

CÁC VẤN ĐỀ CHUNG VỀ THIẾT KẾ TÀU ĐỆM KHÍ VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG

Lê Đình Tuân, Trần Nguyễn Nguyên Khôi, Nguyễn Trí Dũng, Nguyễn Hữu Toàn
Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

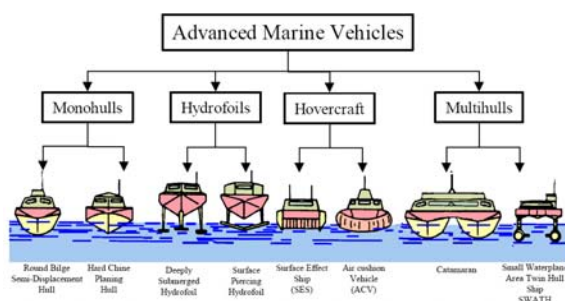
TÓM TẮT: Bài báo này hướng đến mục đích giới thiệu khái quát về chủng loại tàu đệm khí – Hovercraft hay còn gọi là tàu trên gối khí – ACV. Do vậy bài báo chỉ đề cập đến các nguyên tắc hoạt động cơ bản nhất của tàu đệm khí, một vài khác biệt chủ yếu so với nhóm tàu nổi truyền thống, những điểm chính yếu trong vấn đề thiết kế và qui trình thi công đóng mới. Xem xét đến khả năng khai thác chủng loại tàu này sau khi đã thiết lập qui trình tính toán trong hồ sơ thiết kế, cách thức đăng kiểm và đóng mới chiếc đầu tiên tại Việt Nam.

Từ khóa: tàu đệm khí – Hovercraft, ACV, tốc độ tối đa của tàu thuyền.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. Tổng quan tình hình

Các tàu thuyền thương mại đã đạt được tốc độ vào khoảng 40 knots. Trong những năm thập niên 20 của thế kỉ trước các tàu thuyền lớn đã đạt được tốc độ này. Đây là vấn đề cực kỳ khó khăn cho bài toán thiết kế giảm sức cản, cải thiện hệ thống động lực. Lực cản thủy động là nguyên nhân chính hạn chế tốc độ tối đa của tàu thuyền. Khả năng có thể giảm thiểu được lực cản sóng đó là phủ kín hay cô lập phần thân tàu sao cho nó không tiếp xúc với mặt nước [1,2]. Ý tưởng này gắn liền với một số phương tiện vận chuyển mới ra đời như: tàu trên gối khí (ACV), tàu đệm khí sử dụng hiệu ứng mặt thoáng (SES), tàu bay ứng dụng hiệu ứng mặt đất (WIG hay PARWIG) (Hình 1).



Hình 1. Phân loại tàu cao tốc

ACV ra đời với ý tưởng thiết kế tàu có một lớp đệm khí ở giữa phần thân tàu và mặt nước. Với thiết kế này thì phần thân tàu sẽ cách mặt nước một khoảng thích hợp sao cho lực cản sóng được giảm tối đa.

Tại thành phố Hồ Chí Minh, đã có một vài công ty tư nhân đề cập tới việc thiết kế và chế tạo thử tàu đệm khí nhẹ 2 chỗ ngồi nhưng chưa có nơi nào đi đến kết quả là một thử nghiệm cuối cùng. Tuy các đơn vị này ít nhiều khó khăn trong việc triển khai các nghiên cứu nhằm đi đến một thiết kế hoàn chỉnh, nhưng họ cũng đã mạnh dạn đầu tư để vừa thiết kế vừa chế tạo

thử với kinh phí khá lớn. Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu tìm kiếm một giải pháp kỹ thuật phù hợp nhằm đi tiếp bước thứ hai sau thivề chuyên giao công nghệ cho các công ty đang quan tâm.

1.2. Sơ lược lịch sử phát triển và các công trình nghiên cứu

ACV ra đời với ý tưởng thiết kế tàu có một lớp đệm khí ở giữa phần thân tàu và mặt nước. Với thiết kế này thì phần thân tàu sẽ cách mặt nước một khoảng thích hợp sao cho lực cản sóng được giảm xuống tối đa. Ý tưởng này đã có từ hàng trăm năm nay.

