

TÀI LIỆU HỌC TẬP DÀNH CHO SINH VIÊN  
KHOA ĐÓNG TÀU VÀ CÔNG TRÌNH NỔI



THIẾT KẾ

TÀU NHIỀU THÂN



Trang này để trống

**TÀI LIỆU HỌC TẬP DÀNH CHO SINH VIÊN  
KHOA ĐÓNG TÀU VÀ CÔNG TRÌNH NỘI**

# **THIẾT KẾ TÀU NHIỀU THÂN**

Những người viết:

## Mục lục

Chương 1	Tàu nhiều thân	5
Chương 2	Thiết kế tàu nhiều thân	
2.1	Thiết kế tàu catamaran	20
2.2	Thiết kế tàu hai thân đường nước nhỏ SWATH	30
2.3	Tàu hai thân trên cánh	35
2.4	Thiết kế tàu ba thân	38
2.5	Kết cấu thân tàu	41
2.6	Độ bền kết cấu tàu hai thân	55
Chương 3	Sức cản. Thiết bị đẩy tàu	62
3.1	Tính sức cản sóng tàu nhiều thân	62
3.2	Áp dụng dụng CFD tính sức cản vỏ tàu	67
3.3	Phương pháp tính sức cản của Mercier và Savitsky	70
3.4	Đồ thị tính sức cản tàu 2 thân/ 3 thân	72
3.1	Thiết kế máy đẩy tàu chạy nhanh	85
Chương 4	Các đường tính nổi. Đường cross curves	115
4.1	Tính các đường tính nổi tàu một thân trên máy tính cá nhân	115
4.2	Thau65t toán xác lập họ đường cross curves (pantokaren)	121
4.3	Tính đặc trưng hình học tàu nhiều thân	124
4.4	Tính họ đường cross curves tàu nhiều thân	125
4.5	Dựng đồ thị ổn định trên cơ sở đường pantokaren	125

## TÀU NHIỀU THÂN

Thường gặp trong thực tế tàu hai thân có tên gọi *catamaran* và tàu ba thân, *trimaran*. Hình ảnh để nhận biết tàu nhiều thân trình bày tại hình 1.1. Tàu hai thân có kích thước trải trong phạm vi rộng. Tàu cỡ nhỏ chiều dài chỉ khoảng 5 m, tàu cỡ lớn dài hơn trăm mét. Tàu 3 thân thông thường có kích thước lớn hơn, tùy thuộc công dụng. Thuyền thể thao 3 thân, các thân dài gần như nhau, đặt cách nhau khẩu độ đủ lớn. Tàu 3 thân, ảnh phía phải hàng dưới hình 1.1 với phần thân giữa dài, rộng, hai thân còn lại chiều dài ngắn hơn chừng 50% chiều dài thân giữa, chiều rộng nhỏ hơn.



Hình 1.1 Tàu 2 thân (dòng trên) và 3 thân (dòng dưới)



Hình 1.2 Tàu catamaran thể thao, du lịch

Tàu hai thân và tàu ba thân đã sử dụng có kết quả từ rất lâu. Thời xa xưa xuống hai thân mà ngày nay chúng ta gọi *catamaran* đã được dùng phổ biến tại các đảo trên Thái Bình Dương và Ấn Độ Dương. Thổ dân các đảo Ấn Độ Dương gọi đây là *Katu Maram*, còn trong ngôn ngữ Mã Lai thuyền dạng này được gọi *Kattamaram*. Kiểu thuyền này có từ trước công nguyên. Phương tiện vận tải này phát triển sang châu Âu từ thế kỷ XVII - XIX. Tàu hai thân hiện đại bắt nguồn từ châu Âu, khoảng đầu những năm sáu mươi. Tàu vỏ hợp kim nhôm dài 35 mm đã ra đời trong những năm đó. Tàu hai thân thế hệ mới với những cải biên nhất định ra đời từ những năm bảy mươi cũng từ châu Âu.

Đặc tính nổi trội của tàu hai thân là sức cản sóng nhỏ hơn so với tàu một thân cùng lượng chiếm nước, tính ổn định của tàu “cải thiện” nhiều hơn so với tàu một thân nhờ chiều rộng toàn tàu rất lớn. Ưu việt tiếp theo của tàu kiểu này được chú ý là tính êm của tàu trong rất nhiều trường hợp tốt hơn tàu một thân. Những ưu điểm đang nêu thể hiện trong những trường hợp cụ thể, điều kiện cụ thể.

