

Nghiên cứu đánh giá động lực học nâng của tàu đệm khí sử dụng vảy khí dạng phân đoạn

Lê Văn Dưỡng, Nguyễn Duy Đạt, Mai Văn Toán

Tóm tắt—Tàu đệm khí là phương tiện chuyển động trên gối khí, có thể di chuyển trên cạn và dưới nước để vận chuyển con người, hàng hóa, trang bị kỹ thuật. Yêu cầu quan trọng đối với các tàu đệm khí (Air Cushion Vehicle – ACV) là: nâng cao độ tin cậy và tuổi thọ làm việc, giảm chi phí vận hành, tính ổn định và khả năng cơ động cao. Bài báo này xây dựng mô hình lý thuyết nghiên cứu động lực học nâng của tàu đệm khí sử dụng vảy khí dạng phân đoạn. Trong mô hình này, phương trình Bernoulli đối với dòng không nén và định luật hai Newton được sử dụng để mô tả động lực học nâng của tàu đệm khí. Trên cơ sở mô hình xây dựng, các thông số động lực học nâng của tàu đệm khí “Hovertrek 6100L” được khảo sát.

Từ khoá—Tàu đệm khí, động lực học nâng, gối khí, vảy khí dạng phân đoạn

1 GIỚI THIỆU

Tàu đệm khí (Air Cushion Vehicle – ACV) là phương tiện chuyển động trên gối khí, có thể di chuyển trên cạn và dưới nước để vận chuyển con người, hàng hóa, trang bị kỹ thuật. Sau gần 300 năm phát triển, ngày nay ACV đã phát triển mạnh mẽ và được sử dụng rộng rãi tại nhiều nước trên thế giới phục vụ các mục đích thương mại, du lịch, quân sự... Đi đầu trong lĩnh vực này là các nước Mỹ, Anh, Nga, Trung Quốc, Canada...

Hiện nay yêu cầu quan trọng đối với các ACV là: nâng cao độ tin cậy và tuổi thọ làm việc, giảm chi phí vận hành, tính ổn định và khả năng cơ động cao. Để đảm bảo các yêu cầu đó, hệ thống nâng của ACV là một trong những yếu tố quan trọng và quyết định. Hệ thống nâng của ACV bao gồm vảy khí, các đường dẫn không khí, các quạt để hút không khí từ môi trường và đẩy vào trong để tạo

lớp đệm khí (có áp suất cao hơn áp suất của môi trường xung quanh). Thành phần quan trọng xác định gần như toàn bộ các đặc tính của ACV trong quá trình nâng (tính ổn định, tính thông qua, tính lưỡng cư, tính điều khiển...) là **vảy khí**. Hiện nay trên các ACV hiện đại đang sử dụng hai dạng vảy khí chủ yếu là dạng túi – ngón và dạng phân đoạn.

Cùng với sự phát triển của ACV, trên Thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu động lực học nâng của ACV để phục vụ quá trình thiết kế, hoàn thiện kết cấu hệ thống nâng của ACV. Chung đã mô tả kết quả của một phân tích động lực học nâng phi tuyến [1] và tuyến tính [2] của ACV với vảy khí dạng túi – ngón. Fu [3] đã nghiên cứu động lực học của ACV dựa trên phương trình chuyển động cơ bản sáu bậc tự do. Nghiên cứu chỉ ra rằng sự thay đổi của góc do đệm khí hạ xuống và di chuyển nhỏ hơn nhiều so với tác động của sóng. Yang [4] đã sử dụng phương pháp tính toán động lực học chất lưu (CFD) để nghiên cứu động lực học của hệ thống vảy của một ACV lý tưởng, dưới sự tác động không theo quy luật của sóng. Động lực học của mô hình thu nhỏ theo tỉ lệ của ACV di chuyển qua đằm lầy than bùn đã được nghiên cứu thực nghiệm bởi Hossain [5]. Hinchey [6] xây dựng mô hình nghiên cứu động lực học nâng ACV với tác động của nguồn kích thích phi tuyến.

