NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO ĐỘ ỔN ĐỊNH TĨNH CỦA TÊN LỬA PHÒNG KHÔNG TẦM THẤP KHI THAY ĐỔI VỊ TRÍ CÁNH LÁI VÀ CÁNH PHÁ ỔN ĐỊNH

Đỗ Tiến Cần*

Tóm tắt: *Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về tính toán độ ổn định tĩnh cho tên lửa phòng không tầm thấp khi bay. Bằng sự trợ giúp của các phần mềm hiện đại, bài báo đưa ra một số kết quả nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của sự thay đổi vị trí cánh lái và cánh phá ổn định đên đặc trưng khí động và độ ổn định tĩnh của tên lửa. Từ đó, bài báo rút ra một số giải pháp đảm bảo độ ổn định tĩnh của tên lửa phòng không tầm thấp khi thay đổi vị trí cánh lái và cánh phá ổn định.*

Từ khóa: Tên lửa; Cánh ổn định; Cánh lái; Tính ổn định; Ansys.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với các cường quốc chế tạo tên lửa, hiện nay trên thế giới có nhiều nước đã tiến hành cải tiến, chế tạo mới các loại tên lửa phòng không tầm thấp (PKTT) dựa trên các mẫu tên lửa PKTT đã có. Để phát triển các loại tên lửa PKTT, một số nước đi theo hướng dựa vào thiết kế của nước ngoài cải tiến một số thành phần để tạo nên loại tên lửa của mình. Một hướng nghiên cứu cải tiến tên lửa PKTT Igla được thiết kế theo hướng tên lửa Grom với mục đích chính là thu gọn lại khối điện tử đầu tự dẫn nhằm tăng kích thước phần chiến đấu, nâng cao xác suất tiêu diệt mục tiêu. Tuy nhiên, khi làm điều này sẽ thay đổi kích thước, trọng lượng, các tham số khí động của tên lửa. Khi phối trí tên lửa thay đổi, sẽ thay đổi kích thước chung của cả quả tên lửa, trong đó có các cụm cánh, dẫn đến thay đổi các tham số khí động của tên lửa, hay nói một cách tổng quát là thay đổi mô hình khí động của tên lửa.

Khi thu gọn khối điện tử, vị trí cánh lái, cánh phá ổn định sẽ thay đổi, ảnh hưởng trực tiếp đến các đặc tính khí động, độ ổn định tĩnh của tên lửa nên cần có nghiên cứu đánh giá trong giai đoạn thiết kế hệ thống tên lửa PKTT để vừa đảm bảo các chỉ tiêu chất lượng khí động, độ ổn định của tên lửa vừa đảm bảo độ bền kết cấu.

Khi tính toán thiết kế cánh cho các loại tên lửa cần phải xét bài toán động lực học nhằm tìm ra tác động của hệ thống cánh đến độ ổn định bay của tên lửa. Để thiết kế hệ thống cánh cần phải phân tích ảnh hưởng của các tham số kết cấu cánh đến các đặc trưng khí động và mức độ ổn định chuyển động của tên lửa trên đường bay. Trong tính toán thiết kế hệ thống tiến hành lựa chọn trước kết cấu của cánh, sau đó tính toán độ dự trữ ổn định. Trường hợp không đáp ứng được thì phải chọn lại các tham số kết cấu của hệ thống cánh và tính toán lại độ dự trữ ổn định cho đến khi nào đạt yêu cầu.

Điều kiện ổn đinh tĩnh của tên lửa có cánh có thể biểu diễn như sau:

X_{ta}- X_{tk} <0 - Tên lửa ổn định tĩnh;

X_{ta}- X_{tk} >0 - Tên lửa không ổn đinh;

X_{ta}- X_{tk} =0 - Tên lửa ở trạng thái cân bằng không bền (trục tên lửa trùng với véc tơ tốc độ V song không giữ được lâu, chỉ cần một nhiễu loạn nhỏ tác động là trục tên lửa lệch khỏi véc tơ tốc độ).