Từ những năm bảy mươi nhiều nước châu Âu đã phát triển dạng mới của tàu catamaran có tên gọi *wave-piercing catamaran*. Đặc tính nổi trội của kiểu mới là thân tàu có khả năng cắt sóng, hay nói cách khác là cho phép hạn chế sóng phát sinh từ thân tàu lúc chạy. Nhìn từ bên ngoài, tàu nhóm này thay đổi hình dáng và kết cấu hai thân, đặc biệt là phần trước thân tàu. Mũi tàu, trong trường hợp này 2 mũi tàu, như những thiết bị cắt sóng nhô hẳn về trước. Thiết bị này có chức năng giảm việc tạo sóng quanh tàu lúc chạy, hạn chế biên độ sóng và quá trình lan tỏa sóng dọc thân tàu. Trong một nghĩa gần với lý thuyết tàu đây là dạng “*waveless form*” được các nhà nghiên cứu trẻ đề xuất trong những năm cuối thế kỷ XX. Nhờ đặc tính này sức cản sóng của tàu hai thân đời mới giảm đáng kể, vận tốc các tàu thế hệ này tăng cao. Cuối thế kỷ XX đã có những tàu hai thân chở khách dài trên 100 m, sức chở đến 1300 - 1400 người, khai thác ở vận tốc xấp xỉ 45 HI/h.

Những tàu thuộc nhóm *wave-piercing* trình bày tại các hình tiếp theo



Hình 1.3 Tàu nhóm wave-piercing catamaran

Hình 1.4 Sea-Cat

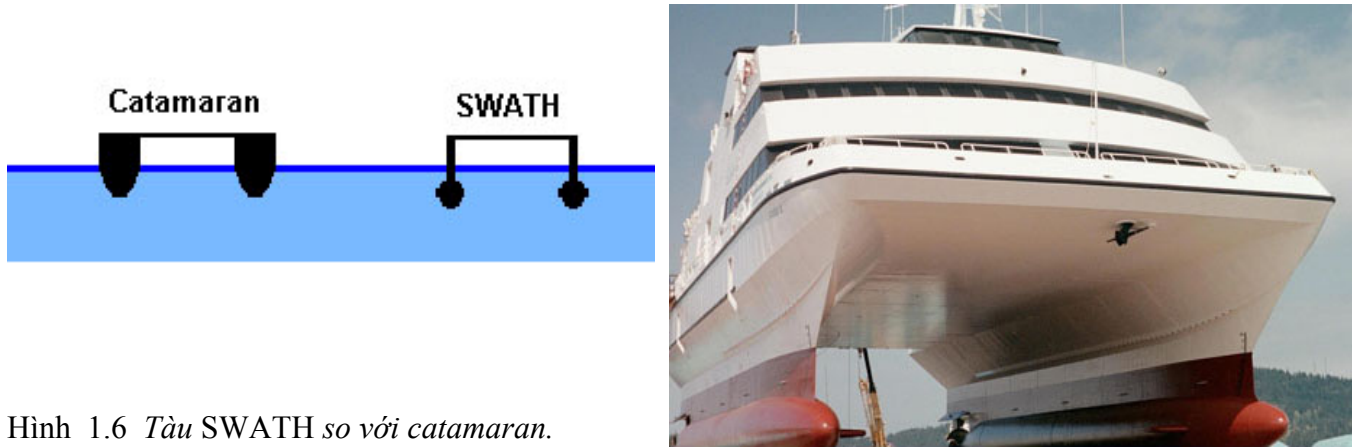
Đề ý rằng hình dáng tàu wave-piercing rất đa dạng. Rất nhiều tàu được thiết kế gần giống tàu ba thân, đối xứng qua mặt cắt dọc giữ tàu. Phần thân giữa kích thước lớn, thường thuộc đường hình deep V, rất giống đáy tàu planning. Đáy tàu phần này nằm cao trên mặt nước tĩnh. Hai phao có dạng thoát nước. Kết cấu dạng này tạo điều kiện cho tàu chạy nhanh nhờ giảm sức cản sóng, tính êm thỏa mãn yêu cầu sử dụng. Nhóm tàu chạy nhanh của Hải quân USA đang thiết kế theo kiểu này.



Hình 1.5 Tàu HSV hải quân USA

Tiếp sau nhóm wave-piercing những nhà thiết kế đề xuất catamaran với hình dạng phần chìm cải tiến nhằm giảm biên độ cả cường độ sóng, làm cho tàu catamaran thân thiện với môi trường. Tàu với đặc tính này thuộc nhóm low-wash hay còn gọi low-wave catamaran.

Tàu SWATH viết tắt từ Small Water-Plane Area Twin Hull có gốc từ tàu hai thân, diện tích đường nước nhỏ được quan tâm phát triển thời gian gần. So với tàu hai thân kiểu kinh điển



Hình 1.6 Tàu SWATH so với catamaran.

Tàu hai thân trên cánh được phát triển từ những năm tám mươi. Ngày nay tàu được thiết kế và chế tạo dưới hai dạng: *hydrofoil catamaran* và *foil-assisted catamaran*. Chúng ta sẽ bàn về nhóm này chương sau của sách.