Gần đây, tại Việt Nam đã có một số công trình nghiên cứu về ACV [7, 8]. Trong [8], tác giả đã xây dựng mô hình và tiến hành khảo sát động lực học nâng ACV. Tuy nhiên, trong mô hình này chưa tính đến ảnh hưởng của vảy khí và bề mặt di chuyển.

Vi vậy mục tiêu của bài báo là xây dựng mô hình động lực học và nghiên cứu chất lượng động lực học của ACV sử dụng vảy khí dạng phân đoạn khi di chuyển trên sóng hoặc các bề mặt gồ ghề nhằm phục vụ bài toán tính toán thiết kế ACV cỡ nhỏ phục vụ công tác vận tải, tuần tra, du lịch,... tại Việt Nam.

Bài báo này được gửi vào ngày 10 tháng 06 năm 2017 và được chấp nhận đăng vào ngày 18 tháng 09 năm 2017.

Lê Văn Dưỡng, Khoa Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
Nguyễn Duy Đạt, Khoa Xây Dựng, Đại học Ngô Quyền
(e-mail: nguyenduydat1987@gmail.com)

Mai Văn Toán, Khoa Xây Dựng, Đại học Ngô Quyền.

2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHẢO SÁT

Giả thuyết xây dựng mô hình. Trong quá trình làm việc, ACV chịu tác động của các yếu tố bên ngoài như sóng, gió, khí động học... Tuy nhiên, trong xây dựng mô hình và khảo sát động lực học nâng của ACV, ta giả thiết:

- Váy khí được giả định là một màng không đàn hồi, không khối lượng, áp suất khí p phân bố đều trong không gian dưới thân tàu và trong váy khí.

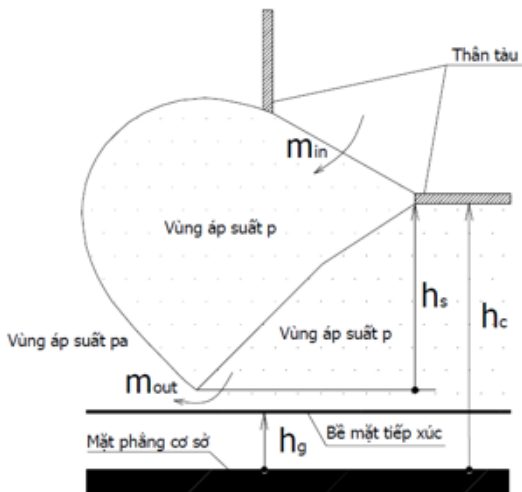
- Tốc độ dòng chảy của không khí bên trong váy khí và đệm khí được giả thiết không đổi.

- Lưu lượng khí vào Q qua quạt nâng của ACV và lưu lượng khí thoát ra Q_a thông qua khe hở của váy đệm khí là ổn định.

- Bỏ qua các lực tác dụng của gió, sóng vào ACV trong mô hình xây dựng.

- Sự thổi khí vào váy khí được giả thiết là dưới tốc độ âm thanh và nén theo nguyên lý en-tro-pi, sự cân bằng nhiệt động xảy ra ở trong đệm khí.

Xây dựng mô hình. Với các giả thiết trên, mô hình khảo sát động lực học nâng của ACV được thể hiện trên hình 1. Trong mô hình này, lượng không khí có khối lượng m_{in} được đẩy vào đệm khí từ quạt nâng, khi hoạt động ổn định ACV có khối lượng M (khối lượng khi ACV đầy tải) được nâng độ cao h_c so với mặt nền nhờ đệm khí có độ cao h_s phía dưới thân ACV, lượng không khí thoát ra khỏi váy đệm khí qua các khe hở h_e ($h_e = h_c - h_s - h_g$) có khối lượng m_{out} , h_g là chiều cao mấp mô bề mặt.



