

Đặc trưng hình học và đặc tính thủy động lực chân vịt phương tiện thủy nội địa cỡ nhỏ

• **Ngô Khánh Hiếu**

Bộ môn Kỹ thuật Hàng không, Trường Đại học Bách khoa

• **Lê Tất Hiền**

Bộ môn Kỹ thuật Tàu thủy, Trường Đại học Bách khoa

(Bài nhận ngày 13 tháng 7 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 16 tháng 10 năm 2015)

TÓM TẮT

Đánh giá đặc tính thủy động của một chân vịt cần phải dựa trên đặc trưng hình học của chân vịt và các thông số phỏng đoán trước. Dựa trên mẫu chân vịt thủy nội địa hiện đang sử dụng ở Tp. Hồ Chí Minh, bài báo đưa ra phương pháp xây dựng mô hình 3D của chân vịt từ dữ liệu tọa độ điểm trong không gian ba chiều của nó, có được bằng thiết bị quét biên dạng không tiếp xúc. Từ đó

tiến hành khảo sát đặc trưng hình học của chân vịt thông qua mô hình 3D quét, đồng thời đưa ra các phân tích về đặc tính thủy động của chân vịt. Các kết quả phân tích thu được trong bài viết có thể được sử dụng làm giá trị tham khảo cho các kết quả mô phỏng số đặc tính thủy động của chân vịt, cũng như các kết quả thực nghiệm trên mô hình thu nhỏ của chân vịt thực tế.

Từ khóa: Quét không tiếp xúc, đặc tính thủy động của chân vịt, đặc trưng hình học của chân vịt.

1. TỔNG QUAN

Chân vịt dùng cho các phương tiện thủy nội địa thường được thiết kế, chế tạo dựa trên các chuẩn thiết kế phổ biến của chân vịt như chuẩn Wageninen B, chuẩn Japanese AU, chuẩn Gawn, chuẩn KCA, chuẩn Newton-Rader...

Dựa trên các chuẩn thiết kế trên, các đặc tính thủy động của chân vịt đã được nhà sản xuất thử nghiệm và công bố nên việc lựa chọn chân vịt và hệ thống đẩy hoàn toàn có thể tiến hành dễ dàng với độ tin cậy cao.

Tuy vậy, do yêu cầu cao về thông số hình học của mỗi chuẩn thiết kế nên chi phí sản xuất của các dòng chân vịt theo chuẩn sẽ cao và chỉ phù hợp cho một số ít dòng phương tiện thủy nội địa. Thực tế ở Việt nam cho thấy phần lớn

phương tiện thủy nội địa sử dụng các dòng chân vịt được chế tạo bằng phương pháp đúc, gia công truyền thống để giảm chi phí. Điều này dẫn đến việc tính chọn đặc tính hoạt động của chân vịt cho hệ thống đẩy hiện tại chủ yếu dựa vào vào các đồ thị tham khảo đã được nghiên cứu. Hình 1 dưới đây là một dòng chân vịt ba cánh đường kính 400 mm trong nước mà nhóm sử dụng để khảo sát.

Để đánh giá được tốt đặc tính thủy động của mẫu chân vịt thực tế như Hình 1 thì việc khảo sát hình học là bước quan trọng đầu tiên cần tiến hành. Tiếp theo, trên cơ sở hình học khảo sát hoặc so sánh với các chuẩn thiết kế chân vịt hiện có để tìm tương quan và phỏng đoán đặc tính theo chuẩn thiết kế gần nhất; hoặc xây dựng mô phỏng

tính toán số đặc tính theo các điều kiện hoạt động khác nhau.



Hình 1. Chân vịt phương tiện thủy nội địa cỡ nhỏ

Bài viết này tập trung vào hướng số hóa chân vịt dựa trên phương pháp đo không tiếp xúc, từ đó đánh giá đặc tính thủy động của chân vịt. Phương thức số hóa đã được tác giả áp dụng cho chong chong khí của máy bay không người lái [1], và cho chong chống khí của thuyền lướt khí ba chỗ ngồi [2], từ đó đưa ra các giá trị tham khảo cho lựa chọn hệ thống đẩy cũng như thông số hình học phù hợp cho chân vịt tàu.

2. ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA CHÂN VỊT

Chân vịt có nhiều chủng loại khác nhau: chân vịt bước cố định, chân vịt biến bước,... nhưng tất cả chân vịt đều có những đặc trưng hình học cơ bản chung để phục vụ cho nhu cầu tính toán và sử dụng [3].