Hình 1.7 Tàu hai thân trên cánh, thiết kế Nam Phi

Những ứng dụng của tàu nhiều thân tóm tắt như sau:

*Tàu du lịch:* tàu catamaran du lịch thường có sức chở từ vài chục người đến vài trăm người. Tàu du lịch hai thân ngày nay có sức chở 1500 khách đang hoạt động có hiệu quả. Những tàu này khai thác ở vận tốc khá lớn, thông thường 25 – 30 Hl/h. Một số trong đó đã đạt vận tốc 45 – 50 Hl/h.



Hình 1.8 Tàu du lịch kiểu catamaran



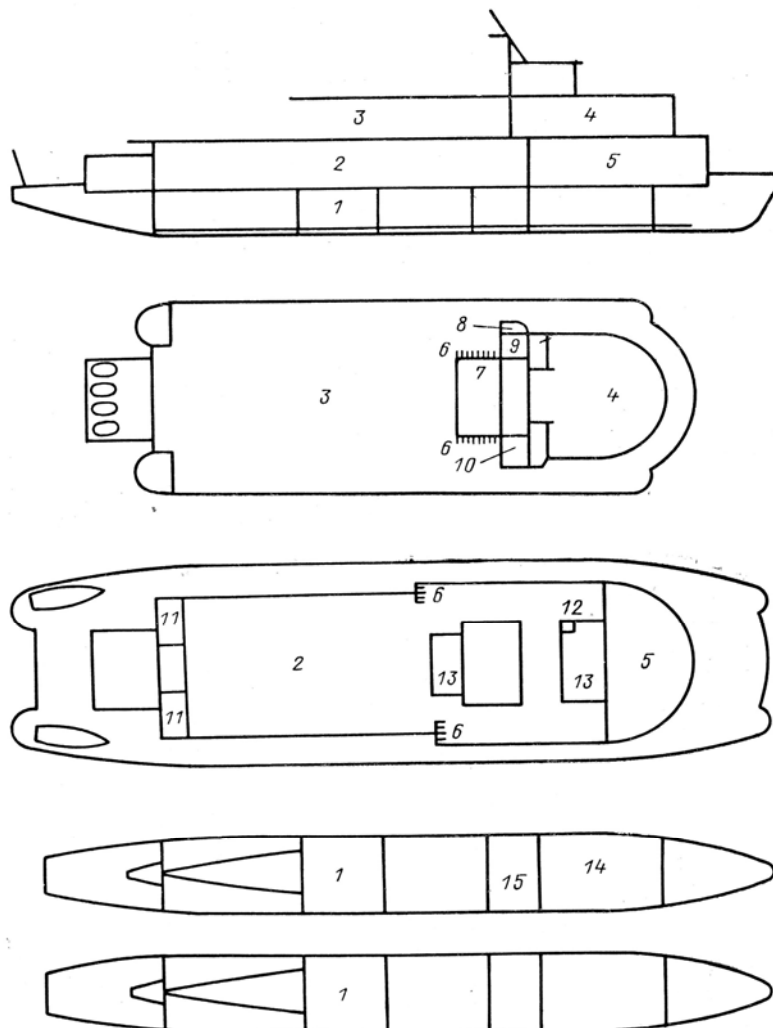
Hình 1.9 Catamaran du lịch “Povl Anker”



Hình 1.10 Tàu cao tốc HSS

Tàu thuộc seri HSS Discovery thuộc Stena Line xuất xứ từ Finland. Kích thước chính của tàu chở khách – du lịch đang quý này: LxBxd = 126,6 x 40 x 4,8 (m). Sức chở của catamaran: 1500 khách, 375 xe. Dung tích đăng ký: GT/NT là 19638/5891. Công suất các máy 78.000 kW. Vận tốc khai thác 40 HI/h.

*Tàu chở khách:* Tàu catamaran chở khách một thời được ưa chuộng tại nhiều nước. Số khách trên tàu nhóm này thay đổi giới hạn rộng. Những tàu cỡ nhỏ chở chỉ khoảng 10 khách, tàu cỡ lớn đã chở đến 700 khách. Thực tế khai thác tàu hai thân chở khách đường sông trong những năm bảy mươi tại Nga cho thấy rằng, tàu làm việc ổn định, tính êm của tàu thỏa mãn những yêu cầu sử dụng, lắc ngang của tàu không quá 4 – 5 độ. Khi tàu có sức chở khách như nhau, so với tàu một thân truyền thống tàu hai thân có lượng chiếm nước chỉ khoảng 55- 60%, theo đó công suất máy cần thiết cho tàu cỡ ấy giảm 30% nếu so với tàu truyền thống cùng vận tốc. Theo sách báo của Nga, ưu việt tàu khách hai thân còn thể hiện ở những khía cạnh khác: mớn nước tàu giảm nhờ lượng chiếm nước giảm đáng kể, tính quay trở tốt vv...



