

CHƯƠNG TRÌNH TÍNH SỨC CẢN TÀU CHẠY NHANH

Võ Trọng Cang – Đoàn Minh Thiện – Bộ môn Tàu thủy - ĐHBK TPHCM
Trần Công Nghị – Công Ty Thủy Sản Biển Đông)

(Bài nhận ngày 21 tháng 05 năm 2001)

TÓM TẮT

Bài viết giới thiệu Chương trình tính sức cản của tàu chạy nhanh, từ đó chọn nhanh máy chính trong quá trình thiết kế tàu. Chương trình dựa trên mô hình của Savitsky phát triển vào những năm 70, tính cho tàu lướt và tàu chạy nhanh (cao tốc) có hệ số Froude lớn. Chương trình là dựa vào các thực nghiệm đã công bố của các bể thử tàu để tính gần đúng sức cản theo một số thông số cơ bản của tàu, và lập đồ thị lực cản ở các chế độ khai thác. Chương trình đang là một trong các nội dung của Công trình Hợp tác Nghiên cứu-Phát triển Ứng Dụng Kỹ Thuật Tàu Nhỏ Cao Tốc, hợp tác giữa Bộ môn Tàu Thủy ĐHBK TPHCM với các đơn vị khác ở trong và ngoài trường.

1. Phương pháp tính Sức cản tàu thủy.

Toàn bộ các thành phần sức cản tác động lên vỏ tàu có thể tổng hợp theo bảng sau: [1]

Sức cản toàn bộ		
Sức cản vỏ tàu		Sức cản bổ xung R
Sức cản nhớt R_v		Sức cản sóng R_w
Sức cản masát R_f	Sức cản hình dáng R_p	Sức cản sóng R_w
Sức cản masát R_f	Sức cản dư R_r	

Sức cản vỏ tàu, với các thành phần như trên, đã được nghiên cứu và đúc kết thành các phương pháp tính với các qui trình tính toán được giảng dạy cho các kỹ sư chuyên ngành tàu thuyền. Hiện nay, dựa trên các kết quả thử nghiệm mô hình ở các phòng thí nghiệm tàu, có các phương pháp tính toán lực cản tàu thông dụng như sau:

Brawn / Taylor / Ayre / Lap / Papiel / Harvald / De Groot / Nostrom / SSPA / NPL / Buller / Kafali / Enscke / Dùng công thức hải quân / Savitsky / Savitsky Pre-planing.

Việc tính sức cản được thực hiện bằng máy tính ở các nước công nghiệp đóng tàu phát triển. Ở nước ta, vẫn áp dụng các bước tính toán thủ công, tra đồ thị và lập bảng tính.

Mặt khác, ở khu vực TP HCM đang dần hình thành nhu cầu thiết kế đóng mới tàu thuyền nhỏ, chạy nhanh phục vụ vận chuyển hành khách và công tác tuần tra cứu hộ. Loại tàu thuyền này có cách tính khác với các loại tàu chiếm nước (displacement) thông thường. Trong số các phương pháp đã nêu, các mô hình của Savitsky là áp dụng phù hợp cho các tàu chạy nhanh, đặc biệt là tàu lướt, có hệ số béo và hệ số froude lớn.

2. Tóm tắt Phương pháp Savitsky cho tính toán sức cản tàu chạy nhanh ([1], [3])

Khi tính sức cản của tàu chạy nhanh ta thấy rằng lúc đầu tàu chuyển động ở vận tốc chậm, sức cản tàu lúc này không khác sức cản tàu thông dụng. Nhưng khi tốc độ lớn hơn, tàu chuyển sang trạng thái quá độ của trạng thái lướt (thường gọi là Pre-planing), sau cùng tàu chuyển sang chế độ lướt, lúc này chỉ một phần tàu chìm trong nước, phần còn lại nổi hoàn toàn trên mặt nước. Nhờ giảm bớt diện tích tiếp nước của vỏ tàu, sức cản tàu trong giai đoạn này thay đổi đáng kể so với giai đoạn trước đó.