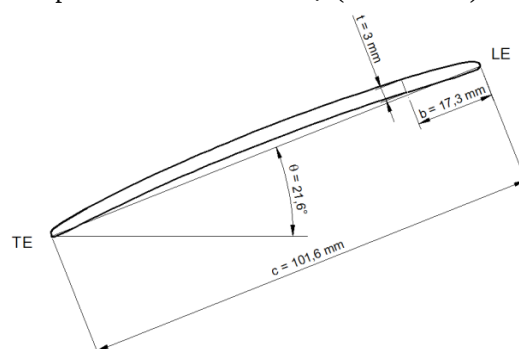
Mỗi chân vịt có hai mặt thủy động học chính. Mặt hướng vào thân tàu gọi là mặt hút, mặt hướng về phía sau tàu gọi là mặt đập. Thông thường, chân vịt quay theo chiều kim đồng hồ khi nhìn vào mặt trước. Giao tuyến của mặt trước và mặt sau gọi là đường giao cánh chân vịt, biên trước là mép dẫn, biên sau là mép thoát [4][5].

Các thông số đặc trưng về hình học của chân vịt là: đường kính chân vịt (D), số cánh của chân

vít (Z), tỉ số bước hình học (P) và đường kính của chân vịt (D), tỉ số giữa diện tích trải phẳng của cánh (AE) và diện tích tất cả các cánh (AO, với $AO = \pi D^2/4$).

Bước hình học của chân vịt được định nghĩa là khoảng cách tiến của một điểm trên cánh khi nó xoay đúng một vòng quanh trục xoay của chân vịt. Bước hình học thường phân bố theo tỉ số giữa vị trí bán kính xét (r) với bán kính của chân vịt (R). Và bước hình học tại vị trí 0.7R thường được chọn là bước hình học đặc trưng của chân vịt [5].

Nếu cắt cánh của chân vịt theo vị trí bán kính (r) rồi trải phẳng sẽ thu được biên dạng hình học của phần tử cánh của chân vịt (xem Hình 2).



Hình 2. Biên dạng cánh của chân vịt tàu thủy nội địa tại vị trí 0.7R sau khi trải phẳng

Theo đó,

- θ là góc giữa mặt phẳng xoay của chân vịt với đường thẳng nối điểm đầu (LE) và điểm cuối (TE) của phần tử cánh.

- c là chiều dài dây cung của phần tử cánh. Tại vị trí bán kính xét (r), mối quan hệ giữa bước hình học (Pr) và góc θ được thể hiện bởi biểu thức: $Pr = 2\pi \cdot \tan(\theta)$

- a là khoảng cách từ điểm LE đến đường khai triển của chân vịt (xem Hình 3).

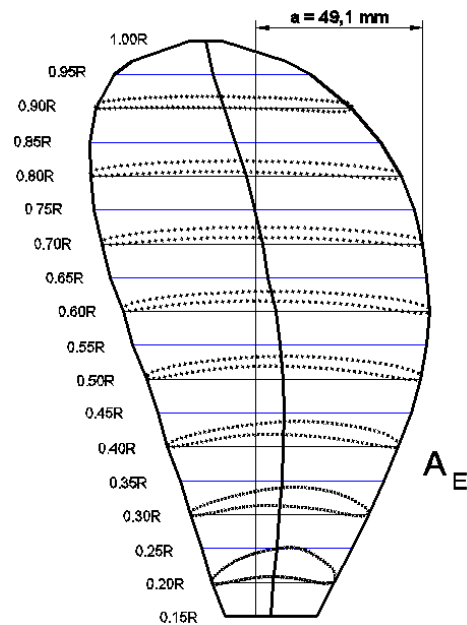
- b là khoảng cách từ điểm LE đến vị trí mà ở đó biên dạng của phần tử cánh đạt bề dày cực đại (xem Hình 2).

- t là bề dày lớn nhất của biên dạng của phần tử cánh của chân vịt tại vị trí bán kính xét.

Như đã trình bày ở phần trên, chân vịt được thiết kế và chế tạo theo đúng chuẩn sẽ tuân thủ các quy định về kích thước. Bảng 1 dưới đây là quy định về kích thước cho chân vịt ba cánh theo chuẩn Wageningen B (trong đó A_r , B_r là hai hằng số xác định từ quan hệ với tỉ số t/D).