Năm 1953 Christopher Cockerell bắt đầu nghĩ đến vấn đề giảm sức cản của tàu khi di chuyển trong nước. Năm 1956 kỹ thuật đệm khí đã được đưa vào nghiên cứu và là một trong những đề tài được đầu tư một cách nghiêm túc. Đầu thập niên 60 người Anh đã có nhiều nghiên cứu thử nghiệm nhằm chứng thực tính ổn định và khả năng di chuyển của tàu khi có sóng cao.

Từ thập niên 80 đến nay kỹ thuật sử dụng lớp đệm khí để giảm sức cản tàu đã khá phát triển. Trong gian đoạn này, tàu đệm khí được quan tâm nhiều đến điều kiện làm việc an toàn, phương cách điều khiển và qui trình bảo dưỡng. Đồng thời để có thể cạnh tranh được với các phương tiện vận chuyển khác, người ta vẫn tìm cách nâng cao hiệu quả kinh tế của loại tàu này.

Tại Việt Nam, vài năm gần đây, một số nghiên cứu độc lập đã được thực hiện bởi kỹ sư Qua Xa Khánh, Việt kiều Pháp nhưng chưa có thiết kế cụ thể. Công ty Triệu Phước với sự mạnh dạn đầu tư ban đầu của kỹ sư Hà Trọng Phát cũng đang tiến hành đóng thử nghiệm theo mẫu nước ngoài nhưng vẫn chưa có tính toán thiết kế kiểm tra. Công ty Samaser cũng đã đặt vấn đề chế tạo nguyên mẫu tàu đệm khí cỡ nhỏ theo thiết kế thi công của Bộ môn Kỹ thuật Tàu thủy – Đại học Bách Khoa Tp.HCM.



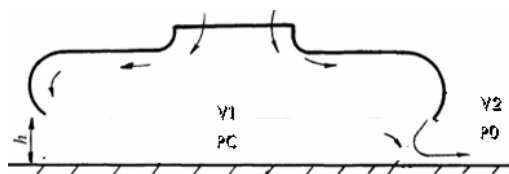
Hình 2. Tàu đệm khí 2 chỗ ngồi đang được đóng theo mẫu tại công ty Triệu Phước.

2.ĐẶC ĐIỂM RIÊNG BIỆT TRONG THIẾT KẾ TÀU ĐỆM KHÍ

2.1.Thủy khí động lực học

2.1.1.Tính toán lực nâng

Giả sử không khí bên trong đệm khí là tĩnh, không chuyển động có áp suất là P_c , vận tốc thoát ra khỏi khe hở là V_c , bên ngoài có áp suất khí trời. Để tính được lưu lượng khí thoát ra ngoài qua khe hở giữa váy đệm khí và mặt nước ta phải tìm được giá trị vận tốc V_c (Hình 3).



Hình 3. Lưu lượng thoát khí qua khe hở h.

Viết phương trình năng lượng cho hai mặt cắt: mặt cắt 1 bên trong đệm khí (có $V_1=0$, $P_1=P_c$) và mặt cắt 2 bên ngoài đệm khí ($V_2=V_c$, $P_2=P_0$).

$$\frac{1}{2}V_1^2 + gz + \frac{P_1}{\rho} = \frac{1}{2}V_2^2 + gz + \frac{P_2}{\rho} + gh_{loss}$$

Quan hệ giữa công suất với khe hở thoát khí là tuyến tính:

Lớp đệm khí có nhiệm vụ nâng tàu lên khỏi mặt nước để không chịu các lực cản thủy động, do đó áp suất cần thiết trong đệm khí phải đủ lớn để làm được việc này.

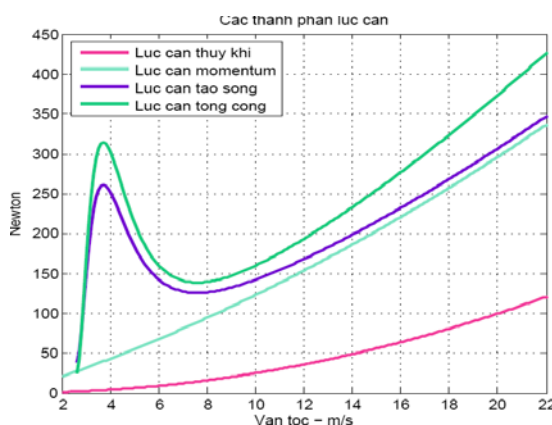
Thông qua các tính toán sơ bộ nhận thấy công suất và lưu lượng quạt nâng phụ thuộc vào h.