Hình 1.11 Tàu khách “Отдых”

Hình 1.6 trình bày tàu chở khách “Отдых” một thời nổi tiếng ở Nga. Bố trí của tàu như sau: 1 – buồng máy, 2 – phòng khách 183 người, 3 – phòng ngoạn cảnh, 4 – phòng khách 69 người, 5 – phòng

khách 68 người, 6, 7 – khu vực giải trí của khách, 8 – buồng accumulators, 9 – buồng phát thanh, 10 – kios, 11 – buồng thuyền viên, 12 – thang máy, 13 – bar, 14 – nhà bếp, 15 – kho thực phẩm.



Hình 1.12 FoilCat



Hình 1.13 Tàu khách kiểu catamaran



Hình 1.14 Tàu khách hai thân thiết kế những năm bảy mươi



Hình 1.15 Tàu khách hai thân chạy tuyến Đồ Sơn – Cát Bà

Cần nêu thêm tàu khách hai thân vỏ hợp kim nhôm ký hiệu ST180, thiết kế và chế tạo thành công mỹ mãn trong nước, theo như giới thiệu của người thiết kế và nhà chế tạo. Theo thông báo chính thức nhà sản xuất tàu dài 33,3 m; rộng 9,3 m; mớn nước 1,4 m; sức chở 236 người; công suất máy 2x2366HP; vận tốc 32 Hl/h, cuối năm 2004 đã được đưa vào sử dụng trên tuyến đường biển Rạch Giá – Phú Quốc. Chủ tàu đặt tên “Hải Âu” cho tàu, xem ảnh dưới đây. Lúc này những người có trách nhiệm điều chỉnh vận tốc tàu còn 28 Hl/h. Chỉ khai thác thời gian ngắn, vì chi phí khai thác tàu lớn, khả năng hòa vốn không thấy nên chủ tàu đã phải rao bán. Theo tường thuật các báo, “Hải Âu tức là ST180” lúc quyết toán 50 tỷ đồng, khi rao bán chủ tàu ra giá 42 tỷ. Mức giá một khách hàng trả chỉ dừng ở mức 16 tỷ đồng.



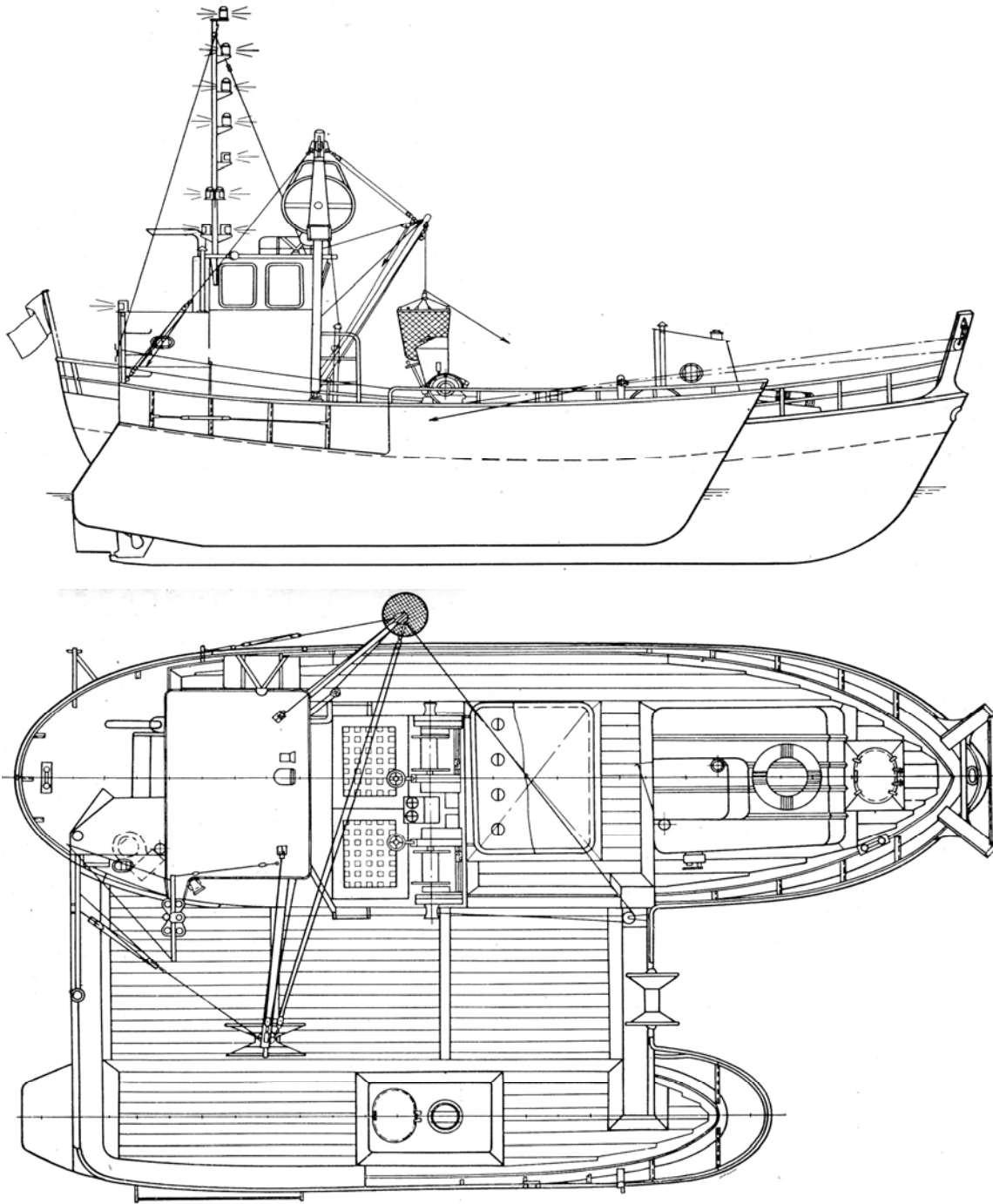
Hình 1.15 Catamaran vỏ hợp kim nhôm ST180 - tàu khách “Hải Âu”