Trên thực tế, do yêu cầu về chi phí và với nhu cầu rất lớn về chân vịt phương tiện thủy nội địa cho thị trường trong nước nên việc sản xuất chân vịt ở trong nước phần lớn dựa trên các khuôn mẫu sẵn có. Phương pháp chế tạo chân vịt chủ yếu của các cơ sở sản xuất chân vịt ở Việt Nam là phương pháp đúc. Đa số sản phẩm là chân vịt bước cố định có từ ba đến bốn cánh, được chế tạo từ đồng thau. Chân vịt gang và thép thường chiếm tỉ lệ thấp, và thường được sản xuất theo đơn đặt hàng. Chất lượng chân vịt phụ thuộc vào tay nghề, công nghệ đúc dựa trên kinh nghiệm mẫu chân vịt đã phổ biến [6]. Điều này dẫn đến việc xác định các đặc tính hoạt động của chân vịt còn nhiều hạn chế. Và nhu cầu đánh giá đặc trưng hình học của chân vịt dành cho phương tiện thủy nội địa hiện đang sử dụng ở trong nước là cần thiết. Nó là cơ sở cho phép lựa chọn đúng hệ thống đẩy của tàu để tăng hiệu quả hoạt động của chân vịt và giảm chi phí vận hành.

Ở các phần tiếp theo bài viết sẽ trình bày phương pháp khảo sát biên dạng không tiếp xúc cùng với các kết quả biên dạng khảo sát của chân vịt tàu thủy nội địa; đánh giá tương quan hình học của chân vịt khảo sát với các chuẩn chân vịt hiện có; và sau cùng là các giá trị đặc trưng hình học của chân vịt khảo sát.



Hình 3. Đường bao của chân vịt tàu thủy nội địa sau khi trải phẳng trên mặt phẳng Oyz

Bảng 1. Thông số kích thước của chân vịt ba cánh theo chuẩn Wageningen B [5]

r/R	$\frac{c}{D}$	$\frac{Z}{A_E/A_0}$	a/c	b/c	$t/D = A_r - B_r Z$	
					A_r	B_r
0.2	1.633		0.616	0.350	0.0526	0.0040
0.3	1.832		0.611	0.350	0.0464	0.0035
0.4	2.000		0.599	0.350	0.0402	0.0030
0.5	2.120		0.583	0.355	0.0340	0.0025
0.6	2.186		0.558	0.389	0.0278	0.0020
0.7	2.168		0.526	0.442	0.0216	0.0015
0.8	2.127		0.481	0.478	0.0154	0.0010
0.9	1.657		0.400	0.500	0.0092	0.0005
1.0	0.000		0.000	0.000	0.0030	0.0000

3. PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT BIÊN DẠNG CHÂN VỊT BẰNG MÁY QUÉT LASER

3.1. Giới thiệu vài nét về máy quét NextEngine 3D Scanner

Đây là loại máy quét có thể bắt được các đối tượng với đầy đủ màu sắc với độ chính xác cao. Máy có tích hợp phần mềm ScanStudio HD, có thể xuất dữ liệu quét ra dưới dạng STL, OBJ, VRML, XYZ và một số định dạng khác.

Máy có thể xuất ra các file dữ liệu mô hình 3D dưới dạng các phần mềm thiết kế thông dụng như: SolidWorks, 3ds Max... Sử dụng công cụ trong ScanStudio CAD Tools nhanh chóng tạo file ảnh bề mặt hoặc sử dụng RapidWorks để xây dựng các file solid. Đồng thời có thể in các mô hình bằng các máy in 3D như: Dimension, 3D Systems, zCorp, Objet...[7].

3.2. Quy trình quét sử dụng máy quét NextEngine 3D Scanner

Máy quét NextEngine 3D Scanner được điều khiển bởi phần mềm ScanStudio HD phiên bản 1.3.2. Do đó, muốn sử dụng máy quét thì phải có máy tính kết nối với máy quét để điều khiển quy trình quét. Trước khi quét cần điều chỉnh những thông số phù hợp với vật thể quét. Sau khi quét, ta thu được dữ liệu của một hoặc nhiều mặt quét. Mỗi mặt quét là thông số 3D của vật thể nhìn ở các góc nhìn khác nhau. Để có được một mẫu 3D hoàn chỉnh, ta tiến hành các bước: align, buff, fuse, trim. Kết quả cuối cùng là một file point-cloud chứa dữ liệu tọa độ các điểm của vật thể trong không gian.