Khi h tăng thì lưu lượng và công suất cần cung cấp tăng. Tuy nhiên không nên thiết kế khe hở quá nhỏ, như vậy khi hoạt động vẩy đệm khí sẽ chạm nước nhiều, gia tăng thành phần lực cản. Do đó phải cân nhắc việc thiết kế khe hở thoát khí sao cho vừa cần công suất nhỏ vừa ít bị lực cản sóng nhất.

2.1.2 Tính toán các thành phần lực cản

Khi tính toán thiết kế công suất chong chóng đẩy cho tàu, phải quan tâm nhiều đến các thành phần lực cản tác dụng lên tàu khi vận tốc thay đổi do tính chất khác biệt của loại tàu này so với các chủng loại tàu nổi thông thường. Các thành phần lực cản tác động lên tàu đệm khí bao gồm (Hình 4):

- Lực cản tạo sóng.
- Lực cản khí động lực học do hình dạng tàu.
- Lực cản ma sát do tiếp xúc giữa vẩy tàu và mặt nước.
- Lực cản động lượng
- Lực cản sóng.

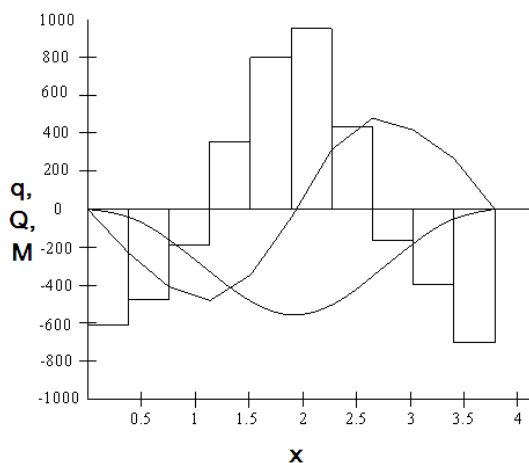


Hình 4. Đồ thị lực cản theo vận tốc tàu.

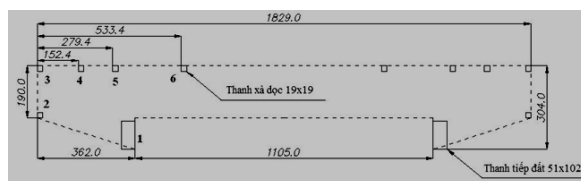
2.2. Kiểm nghiệm sức bền kết cấu thân tàu

Khác với phương pháp tính toán thiết kế kết cấu thông thường thỏa mãn tiêu chuẩn quy phạm của các tổ chức đăng kiểm đối với loại tàu nổi truyền thống, chủng loại tàu đệm khí không có các thông số tiêu chuẩn hay quy phạm phân cấp liên quan chỉ dẫn để lựa chọn tính toán.

Từ các điều kiện cân bằng tĩnh (lực và moment), lực cắt và moment tác động lên thân tàu được xác định. Công việc tiếp theo là kiểm tra tại các mặt cắt nguy hiểm và tại các chi tiết ngang boong và đáy (Hình 5, Hình 6).

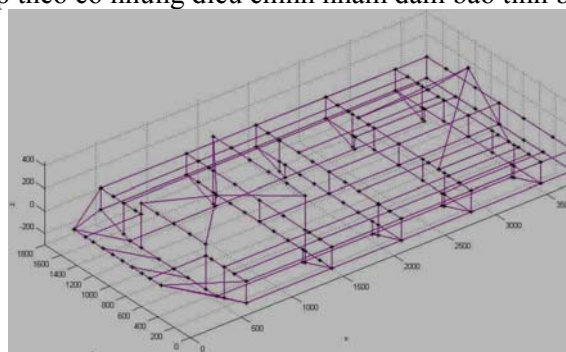


Hình 5. Lực phân bố, lực cắt và moment



Hình 6. Mặt cắt tại sườn số 5 (giữa tàu).

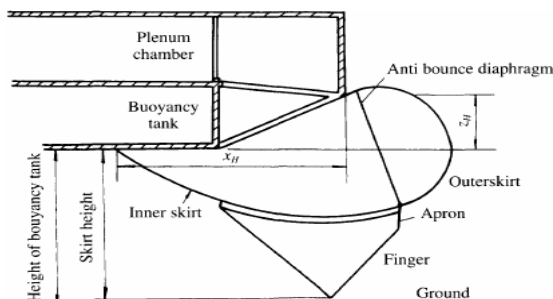
Việc tính toán thiết kế và kiểm nghiệm sức bền kết cấu thân tàu cũng có thể mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn (phần tử dầm 3D), sử dụng điều kiện biên và áp tải thích hợp để tính toán và tiếp theo có những điều chỉnh nhằm đảm bảo tính bền cho tàu đệm khí.