*Tàu tuần tra:* Tàu hai thân làm chức năng tàu tuần tra xuất hiện muộn hơn so với các ứng dụng khác. Tàu tuần tra thiết kế với vận tốc trên 30 Hl/h. Kiểu tàu được chuộng ngày nay là tàu hai thân trên cánh (hydrofoil catamaran). Một trong những tàu do hãng Boeing sản xuất “Jetfoil” dài 27,4m, rộng 9,5 m, có vận tốc khai thác 42 Hl/h.. Tàu hai thân trên cánh phổ biến trong ứng dụng quân sự và dân sự là “Foilcat” dài 35 m, rộng 12 m, phát huy vận tốc 45 Hl/h.

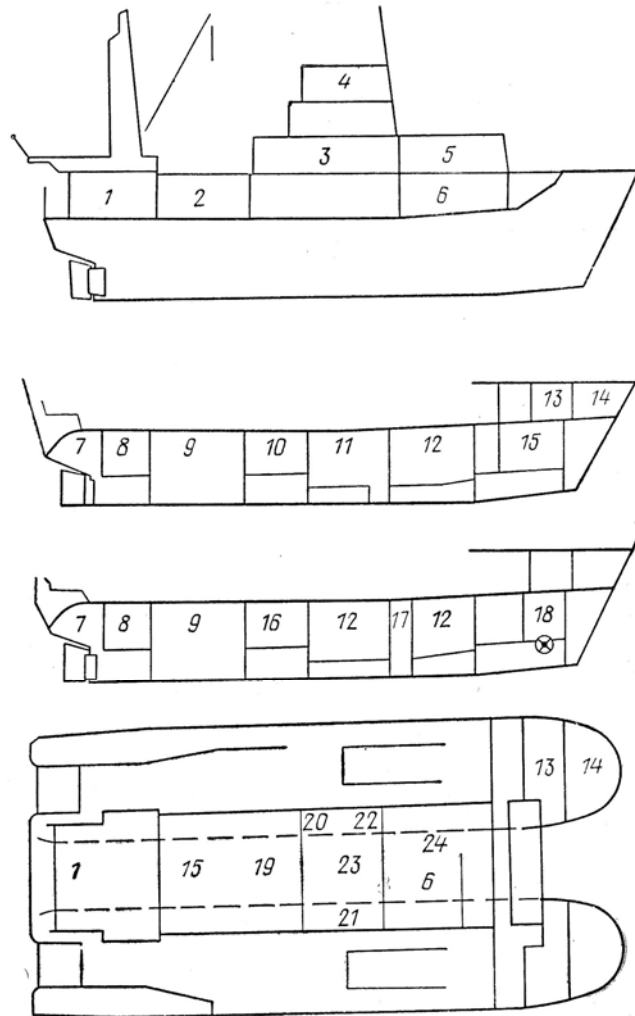


Hình 1.16 Boeing JetFoil

*Tàu đánh cá hai thân*, làm từ thép đóng tàu đã ra đời và trải qua thử nghiệm thực tế. Tính ổn định tàu đầu tiên được coi là rất đảm bảo. Tính êm phù hợp điều kiện làm việc của đoàn thủy thủ. Sàn công tác của tàu rất rộng, tiện cho khai thác, bảo quản sản phẩm. Tuy tính năng kỹ thuật được đề cao song số lượng tàu kiểu này không cao.



