VỀ MỘT GIẢI PHÁP XÁC ĐỊNH NỘI LỰC LIÊN KẾT CÁC KHÂU CỦA BỆ PHÓNG VŨ KHÍ PHÁ VẬT CẢN FMV-T2-HQ ĐẶT TRÊN XUỒNG CV-01

Tăng Xuân Long*

Tóm tắt: *Bài báo này trình bày một giải pháp xác định nội lực liên kết các khâu của bệ phóng vũ khí phá vật cản FMV-T2-HQ đặt trên Xuồng CV-01. Trên cơ sở xây dựng mô hình cơ hệ xuồng – bệ phóng và bằng cách sử dụng gói công cụ hỗ trợ Dynamic simulation của phần mềm Inventor Professional để mô phỏng động lực học cơ hệ, ta xác định được nội lực liên kết các khâu của bệ phóng nhằm phục vụ cho công tác thiết kế bệ phóng.*

Từ khóa: Cơ học vật rắn; Dao động; Bệ phóng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những yêu cầu thiết kế bệ phóng vũ khí phá vật cản FMV-T2-HQ đặt trên xuồng CV-01 là phải xác định được nội lực liên kết (lực và mô men) các khâu của bệ phóng (đế bệ phóng, cơ cấu hướng, cơ cấu tầm, động cơ tên lửa treo trên ray phóng) để lựa chọn kích thước các trục và gối đỡ của kênh tầm, kênh hướng; kích thước bu lông liên kết bệ phóng với sàn của xuồng; để kiểm bền một số chi tiết quan trọng; để lựa chọn động cơ điều khiển cho kênh tầm, kênh hướng,... Việc xác định các nội lực liên kết là một trong những tính toán khó khăn trong quá trình thiết kế bệ phóng đặt trên các phương tiện cơ động. Thông thường để xác định nội lực liên kết các khâu, ta có hai phương pháp sau [1, 2]: Phương pháp thứ nhất là thiết lập hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của cơ hệ, giải hệ phương trình vi phân này sẽ xác định được các lực quán tính và lực coriolit tác dụng lên các khâu, tiếp theo giải phóng nội lực liên kết các khâu và thiết lập hệ phương trình cân bằng lực và mô men cho tất cả các khâu, giải hệ này ta sẽ thu được nội lực liên kết; Phương pháp thứ hai là giải phóng liên kết các khâu trước rồi thiết lập hệ phương trình cân bằng lực và mô men của các nội lực và ngoại lực cho tất cả các khâu, giải hệ phương trình này ta thu được cả nội lực liên kết và ngoại lực. Mỗi phương pháp đều có những ưu, nhược điểm riêng nhưng đều khó khăn và phức tạp, nhất là đối với cơ hệ có nhiều khâu, khớp và chuyển động 3D.

Một giải pháp trực quan và tiện lợi là sử dụng gói công cụ Dynamic simulation của phần mềm Inventor professional. Đây là một gói tính toán mô phỏng động lực học các chuyển động cơ học theo mô hình kết cấu 3D rất trực quan và mạnh của hãng Autdesk [5]. Các bước tiến hành xác định nội lực liên kết được tiến hành như sau:

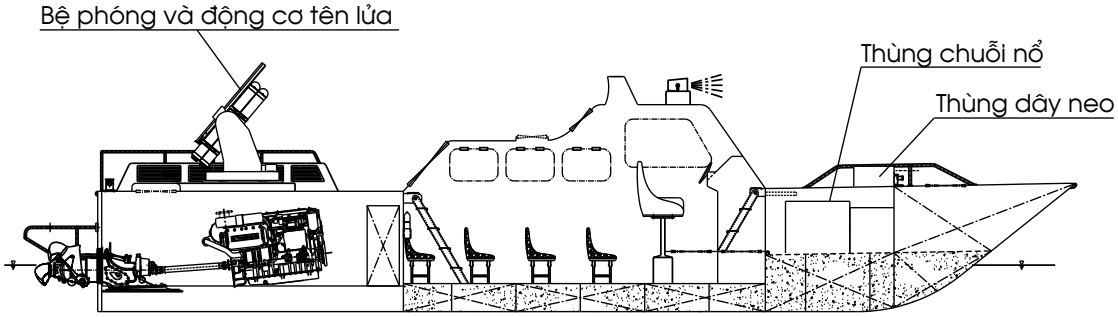
- Xây dựng mô hình 3D xuồng CV-01 và kết cấu sơ bộ của bệ phóng;
- Lựa chọn vật liệu cho từng chi tiết của mỗi khâu;
- Thiết lập kiểu khớp liên kết giữa các khâu;
- Đặt các ngoại lực tác dụng lên cơ hệ;
- Chạy tính toán mô phỏng;
- Xuất các kết quả (lực và mô men liên kết các khâu, chuyển vị, vận tốc, gia tốc,… các khâu).