Savitsky phát triển phương pháp tính lực cản cho tàu nhỏ cao tốc, dạng tàu lướt theo phương pháp phân tích hồi quy. Xác lập công thức gần đúng trong xác định sức cản toàn bộ R_T/Δ cho các giá trị vận tốc có $Fr > 1$

Dòng chảy đến tằm tàu lướt, nghiêng góc τ so với mặt thoáng ban đầu, bị chia làm 2 phần:

- Dòng chảy chính bao quanh đáy tàu;

- Lớp mỏng của dòng thay đổi hướng tại vùng mép tấn của đáy và tạo các gợn nước

Đường dòng chia mặt cắt ngang đáy chính là những vị trí áp lực lớn nhất tại đáy. Áp lực này giảm dần về phía lái, tạo ra lực động N , tác động vuông góc với đáy tàu. Ngoài lực trên, khi chuyển động đáy tàu còn chịu lực ma sát F , song song với đáy. Ta có thể viết:

$$R_T = F \cos \tau + N \sin \tau \text{ theo hướng chuyển động tàu và} \quad (a)$$

$$L = \Delta = N \cos \tau - F \sin \tau \quad (b)$$

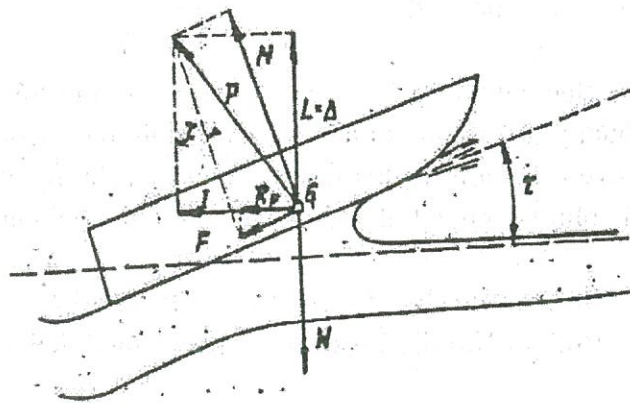
Với góc nghiêng không lớn, có thể bỏ qua thành phần thứ 2 công thức (b) khi tính lực $L = \Delta = N \cos \tau$. Từ đó có thể viết:

$$\frac{R_T}{\Delta} = \frac{F}{\Delta} + \operatorname{tg} \tau \quad (c)$$

$$\text{hoặc } R_T = F + \Delta \operatorname{tg} \tau \quad (d)$$

Savitsky đề nghị công thức tính lực nâng, tọa độ tâm áp lực lớn nhất theo tham số $\lambda = L_m/B$, số Froude $C_v = \frac{V}{\sqrt{g \cdot B}}$

và góc tấn τ . Lực nâng tạo ra trong quá trình này do hai nguồn: phần lực động của nước đến các đáy tàu lướt và lực đẩy Archimedes.



h.1. Lực tác động lên tằm lướt trên nước

Tại vận tốc nhỏ lực nổi chiếm tỉ trọng lớn, còn khi tàu chạy nhanh, lực nổi chủ yếu từ phía động lực học.

$$C_{LO} = \frac{\tau^{1.1}}{0.012^{1/2}} + \frac{0.005\lambda^{5/2}}{C_v^2} \quad (e)$$

Hệ số lực nâng $C_{LO} = \frac{\Delta}{\frac{1}{2}\rho V^2 B^2}$

Tọa độ tâm áp lực, đo từ vách sau của tàu lướt tính theo công thức

$$\frac{L_{CP}}{L_m} = 0,75 - \frac{1}{5,12 \cdot \frac{C_v^2}{\lambda^2} + 2,39} \quad (f)$$

Trường hợp góc hông tàu khác 0 : $C_L = C_{LO} - 0,0065 \cdot \beta \cdot C_{LO}^{0,60}$ (g)

Sức cản toàn bộ bao gồm sức cản nhớt và sức cản áp suất. Với sức cản áp suất : $R_R = \Delta \cdot \text{tg} \tau$

$$F = \frac{\rho B^2 V^2}{2 \cdot \cos \beta} (C_F + \Delta C_{FO}) \left[\left(\frac{V_m}{V} \right)^2 \lambda + (\Delta \lambda) \right], \text{ là sức cản nhớt,}$$

