XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH LỰC THỦY KHÍ ĐỘNG DÙNG TRONG THIẾT KẾ THỦY PHI CƠ

PGS TS Lê Thị Minh Nghĩa, KS An Võ Đức Anh
Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

***Tóm tắt**: Báo cáo trình bày về phương pháp xác định lực nâng, lực cản khí động và thủy động tác động lên thủy phi cơ trong quá trình cất cánh. Lực nâng, lực cản thủy động được xác định bằng phương pháp Savitsky. Lực nâng và lực cản khí động được xác định bằng các công thức lý thuyết và thực nghiệm theo tài liệu tham khảo [1]. Quá trình tính được thực hiện bởi một chương trình với giao diện thân thiện cho phép xuất ra các giản đồ lực nâng, lực cản trong quá trình cất cánh phục vụ cho thiết kế cũng như cung cấp các hệ số lực khí động và thủy động phục vụ cho mô phỏng bay thủy phi cơ.*

1. Giới thiệu

Đặc trưng khác biệt của thủy phi cơ so với các loại máy bay khác thể hiện ở quá trình cất hạ cánh trên mặt nước. Trong các quá trình này, ngoài các thành phần lực nâng, lực cản khí động thông thường, thủy phi cơ còn chịu tác động của các thành phần lực nâng, lực cản thủy động. Việc xác định giản đồ lực cản của thủy phi cơ theo các chế độ vận tốc lúc cất cánh là cơ sở để chọn công suất động cơ, ứng với các tuyến hình khác nhau của thủy phi cơ sẽ có các giản đồ lực cản khác nhau. Trên cơ sở các giản đồ này ta có thể xác định được tuyến hình cho công suất cản nhỏ nhất, đó chính là tuyến hình tối ưu. Bên cạnh ý nghĩa thiết kế như trên, chương trình còn có khả năng cung cấp các hệ số lực khí động và thủy động phục vụ cho mô phỏng bay thủy phi cơ.

Vì thế, chương trình phải đáp ứng đồng thời hai yêu cầu: vừa phục vụ thiết kế, vừa cung cấp dữ liệu để mô phỏng bay thủy phi cơ.

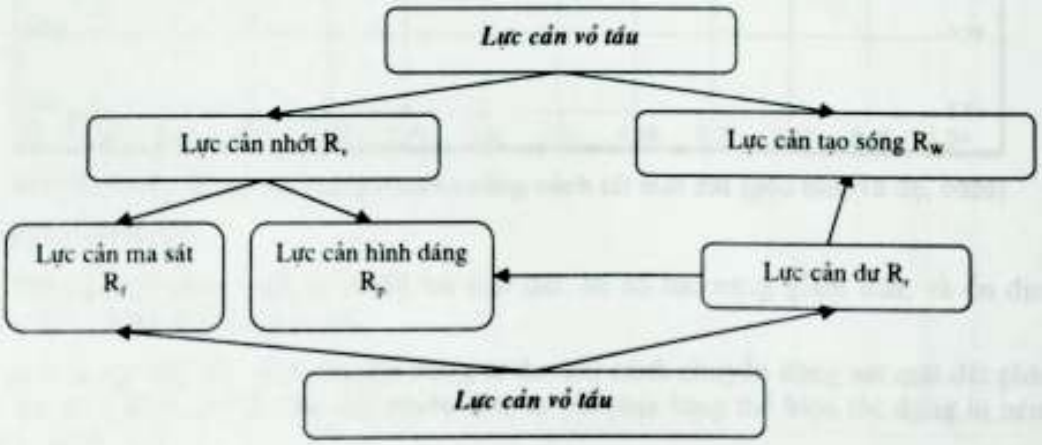
Nội dung còn lại của bài viết được sắp xếp như sau: mục 2 trình bày phương pháp lý thuyết xác định lực thủy động và khí động, mô hình hình học phần ngập nước của thủy phi cơ được trình bày ở mục 3, mục 4 giới thiệu chương trình được viết bằng Visual C++, cuối cùng là những kết luận cũng như hướng phát triển được trình bày ở mục 5.

2. Phương pháp lý thuyết

2.1. Phương pháp xác định lực thủy động

Lực cản tác động lên vỏ thủy phi cơ

Trong thành phần của lực thủy động tác dụng lên thủy phi cơ có thành phần lực phụ thuộc áp suất p, gọi là lực cản áp suất, và thành phần lực phụ thuộc ứng suất tiếp t, gọi là lực cản ma sát. Mỗi thành phần chính trên lại được coi là tập hợp của những thành phần nhất định.



• Trong lực cản áp suất, lực cản tạo sóng là thành phần chủ yếu khi tàu chạy nhanh; còn khi tàu chạy chậm thì lực cản do tính nhớt của nước lại đóng vai trò quan trọng.