Khi tên lửa chuyển động trên quỹ đạo, tốc độ chuyển động và các góc định hướng tên lửa thay đổi liên tục, do đó, vị trí của tâm áp cũng thay đổi theo. Mặt khác, trên phần tích cực của quỹ đạo, nhiên liệu tiêu hao sẽ dẫn tới sự thay đổi vị trí của tâm khối so với vị trí ban đầu của nó. Các nguyên nhân trên làm thay đổi hiệu X_{ta}- X_{tk}, cũng có nghĩa $m_{z\alpha}$ thay đổi và nó xác đinh mức độ tự ổn định của tên lửa trên quỹ đạo. Để bảo đảm tên lửa ổn định trên cả quỹ đạo, hệ số mô men ổn định khí động phải luôn luôn thỏa mãn $m_{z\alpha}$<0 và $\left|m_{z\alpha}\right| \geq \left|m_{z\alpha_cp}\right|$.

Trong đó, $m_{z\alpha_cp}$ - Hệ số mô men ổn định khí động cho phép. Nói cách khác, tên lửa ổn định bằng cánh cần phải có độ dự trữ ổn định thường được đặc trưng bởi trị số hệ số dự trữ ổn đinh và được xác định bởi biểu thức:

$$K_{od} = \frac{X_{ta} - X_{tk}}{L}$$

Trong đó: L - Chiều dài tên lửa,

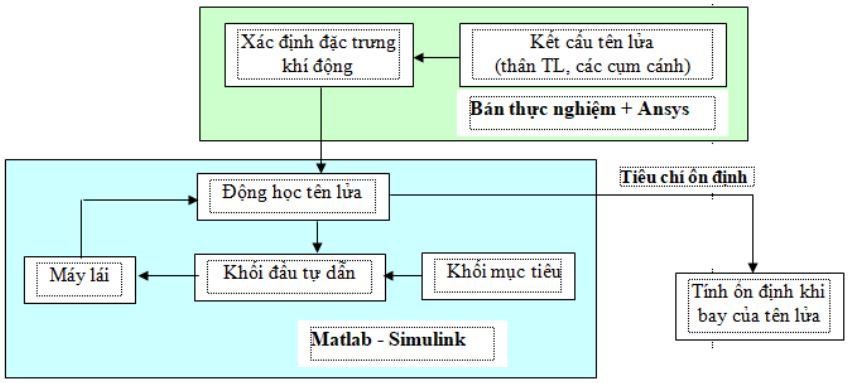
X_{ta}, X_{tk} - Vị trí tâm áp và tâm khối tên lửa (tính từ mũi tên lửa).

Đối với tên lửa PKTT có điều khiển, hệ số dự trữ ổn định cần đủ nhỏ để vừa đảm bảo tính ổn định và tính điều khiển được của tên lửa. Tuy nhiên, khi tên lửa bay, giá trị độ dự trữ ổn định cũng thay đổi theo giá trị thay đổi của tâm khối và tâm áp. Kết cấu cánh (biên dạng, kích thước) ảnh hưởng trực tiếp đến các đặc tính khí động, trong đó có vị trí tâm áp nên cần có nghiên cứu đánh giá để có những bước tính toán, lựa chọn vị trí, kết cấu cánh hợp lý trong giai đoạn thiết kế hệ thống tên lửa mới hoặc nghiên cứu cải tiến tên lửa theo mẫu.