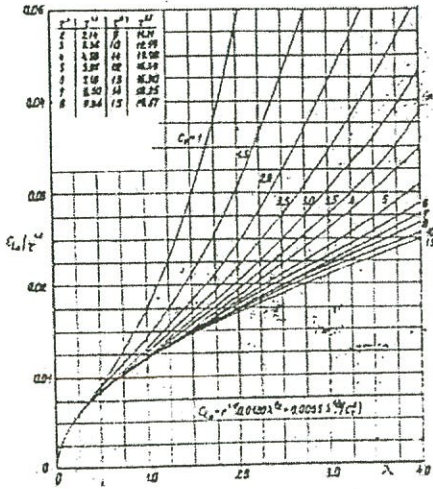
trong đó : V, V_m - vận tốc lướt của tàu và vận tốc trung bình dưới đáy tàu lướt, (m/s)
 C_{FO} - hệ số sức cản ma sát (tùy theo số Reynolds)

$$Rn = \frac{\rho \cdot V_m \cdot L_m}{\nu} = \frac{B \lambda V}{\nu} \cdot \frac{V_m}{V}$$

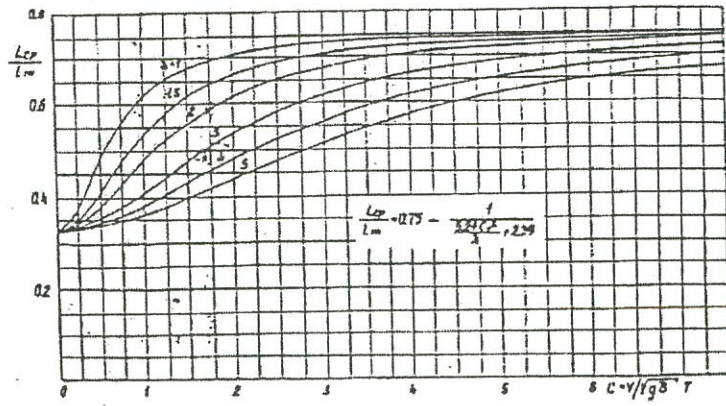
Vận tốc trung bình V_m thay đổi tùy theo diện tích mặt ướt $\Delta \lambda$ xác định từ đồ thị

$$\frac{V_m}{V} = 1 - \frac{0,012^{1/\tau^{1.1}} - 0,0658 \beta (0,012 \lambda^{1/2 \tau^{1.1}})^{0,60}}{\lambda \cos \tau}$$

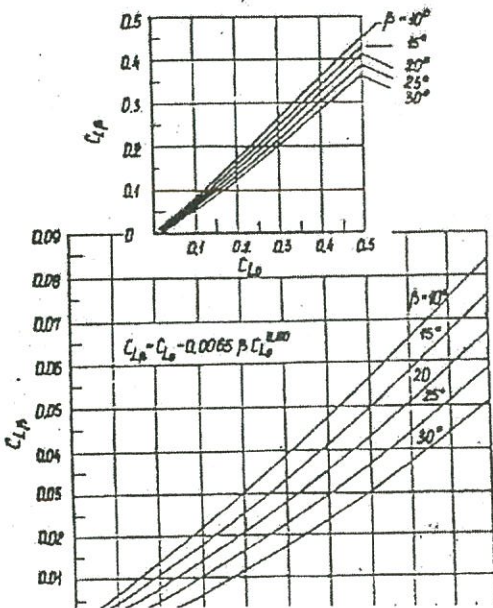
Một số đồ thị sử dụng trong phương pháp Savitsky:



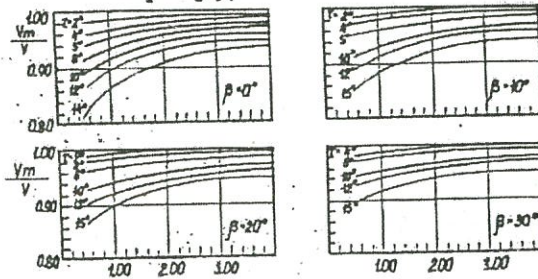
h.2. Hệ số lực nâng cho tấm



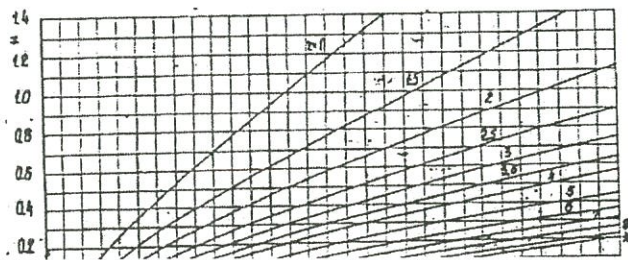
h.3. Quan hệ giữa L_{CP}/L_m với V/\sqrt{bB}



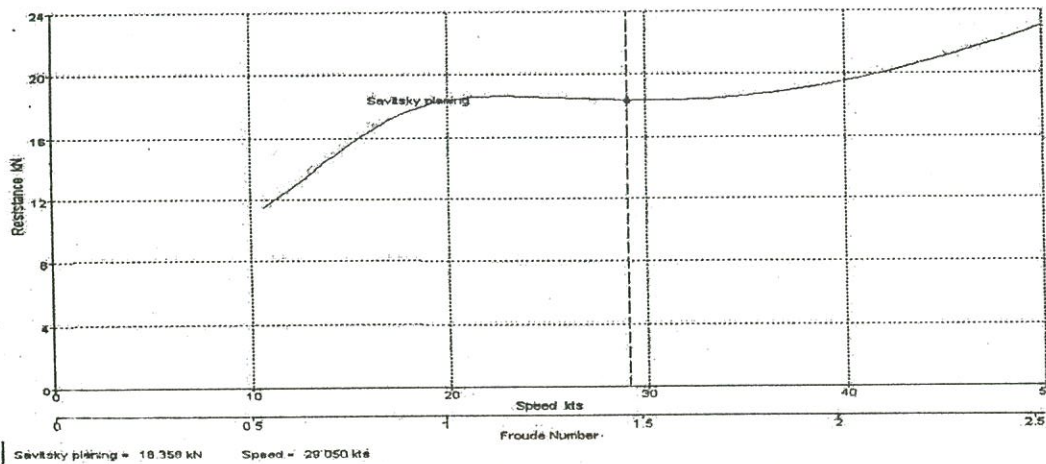
h.4. Hệ số lực nâng dùng cho tấm chữ V



h.5. Vận tốc trung bình dòng chảy dọc đáy tàu lướt



h.5. a) Vận tốc trung bình dòng chảy dọc đáy
b) Tăng chiều dài-chiều rộng ΔL mặt trượt



h.6. Đồ thị sức cản tàu vẽ theo Savitsky-planing

Bảng tính lập theo phương pháp Savitsky

TT	Công thức	Kết quả tính lập, cho 5 điểm				
1.	$\tau, ^0$					
2.	$\tau^{1.1}$					
3.	$C_L/\tau^{1.1}$, với $C_{LO}=0,094$ và $C_{LB} = 0,0752, \beta=11.5^0$					
4.	$\lambda = L_m/B$, với $C_v = 3,433$					
5.	$V_m/V =$, từ đồ thị					
6.	$R_n \times 10^{-6}$					
7.	$C_{FO} \times 10^3$					
8.	$\Delta\lambda$ từ đồ thị					
9.	$(V_m/V)^2$					
10.	$(V_m/V)^2 \cdot \lambda$					
11.	$K = (8) + (10)$					
12.	$m \cdot C_{FO}$, với $m = \frac{\rho B^2 V^2}{2 \cdot \cos \beta}$					
13.	$F = (11) \times (12)$					
14.	$Tg\tau$					
15.	$R_R = \Delta \cdot tg\tau$ (kG)					
16.	$R_T = R_R + F$ (kG)					
17.	$L_m = \lambda \cdot B = \lambda \cdot (4)$					
18.	L_{CT}/L_m , từ đồ thị					
19.	$L_{CT} = L_m \cdot [L_{CT}/L_m]$					