Nhưng trước tiên, ta cần phải khảo sát các dạng dao động lắc của xuồng CV-01 trên sóng biển để làm thông số đầu vào cho phần mô phỏng động lực học của cả cơ hệ để xác định các nội lực liên kết. Dưới đây, bài báo sẽ trình bày chi tiết các bước tiến hành trên.

2. NGHIÊN CỨU DAO ĐỘNG CỦA CƠ HỆ XUỒNG – BỆ PHÓNG

2.1. Tổng quan về phối bộ vũ khí phá vật cản FMV-T2-HQ lắp đặt trên xuồng CV-01

Phối bộ vũ khí phá vật cản FMV-T2-HQ lắp đặt trên Xuồng CV-01 (hình 1) là vũ khí để phá các loại hàng rào, mìn chống tăng, mở cửa từ mép nước lên trên đảo cho lực lượng Hải quân đánh bộ chiếm mục tiêu.



Hình 1. *Phối bộ vũ khí phá vật cản FMV-T2-HQ lắp đặt trên xuồng CV-01.*

Các thông số cơ bản của phối bộ vũ khí phá vật cản FMV-T2-HQ cho trong bảng 1:

Bảng 1. *Thành phần phối bộ vũ khí FMV-T2-HQ.*

STT	Tên thành phần	Số lượng	Khối lượng	Đơn vị
1	Động cơ tên lửa FMV-T2	02	60	kg
2	Bệ phóng	01	250	kg
3	Chuỗi nổ	02	650	kg
4	Dây neo	01	50	kg
5	Thiết bị điều khiển phóng	01	30	kg
6	Thiết bị chỉ thị mục tiêu và đo xa	01	10	kg

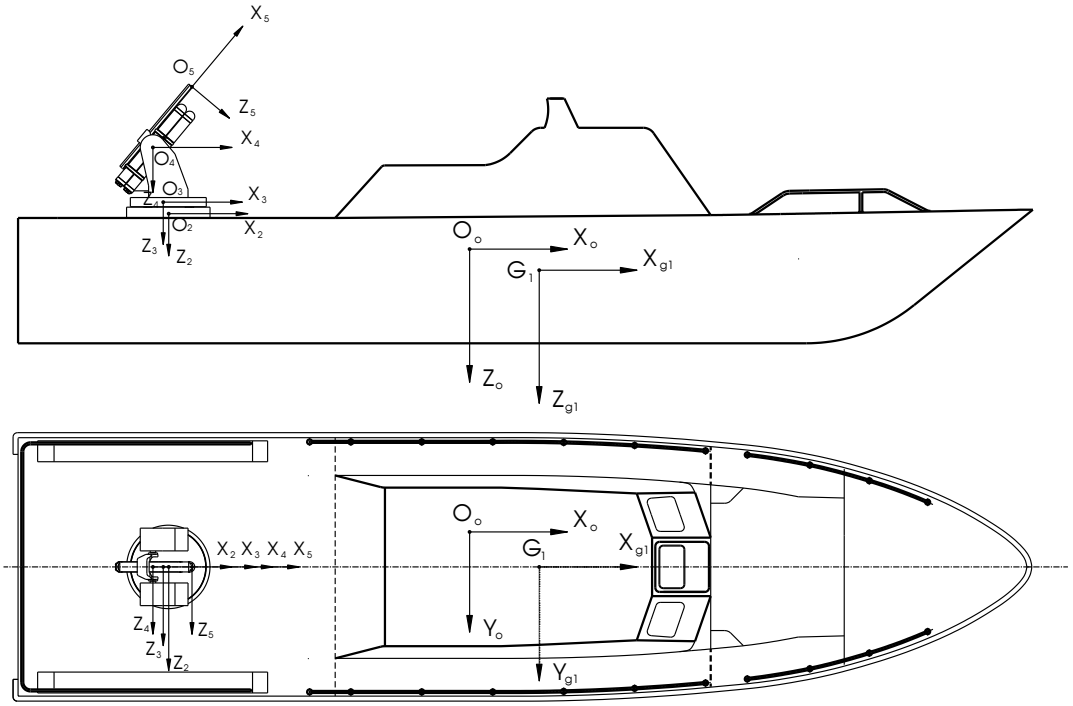
Xuồng CV-01 là loại xuồng cao tốc dùng để đổ bộ và chi viện đa năng, được đóng mới bằng vật liệu composite công nghệ mới (sandwich 3 lớp). Xuồng có các thông số cơ bản sau (bảng 2):