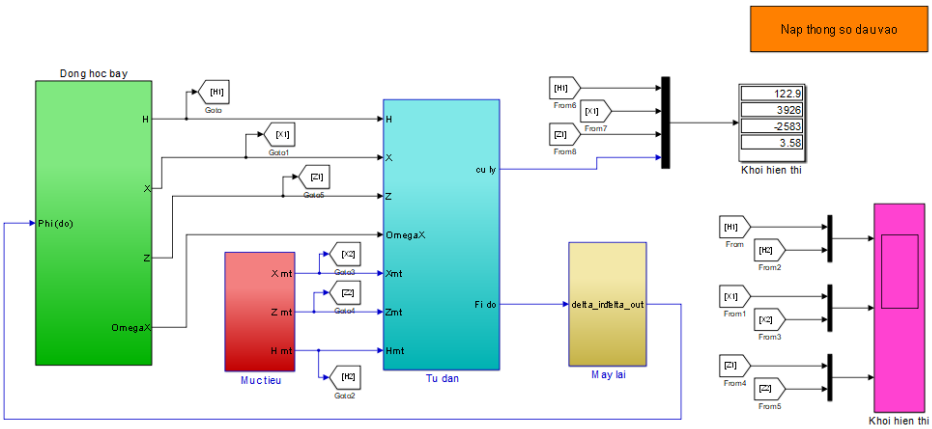
2. XÂY DỰNG BÀI TOÁN MÔ PHỎNG

2.1. Phương pháp xác định độ ổn định tĩnh khi bay của tên lửa

Phương pháp nghiên cứu ổn định bay bằng giải hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động bay. Mô hình toán mô tả đầy đủ chuyển động của tên lửa trong không gian. Khi cung cấp đầy đủ các lực khí động, mô men khí động, lực đẩy động cơ cùng các thuộc tính quán tính và giải hệ phương trình vi phân chuyển động thì các đặc tính động học và ổn định có thể được xác định trên toàn bộ quĩ đạo bay.



Hình 1. *Sơ đồ phương pháp xác định tính ổn định khi bay của tên lửa.*

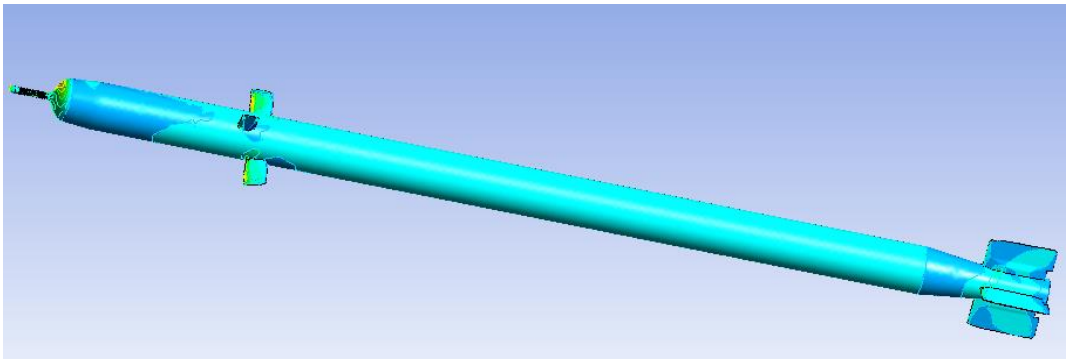


Hình 2. *Mô hình mô phỏng động lực học bay tên lửa PKTT trong Matlab-Simulink.*

Theo cách tiếp cận này, nhóm nghiên cứu đã xây dựng chương trình mô phỏng động lực học bay của tên lửa PKTT. Nội dung này được thực hiện trong Matlab-Simulink. Trên cơ sở hệ phương trình vi phân chuyển động đã được trình bày ở công trình [1, 2], nhóm tác giả đã xây dựng chương trình mô phỏng động lực học bay tên lửa PKTT trong Matlab-Simulink như hình 2.

2.2. Xây dựng bài toán mô phỏng xác định các đặc tính khí động

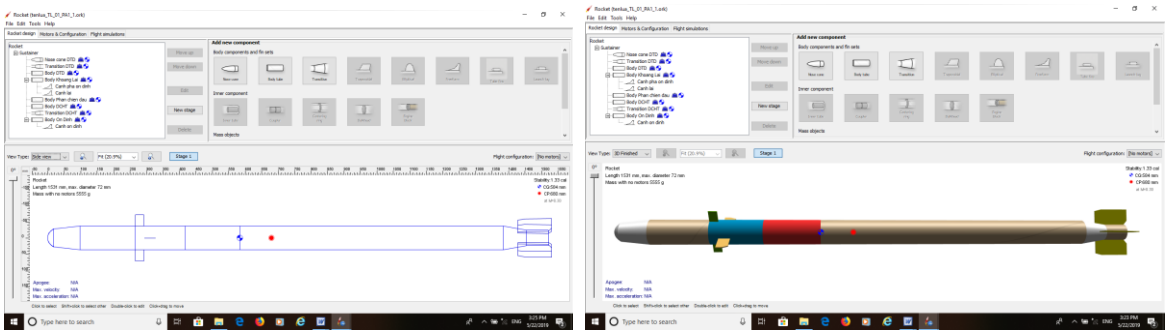
Với các kết cấu thân cánh khác nhau, sẽ có các bộ số liệu khí động đầu vào khác nhau. Việc giải bài toán trong CFX theo các giá trị vận tốc bay tên lửa, góc tấn, góc trượt, góc Cren và góc lệch cánh lái khác nhau nhận được kết quả phân bố áp suất trên bề mặt tên lửa. Đây chính là nguyên nhân gây ra tải trọng khí động tác dụng lên tên lửa. Sử dụng phương pháp ANSYS CFX để xác định tải trọng khí động cho ta các kết quả có độ chính xác cao, tuy nhiên, việc mô phỏng thường tốn nhiều thời giạn. Do đó, khối lượng công việc cần thực hiện là rất lớn.