3. Phân tích và xây dựng chương trình ứng dụng

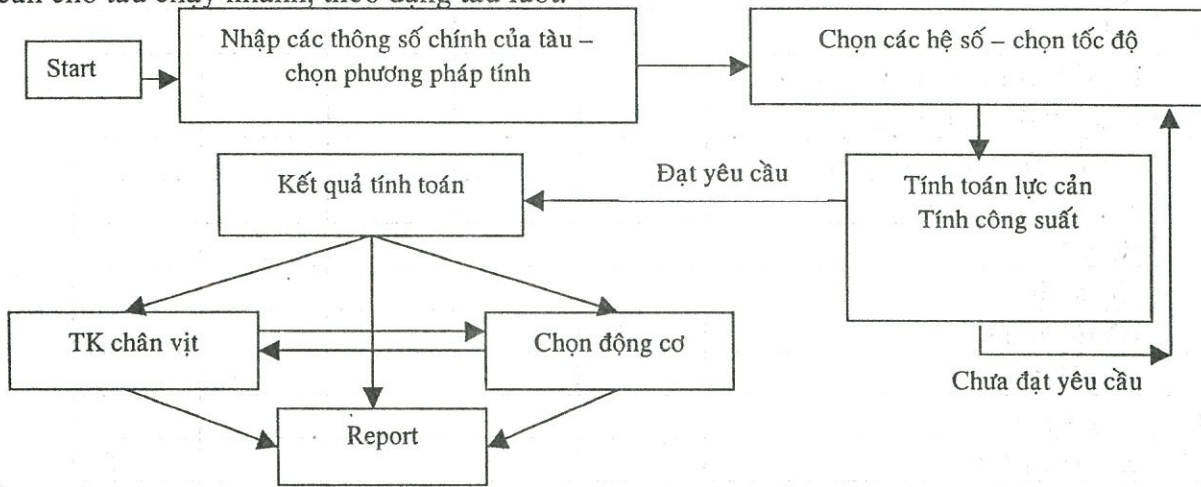
Qua thực tế giảng dạy và nghiên cứu ứng dụng tin học trong chuyên ngành, nhóm tác giả quyết định xây dựng **Chương trình BKShip** nhằm hỗ trợ nghiên cứu, thiết kế và giảng dạy-thực hành thiết kế tại bộ môn.

BKShip (version 1.2) được xây dựng như một bản nâng cấp từ một loạt các chương trình tính riêng lẻ đã có từ hơn 10 năm qua của nhóm tác giả, dưới sự hướng dẫn của TS Trần Công Nghị, để từ đó hình thành một hệ chương trình tính toán thiết kế tàu thủy, bao gồm 3 modul: Tính sức cản tàu (Power Prediction), thiết kế chân vịt (propeller design) và tính chọn máy chính. Ở đây chỉ trình bày về modul đầu tiên.

Chương trình tính sức cản tàu cho phép người sử dụng từ các thông số cơ bản của tàu về các kích thước hình học chính của tàu, các hệ số về hình học, tốc độ tối đa...tính được một cách nhanh chóng tốc độ tàu và công suất hiệu dụng của máy chính, từ đó vẽ đồ thị đường đặc tính tốc độ-lực cản tại các chế độ khai thác. (x. hình ở trang sau)

Chương trình dựa vào nhiều phương pháp tính lực cản trên nền tảng của các kết quả nghiên cứu và thực nghiệm của các bể thử tàu lớn trên thế giới đã được công bố, cho phép người dùng có thể tính và lựa chọn các phương pháp phù hợp với tàu đang thiết kế.