3.3. Xử lý đám mây điểm quét

Dữ liệu đám mây điểm có được sau khi quét chưa có vị trí trong hệ trục trong không gian thuận tiện cho việc tính toán. Do đó cần phải xác định những thành phần trục tọa độ và gốc tọa độ trước khi xử lý dữ liệu. Có thể ứng dụng Matlab cùng với các phép biến đổi hình học trong không gian [8] với ma trận điểm là tập hợp đám mây điểm quét để chuyển đổi trục xoay của chân vịt

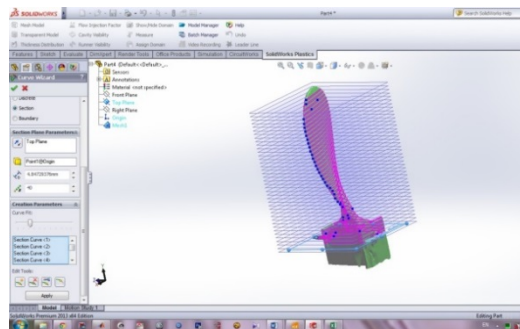
về trục Ox, đường khai triển của chân vịt là đường thẳng đi qua gốc tọa độ.

Sau khi có kết quả đám mây điểm trên, bằng việc áp dụng thuật toán lọc các điểm thuộc vị trí bán kính xét, rồi tiến hành trải phẳng sẽ tìm được biên dạng cánh của chân vịt ở vị trí bán kính này cùng với các thông số hình học đặc trưng cho biên dạng như đã trình bày ở mục 2.

4. ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA CHÂN VỊT ĐƯỜNG THỦY NỘI ĐỊA ĐƯỜNG KÍNH 400 MM, BA CÁNH HIỆN CÓ

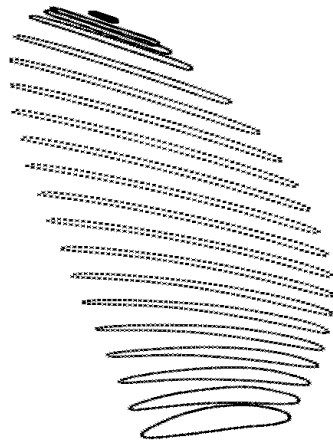
Chân vịt mà tác giả chọn để khảo sát là chân vịt ba cánh bằng đồng, đường kính 400 mm (xem Hình 1) hiện có ở bộ môn Tàu thủy, Trường Đại học Bách khoa.

Hình 4 và Hình 5 thể hiện kết quả hình học của một lá cánh của chân vịt trên giao diện của máy quét và dạng tập hợp đám mây điểm quét sau khi được xử lý lọc điểm tại từng vị trí bán kính từ 015R đến 0.98R.



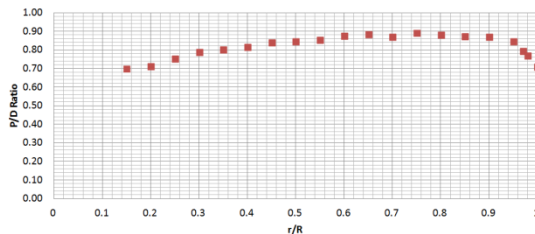
Hình 4. Mô hình 3D của một lá cánh của chân vịt khảo sát trên giao diện đồ họa của máy quét

Trên cơ sở tập hợp điểm quét của từng vị trí bán kính, đặc tính hình học của biên dạng lá cánh của chân vịt có thể được xác định dễ dàng như kết quả trình bày cho biên dạng tại vị trí 70% bán kính ở Hình 2.

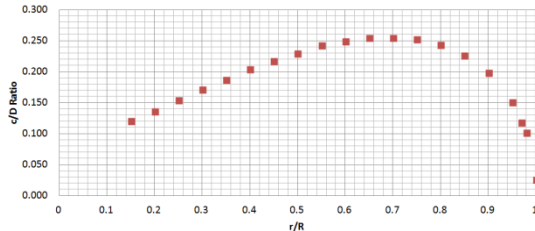


Hình 5. Tập hợp điểm tại từng vị trí bán kính của chân vịt khảo sát

Hình 6 và Hình 7 dưới đây lần lượt thể hiện phân bố của tỉ số P/D và tỉ số c/D theo vị trí bán kính (r/R) của chân vịt khảo sát.