Hình 1.18 Tàu cá hai thân "Experiment"



Hình 1.19 Bố trí chung tàu “Experiment”

1 – xưởng chế biến cá, 2 – buồng máy, 3 – máy kéo tời, 4 – buồng điều khiển tàu, 5 – phòng ăn, 6 – phòng máy, 7 – buồng máy lái, 8 - làm mát, 9 – buồng máy tàu, 10 – phòng máy phụ, 11 - buồng lạnh, 12 – hầm cá, 13 – máy móc cơ khí, 14 – kho sơn, 15 – kho sản phẩm chóng hỏng, 16 – d9ie62u2 khiển trung tâm, 17 - phòng các thiết bị đo thủy âm, 18 – thruster, 19 – hầm cấp đông, 20 – lab, 21 – lab, 23 – điều hòa trung tâm, 24 – nhà bếp





Hình 1.20 Tàu cá kiểu catamaran  
Tàu dịch vụ dầu khí

Tàu hai thân tham gia vào dịch vụ dầu khí bằng các kiểu tàu: tàu cung ứng dịch vụ, xem hình phía phải dòng trên hình 1.21. Tàu supply trong ảnh thiết kế cho chế độ khai thác đến 30 HI/h.



Hình 1.21 Tàu dịch vụ dầu khí

Dòng thứ hai của hình 1.21 giới thiệu giàn khoan di động catamaran trong tự giàn semi-submersible.

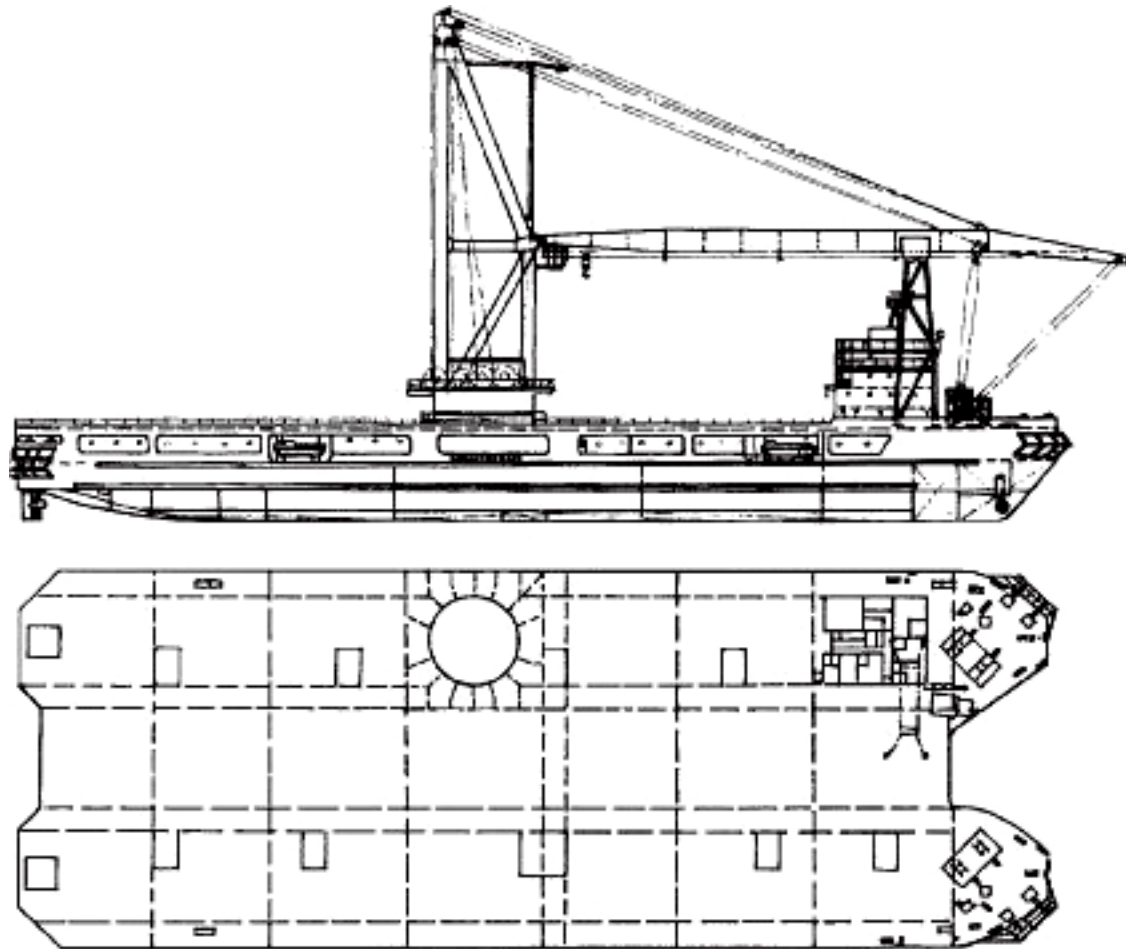
*Cần cầu nặng*

Cần cầu Svanen sức nâng 8700t do Netherlands sản xuất.