Trước mắt, trong số các phương pháp tính sức cản liệt kê ở phần trên, chương trình giải quyết cho phương pháp tính sức cản theo phương pháp Savitsky, là phương pháp tính sức cản cho tàu chạy nhanh, theo dạng tàu lướt.



h.7. Trình tự và quan hệ dữ liệu của quá trình tính toán lực cản tàu

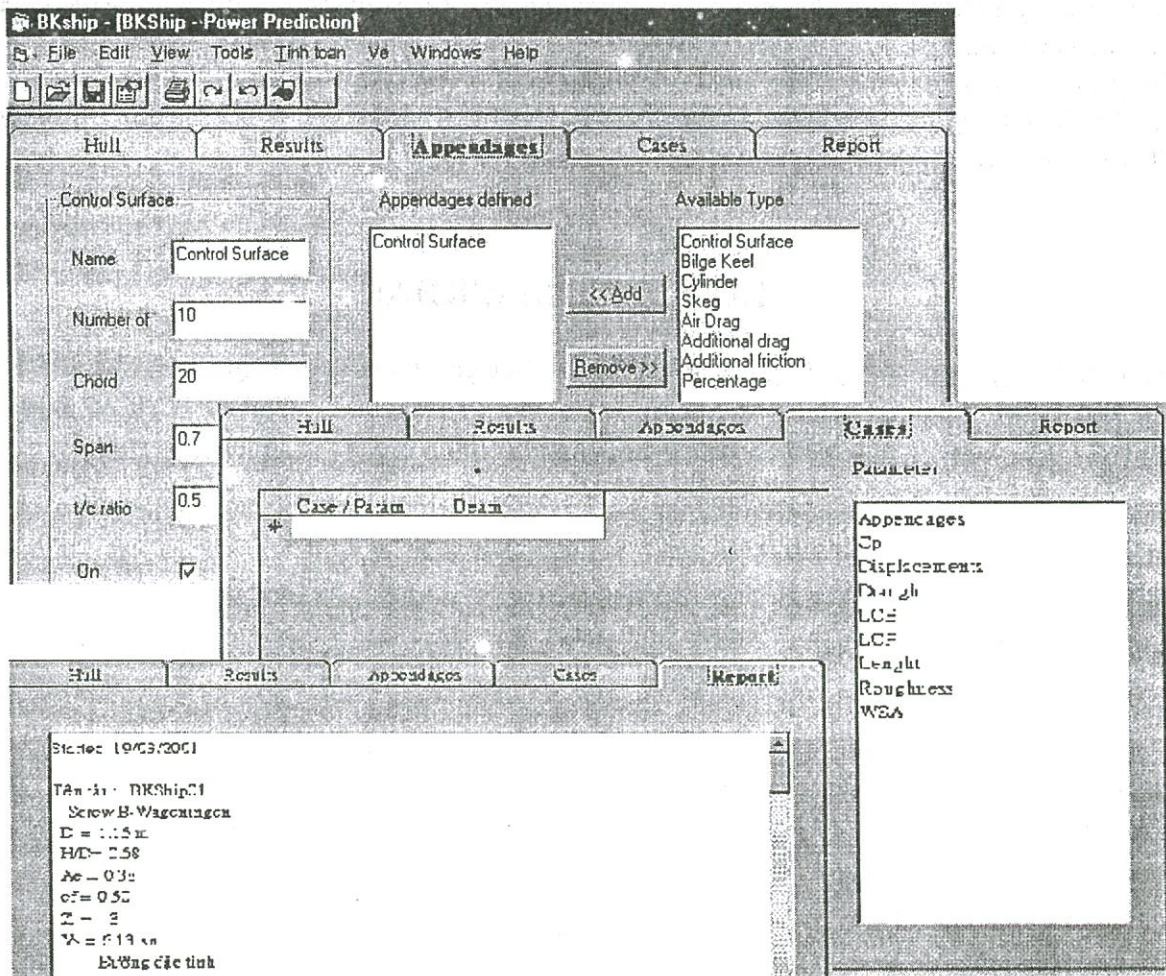
Màn hình nhập liệu của BK-Ship. (kết quả tính toán thể hiện trên hình 6)