Hình 3. *Tải trọng khí động tác động lên tên lửa bằng phần mềm Ansys CFX.*

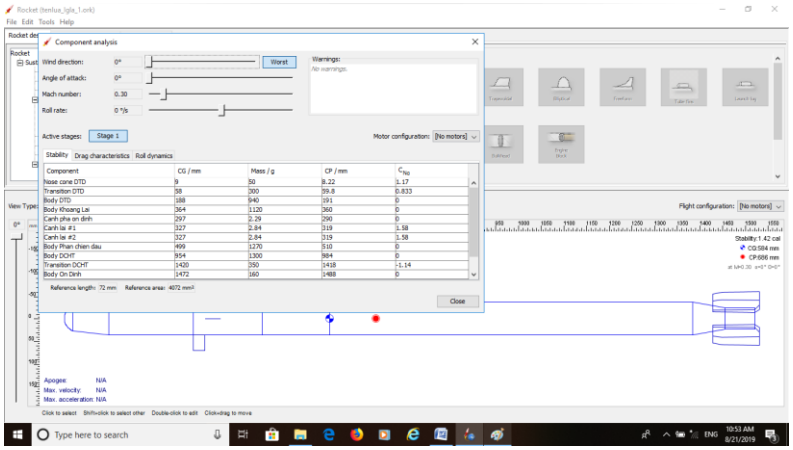
Phần mềm OpenRocket được xây dựng dựa trên phương pháp tính toán bán thực nghiệm. Phần mềm cho phép xây dựng mô hình dựa trên các mô đun có sẵn (phần chóp, thân vỏ, cụm cánh, động cơ,...) với các thông số đầu vào về về kết cấu, kích thước, khối lượng. Trên cơ sở mô hình, phần mềm có thể nhanh chóng đưa ra kết quả về các đặc khí động cơ bản (hệ số lực cản, hệ số lực nâng,...) trong các điều kiện bay khác nhau (vận tốc, góc tấn, tốc độ quay của tên lửa) của từng cụm thành phần và cả quả tên lửa. Vì vậy, nhóm tác giả sử dụng phương pháp tính toán kết hợp hai phần mềm Ansys CFX và OpenRocket. Trong đó, phần mềm OpenRocket dùng để tính toán chính, phần mềm mô phỏng Ansys CFX dùng để kiểm tra, hiệu chỉnh kết quả.

Dưới đây là giao diện phần mềm khi xây dựng mô hình 2D, 3D của tên lửa:



Hình 4. *Xây dựng mô hình tên lửa.*

Kết quả tính toán các thông số khí động, tính ổn định của tên lửa được thể hiện nhanh chóng. Kết quả cũng tính được tâm khối và tâm áp của tên lửa, từ đó giúp ta có thể đánh giá về tính ổn định của tên lửa. Bằng việc thay đổi vị trí lắp cánh lái, cánh phá ổn định, ta có thể nhận được các kết quả đầu ra tương ứng. Trên cơ sở đó, ta có thể đánh giá được ảnh hưởng của thông số vị trí lắp cánh lái, cánh phá ổn định độ ổn định tĩnh của tên lửa.