Hình 7. Mô hình tính kết cấu với phần tử dầm.

2.3. Váy đệm khí

Váy đệm khí là một bộ phận rất quan trọng trong tàu đệm khí (Hình 8). Tàu đệm khí di chuyển trên lớp đệm khí được duy trì ở một áp suất nhờ vào một quạt hướng trục được chứa trong một khoang có thành là váy mềm. Hay nói cách khác váy đệm khí có công dụng bao quanh thân tàu tạo thành một không gian kín, chỉ chừa phần thoát ra từ phía dưới, giúp nâng tàu lên [1,3].



Hình 8. Thông số hình học cơ bản váy đệm khí.

Có 3 dạng skirt được sử dụng phổ biến cho tàu đệm khí, đó là “váy dạng túi”, “váy dạng ngón” hoặc “váy phân đoạn” và dạng “váy dạng túi và ngón hỗn hợp”. Tùy thuộc vào môi trường hoạt động, kích thước của tàu, cùng với cách thức xác định lực cản tác động lên váy, các thông số hình học đặc trưng và biên dạng mặt cắt ngang của nó được xác định.

Thực tế không có phương án hoàn thiện cho việc thiết kế váy đệm khí mà chỉ có thể dựa vào các thông số của những thiết kế trước đó và cải tiến dần.

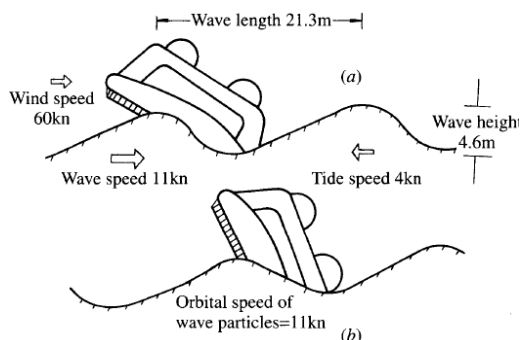
2.4. Tính toán ổn định

Tàu đệm khí khác với các loại tàu thuyền thông thường là nó có thể hoạt động ở nhiều chế độ khác nhau:

1. Nổi bằng thân tàu như một chiếc thuyền.
2. Chuyển động khi váy tàu vẫn còn chìm trong mặt nước (tắt váy).
3. Di chuyển trên bề mặt nước khi áp suất khí dưới đáy đảm bảo giúp tàu nổi hẳn lên khỏi mặt nước (mở váy).
4. Có thể chạy trên mặt đất, mặt băng, tuyết và cả các đầm lầy...

Thời điểm tàu chuyển từ chế độ 2 sang chế độ 3 là khá nguy hiểm, vì lúc này xuất hiện một số tải động lên váy tàu khiến tàu rất dễ mất thăng bằng [1]. Đặc biệt khi tàu bị nghiêng, áp suất dưới váy tàu khi đó sẽ không còn được phân bố đều và có thể dẫn đến việc mất áp suất một bên mạn, khiến tàu mất thăng bằng hoặc không còn nổi trên mặt nước nữa. Do đó vấn đề tính toán ổn định cho tàu đệm khí cần quan tâm, xem xét một cách thỏa đáng thông qua nhiều trường hợp và trạng thái hoạt động của tàu (Hình 9).

- Ổn định tĩnh, ảnh hưởng của độ hở váy, lưu lượng khí và trọng tâm tàu đến ổn định ngang.
- Ổn định động, hiện tượng chúi mũi và lộn nhào ở tốc độ thấp, cao và khi gặp sóng.



Hình 9. Hiện tượng lật do sóng ngang quá lớn.