Speed	Résistance	EHP	Wake	Thrust	Rótative	Hull
Knots	kN	kW	Fraction	Déduction	Efficiency	Efficiency
3	0.287	0.443	0.1	0.1	1	1
4	0.437	1.003	0.1	0.1	1	1
5	0.782	2.012	0.1	0.1	1	1
6	1.01366667	2.721667	0.1	0.1	1	1
7	1.26116667	3.506167	0.1	0.1	1	1
8	1.50866667	4.290667	0.1	0.1	1	1
9	1.75616667	5.075167	0.1	0.1	1	1
10	2.00366667	5.859667	0.1	0.1	1	1
11	2.25116667	6.644167	0.1	0.1	1	1

Xây dựng Giao diện của Chương trình: Trong quá trình chọn lựa và xây dựng giao diện, nhóm thiết kế đã khảo sát một số chương trình tính toán lực cản tàu của các trường đại học và các hãng phần mềm về thiết kế tàu thủy hiện có tại Bộ môn như sau:

- Nautilus (Newwave systems): là chương trình thiết kế tàu về hình dáng và ổn định, hiện dùng trong một số chương trình đào tạo từ xa về thiết kế du thuyền tại Mỹ.
- Prolines (Mỹ) : chương trình tính toán thiết kế hình dáng và tính ổn định, sức cản tàu, chủ yếu cho các loại thuyền buồm và du thuyền nhỏ dưới 30m.
- Maxsurf (modul Hullspeed) : chương trình thiết kế tàu thủy của hãng Formation design systems (Úc) bao gồm nhiều modul tính toán và thiết kế (hình học tàu, tính toán ổn định, khai triển tôn vỏ...) đưa ra một số phương pháp tính sức cản tàu, đặc biệt là các phương pháp như Savitsky, Savitsky pre-planning, IMO...
- Wolfsoft: phần mềm tính sức cản và thiết kế chân vịt tàu do nhóm chương trình hợp tác Wolfson (ĐH Southampton, Anh) đưa ra nhằm mục tiêu giảng dạy thiết kế về lực cản tàu và chân vịt . Phần mềm đưa ra 13 phương pháp tính lực cản trong đó có phương pháp tính lực cản theo Savitsky
- AutoShip: phần mềm tính thiết kế tàu thủy của Canada gồm nhiều modul (Autoship, AutoHydro, AutoPower...) đặc biệt AutoPower tính toán lực cản và công suất máy. Phương pháp tính dựa chủ yếu trên nền tảng Savitsky

Một số ví dụ về giao diện của chương trình cũng được dẫn ra trong cuối bài viết này.



Kết luận: Chương trình đang được xây dựng nên chỉ mới thực hiện theo một mô hình tính toán của Savitsky. Sắp tới chương trình sẽ mở rộng thêm cho các phương pháp tính khác cho các loại tàu khác, cũng như phát triển thêm các modul khác như: tính toán thiết bị đẩy – chân vịt ; tính chọn hệ động lực chính của tàu, phục vụ cho đề tài Giải Pháp Động Lực Cho Tàu Nhỏ Cao Tốc đồng thời phục vụ cho giảng dạy sinh viên ngành tàu thủy.

PROGRAM FOR CALCULATION OF RESISTANCE OF HIGH SPEED CRAFTS

Vo Trong Cang – Doan Minh Thien
Tran Cong Nghi

ABSTRACT

This article introduces to a program for calculation of resistance of high-speed crafts, and then rapidly chooses main power engines in ship design process. Basing on the Savitsky's calculating models, since 70's years, this procedure is applicable to high-speed and planing-hull crafts which have big values of Froude number. Using published experimental results of Naval testing laboratories this procedure calculates the resistance from a few of principle hull parameters of the ship, and builds the graphs of resistance in other conditions of operation. This Program is one of parts of the Cooperative-Project for R&D in Applying of High Speed Light Craft's Technology between the Department of Naval Architecture & Marine Engineering at HCMUT with others companies and institutions.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Công Nghị- Nguyên lý tàu thủy (tập 2 – Sức cản vỏ tàu) –ĐHQG TPHCM, 2001
- [2] Trần Công Nghị- Ứng dụng tin học trong thiết kế và đóng tàu – ĐHQG TPHCM, 2001
- [3] IA. I. Voitskunsky- Sức cản chuyển động của tàu (tiếng Nga) –, Leningrad, 1988