Hình 1. Mô hình động lực học Váy khí dạng phân đoạn

Áp suất khí p và lưu lượng khí Q đưa vào đệm khí từ quạt nâng được xác định theo mối quan hệ [1]:

$$\frac{p}{p_r} = \varepsilon - (\varepsilon - 1) \left(\frac{Q}{Q_r} \right)^3 \quad (1)$$

trong đó: p_r và Q_r tương ứng là áp suất và lưu

lượng chuẩn phụ thuộc vào thiết kế của ACV; ε là hệ số tỷ lệ áp suất ứng với lưu lượng $Q = 0$, thường $1,2 < \varepsilon < 1,4$ để đảm bảo độ ổn định.

Phương trình (1) phản ánh thực tế là sự đảo ngược dòng chảy không khí định kỳ có thể xảy ra trong đệm khí, tức là: $Q < 0$, $dp/dQ < 0$.

Quạt đẩy vào đệm khí lượng không khí có khối lượng m_{in} , ta có:

$$\dot{m}_{in} = Q \cdot \rho \quad [\text{kg/s}] \quad (2)$$

Trong mô hình trên, sử dụng định luật 2 Newton viết phương trình chuyển động của ACV theo phương thẳng đứng, ta có:

$$M \cdot \ddot{h}_c = (p - p_a) \cdot S - M \cdot g \quad (3)$$

trong đó: \ddot{h}_c là gia tốc nâng theo phương thẳng đứng của ACV (m/s^2); p là áp suất trong đệm khí (Pa); p_a là áp suất khí quyển (Pa); g là gia tốc trọng trường (m/s^2); S là diện tích tác dụng theo phương nâng của áp suất khí trong đệm khí và được xác định theo công thức:

$$S = k \cdot l_x \cdot b_x + h_w \cdot L_v \quad (\text{m}^2)$$

với k là hệ số tính toán phân diện tích nằm trong váy khí, $k = 1,2$; l_x và b_x là chiều dài và chiều rộng của váy đệm khí tương ứng, thông thường $l_x = 2b_x$ (m); L_v là chu vi váy khí, $L_v = 1,2L$ (m).

Giả sử ACV có tiết diện ngang là hình chữ nhật, khi đó chu vi của đệm khí L được xác định theo công thức: $L = 2(l_x + b_x) = 3l_x$

$$\text{Suy ra: } l_x = L/3, b_x = L/6$$

h_w là phần váy khí bị ngập trong nước hoặc bề mặt di chuyển tính theo phương ngang, có thể tính gần đúng h_w như sau:

$$h_w = \begin{cases} h_e & (h_e < 0) \\ 0 & (h_e \geq 0) \end{cases}$$

Khối lượng không khí trong đệm khí m được xác định theo công thức:

$$m = \rho V \quad (4)$$

trong đó: ρ là khối lượng riêng không khí trong đệm khí (kg/m^3); V là thể tích đệm khí và được tính theo công thức:

$$V = kA(h_c - h_g) \quad (5)$$

$$\text{Với: } A = l_x \cdot b_x = L^2 / 18 \quad (6)$$

Thế phương trình (6) vào phương trình (5) ta được:

$$V = k \frac{L^2}{18} (h_c - h_g) \quad (7)$$

Khi đó, phương trình (3) có thể viết dưới dạng:

$$\ddot{h}_c = \frac{1}{M} \left(k \frac{L^2}{18} + 1,2Lh_w \right) (p - p_a) - g \quad (8)$$

Phương trình cân bằng khối lượng không khí trong đệm khí:

$$m = m_{in} - m_{out} \quad (9)$$

Do không khí trong đệm khí có sự thay đổi liên tục cả về thể tích và khối lượng riêng của nó theo thời gian, lấy đạo hàm theo thời gian hai vế của phương trình (4) ta được:

$$\dot{m} = \dot{\rho}V + \rho\dot{V} \quad (10)$$

Mối quan hệ giữa áp suất và khối lượng riêng của không khí bên trong đệm khí theo nguyên lý en-tro-pi:

$$p\rho^{-\gamma} = \text{const} \quad (11)$$

Áp suất không khí có mối quan hệ tương đối với nhiệt độ bởi phương trình:

$$p = \rho RT \text{ hay } \rho = \frac{p}{RT}$$

trong đó: $\gamma = c_p / c_v$ là số mũ đoạn nhiệt; R là hằng số khí, $R = 287$ (m²/s²K); T là nhiệt độ bên trong đệm khí (K).