2.5. Hệ thống điều khiển

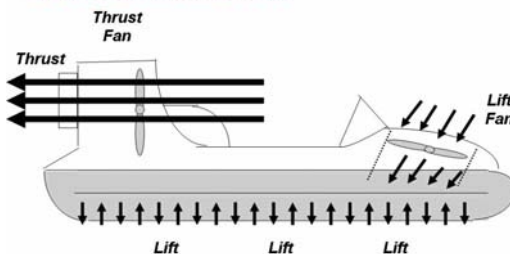
Tính ăn lái của tàu đệm khí cũng là một vấn đề lớn cần lưu tâm trong quá trình thiết kế do đặc tính tốc độ di chuyển và khả năng bay trên mặt thoáng so với các loại tàu nổi.

Khi xét đến vấn đề trọng tâm nếu đặt bánh lái ở trên cao so với trọng tâm tàu thì sẽ tạo ra moment gây nghiêng ngang ngược lại với góc nghiêng ngang của tàu trong khi rẽ, điều này sẽ gây bất lợi cho việc điều khiển tàu. Để khắc phục việc này, có thể hạ tâm lực trên bánh lái bằng cách giảm chiều cao bánh lái xuống và bù lại bằng cách tăng chiều dài bánh lái lên, tất nhiên điều này sẽ phải trả giá bằng lực cản ma sát, nhưng bù lại tàu sẽ ổn định hơn trong điều khiển.

2.6. Phương án bố trí động lực

Thông thường, cho loại tàu cỡ nhỏ (2 đến 3 chỗ), hai động cơ được sử dụng: một động cơ nâng cho quạt và một động cơ đẩy cho chong chóng (Hình 10) [5]. Trong một số trường hợp, muốn giảm trọng lượng mũi, phương án chỉ bố trí một động cơ chính cho hệ thống chong chóng đẩy, hệ thống quạt nâng được lai thông qua truyền động đai phức tạp.

Separate Lift and Thrust Fans



Hình 10. Bố trí hệ thống động lực đẩy và nâng.

3.KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO

3.1. Đặc tính sử dụng

Tàu đệm khí có rất nhiều những đặc tính sử dụng đặc thù mà các loại tàu thuyền khác không thể có như sau [1,4]:

1. Có thể dễ dàng di chuyển trong vùng nước cạn và những khúc hẹp mà tàu thuyền khác không thể.
2. Có thể hoạt động trong vùng đầm lầy, trên tuyết, trên các bề mặt cứng.
3. Có thể di chuyển trong những môi trường có chướng ngại vật.
4. Có thể dễ dàng di chuyển từ mặt nước lên mặt đất và ngược lại.

Với những đặc tính trên, tàu đệm khí được sử dụng rất rộng rãi trên thế giới trong các lĩnh vực: phục vụ an ninh quốc phòng, tăng cường tuần tra các khu vực biên giới ven biển hay công tác tuần tra chống buôn lậu, công tác cứu hộ, thể thao, vui chơi giải trí, chở khách, ...

3.2. Nhu cầu tàu đệm khí tại Việt Nam

Sở hữu bờ biển dài, cùng hệ thống sông ngòi dày đặc, nước ta có sẵn lợi thế phát triển các loại hình vận tải cao tốc mang tính linh hoạt sử dụng các loại tàu đệm khí cỡ vừa và nhỏ. Tàu đệm khí có thể được sử dụng trong du lịch, vận chuyển hành khách, tuần tra hay vận tải trong quân sự.

Với 3260 km bờ biển, tiềm năng du lịch biển ở Việt Nam là đáng quan tâm. Tuy nhiên việc đi lại của du khách đôi khi vẫn gặp nhiều khó khăn do sự đầu tư chưa đúng mức của các công ty kinh doanh du lịch. Do đó việc đưa vào loại hình vận chuyển phục vụ du lịch bằng tàu đệm khí không những chia sẻ được những khó khăn cho ngành du lịch Việt Nam, mà còn tạo hứng thú cho du khách khi được sử dụng phương tiện giao thông mới lạ và an toàn, đảm bảo thời gian đi lại do tính cơ động và tốc độ cao.

Được che phủ bởi 252.000 ha rừng ngập mặn (số liệu năm 2005), nhu cầu cần một loại phương tiện giao thông có tính linh hoạt cao như tàu đệm khí là không thể chối cãi cho những khu rừng này, tàu đệm khí có thể phục vụ du lịch sinh thái, tuần tra và khai thác rừng.

Việt Nam sở hữu khoảng 3000 hòn đảo ven bờ, do đó tàu đệm khí có thể được sử dụng như một phương tiện vận chuyển chuyên chở hành khách và hàng hóa đi lại giữa đất liền và các đảo. Bên cạnh đó, còn có thể sử dụng tàu đệm khí phục vụ du lịch đảo.