Bảng 2. *Các thông số cơ bản Xuồng cao tốc CV-01.*

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Chiều dài lớn nhất thân xuồng	L_{max}	12,16	m
2	Chiều dài thiết kế	L_{tk}	10,90	m
3	Chiều rộng lớn nhất thân xuồng	B_{max}	3,13	m
4	Chiều rộng thiết kế	L_{tk}	2,53	m
5	Chiều cao mạn	H	1,5	m
6	Chiều chìm ở lượng chiếm nước lớn nhất	d	0,58	m
7	Lượng chiếm nước lớn nhất	D_{max}	8,5	T
8	Vận tốc lớn nhất (ở lượng chiếm nước đầy tải)	v_{max}	40	hl/h
9	Tầm hoạt động (theo dự trữ nhiên liệu)	R	60	hl
10	Sức chở quân	K	9	Người
11	Thuyền viên	n	2	Người
12	Chịu được sóng cấp 5, gió cấp 6 – cấp 7			

2.2. Xây dựng mô hình cơ hệ

2.2.1. Hệ tọa độ và các bậc tự do của cơ hệ



Hình 2. *Mô hình cơ hệ xuồng – bệ phóng.*

Trong mô hình cơ hệ trên bao gồm các khâu: Xuồng CV-01; Đế bệ phóng; Cơ cấu hướng; Cơ cấu tầm; Động cơ tên lửa. Các khâu được liên kết với nhau bằng các hệ tọa độ sau (hình 2):

- Hệ tọa độ cố định (quán tính hoặc mặt đất) $R_o = \{O_o X_o Y_o Z_o\}$: mặt phẳng $O_o X_o Y_o$ trùng với mặt phẳng đường nước không bị kích động, trục $O_o Z_o$ hướng thẳng đứng từ trên xuống dưới. Khi xuồng nằm ở vị cân bằng trục $O_o Z_o$ đi qua trọng tâm xuồng, trục $O_o X_o$ song song với trục dọc của xuồng.

- Hệ tọa độ liên kết $R_{g1} = \{G_1 X_{g1} Y_{g1} Z_{g1}\}$ gắn với xuồng: gốc tọa độ G_1 đặt tại trọng tâm của xuồng, mặt phẳng $G_1 X_{g1} Y_{g1}$ song song với mặt phẳng $O_o X_o Y_o$ và trục $G_1 Z_{g1}$ đi qua trọng tâm xuồng và hướng xuống dưới. Xuồng có 6 bậc tự do.

