này cho phép kiểm tra về mặt định tính độ chính xác của mô hình tính toán vì điều kiện không chảy thấu qua các bề mặt được thoả mãn mọi nơi.



Hình 4. Phân bố đường dòng trong mặt phẳng đối xứng

IV. Kết luận

Trên đây là các kết quả đã đạt được trong việc tiếp tục phát triển mô hình tính toán trợ giúp cho việc nghiên cứu đặc điểm khí động của KCB bay thấp sát mặt biển. Các kết quả tính cho thấy ảnh hưởng của mặt biển tới sự thay đổi đặc tính khí động của KCB là rõ ràng. Các kết quả tính trong mô hình XRR phi tuyến dùng [1] đã cho thấy mức độ ảnh hưởng này không chỉ thay đổi theo độ cao bay mà còn biến thiên theo vị trí tương đối giữa KCB và vị trí các đỉnh sóng. Việc đa yếu tố không dừng vào mô hình tính sẽ cho phép khảo sát chính xác hơn điều kết luận trong [1]. Tuy nhiên để làm được việc này còn cần tiếp tục xây dựng các mô hình chuyển động tương đối giữa bề mặt sóng và KCB cũng như dạng biến đổi của bề mặt sóng theo thời gian. Đó cũng chính là mục đích của việc xây dựng mô hình tính được trình bày trong báo cáo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dương Ngọc Hải, Phạm Vũ Uy, Phan Xuân Tăng, " *Khảo sát ảnh hưởng của bề mặt giới hạn tới đặc tính khí động học của khí cụ bay*", Báo cáo tại Hội nghị Khoa học nhân kỷ niệm 25 năm ngày thành lập Viện Cơ học, Hà Nội 2004
2. Thái Doãn Tường, Phan Xuân Tăng, Nguyễn Văn Hữu, Phạm Vũ Uy, " *Xác định ảnh hưởng của tương tác khí động gần tới đặc tính khí động của khí cụ bay trong giai đoạn tách khỏi nhau bằng thực nghiệm trong ống khí động*", Báo cáo tại Hội nghị Cơ học thủy khí toàn quốc. Hà Nội năm 2004.
3. Аубакиров Т. О., Белоцерковский С. М., Желаников А. И., Ништ М. И., " *Нелинейная теория крыла и её приложения*", Алматы. "Гылым" 1997
4. Аубакиров Т. О., Желаников А. И., Иванов П. Е., Ништ М. И., " *Спутные следы и их воздействие на аппараты*", Алматы. "Гылым" 1999

INFLUENCE OF RESTRICTED SURFACE ON AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF AEROPLANE IN UNSTEADY AND NON LINEAR PROBLEMS

Phan Xuan Tang, Pham Vu Uy, Duong Ngoc Hai

Abstract: *Aeroplane flies with low height over ground or water. In such low height (equal or smaller than the dimension of aeroplane), the restricted surface become one of the most factors that affects to aerodynamic characteristic. The authors did report about the principle and the experiment of the effect of restricted surface on aerodynamic characteristic of aero plane in steady and linear problems. This article introduces the results of forming the calculation model of the effect of non-flat restricted surface to aerodynamic characteristic of aeroplane when flying closely to this surface. The model is based on the principle of vortex method and unsteady, non-linear problems.*