Đạo hàm hai vế của phương trình (11) theo thời gian ta được:

$$\dot{p}\rho^{-\gamma} - p\gamma\dot{\rho}\rho^{-\gamma-1} = 0 \quad (12)$$

$$\text{hay } \dot{\rho} = \frac{\rho\dot{p}}{\gamma p} \quad (13)$$

Lấy đạo hàm hai vế của phương trình (9) theo thời gian, sau đó thế các phương trình (10) và (13) vào ta được:

$$\frac{\dot{p}\rho V}{\gamma p} + \rho\dot{V} = \dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} \quad (14)$$

Lấy đạo hàm hai vế của phương trình (5) theo thời gian ta được:

$$\dot{V} = kA(\dot{h}_c - \dot{h}_g)$$

Thế vào phương trình (14) ta được:

$$\frac{\dot{p}V}{\gamma RT} + \frac{pkA(\dot{h}_c - \dot{h}_g)}{RT} = \dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} \quad (15)$$

Từ phương trình (15), có thể giải \dot{p} theo phương trình:

$$\dot{p} = \frac{\gamma RT}{V} \left(\dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} - \frac{pkA(\dot{h}_c - \dot{h}_g)}{RT} \right) \quad (16)$$

Phương trình (16) có ba giá trị chưa biết: độ nâng theo phương thẳng đứng h_c , áp suất đệm khí p , lượng khí vào, ra khỏi đệm khí \dot{m}_{in} , \dot{m}_{out} . Trong đó theo phương trình (1) và (2) ta có:

$$\dot{m}_{in} = Q\rho = \sqrt[3]{\frac{\varepsilon p_r - p}{(\varepsilon - 1)p_r}} \cdot \frac{pQ_r}{RT} \quad (17)$$

Để tính lưu lượng khí thoát ra, áp dụng phương trình Becnuly đối với hai bề mặt khí:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{p}{\rho} = \text{const} \quad (18)$$

Từ phương trình (18), áp dụng đối với mặt cắt trong đệm khí ($v_1 = 0$, $p_1 = p$) và mặt cắt bên ngoài đệm khí ($v_2 = v_{out}$, $p_2 = p_a$), ta có:

$$v_{out} = \left[\frac{2\gamma}{\gamma - 1} \left(\frac{p}{\rho} - \frac{p_a}{\rho_a} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (19)$$

trong đó: p và ρ là áp suất và khối lượng riêng không khí trong đệm khí; p_a và ρ_a là áp suất và khối lượng riêng không khí ngoài khí quyển.

Mối quan hệ của ρ_a và ρ được xác định theo nguyên lý en-trô-pi:

$$\frac{\rho_a}{\rho} = \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (20)$$

Thế phương trình (20) vào phương trình (19) ta nhận được:

$$v_{out} = \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \frac{p}{\rho} \left[1 - \left(\frac{p_a}{\rho_a} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

Lưu lượng khí thoát khỏi đệm khí được xác định theo phương trình liên tục:

$$\dot{m}_{out} = \rho_a A_e v_{out} \quad (22)$$

trong đó: A_e là diện tích khí thoát ra và được xác định theo công thức, (m²):

$$A_e = \frac{1}{2} L (h_c - h_g - h_s) (1 + \text{sign}(h_c - h_g - h_s))$$

Khi đó, thế phương trình (21) vào phương trình

(22) và đặt $\rho_a = \frac{p_a}{RT}$ ta được:

$$\dot{m}_{out} = \frac{pL(h_c - h_g - h_s)(1 + \text{sign}(h_c - h_g - h_s))}{2\sqrt{\gamma RT}} \cdot \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