• Trong thành phần lực cản ma sát của vỏ tàu, ta có thể thấy nó gồm hai phần chính: ma sát vỏ tàu trên nước lặng và ma sát bổ sung trong quá trình khai thác.

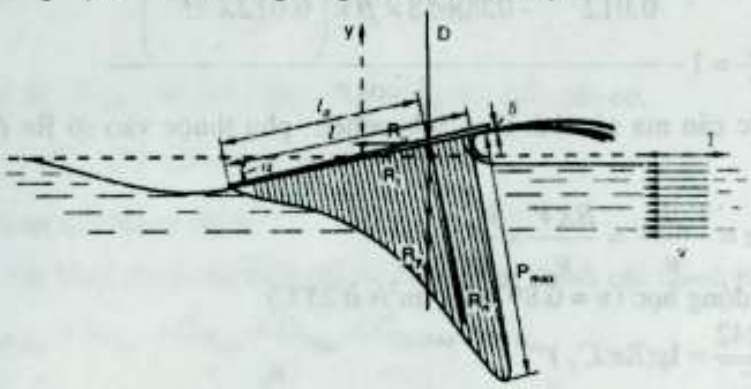
Tập hợp các thành phần trên, chúng ta có thể phân tích lực cản vỏ tàu dưới một dạng khác, gồm lực cản nhớt Rv và lực cản sóng R_W.

Từ giản đồ ta thấy rằng có thể xác định lực cản vỏ tàu bằng hai thành phần: lực cản ma sát R_f và lực cản dư R_r. Đây là cơ sở để tính toán lực cản vỏ tàu ở phần sau. Các cơ sở lý thuyết tính tóan giới thiệu trong phần sau được tham khảo từ [4] và [5].

Phương pháp Savitsky cho tàu chạy nhanh

Tàu chạy nhanh được đề cập ở đây là nhóm tàu hoạt động theo nhóm thủy động lực, tiêu biểu là loại tàu đáy bằng (planning boats). Đây là nhóm tàu rất đa dạng và đang trên đà phát triển. Mặt cắt ngang tàu thường có dạng hình chữ V. Đáy tàu phẳng khi lướt trong nước chẳng khác nào như cánh dạng tấm đang bay trong môi trường chất lỏng, kết quả của quá trình này là lực nâng được sinh ra, tàu được nâng từ dưới lên. Nhờ lực nâng, thân tàu trồi lên, thể tích phần chìm thân tàu khi chạy sẽ nhỏ hơn nhiều so với trường hợp đứng yên. Lực Archimedes bị giảm còn lực thủy động tăng lên.

Có rất nhiều phương pháp để tính lực nâng và lực cản cho thuyền chạy nhanh. Song hiện nay phương pháp được các nhà chuyên môn đánh giá cao là phương pháp Savitsky áp dụng cho tàu chạy nhanh. Phương pháp này xác định lực nâng, lực cản của vỏ thuyền bằng cách nghiên cứu lực nâng, lực cản của bản phẳng khi lướt trên mặt nước.



Hình 1. Phân bố áp suất của dòng chuyển động qua bản phẳng

Savitsky đề nghị sử dụng cách tính lực nâng, toa độ tâm áp lực lớn nhất theo các tham số $\lambda = \frac{L_m}{B}$, số Froude $C_V = \frac{V}{\sqrt{gB}}$ và góc tấn τ.

- L_m: Chiều dài ướt vỏ tàu
- B: bề rộng thân thuyền

Công thức Savitsky cho hệ số lực nâng của tấm phẳng

$$C_{Lo} = \tau^{1.1}\left(0.012\lambda^{1/2} + \frac{0.0055\lambda^{5/2}}{C_V^{\,2}}\right) \qquad (1)$$

τ tính bằng độ

Hệ số lực nâng hiệu chỉnh theo góc nghiêng hông:

$$C_{L\beta} = C_{L_o} - 0.0065 \times \beta \times C_{L_o}^{0.65} \quad (2)$$

β là góc nghiêng hông, tính bằng độ

Lực nâng thủy động tác động lên đáy tàu:

$$L = \frac{1}{2}\rho_{H_2O} V^2 B^2 C_{L\beta} \quad (3)$$

Tọa độ tâm áp lực đo từ vách sau của tàu:

$$\frac{L_{CP}}{L_m} = 0.75 - \frac{1}{5.21 \times \frac{C_V^{\,2}}{\lambda^2} + 2.39} \quad (4)$$

Ứng dụng phương pháp savitsky để ước đoán sức cản :

Lực cản vỏ tàu = lực cản ma sát + lực cản dư

- *Lực cản ma sát*

$$F_f = \frac{1}{2}\rho V^2 B^2 \times \frac{1}{\cos\beta} \times (C_F + \Delta C_F) \times \left[\left(\frac{V_m}{V}\right)^2 \lambda + \Delta\lambda\right] \quad (5)$$