Hình 6. Phân bố P/D theo r/R của chân vịt khảo sát



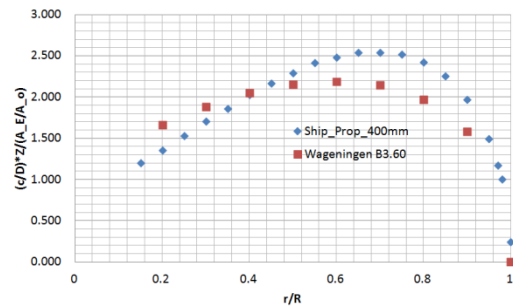
Hình 7. Phân bố c/D theo r/R của chân vịt khảo sát

Từ các kết quả đưa ra ở trên, chân vịt khảo sát có các đặc trưng về hình học như sau:

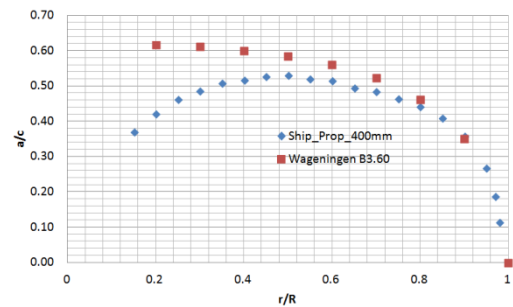
- Đường kính (D) là 400 mm (15.75 in)
- Số lá cánh (Z) là 3
- Tỉ số P/D đặc trưng tại $0.7R$ là 0.9
- Bước hình học trung bình (P_{mean}) là 335.5 mm (13.21 in)
- Tỉ số A_E/A_O là 0.3

5. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA CHÂN VỊT THỦY NỘI ĐỊA KHẢO SÁT

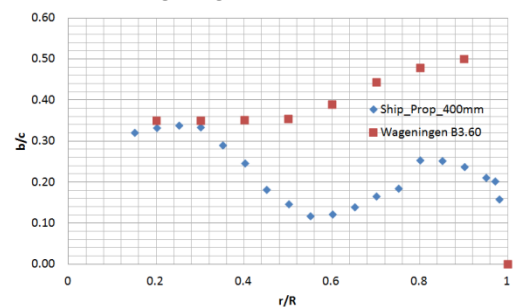
Từ kết quả đặc trưng hình học của mẫu chân vịt thủy nội địa khảo sát được ở mục 4, tác giả nhận thấy sự tương đồng ở một số tiêu chí với chân vịt được thiết kế theo chuẩn Wageningen B3.60. Cụ thể, hình 8~10 dưới đây thể hiện sự so sánh về hình học với chuẩn Wageningen B theo ba tiêu chí lần lượt là tỉ số $(c/D).(Z/A_E/A_O)$; tỉ số a/c ; tỉ số b/c (xem Bảng 1).



Hình 8. So sánh đặc trưng hình học với chuẩn Wageningen B theo tỉ số $(c/D).(Z/A_E/A_O)$



Hình 9. So sánh đặc trưng hình học với chuẩn Wageningen B theo tỉ số a/c



Hình 10. So sánh đặc trưng hình học với chuẩn Wageningen B theo tỉ số b/c

Về mặt hình học của chân vịt khảo sát gần giống mẫu Wageningen B3.60 đối với tỉ số (c/D) , $(Z/A_E/A_O)$ và tỉ số a/c là tương đối. Đối với tỉ số b/c thì có sự sai lệch lớn về giá trị nhưng dạng phân bố thì giống nhau. Điều này có thể được lý giải do kỹ thuật chế tạo của chân vịt khảo sát bằng phương pháp đúc và gia công truyền thống nên phân bố bề dày của cánh chân vịt không hoàn toàn được kiểm soát chính xác theo thiết kế.

Điều này có thể dẫn đến sự khác biệt trong đặc tính hoạt động của chân vịt so với đặc tính hoạt động của chân vịt theo chuẩn Wageningen B với cùng các thông số hình học (bảng 6.6, trang 106 của tài liệu [5]). Và do đó, việc xác định đặc trưng hình học của chân vịt thủy nội địa khảo sát một mặt giúp hoàn thiện bản vẽ thiết kế chân vịt trong hồ sơ thiết kế của tàu, mặt khác dựa trên hình học 3D của chân vịt khảo sát hoàn toàn có thể chế tạo chân vịt đồng dạng (đáp ứng tương đồng tỉ số P/D và tỉ số A_E/A_O) với tỉ lệ thu nhỏ của chân vịt này để phát triển thực nghiệm đặc tính hoạt động, đồng thời có thể phát triển các mô hình tính toán số mô phỏng hoạt động của chân vịt khảo sát. Các hướng phát triển này sẽ được trình bày trong các bài viết tiếp theo.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đưa ra phương pháp khảo sát biên dạng vật thể dựa trên cách quét biên dạng không tiếp xúc và áp dụng phương pháp này vào chân vịt thủy nội địa nhằm tạo ra dữ liệu 3D từ chân vịt thực tế phục vụ cho khảo sát đặc tính hình học