- Đế bệ phóng liên kết với sàn xuồng bằng hệ tọa độ $R_2 = \{O_2 X_2 Y_2 Z_2\}$: Đế bệ phóng liên kết cứng với sàn xuồng;

- Cơ cấu hướng của bệ phóng liên kết đế bệ phóng bằng hệ tọa độ $R_3 = \{O_3 X_3 Y_3 Z_3\}$: Cơ cấu hướng có một bậc tự do: chuyển động quay quanh trục $O_3 Z_3$;

- Cơ cấu tầm liên kết với cơ cấu hướng của bệ phóng bằng hệ tọa độ $R_4 = \{O_4 X_4 Y_4 Z_4\}$: Cơ cấu tầm có một bậc tự do: chuyển động quay quanh trục $O_4 Y_4$;

- Động cơ tên lửa liên kết cơ cấu tầm của bệ phóng bằng hệ tọa độ $R_5 = \{O_5 X_5 Y_5 Z_5\}$: Động cơ tên lửa có một bậc tự do: chuyển động tịnh tiến dọc trục $O_5 X_5$.

Trong mô hình cơ hệ này, xuồng CV-01 là khâu chủ động. Các cụm của bệ phóng là các khâu bị động, dao động theo xuồng CV-01.

2.2.2. Các dạng chuyển động lắc của xuồng

Trước khi tính toán các nội lực liên kết của các khâu trong bệ phóng, ta coi xuồng và bệ phóng là một khâu thống nhất dao động trên sóng biển.

Chuyển động của xuồng gồm 6 bậc tự do, bao gồm 3 chuyển động tịnh tiến dọc trục và 3 chuyển động quay quanh trục. Cụ thể như sau [3, 4]: Chuyển động tịnh tiến dọc trục O_oX_o (surging); Chuyển động tịnh tiến dọc trục O_oY_o (swaying); Chuyển động tịnh tiến dọc trục O_oZ_o, gọi là lắc đứng (heaving); Chuyển động quay quanh trục G_1X_{g1}, gọi là lắc ngang (rolling); Chuyển động quay quanh trục G_1Y_{g1}, gọi là lắc dọc (pitching); Chuyển động quay quanh trục G_1Z_{g1} (yawing).

Trong sáu chuyển động trên, chỉ có ba chuyển động quay quanh trục G_1X_{g1}, G_1Y_{g1} và chuyển động dọc trục O_oZ_o là các chuyển động dao động, do trong các dạng chuyển động này xuất hiện lực hoặc momen phục hồi. Đối với các chuyển động dọc trục O_oX_o, O_oY_o và chuyển động quay quanh trục G_1Z_{g1}, xuồng không trở về vị trí cân bằng ban đầu khi lực hoặc momen kích động ngừng tác động. Để đơn giản bài toán lắc xuồng, sự tương tác giữa các loại chuyển động có thể bỏ qua và chỉ khảo sát từng loại lắc độc lập.

Dưới đây, trình bày phương trình vi phân của 3 dạng lắc chính [1, 2]:

* Lắc đứng:

$$(\frac{D}{g}+m_z)\ddot{Z}_G(t)+N_z.\dot{Z}_G(t)+\gamma.A_w.Z_G(t)=\gamma.A_w.r_w.sin(\sigma_w.t) \quad (1)$$

* Lắc ngang:

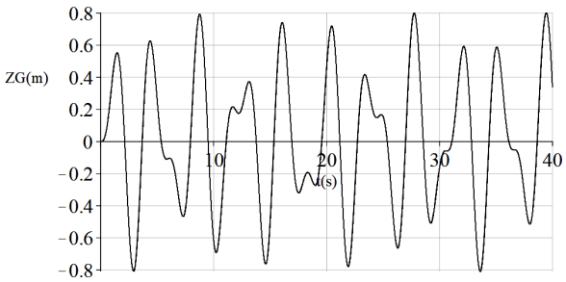
$$(I_x+I_{xx})\ddot{\theta}(t)+N_\theta.\dot{\theta}(t)+D.h_o.\theta(t)=D.h_o.\alpha_{wo}.sin(\sigma_w.t) \quad (2)$$

* Lắc dọc:

$$(I_y+I_{yy})\ddot{\psi}(t)+N_\psi.\dot{\psi}(t)+D.H_o.\psi(t)=D.H_o.\alpha_{wo}.sin(\sigma_w.t) \quad (3)$$