Trong đó vận tốc trung bình Vm được xác định theo công thức

$$\frac{V_m}{V} = 1 - \frac{0.012^{\frac{1}{\tau^{11}}} - 0.00658 \times \beta \times \left(0.012\lambda^{\frac{1}{2\tau^{11}}}\right)^{0.6}}{\lambda \cos\tau} \quad (6)$$

C_F hệ số lực cản ma sát tính theo Schoenherr, phụ thuộc vào số Re được định nghĩa theo cách sau:

$$\mathrm{Re} = \frac{V_m L_m}{\nu} = \frac{B\lambda V}{\nu} \times \frac{V_m}{V} \quad (7)$$

ν : độ nhớt động học ($\nu = 0.897 \times 10^{-6}$ m²/s ở 25°C)

$$\frac{0.242}{\sqrt{C_F}} = \lg(\mathrm{Re}.C_F) \quad (8)$$

ΔC_F là độ gia tăng hệ số lực cản ma sát do độ gồ ghề, giả sử = 0.0003 cho thủy phi cơ chế tạo bằng vật liệu composite.

$\Delta\lambda$ độ thay đổi mặt ướt vỏ tàu (tăng tỉ lệ chiều dài so với chiều rộng).

- *Lực cản dư*

$$R_R = L\,tg\,\tau \quad (9)$$

2.2. Phương pháp xác định lực khí động

Lực nâng khí động

Phần này giới thiệu phương pháp ước tính hệ số lực nâng theo góc tới (theo tài liệu tham khảo [1]). Lực nâng được tính từ đơn giản đến phức tạp: cho cánh 2D (airfoil), cánh 3D và cuối cùng cho toàn bộ thủy phi cơ. ở mỗi trường hợp, ta cũng phải đi từ trường hợp bay cơ bản (không sử dụng flap) đến các trường hợp điều khiển đa dạng (điều khiển flap, elevator).

Phương pháp xác định đường lực nâng khi flaps up

Đường lực nâng khi flaps up gồm hai đoạn, đoạn tuyến tính và đoạn phi tuyến. Đoạn tuyến tính bắt đầu từ góc tới không lực nâng α_{o1} đến góc tới giới hạn vùng tuyến tính a* với hệ số góc đường lực nâng c_{l_α}. Đoạn phi tuyến bắt đầu từ góc tới giới hạn vùng tuyến tính a* đến góc tới cho hệ số lực nâng lớn nhất $\alpha_{c_{l\,max}}$ được nội suy theo đường cong bậc ba.

Phương pháp xác định đường lực nâng khi flaps down

Từ đường lực nâng khi flaps up, ta xác định hệ số lực nâng khi flaps up ứng với góc tới bằng 0, $C_{l\alpha=0}$. Khi đó hệ số lực nâng khi flaps down ứng với góc tới bằng 0 là:

$$(C_{l\alpha=0})_\delta = C_{l\alpha=0} + \Delta c_l \qquad (10)$$

Xuất phát điểm từ đây ta phóng đường thẳng có hệ số góc là hệ số góc của đường lực nâng do flap $(c_{l_\alpha})_\delta$. Trên cơ sở đó, ứng với mỗi góc tới hệ số lực nâng gia tăng do flap hoàn toàn xác định, tiếp tục gia tăng góc tới cho đến khi hệ số lực nâng gia tăng bằng với độ tăng lực nâng cực đại do flap, $\Delta c_{l_{max}}$, thì góc tới cho hệ số lực nâng cực đại khi flaps down $(\alpha_{cl\,max})_\delta$ cũng được xác định. Đến đây, đường lực nâng khi flaps down đã được xác định.

Lực cản khí động

Lực cản khí tổng cộng của thủy phi cơ được tính bởi:

$$D = C_D \bar{q} S \qquad (11)$$

với

- CD = hệ số lực cản khí động tổng cộng của thủy phi cơ.
- $\bar{q} = \frac{1}{2}\rho V^2$, áp suất động của dòng tự do.
- S = diện tích tham chiếu.

Hệ số lực cản tổng cộng của thủy phi cơ được phân thành các thành phần sau:

$$C_D = C_{D_{wing}} + C_{D_{fus}} + C_{D_{emp}} + C_{D_{flap}} + C_{D\,phao} + C_{D_{trim}} \qquad (12)$$

trong đó

- $C_{D\,wing}$ = hệ số lực cản của cánh
- $C_{D\,fus}$ = hệ số lực cản của thân
- $C_{D\,emp}$ = hệ số lực cản của đuôi
- $C_{D\,flap}$ = hệ số lực cản của flap
- $C_{D\,store}$ = hệ số lực cản của các bộ phận bên ngoài (ở đây được xét là phao)
- $C_{D\,trim}$ = hệ số lực cản do cân bằng máy bay

Tất cả các công thức và bảng số liệu thực nghiệm để xác định các thông số cần thiết đều được tham khảo từ tài liệu [1].