Hình 5. *Cửa sổ kết quả tính toán tính ổn định của tên lửa.*

3. KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ

Vị trí cánh lái, cánh phá ổn định ảnh hưởng trực tiếp đến các đặc tính khí động, tính ổn định khi bay của tên lửa nên cần có nghiên cứu đánh giá trong giai đoạn thiết kế hệ thống tên lửa PKTT để vừa đảm bảo các chỉ tiêu chất lượng khí động, tính ổn định của tên lửa vừa đảm bảo độ bền kết cấu. Bằng cánh thay đổi kết cấu các cụm cánh (kích thước, vị trí lắp,...) sẽ làm thay đổi các đặc trưng khí động, tâm áp của cả quả tên lửa. Điều đó làm thay đổi tính ổn định của tên lửa khi bay. Sau đây là một số kết quả đánh giá ảnh hưởng của kết cấu các cụm cánh đến tính ổn định khi bay của tên lửa.

3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí cụm cánh lái-cánh phá ổn định

Tiến hành đánh giá ảnh hưởng của vị trí lắp cụm cánh lái-cánh phá ổn định trong chương trình so với giá trị ban đầu. Vị trí lắp cánh lái ở đây lấy vị trí tương đối giữa mép trước cánh lái và mũi chóp tên lửa (**vị trí ban đầu là 311 mm**). Kết quả tính được thể hiện trong bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1. *Trường hợp góc tấn $\alpha=0^0$, V=1,4M.*

STT	Vị trí tương đối ban đầu so với mũi tên lửa (mm)	HS lực nâng $C_{Y\alpha}$	HS lực cản C_X	Tâm khối C_G (mm)	Tâm áp C_P (mm)	Độ dữ trũ ổn định (%)
1	281	8,99	0,80	653	846	12,11
2	294	8,99	0,80	653	850	12,36
3	311	8,99	0,80	653	854	12,61
4	320	8,99	0,80	653	859	12,93

Bảng 2. *Trường hợp góc tấn $\alpha=3^0$, V=1,7M.*

STT	Vị trí tương đối ban đầu so với mũi tên lửa (mm)	HS lực nâng $C_{Y\alpha}$	HS lực cản C_X	Tâm khối C_G (mm)	Tâm áp C_P (mm)	Độ dữ trũ ổn định (%)
1	281	8,47	0,80	653	804	9,48
2	294	8,47	0,80	653	806	9,60
3	311	8,47	0,80	653	809	9,79
4	320	8,47	0,80	653	811	9,92

Nhận xét:

Qua những số liệu trong bảng 1, bảng 2 thấy rằng:

- Khi thay đổi vị trí lắp cụm cánh lái-cánh phá ổn định (chuyển động tịnh tiến dọc trục) thì

các đặc tính khí động như hệ số lực nâng, hệ số lực cản hầu như không đổi, chỉ làm thay đổi vị trí tâm áp.

- Khi vị trí lắp cụm cánh lái-cánh phá ổn định dịch chuyển dọc trục theo hướng dịch lên trước, thì X_{ta} giảm đi (tâm áp dịch lên trước), tức là độ ổn định tĩnh giảm và ngược lại khi vị trí lắp cụm cánh lái-cánh phá ổn định dịch chuyển dọc trục theo hướng dịch về sau, thì X_{ta} tăng lên (tâm áp dịch về phía sau), tức là tính ổn định tăng. Như vậy, việc thay đổi vị trí lắp cánh lái-cánh phá ổn định theo hướng dọc trục có thể được tính đến khi thiết kế để đảm bảo tính ổn định của tên lửa.

- Sự thay đổi vị trí lắp cụm cánh lái và cánh phá ổn định phụ thuộc vào khả năng thu gọn khối điện tử. Thông thường, so với phiên bản gốc khối điện tử có khả năng thu gọn được từ 15-40 mm. Với các kết quả nghiên cứu trên, có thể nhận thấy, khi rút ngắn khối điện tử đi 15 mm, vị trí tâm áp và độ dự trữ ổn định tĩnh thay đổi không nhiều, nhưng khi rút ngắn khối điện tử đi 30-40 mm, tâm áp và độ dự trữ ổn định tĩnh đã có sự thay đổi đáng kể, do đó, ta cần có giải pháp để đảm bảo độ ổn định tĩnh của tên lửa.