Trong đó: D là lượng chiếm nước của xuồng, *N;* m_z là khối lượng nước kèm dao động cùng xuồng, *kg*; I_x, I_y là tương ứng là mô men quán tính khối lượng xuồng theo phương GX_1 và GY_1, kgm^2; I_{xx}, I_{yy} là tương ứng là mô men quán tính khối lượng nước kèm theo phương GX_1 và GY_1, kgm^2; N_z là hệ số cản nhớt xuồng lắc đứng, *Ns/m*; N_θ, N_ψ là tương ứng là hệ số cản nhớt xuồng lắc ngang và lắc dọc, *Nms/rad*; A_w là diện tích đường nước của xuồng, m^2; h_o, H_o là tương ứng là chiều cao ổn định ngang và dọc của xuồng, *m*; r_w là biên độ sóng, *m*; σ_w là tần số sóng; α_{wo} là góc sóng lớn nhất, *rad*; γ là trọng lượng riêng của nước biển, N/m^3.

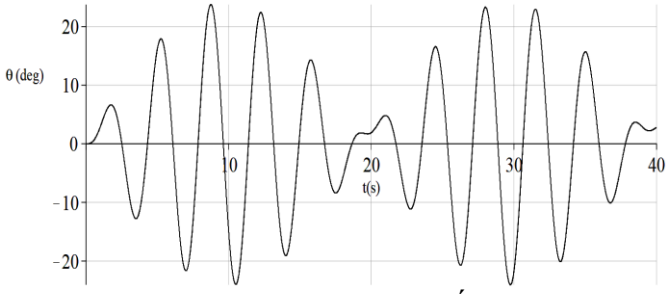
Giải hệ phương trình vi phân (1), (2) và (3) với các thông số hằng hải của xuồng CV-01 ta nhận được các biên độ lắc của xuồng CV-01 trên sóng cấp 2 như trên hình 3, hình 4 và hình 5. Các kết quả khảo sát dao động lắc xuồng CV-01 làm cơ sở cho bài toán tính toán mô phỏng động lực học dao động cơ hệ xuồng – bệ phóng. Đây là các dao động của khâu chủ động.



Hình 3. *Biên độ dao động lắc đứng.*



Hình 4. *Biên độ dao động lắc dọc.*



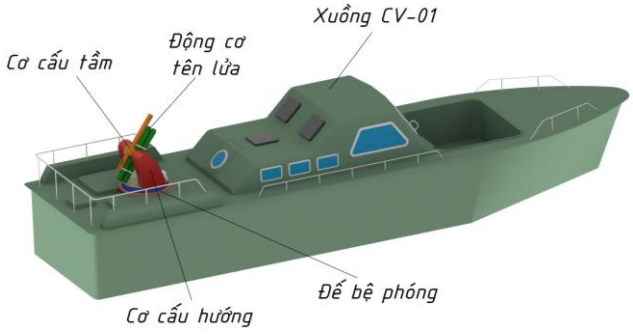
Hình 5. *Biên độ dao động lắc ngang.*

2.3. Xác định các nội lực liên kết các khâu của bệ phóng

Như đã đề cập ở trên, để xác định các nội lực liên kết các khâu của bệ phóng, bài báo sử dụng gói công cụ mô phỏng tính toán Dynamic simulation của phần mềm Inventor professional. Trình tự xác định các nội lực liên kết các khâu của bệ phóng được thực hiện như sau:

2.3.1. Xây dựng mô hình 3D xuồng CV-01 và kết cấu sơ bộ của bệ phóng

Sử dụng phần mềm Inventor Professional để xây dựng mô hình 3D xuồng CV-01 và kết cấu sơ bộ của bệ phóng. Kết quả thể hiện như trên hình 6.