3. Mô hình hình học phần ngập nước

Để tính toán được lực nâng, lực cản thủy động tác dụng lên thủy phi cơ trước hết ta phải xác định được các thông số hình học như: thể tích chìm, tâm nổi, chiều dài ướt và chiều rộng lớn nhất ở các chế độ đường nước khác nhau. Do tính phức tạp của việc tính toán chính xác các thông số hình học đòi hỏi phải xây dựng một mô hình hình học phù hợp cho phép tính gần đúng và linh hoạt trong việc thay đổi các thông số đầu vào.

Cấu hình thủy phi cơ có hai dạng chính là dạng đáp bằng phao và dạng đáp bằng bụng. Dạng thủy phi cơ đáp bằng phao là dạng đã được phát triển từ lâu nhưng lại có nhiều nhược

$$C_{L\beta} = C_{L_o} - 0.0065 \times \beta \times C_{L_o}^{0.65} \quad (2)$$

β là góc nghiêng hông, tính bằng độ

Lực nâng thủy động tác động lên đáy tàu:

$$L = \frac{1}{2}\rho_{H_2O} V^2 B^2 C_{L\beta} \quad (3)$$

Tọa độ tâm áp lực đo từ vách sau của tàu:

$$\frac{L_{CP}}{L_m} = 0.75 - \frac{1}{5.21 \times \frac{C_V^{\,2}}{\lambda^2} + 2.39} \quad (4)$$

Ứng dụng phương pháp savitsky để ước đoán sức cản :

Lực cản vỏ tàu = lực cản ma sát + lực cản dư

- *Lực cản ma sát*

$$F_f = \frac{1}{2}\rho V^2 B^2 \times \frac{1}{\cos\beta} \times (C_F + \Delta C_F) \times \left[\left(\frac{V_m}{V}\right)^2 \lambda + \Delta\lambda\right] \quad (5)$$

Trong đó vận tốc trung bình Vm được xác định theo công thức

$$\frac{V_m}{V} = 1 - \frac{0.012^{\frac{1}{\tau^{1.1}}} - 0.00658 \times \beta \times \left(0.012\lambda^{\frac{1}{2\tau^{1.1}}}\right)^{0.6}}{\lambda \cos\tau} \quad (6)$$

C_F hệ số lực cản ma sát tính theo Schoenherr, phụ thuộc vào số Re được định nghĩa theo cách sau:

$$\mathrm{Re} = \frac{V_m L_m}{\nu} = \frac{B\lambda V}{\nu} \times \frac{V_m}{V} \quad (7)$$

ν : độ nhớt động học ($\nu = 0.897 \times 10^{-6}$ m²/s ở 25°C)

$$\frac{0.242}{\sqrt{C_F}} = \lg(\mathrm{Re}.C_F) \quad (8)$$

ΔC_F là độ gia tăng hệ số lực cản ma sát do độ gồ ghề, giả sử = 0.0003 cho thủy phi cơ chế tạo bằng vật liệu composite.

$\Delta\lambda$ độ thay đổi mặt ướt vỏ tàu (tăng tỉ lệ chiều dài so với chiều rộng).

- *Lực cản dư*

$$R_R = L tg\tau \quad (9)$$

2.2. Phương pháp xác định lực khí động

Lực nâng khí động

Phần này giới thiệu phương pháp ước tính hệ số lực nâng theo góc tới (theo tài liệu tham khảo [1]). Lực nâng được tính từ đơn giản đến phức tạp: cho cánh 2D (airfoil), cánh 3D và cuối cùng cho toàn bộ thủy phi cơ. ở mỗi trường hợp, ta cũng phải đi từ trường hợp bay cơ bản (không sử dụng flap) đến các trường hợp điều khiển đa dạng (điều khiển flap, elevator).

Phương pháp xác định đường lực nâng khi flaps up

Đường lực nâng khi flaps up gồm hai đoạn, đoạn tuyến tính và đoạn phi tuyến. Đoạn tuyến tính bắt đầu từ góc tới không lực nâng α_{0l} đến góc tới giới hạn vùng tuyến tính a* với hệ số góc đường lực nâng c_{l_α}. Đoạn phi tuyến bắt đầu từ góc tới giới hạn vùng tuyến tính a* đến góc tới cho hệ số lực nâng lớn nhất $\alpha_{c_{l\,max}}$ được nội suy theo đường cong bậc ba.

Phương pháp xác định đường lực nâng khi flaps down

Từ đường lực nâng khi flaps up, ta xác định hệ số lực nâng khi flaps up ứng với góc tới bằng 0, $C_{l\alpha=0}$. Khi đó hệ số lực nâng khi flaps down ứng với góc tới bằng 0 là:

$$(C_{l\alpha=0})_\delta = C_{l\alpha=0} + \Delta c_l \tag{10}$$

Xuất phát điểm từ đây ta phóng đường thẳng có hệ số góc là hệ số góc của đường lực nâng do flap $(c_{l_\alpha})_\delta$. Trên cơ sở đó, ứng với mỗi góc tới hệ số lực nâng gia tăng do flap hoàn toàn xác định, tiếp tục gia tăng góc tới cho đến khi hệ số lực nâng gia tăng bằng với độ tăng lực nâng cực đại do flap, $\Delta c_{l_{max}}$, thì góc tới cho hệ số lực nâng cực đại khi flaps down $(\alpha_{cl\,max})_\delta$ cũng được xác định. Đến đây, đường lực nâng khi flaps down đã được xác định.