Bằng phương pháp mô phỏng động lực học bay của cả quá trình bay, nhận thấy rằng: khi thay đổi góc tấn α và tốc độ bay của tên lửa, thì các đặc trưng khí động, trong đó có tâm áp tên lửa thay đổi rất nhiều. Giai đoạn đầu, khối lượng của tên lửa thay đổi liên tục. Do đó, độ dự trữ ổn định tĩnh cũng thay đổi liên tục và thay đổi trong khoảng khá rộng. Thời điểm đầu tên lửa có khi ở trạng thái mất ổn định, nhưng thời điểm về sau thì độ ổn định lại cao quá, dẫn đến khó điều khiển. Chính vì vậy, trong một số loại tên lửa PKTT có thêm cụm cánh phá ổn định có chức năng làm cho tên lửa bớt tính ổn định và tăng tính điều khiển được.

3.2. Giải pháp đảm bảo độ ổn định tĩnh của tên lửa

Với mục đích chính là thu gọn lại khối điện tử đầu tự dẫn nhằm tăng kích thước phần chiến đấu, tên lửa PKTT cải tiến sẽ có chiều dài không đổi, vị trí lắp cụm cánh lái-cánh phá ổn định dịch chuyển dọc trục lên phía đầu mũi tên lửa. Theo kết quả phân tích ở trên, tâm áp tên lửa có xu hướng dịch lên phía trên đầu mũi, độ ổn định tĩnh tên lửa thay đổi theo hướng giảm xuống.

Để đảm bảo ổn định tĩnh của tên lửa so với tên lửa ban đầu, ta có thể có những giải pháp sau:

1. Đưa trọng tâm tên lửa dịch lên phía trước bằng cách tăng khối lượng ở phần đầu tên lửa.
2. Đưa tâm áp tên lửa dịch chuyển về phía sau bằng cách tăng diện tích bề mặt (kích thước) cánh ổn định.

Tiến hành đánh giá ảnh hưởng của diện tích bề mặt cánh bằng cách thay đổi diện tích S_{cod0} trong chương trình so với **giá trị ban đầu (4574 mm^2)**.

Kết quả tính được thể hiện trong bảng 3 và bảng 4.

Bảng 3. *Trường hợp góc tấn $\alpha=0^0$, V=1,4M.*

STT	S_{cod0} (mm^2)	HS lực nâng $C_{Y\alpha}$	HS lực cản C_X	Tâm khối C_G (mm)	Tâm áp C_P (mm)	Độ dữ trữ ổn định (%)
1	4574	8,48	0,8	653	875	13,93
2	4803	8,92	0,86	653	910	16,13
3	5031	9,47	0,88	653	940	18,01

Bảng 4. *Trường hợp góc tấn $\alpha=3^0$, V=1,7M.*

STT	S_{cod0} (mm^2)	HS lực nâng $C_{Y\alpha}$	HS lực cản C_X	Tâm khối C_G (mm)	Tâm áp C_P (mm)	Độ dữ trữ ổn định (%)
1	4574	8,47	0,8	653	809	9,79
2	4803	8,9	0,81	653	840	11,73
3	5031	9,35	0,82	653	869	13,56

Qua những số liệu trong bảng 3, bảng 4 cho thấy:

- Khi diện tích bề mặt (kích thước) cánh ổn định tăng lên, thì các đặc tính khí động như hệ số lực nâng, hệ số lực cản và tâm áp đều tăng lên.

- Khi tăng diện tích bề mặt (kích thước) cánh ổn định tăng lên thì tâm áp dịch về phía sau tên lửa, độ ổn định tĩnh của tên lửa sẽ tăng lên bù lại phần dịch chuyển khi ta dịch chuyển vị trí cụm cánh lái- cánh phá ổn định lên phía trước phía mũi tên lửa.

Tiến hành đánh giá sự thay đổi diện tích cánh ổn định tương ứng khi dịch chuyển cụm cánh lái-cánh phá ổn định theo sự thu gọn kích thước khối điện tử.