Phương trình này có thể chính xác hơn bằng cách thêm vào một hệ số c_0 để tính đến sự sai lệch do lý tưởng hóa mô hình, hệ số c_0 có thể xác định bằng thực nghiệm [9]. Vì vậy, khối lượng khí thoát ra khỏi đệm khí xác định theo phương trình (23) có thể viết lại như sau:

$$\dot{m}_{out} = \frac{c_0 p L (h_c - h_g - h_s) (1 + \text{sign}(h_c - h_g - h_s))}{2\sqrt{RT}} \cdot \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[\left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

Thế phương trình (17) và (24) vào phương trình (16) ta được:

$$\dot{p} = \frac{\gamma RT}{V} \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{\frac{\varepsilon p_r - p}{(\varepsilon-1)p_r} \frac{p Q_r}{RT} - \frac{pkA(\dot{h}_c - \dot{h}_g)}{RT}}}{c_0 p L (h_c - h_g - h_s) (1 + \text{sign}(h_c - h_g - h_s))} \cdot \frac{1}{2\sqrt{RT}} \cdot \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[\left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \right) \quad (25)$$

Như vậy, ta thu được hệ phương trình mô tả động lực học nâng của ACV sử dụng vảy khí dạng phân đoạn bao gồm hai phương trình phi tuyến (8) và (25) và được thể hiện như sau:

$$\left\{ \begin{aligned} \ddot{h}_c &= \frac{1}{M} \left(k \frac{L^2}{18} + 1, 2Lh_w \right) (p - p_a) - g \\ \dot{p} &= \frac{\gamma RT}{V} \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{\frac{\varepsilon p_r - p}{(\varepsilon-1)p_r} \frac{p Q_r}{RT} - \frac{pkA(\dot{h}_c - \dot{h}_g)}{RT}}}{c_0 p L (h_c - h_g - h_s) (1 + \text{sign}(h_c - h_g - h_s))} \cdot \frac{1}{2\sqrt{RT}} \cdot \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[\left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \right) \end{aligned} \right. \quad (26)$$

Trong hệ phương trình (26) các thông số: $L, R, g, \gamma, T, h_s, p_a, \rho_a$ là các thông số đầu vào.

3 KHẢO SÁT ĐỘNG LỰC HỌC NÂNG ACV

Trong phần này, trên cơ sở mô hình và hệ phương trình vi phân mô tả động lực học nâng của ACV đã xây dựng, tiến hành khảo sát động lực học nâng ACV với vảy khí dạng phân đoạn “Neoteric Hovtrek 6100L” đang được sử dụng tại Lữ đoàn Công binh 249 – Bộ tư lệnh Công binh, Lữ đoàn 25 – Quân khu 9 với các thông số kết cấu chính như sau [10]: $M = 816$ kg; $l_x = 3,14$ m; $b_x = 1,57$ m; $L = 9,42$ m.

Các thông số đầu vào phục vụ tính toán:

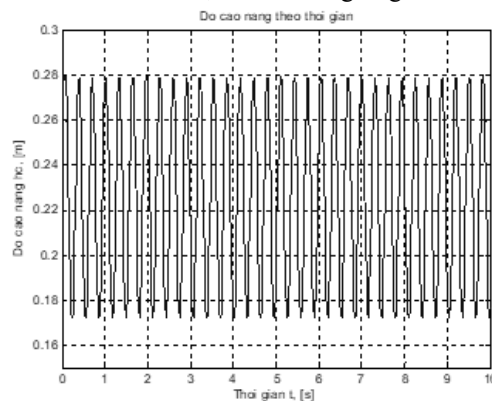
$Q_r = 0,97$ m³/s; $p_r = 1,25 \times 10^5$ Pa; $R = 287$ m²/s²K; $g = 9,81$ m/s²; $\gamma = 1,4$; $T = 2930$ K; $h_s = 0,22$ m; $p_a = 1,013 \times 10^5$ Pa; $\rho_a = 1,205$ kg/m³; $c_0 = 0,95$; $\varepsilon = 1,3$; $k = 1,2$.