Lực cản khí động

Lực cản khí tổng cộng của thủy phi cơ được tính bởi:

$$D = C_D \bar{q} S \tag{11}$$

với

- CD = hệ số lực cản khí động tổng cộng của thủy phi cơ.
- $\bar{q} = \frac{1}{2}\rho V^2$, áp suất động của dòng tự do.
- S = diện tích tham chiếu.

Hệ số lực cản tổng cộng của thủy phi cơ được phân thành các thành phần sau:

$$C_D = C_{D_{wing}} + C_{D_{fus}} + C_{D_{emp}} + C_{D_{flap}} + C_{D\,phao} + C_{D_{trim}} \tag{12}$$

trong đó

- $C_{D\,wing}$ = hệ số lực cản của cánh
- $C_{D\,fus}$ = hệ số lực cản của thân
- $C_{D\,emp}$ = hệ số lực cản của đuôi
- $C_{D\,flap}$ = hệ số lực cản của flap
- $C_{D\,store}$ = hệ số lực cản của các bộ phận bên ngoài (ở đây được xét là phao)
- $C_{D\,trim}$ = hệ số lực cản do cân bằng máy bay

Tất cả các công thức và bảng số liệu thực nghiệm để xác định các thông số cần thiết đều được tham khảo từ tài liệu [1].

3. Mô hình hình học phần ngập nước

Để tính toán được lực nâng, lực cản thủy động tác dụng lên thủy phi cơ trước hết ta phải xác định được các thông số hình học như: thể tích chìm, tâm nổi, chiều dài ướt và chiều rộng lớn nhất ở các chế độ đường nước khác nhau. Do tính phức tạp của việc tính toán chính xác các thông số hình học đòi hỏi phải xây dựng một mô hình hình học phù hợp cho phép tính gần đúng và linh hoạt trong việc thay đổi các thông số đầu vào.

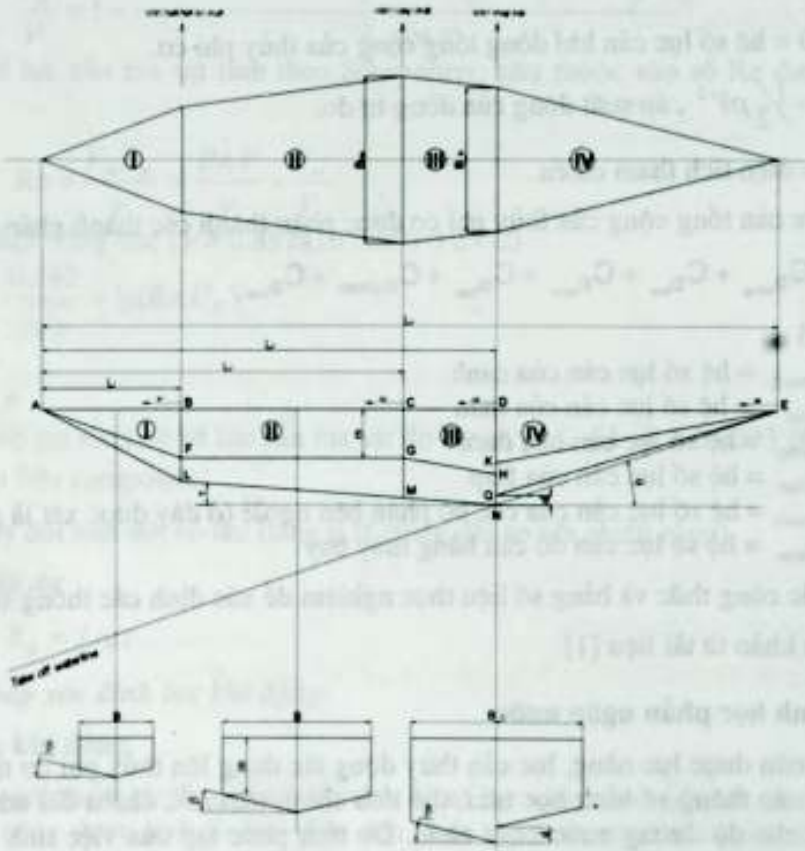
Cấu hình thủy phi cơ có hai dạng chính là dạng đáp bằng phao và dạng đáp bằng bụng. Dạng thủy phi cơ đáp bằng phao là dạng đã được phát triển từ lâu nhưng lại có nhiều nhược

điểm so với dạng thủy phi cơ đáp bằng bụng đang được phát triển mạnh trong thời gian gần đây. Nhược điểm lớn nhất của dạng đáp bằng phao là vấn đề lực cản của phao khi hoạt động trên bầu trời làm giảm hiệu suất hoạt động của thủy phi cơ. Ngoài ra kết cấu gắn kết giữa phao và thân cũng là vấn đề phức tạp, tốn kém. Khả năng hoạt động của thủy phi cơ dạng này lại hạn chế, không thể đáp trên bộ.