của chân vịt. Từ đó, xử lý dữ liệu và đưa ra những phỏng đoán về đặc tính làm việc của chân vịt, làm tham khảo cho việc lựa chọn chân vịt và hệ thống đẩy của tàu, cũng như cho các khảo sát thực nghiệm trên chân vịt sau này.

Áp dụng phương pháp đề xuất cho mẫu chân vịt thủy nội địa ba cánh có đường kính 400 mm là một minh họa điển hình. Kết quả thu được về đặc trưng hình học của chân vịt khảo sát từ việc áp dụng phương pháp này khi so sánh với chuẩn thiết kế Wageningen B tuy không thể hiện được sự đồng dạng về mặt hình học nhưng cho thấy tính khả thi của việc triển khai phương pháp đề xuất cho các mẫu chân vịt khác hiện dùng phổ biến trong nước.

Với đặc trưng hình học có được của chân vịt khảo sát, việc thiết kế cải tiến hướng đến tối ưu đặc tính hoạt động của chân vịt hiện có hoàn toàn có thể thực hiện. Hơn nữa, dựa vào hình học có được này, hoàn toàn có thể thiết kế và chế tạo một chân vịt thu nhỏ của chân vịt thực tế đáp ứng tương đồng tỉ số P/D và tỉ số A_E/A_O để hướng đến khảo sát thực nghiệm đặc tính hoạt động của chân vịt với hầm nước, đồng thời phát triển các mô hình tính toán số đặc tính hoạt động của chân vịt khảo sát. Đây cũng chính là các định hướng phát triển sắp tới của kết quả trình bày trong bài viết này.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số B2015-20-01.

Geometry features and performance characteristics of an inland marine propeller

- Ngo Khanh Hieu
- Le Tat Hien

Faculty of Transportation Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT

Review performance characteristics of a marine propeller should be based on its geometric properties and the design standard of marine propeller. Based on an inland ship propeller which is currently widely used in the Ho Chi Minh city, the article provides a method of building a 3D model of this propeller from its coordinate data points obtained by a laser scanning devices. Then surveying the geometric characteristics of

the marine propeller through 3D scanning, and making comparisons with the marine propeller manufacturing standards in the world in order to estimate the operating characteristics of this marine propeller. The analysis results obtained in the article can be used as a reference value for the simulation results of the characteristics of this inland marine propeller, as well as the experimental results on a miniature model of this propeller.

Keywords: laser scanner, hydrodynamics of ship propeller, geometry of marine propeller.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ngô Khánh Hiếu, Đặng Quốc Bảo, Phạm Minh Vương, *Xây dựng hình học và mô hình lưới cho mô phỏng dòng chuyển động qua chong chóng máy bay mô hình*, Tạp chí khoa học công nghệ giao thông vận tải, số 8-9, 2013.
- [2]. *Thiết kế, thi công thuyền lưới khí ba chỗ phục vụ tuần tra, khảo sát*, Báo cáo đề tài NCKH cấp Trường đặt hàng (T-KTGT-2013-76), 2015.
- [3]. Nguyễn Đức Ân, Nguyễn Bân, *Lý thuyết tàu thủy (tập 2)*, Hà Nội, NXB. Giao thông vận tải, 2005.
- [4]. *The geometry of marine propellers*, Báo cáo nghiên cứu của Donald R. Smith, John E. Slater, Defense Research Establishment Atlantic, Canada, 1988.
- [5]. J.S. Carlon, *Marine Propeller and Propulsion*, Butterworth – Heinemann Ltd., 1994.
- [6]. V.V. Loát, *Phân tích quy trình chế tạo chân vịt trong nước hiện nay*, Đồ án thiết kế, Đại học Nha Trang, 2007.
- [7]. Tài liệu máy Next –engine 3D Scanner
- [8]. Anupam Saxena, Birendra Sahay, *Computer aided engineering design*, Anamaya Publishers, India, 2005.