Ngoài mục đích thương mại, tàu đệm khí còn có một tiềm năng phục vụ cho mục đích cứu hộ hay quân sự (Hình 11), như công tác tuần tra dọc sông ngòi, bờ biển, hoặc ngoài hải đảo xa xôi (quần đảo Hoàng Sa, Trường Sa) rất hữu dụng nhờ tính linh hoạt, cơ động và khả năng vận tải cao đối với các tàu cỡ trung bình và lớn.

Việc thiết kế và chế tạo thành công tàu đệm khí không những đáp ứng được những nhu cầu trong nước mà còn mở ra cơ hội thương mại trên thế giới nếu có những đầu tư đáng kể vào việc nghiên cứu.



Hình 11. Ứng dụng cứu hộ của tàu đệm khí.

3.3. Danh mục hồ sơ cần thiết lập phục vụ công tác đăng kiểm chế tạo

Do chưa có quy phạm phân cấp hay tiêu chuẩn ràng buộc theo thông lệ đăng kiểm thiết kế các loại tàu nổi truyền thống nên đã gây ra rất nhiều khó khăn cho công tác triển khai số liệu tính toán và thiết kế phục vụ việc chế tạo thử nghiệm chiếc tàu đệm khí đầu tiên tại Việt Nam.

Vì vậy cần nhanh chóng thiết lập và đề ra một qui trình kiểm soát hồ sơ thiết kế cụ thể, đồng thời đưa danh mục hồ sơ này vào thủ tục đăng kiểm như các loại tàu thông thường khác:

1. Thuyết minh, bản tính:

- Thuyết minh chung
- Thuyết minh kết cấu

- Thuyết minh động lực
 - Tính toán kết cấu
 - Tính toán động lực
 - Tính toán ổn định
 - Tính toán hệ thống điều khiển
2. Bản vẽ:
- Tuyến hình
 - Bố trí chung
 - Bánh lái, chong chóng
 - Chi tiết thiết bị kèm theo

3.4. Thông số chủ yếu của tàu theo thiết kế

Chiều dài lớn nhất: $L_{\max} = 3.765$ m

Chiều dài thiết kế: $L_{\text{tk}} = 3.725$ m

Chiều rộng lớn nhất: $B_{\max} = 1.830$ m

Chiều rộng mép boong: $B_{\text{mb}} = 1.830$ m

Chiều rộng thiết kế: $B_{\text{tk}} = 1.830$ m

Chiều cao mạn: $D = 0.34$ m

Chiều chìm: $d = 0.114$ m

Lượng chiếm nước: $W = 0.4$ T

Vận tốc tối đa: $v = 75$ km/h

Áp suất cho phép: $p_c = 726.4$ N/m²

Chiều cao váy: $h_{\text{sk}} = 0.22$ m

Thuyền viên: $t = 2$ người

Máy chính hiệu TECUMSEH, công suất định mức $Ne_{\text{đm}} = 16$ HP

Máy quạt nâng hiệu TECUMSEH, công suất định mức $Ne_{\text{đm}} = 5$ HP

GENERALITY ON AIR CUSHION VEHICLE DESIGN AND APPLICATIONS

Le Dinh Tuan, Tran Nguyen Nguyen Khoi, Nguyen Tri Dung, Nguyen Huu Toan
University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: *This paper aims at an introduction of an hybrid marine vehicle – hovercraft or air cushion vehicle. Due to its original principle of operating, lightly different to the classical displacement ship, some remarks on the design and building are discussed. The abilities for the exploitation of this type of vehicle is then mentioned taking into account the feasible design, ship registration and new building (prototype).*

Keywords: *Hovercraft, ACV, high – speed crafts, aerostatic support.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1].Liang Yun, Alan Bliault. *Theory and Design of Air Cushion Craft*, Arnold Publications, (2000).

- [2].Roy McLeavy. *Hovercraft and Hydrofoils*, Arco Publishing Company, (1977).
- [3].Universal Hovercraft Construction and Operation, (2004).
- [4].Georgios Gougoukidis. *Mathcad model for the estimation of cost and main characteristics of Air-Cushion Vehicles in the preliminary design stage*, Massachusetts Institute of Technology, (2005).
- [5].Nguyễn Thiện Tổng, *Design of propellers, axial fans and wind turbines for maximum efficiency*.