Thủy phi cơ đáp bằng bụng có thể khắc phục được tất cả các nhược điểm trên, đồng thời có thể tận dụng được thể tích của phần bụng. Chính vì lí do này mà luận văn sẽ tập trung phân tích cấu hình của thủy phi cơ đáp bằng bụng. Về bản chất việc tính toán thiết kế phần đáy (bụng) của thuỷ phi cơ đáp bằng bụng hoàn toàn giống như việc tính toán thiết kế phao nên chương trình cũng có thể sử dụng cho việc tính toán thiết kế phao.

Cấu hình thủy phi cơ đáp bằng bụng lại được chia ra làm hai loại phụ thuộc vào vị trí đặt động cơ. Nếu động cơ được đặt trên cánh thì kết cấu phần đuôi rất đơn giản có dạng dầm và không đóng góp vào thể tích chìm cũng như không ảnh hưởng đến đáp ứng thủy động của thuỷ phi cơ. Nếu động cơ được đặt phía sau đuôi như thì kết cấu phần đuôi phải to hơn, cứng vững hơn để có thể chịu được khối lượng động cơ. Vì vậy ta có thể tận dụng phần đuôi này để đóng góp vào thể tích chìm của thủy phi cơ.

Như vậy, một cách tổng quát ta có thể xây dựng mô hình hình học để xác định các thông số về thể tích chìm, tâm nổi, chiều dài ướt và chiều rộng lớn nhất ở các chế độ đường nước khác nhau cho thủy phi cơ đáp bằng bụng động cơ đặt sau đuôi.

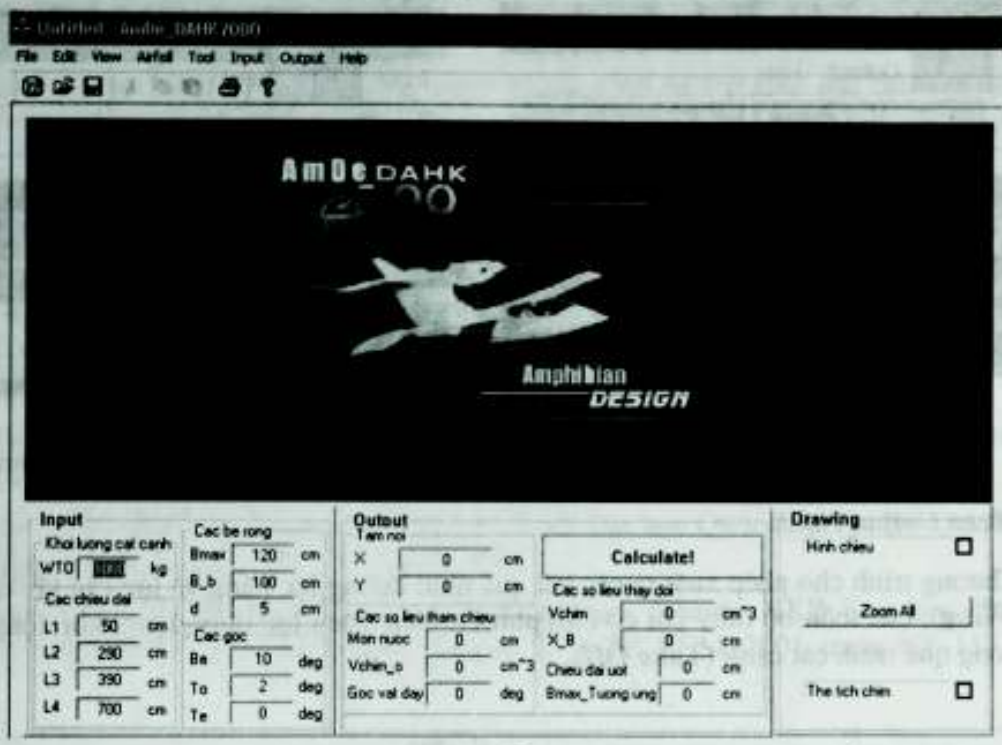


Hình 2. Phác thảo mô hình học phần ngập nước của thủy phi cơ

4. Giới thiệu chương trình được viết bằng ngôn ngữ Visual C++

Chương trình có thể tính toán các thông số khí động và thủy động của thủy phi cơ bất kì, cho phép thay đổi thông số đầu vào của mô hình thể tích chìm đã được trình bày ở chương 1 để có thể tìm được các thông số tốt nhất phục vụ cho quá trình thiết kế. Chương trình được xây dựng một giao diện đẹp, thân thiện với qui trình tính toán nhất quán nhưng vẫn linh hoạt.