Bảng 5. *Trường hợp góc tấn $\alpha=3^0$, V=1,7M.*

STT	Sự thay đổi kích thước khối điện tử (mm)	Tâm áp C_P (mm)	Độ dữ trũ ổn định (%)	S_{cod0} (mm^2)
1	0	809	9,79	4574
2	-15	809	9,79	4589
3	-30	809	9,79	4605
4	-40	809	9,79	4624

Qua những số liệu trong bảng 5 cho thấy:

- Khi dịch chuyển vị trí lắp cụm cánh lái-cánh phá ổn định lên phía trước tương ứng với sự thu gọn khối điện tử, thì để vị trí tâm áp và độ ổn định tĩnh không đổi, ta cần tăng diện tích bề mặt cánh ổn định.

- Để vị trí tâm áp và độ ổn đĩnh tĩnh không đổi, khi rút ngắn khối điện tử đi 15 mm, sự thay đổi tương ứng của diện tích bề mặt cánh ổn định là không nhiều. nhưng khi rút ngắn khối điện tử đi 30-40 mm, diện tích bề mặt cánh ổn định tương ứng thay đổi nhiều hơn, do đó cần tính đến giải pháp đưa tâm áp tên lửa dịch chuyển về phía sau bằng cách thay đổi tăng diện tích bề mặt (kích thước) cánh ổn định.

4. KẾT LUẬN

Khi tính toán thiết kế các cụm cánh tên lửa phòng không tầm thấp, cần đảm bảo độ ổn định tĩnh cho tên lửa khi bay. Bài báo trình bày một phương pháp và kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí đặt cụm cánh lái - cánh phá ổn định đến độ ổn định tĩnh của tên lửa bằng phương pháp mô phỏng hệ phương trình vi phân chuyển động và tính toán khí động sử dụng phần mềm mô phỏng số ANSYS CFX kết hợp phần mềm OpenRocket. Từ đó, bài báo rút ra một số giải pháp đảm bảo độ ổn định tĩnh của tên lửa phòng không tầm thấp khi thay đổi vị trí cánh lái và cánh phá ổn định. Với mục đích cải tiến tên lửa PKTT theo hướng thu gọn khối điện tử, vị trí cụm cánh lái-cánh phá ổn định sẽ dịch chuyển lên phía trước đầu mũi, một trong các giải pháp đảm bảo độ ổn định tĩnh của tên lửa như ban đầu là tăng diện tích bề mặt (kích thước) của cụm cánh ổn định. Tùy thuộc vào sự dịch chuyển của cụm cánh lái-cánh phá ổn định mà có thể xem xét thay đổi kích thước cụm cánh ổn định khi cải tiến tên lửa PKTT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Đức Cương. *"Sách chuyên khảo: Mô hình hóa và mô phỏng chuyển động của khí cụ bay tự động"*, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, 2002.

[2]. Nguyễn Đức Cương, Đỗ Quí Thẩm. *"Mô phỏng chuyển động của khí cụ bay tự dẫn có hệ thống điều khiển một kênh"*, Tuyển tập các công trình Hội nghị cơ học toàn quốc lần thứ VII - Hà Nội- Tháng 12/2002. Trang 117-126.

[3]. В.М. Кашин, А.Л.Лифир, М.И.Ефремов, *"Основы проектирования переносных зенитных ракетных комплексов"*, изд. МГТУ им. Баумана, Москва 2014 г..

[4]. Н.Ф.Краснов, Аржаников Н.С., Садекова Г.С., *«Аэродинамика летательных аппараьов», Москва, «Высшая школа»*, 1983 г.
[5]. ANSYS CFX Release 12.0: "*ANSYS CFX-Solver Theory Guide*".

ABSTRACT

RESEARCH ON A SOLUTION TO ENSURE THE STATIC STABILITY OF LOW-RANGE ANTI-AICRAFT MISSILE WHEN CHANGING THE POSITION OF THE RUDDER AND UNSTABILIZER BLADES

This paper presents research results on calculating the static stability for low-range anti-aircraft missiles in flight. With the help of modern software, the article presents some research results to evaluate the influence of the change in the position of the rudder and the unstabilizer blades on the aerodynamic characteristics and the static stability of the missile. From that, the article draws out some solutions to ensure the static stability of low-range anti-aircraft missiles when changing the position of the rudder and unstabilizer blades.

Keywords: Missile; Stable fins; Stability; Ansys.

Nhận bài ngày 22 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tên lửa, Viện Khoa học và công nghệ quân sự.
*Email: tiencanvtl@gmail.com.