Loa = 102,8 m; B = 71,8 m; b = 24,4 m; D = 6 m; d = 4,5 m.



Hình 1.22 Cần cầu dạng catamaran, sức nâng 8700 t.



Hình 1.23 Cần cầu kiểu catamaran “Ispolin”

Cần cầu nổi dạng catamaran sản xuất tại Liên Xô trước đây.

Loa = 148,7 m;  $L_{WL}$  = 130 m; B = 50 m; D = 12 m; d = 4,35 m. Deadweight 3900 t.

Tàu tự hành, vận tốc 11 Hl/h.

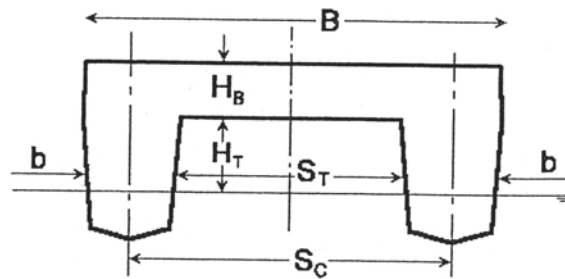
Sức nâng cầu: 2 x 6000 kN.

## THIẾT KẾ TÀU NHIỀU THÂN

### 2.1. Thiết kế tàu catamaran

Tàu hai thân kiểu kinh điển gồm hai thân mảnh, đặt cách nhau khoảng cách thích hợp. Đường hình thân tàu thuộc dạng “vỏ dưa” hoặc tàu đáy phẳng gập chữ V.

Kích thước chính catamaran hiểu như sau đây, hình 2.1.



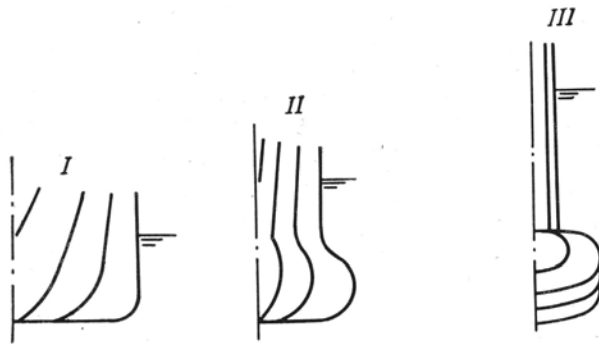
Hình 2.1 Kích thước tại mặt cắt ngang tàu 2 thân

Chiều dài tàu ký hiệu  $L$ , gồm  $L_{oa}$  – chiều dài toàn bộ,  $L_{pp}$  – chiều dài giữa 2 trụ,  $L_{WL}$  – chiều dài đường nước thiết kế.

Ký hiệu ghi tại hình 2.1 hiểu là:  $B$  – chiều rộng tàu,  $b$  – chiều rộng thân tàu,  $S_T$  – khoảng cách giữa hai vách trong của tàu (clear distance between inside hull surfaces),  $S_C$  – khoảng cách giữa hai thân (hull separation).  $H_B$  - chiều cao cầu,  $H_T$  – chiều cao từ đường nước thiết kế đến đáy của cầu tàu.