Hình 6. *Mô hình 3D xuồng CV-01 và kết cấu sơ bộ của bệ phóng.*



Hình 7. *Thiết lập kiểu khớp liên kết giữa các khâu.*

Kết cấu sơ bộ của bệ phóng được xác định trên cơ sở đảm bảo hiệu chỉnh được góc tầm và góc hướng phóng động cơ tên lửa khi xuồng lắc trên sóng và từ chiều dài đường trượt đảm bảo sơ tốc ban đầu cho động cơ tên lửa. Khi xây dựng kết cấu sơ bộ bệ phóng, ta lựa chọn vật liệu cho các chi tiết phần mềm sẽ tự tính toán ra khối lượng và mô men quán tính chính của từng chi tiết và các cụm lắp ghép (khâu).

2.3.2. Thiết lập kiểu khớp liên kết giữa các khâu

Trong phần mềm Inventor Professional, ta sử dụng gói công cụ Dynamic simulation để tiến hành các bước cho mô phỏng dao động của cơ hệ xuồng – cơ cấu tầm – cơ cấu hướng – động cơ tên lửa (hình 7).

Đầu tiên phải thiết lập các kiểu khớp liên kết giữa các khâu trên cơ sở phân tích chuyển động của các khâu trong cơ hệ (mục 2.2.1):

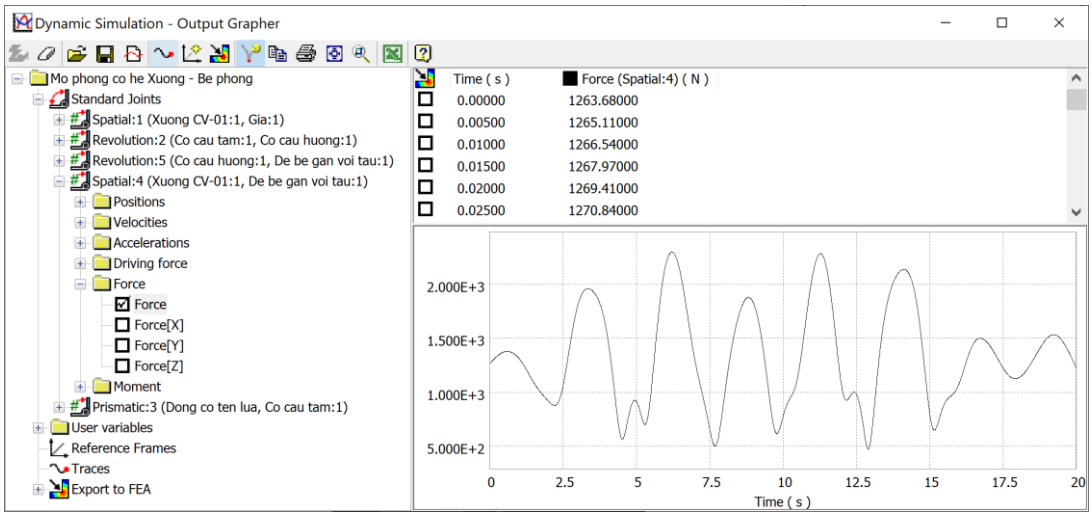
- Liên kết giữa xuồng CV-01 với giá đỡ là khớp không gian (Spatial) nhưng khóa 3 bậc tự do không có chuyển động;
- Liên kết giữa đế bệ phóng với sàn xuồng là khớp không gian (Spatial) nhưng khóa cứng tất cả các bậc tự do;
- Liên kết giữa cơ cấu hướng với đế bệ là khớp trụ (Revolution);
- Liên kết giữa cơ cấu tầm với cơ cấu hướng là khớp trụ (Revolution);
- Liên kết giữa động cơ tên lửa với cơ cấu tầm là liên kết khớp trượt (Prismatic).

Các kết quả khảo sát biên độ lắc của xuồng CV-01 (hình 3, 4 và 5) được xuất ra file *.txt dạng số và nạp vào thuộc tính khớp không gian (Spatial) liên kết giữa giá đỡ và xuồng.

2.3.3. Kết quả xác định nội lực liên kết các khâu của bệ phóng

Sau khi thiết lập thuộc tính các khớp liên kết các khâu và quy định phương, chiều của trọng lực, ta tiến hành chạy mô phỏng động lực học mô hình cơ hệ xuồng – cơ cấu tầm – cơ cấu hướng – động cơ tên lửa.