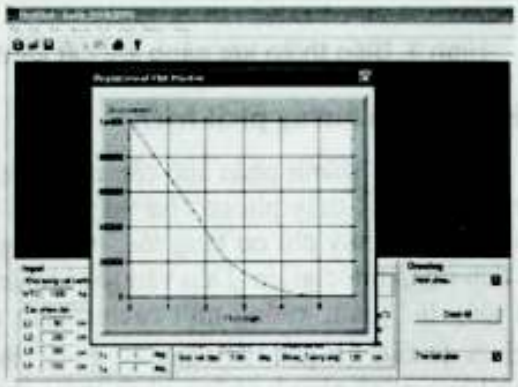
Màn hình giao diện chính của chương trình



Hình 3. Màn hình giao diện chính của chương trình sau khi khởi động

Quan sát trên thanh Menu ta thấy chương trình gồm 2 Menu chính: **Input** và **Output**, ngoài ra sinh viên còn xây dựng thêm Menu **Tool** và **Airfoil**. Lúc mới khởi động, màn hình Active X sẽ hiển thị logo của chương trình. Bên dưới cũng có các mục **Input** và **Output** nhưng để phục vụ cho việc tính toán các thông số hình học của mô hình thể tích chìm. Bên góc phải là mục **Drawing** với nút check **Hinh chieu** dùng để hiển thị mô hình hình học của phần thể tích chìm, và nút check **The tich chim** dùng để hiển thị đường biến thiên thể tích chìm theo góc pitch của mô hình.

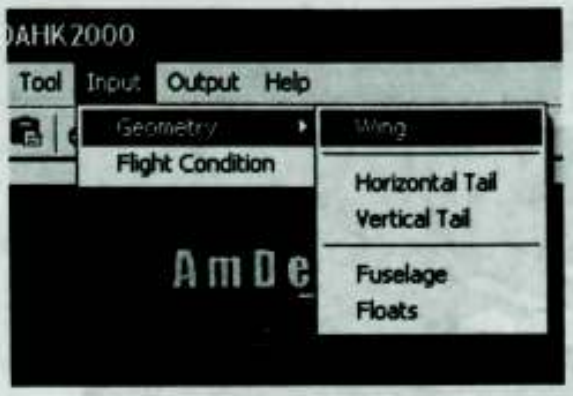
Hình 4. Hiển thị phần chìm của thủy phi cơ



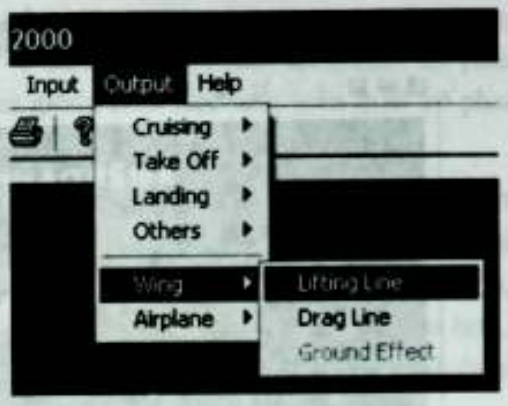
Hình 5. Biến thiên thể tích chìm theo góc pitch

Menu Input chính

Sau khi đã xác định các kích thước của mô hình hình học phần chìm ở màn hình giao diện chính và xác định phương án NACA cánh, góc đặt cánh bằng các Menu **Tool** và **Airfoil**, ta tiếp tục nhập các dữ liệu về hình học của máy bay ở mục **Input -> Geometry** và các dữ liệu và điều kiện bay trong mục **Input -> Flight Condition** để phục vụ cho việc tính toán các lực khí động.