Để đơn giản trong quá trình khảo sát, ta giải quyết bài toán khi tàu di chuyển trên bề mặt mấp mô có quy luật:

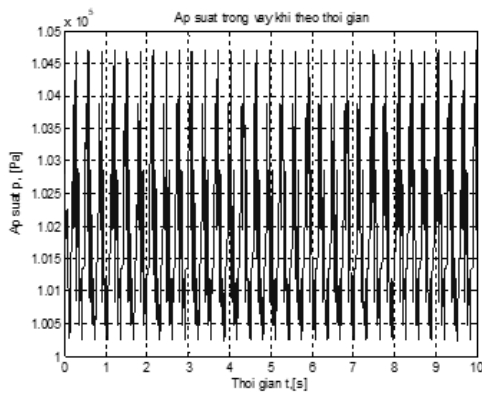
$$h_g = A_0 \sin(\omega t) = A_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T_c} t\right)$$

trong đó: A_0 là biên độ mấp mô, $A_0 = 0,03$ m; T_c là chu kỳ của mấp mô, $T_c = 0,3$ s.

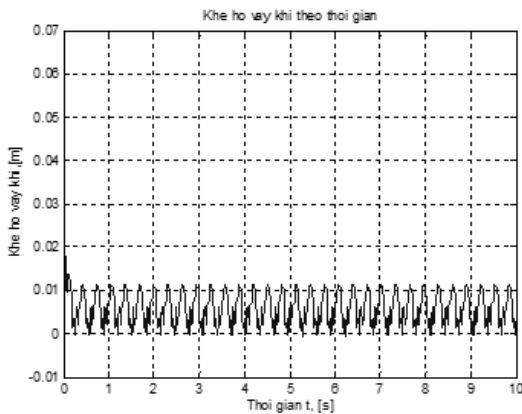
Thay các giá trị trên vào và giải hệ phương trình vi phân (26) để khảo sát các thông số động lực học nâng của ACV “Neoteric Hovtrek 6100L”, kết quả thu được là sự thay đổi của chiều cao nâng, áp suất đệm khí và khe hở đệm khí được thể hiện lần lượt trên hình 2, 3 và 4 tương ứng.



Hình 2. Độ cao nâng của ACV theo thời gian



Hình 3. Áp suất đệm khí theo thời gian



Hình 4. Khe hở váy khí theo thời gian

Từ kết quả nhận được chỉ ra trên hình 2, 3 và 4 nhận thấy rằng, khi ACV di chuyển trên bề mặt mấp mô, với quy luật mấp mô nhất định, độ cao nâng của ACV sử dụng váy khí phân đoạn cũng có giá trị dao động với quy luật tương tự. Giá trị áp suất của đệm khí cũng dao động với mức độ tương ứng, tùy thuộc vào xu hướng thay đổi của cửa khe hở váy khí và mức độ đảm bảo lưu lượng dòng khí từ động cơ.