Kết quả mô phỏng động lực học mô hình cơ hệ bao gồm chuyển vị (Positions), vận tốc (Velocities), gia tốc (Accelerations) và các nội lực (Lực/Force, Mô men/Moment) của các khâu (hình 8). Trong khuôn khổ bài báo, bài báo chỉ đưa ra kết quả nội lực liên kết giữa đế bệ phóng và sàn xuồng (hình 8). Ta thấy nội lực này cũng thay đổi theo thời gian theo kiểu hàm sin, phù hợp với sự dao động của xuồng trên sóng biển. Nội lực liên kết này cho phép ta tính toán, lựa chọn bu lông liên kết đế bệ phóng với sàn xuồng. Khi cần quan tâm nội lực liên kết giữa hai khâu nào với nhau, ta lựa chọn biểu tượng của khớp liên kết và tìm thư mục Force hay Moment, kết quả sẽ được xuất dữ liệu dạng số và đồ thị vùng bên phải cửa sổ làm việc (hình 8). Các kết quả mô phỏng động lực học mô hình cơ hệ nhận được giúp cho quá trình thiết sơ bộ cũng như thiết kế chi tiết bệ phóng được nhanh chóng và hiệu quả.



Hình 8. *Kết quả mô phỏng tính toán nội lực liên kết các khâu của bệ phóng.*

3. KẾT LUẬN

Trên cơ sở xây dựng mô hình cơ hệ xuồng – bệ phóng và ứng dụng gói công cụ hỗ trợ tính toán động lực học Dynamic simulation của phần mềm Inventor Professional, bài báo đã trình bày một giải pháp để xác định được nội lực liên kết các khâu của bệ phóng. Các nội lực này là các thông số đầu vào quan trọng cho việc tính toán thiết kế bệ phóng (lựa chọn gối đỡ các ổ trục, kích thước các trục và gối đỡ của kênh tầm, kênh hướng; kích thước bu lông liên kết bệ phóng với sàn của xuồng; để kiểm bền một số chi tiết quan trọng; để lựa chọn động cơ điều khiển cho kênh tầm, kênh hướng,...). Đây là một giải pháp hiệu quả và trực quan, giúp rút ngắn thời gian thiết kế bệ phóng.

Trên cơ sở giải pháp bài báo đã trình bày, ta có thể áp dụng để khảo sát các mô hình cơ hệ phức tạp có nhiều khâu, khớp liên kết, chuyển động 3D.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Xuân Anh, *"Động lực học bệ phóng tên lửa"*, Nxb QĐND (2000), tr. 212-251.
[2]. Nguyễn Văn Khang, *"Động lực học hệ nhiều vật"*, NXB Khoa học và Kỹ thuật (2007), tr. 172-196.
[3]. [3]. Nguyễn Tiến Lai, *"Động học tàu thủy"*, ĐH Hàng Hải - Hải phòng (2010), tr. 22-53.
[4]. Nguyễn Cảnh Thanh, *"Lý thuyết tàu thủy"*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật (2008), tr. 57-91.
[5]. https://www.autodesk.com/campaigns/inventor-trial-center/dynamic-simulation

ABSTRACT

ABOUT A SOLUTION TO DETERMINE THE INTERNAL FORCES LINKING THE PARTIES OF THE LAUNCHER OF THE FMV-T2-HQ WEAPON THAT DESTROYS THE OBSTACLE INSTALLED ON THE CV-01 BOAT

In this paper, a solution is presented to determine the internal force linking the parties of the launcher of the FMV-T2-HQ weapon that destroys the obstacle installed on the CV-01 boat. On the basis of building a mechanical model of the canoe - launcher system and using the Dynamic simulation tool package of Inventor Professional software, we can determine the internal forces linking the parties of the launcher to serve the design of the launcher.

Keywords: Solid mechanics; Oscillate; Launchers.

Nhận bài ngày 18 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 22 tháng 9 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tên lửa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: longtank2012@gmail.com.