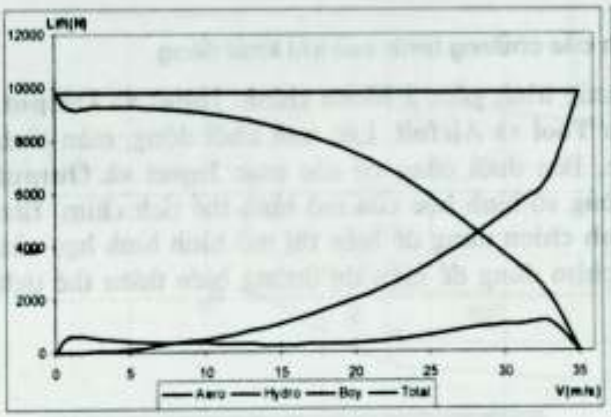
Hình 6. Cấu trúc của Menu Input



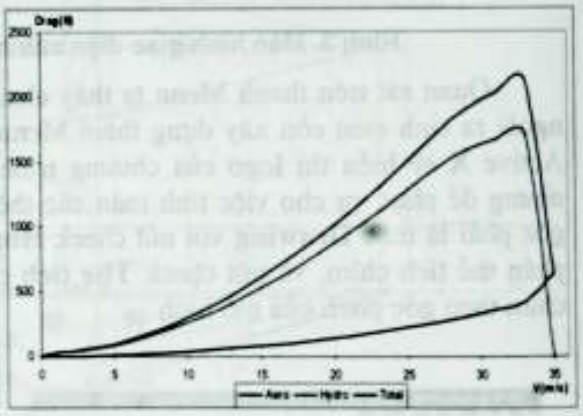
Hình 7. Cấu trúc của Menu Output

Menu Output chính

Chương trình cho phép xuất ra các kết quả như: đường lực nâng và lực cản khí động của cánh (**Wing**), của toàn bộ thủy phi cơ (**Airplane**); biến thiên lực thủy động, khí động và góc pitch trong quá trình cất cánh (**Take Off**).



Hình 8. Biến thiên lực nâng khi cất cánh



Hình 9. Biến thiên lực cản khi cất cánh

5. Kết luận và hướng phát triển

Tỉ lệ các thành phần lực cản thay đổi trong quá trình thủy phi cơ cất cánh. ở giai đoạn đầu, khi vận tốc thủy phi cơ còn thấp, phần ngập nước còn lớn nên lực cản nước là thành phần chủ yếu. Khi thủy phi cơ tăng tốc, lực nâng khí động và thủy động nhấc thủy phi cơ lên, làm thể tích ngập nước giảm. Đến vận tốc khoảng 32 m/s, các thành phần lực cản thủy động và lực cản tổng thể giảm xuống một cách nhanh chóng. Vận tốc này là khá lớn, điều đó được giải thích là do ta chọn góc tấn của đáy $\tau = 2^0$ là nhỏ. Nếu chọn góc tấn đáy lớn hơn, lực nâng thủy động lớn hơn sẽ nhanh chóng nhấc thủy phi cơ lên, làm giảm nhanh diện tích tiếp nước, từ đó giảm nhanh lực cản thủy động và lực cản tổng cộng. Trên cơ sở đó công suất động cơ cần thiết cũng sẽ giảm theo.

Dựa trên đồ thị, vận tốc cất cánh của thủy phi cơ khoảng 34 m/s. Thủy phi cơ cất cánh: khi lực nâng trên cánh cân bằng trọng lượng thủy phi cơ (1000 N); lúc đó lực nâng và lực cản từ nước là zero.

Dựa vào dữ liệu biến thiên của góc pitch và đáp ứng của chong chóng theo vận tốc ta hoàn toàn có thể mô phỏng quá trình cất cánh theo thời gian. Từ đó ta có thể xác định được thời ian cũng như quãng đường cất cánh. Thật vậy, quá trình cất cánh là quá trình gia tốc. Để đạt một vận tốc nhất định trong khoảng thời gian nhất định, động cơ mà cụ thể là số vòng quay của chong chóng phải phù hợp để tạo ra lực đẩy đủ lớn so với lực cản để có gia tốc yêu cầu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí của Chương trình Nghiên cứu cơ bản về Khoa học tự nhiên Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Jan Roskam; *Airplane Design - Part VI: Preliminary Calculation of Aerodynamic, Thrust and Power Characteristics*; The University of Kansas, Lawrence, Kansas, 1990.

[2]. E.L. Houghton and N B Carruthers, *Aerodynamics for Engineering Students*, Edward Arnold, 41 Bedford Square, London, 1982.

[3]. Dale De Remer and Cesare Baj, *Seaplane Operations*, Edizioni Newpress, Como-Italy, 1998.

[4]. Trần Công Nghị, *Lý Thuyết Tàu Thủy II*, NXB Đại học Quốc Gia Tp. Hồ Chí Minh, 03 Công trường Quốc tế, Q. 3, TP. HCM, 2002.

[5]. Trần Công Nghị, *Thiết Kế Tàu Cỡ Nhỏ Chạy Nhanh*, NXB Đại học Quốc Gia Tp. Hồ Chí Minh, 03 Công trường Quốc tế, Q. 3, TP. HCM, 2001, trang 106-113.a2.

PROGRAM FOR AERO - HYDRODYNAMIC FORCES CALCULATION IN AMPHIBIAN DESIGN

Le Thi Minh Nghia, An Vo Duc Anh

Abstract: *This paper represents the methods to determine aerodynamic and hydrodynamic forces affecting amphibian in take off run. Hydrodynamic lift and drag are calculated by Savitsky's method. Aerodynamic lift and drag are computed by using theoretical – experimental formulas in reference [1]. The calculating process is carried out by a friendly interface program which can plot force diagrams for amphibian design and supply aerodynamic-hydrodynamic force coeficients for amphibian flight simulation.*