4 KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được mô hình và hệ phương trình vi phân mô tả động lực học nâng đối với ACV với váy khí dạng phân đoạn được sử dụng trên các tàu đệm khí loại nhỏ hoạt động trên bề mặt gồ ghề. Trên cơ sở mô hình xây dựng, tiến hành khảo sát các thông số động lực học như chiều cao nâng, áp suất đệm khí và khe hở của ACV “Neoteric Hovercraft 6100L” với quy luật gồ ghề của bề mặt cho trước. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng tham khảo trong việc nghiên cứu, tính toán, thiết kế hệ thống động lực ACV phục vụ tính toán thiết kế ACV loại vừa và nhỏ ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chung J., Sullivan P. A., Ma T., Nonlinear heave dynamics of an air cushion vehicle bag-and-finger skirt, *Journal of Ship Research*, 43(2), 77-94, 1999.
- [2] Chung J., Sullivan P.A, Linear Heave Dynamics of an Air-Cushion Vehicle Bag-and-Finger Skirt, *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 43(140), 39-45, 2001.
- [3] Fu M.Y., Zhang H.Y., Shi X.C., Bian X.Q., "Theoretical Analysis on the Operation Performance of Air Cushion Vehicle," *Shipbuilding of China*, 14-21, 2006.
- [4] Yang Q., Jones V., McCue L., Investigation of Skirt Dynamics of Air Cushion Vehicles under Non-linear Wave Impact Using a SPH-FEM Model, *11th International Conference on Fast Sea Transportation FAST 2011*, Honolulu, Hawaii, USA, 2011.
- [5] Hossain A., Rahman A., Mohiuddin A.K.M., Aminanda Y., Dynamic Modeling of Intelligent Air-Cushion Tracked Vehicle for Swamp Peat, *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*, 2011.
- [6] Hinchey M.J., Sullivan P.A., A theoretical study of limit cycle oscillations of plenum air cushion, *Journal of sound and vibration*, 79(1), 61-77, 1981
- [7] Lê Đình Tuấn, Đoàn Hiền, Thiết kế tàu đệm khí cho công tác tìm kiếm cứu nạn, *Science & Technology Development*, 18(7), 2015.
- [8] Lê Văn Dưỡng, Nguyễn Việt Tân, Nguyễn Duy Đạt, Hoàng Văn Huân, Nghiên cứu động lực học nâng Tàu đệm khí, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 11(4):161-166, 2017.
- [9] Amyot J.R., Hovercraft Technology Economics and Applications, Elsevier Studies in Mechanical Engineering, Elsevier Inc, 11, 1989.
- [10] Tài liệu hướng dẫn vận hành tàu đệm khí Neoteric Hovercraft 6100L, Lữ đoàn 249/BTL Công Binh.



Lê Văn Dương nhận bằng kỹ sư (2007) ngành Cơ khí Động lực tại Học viện Kỹ thuật Quân sự, Việt Nam, và Tiến sỹ (2014) ngành Cơ học Vật rắn Biến dạng tại Đại học Kỹ thuật Tổng hợp Sông Đông, Liên Bang Nga.

Giáo viên Khoa Động lực, Học Viện Kỹ thuật Quân sự. Hướng nghiên cứu chính là thiết bị sử dụng các vật liệu tiên tiến biến đổi các dao động cơ học từ môi trường xung quanh thành năng lượng điện và lưu trữ dưới dạng pin; động học, động lực học và độ bền máy; Phương pháp Phần tử Hữu hạn.



Mai Văn Toán nhận bằng kỹ sư (2013) ngành Cơ khí Động lực tại Học viện Kỹ thuật Quân sự, Việt Nam.

Giáo viên Khoa Máy công trình, Trường Sĩ quan Công binh. Hướng nghiên cứu chính là động lực học máy xây dựng.



Nguyễn Duy Đạt nhận bằng kỹ sư (2008) ngành Cơ khí Động lực tại Học viện Kỹ thuật Quân sự, Việt Nam, và Thạc sỹ (2012) ngành Hệ thống điều khiển thủy lực và Khí nén tại Đại học Kỹ thuật Tổng hợp Bauman, Liên Bang Nga.

Giáo viên Khoa Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự. Hướng nghiên cứu chính là động lực học hệ thống thủy lực, khí nén, thiết kế hệ thống thủy lực và khí nén.

Investigation of heave dynamics of an air cushion vehicle segment skirt

Le Van Duong, Nguyen Duy Dat, Mai Van Toan

Abstract—Air Cushion Vehicle (ACV) is a moving vehicle on airbags, which can travel on land and on water to transport people, goods and equipment. An important requirement for ACVs is to: increase reliability and longevity, reduce operating costs, stability and mobility. In this paper, a model for the dynamic behavior of air cushion vehicles segment skirt is presented. In this model, the compressible Bernoulli's

equation, Newton's second law of motion are used to predict the dynamic behavior of the air cushion vehicles. Based on the developed model, the heave dynamics parameters of the air cushion vehicles “Hovortrek 6100L” are surveyed.

Keywords—Air Cushion Vehicle, Heave Dynamics, Cushion Pressure, Segment Skirt.