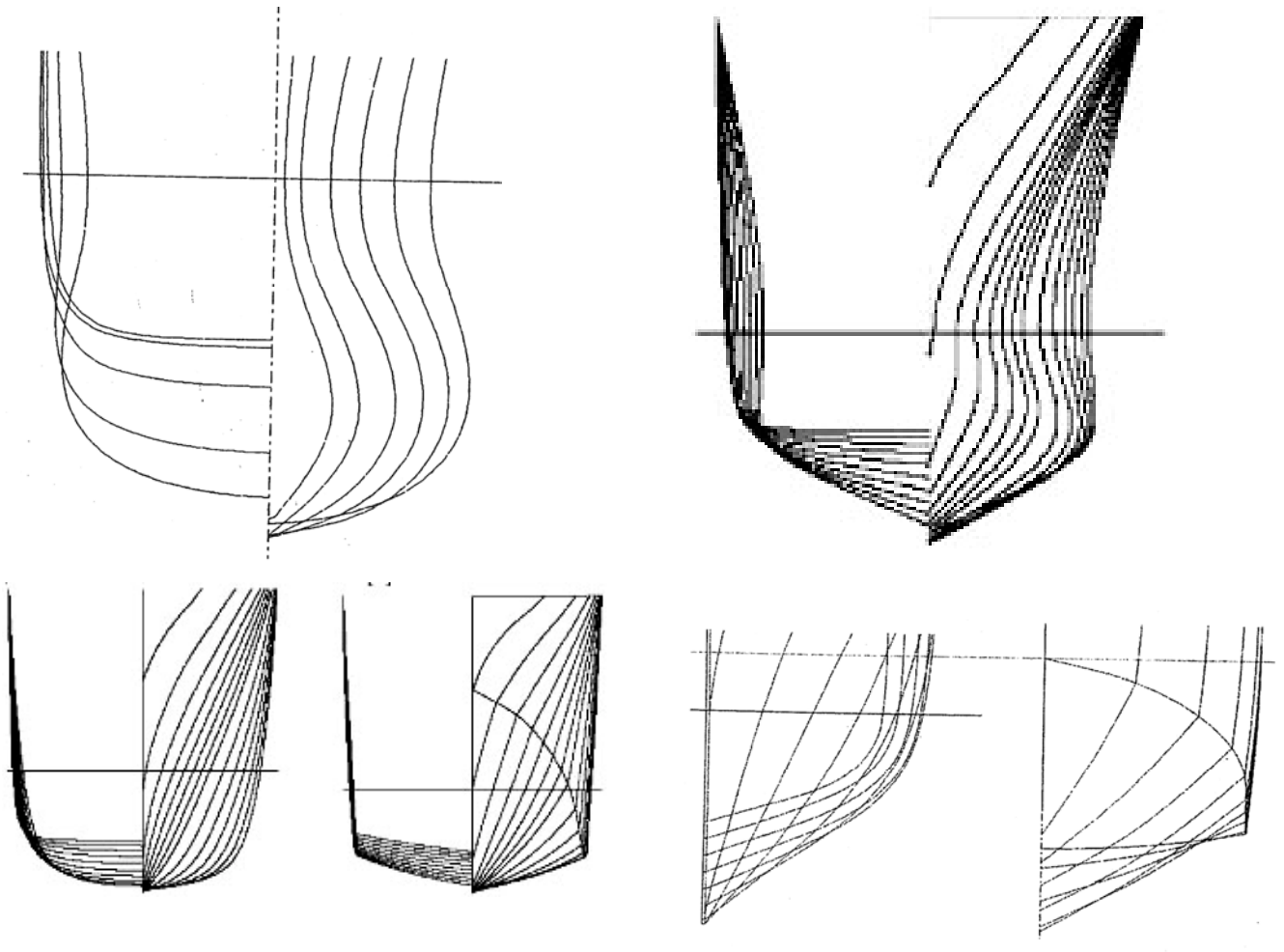
Đường hình có thể dùng thiết kế tàu hai thân, dạng thân đối xứng tìm thấy tại tài liệu “Thiết kế tàu cỡ nhỏ chạy nhanh”, NXB Đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.

Đường hình vỏ tàu có thể đối xứng qua mặt cắt dọc giữa tàu hoặc không đối xứng. Thân tàu có thể thuộc một trong các dạng nêu tại hình



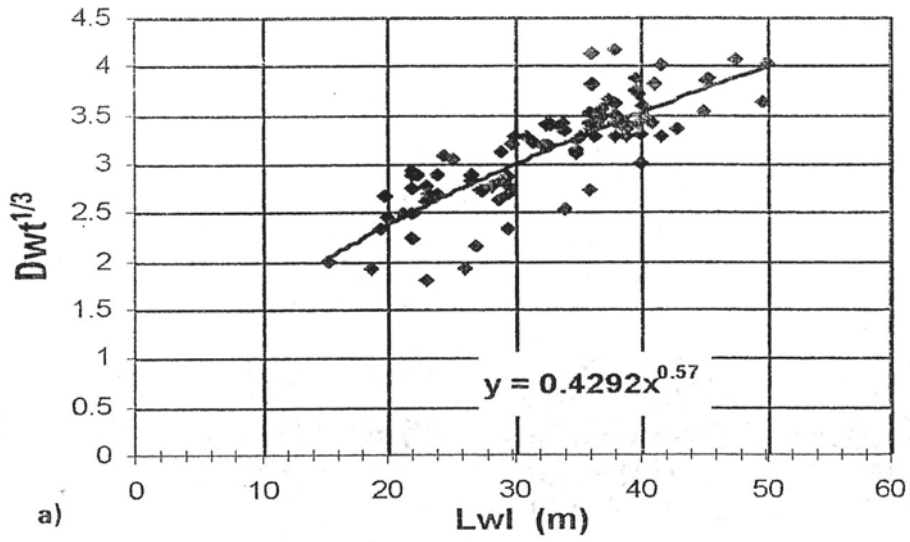
Hình 2.2 Đường hình tàu nhiều thân

Những đường hình có mặt trên các tàu thực tế có thể như sau:

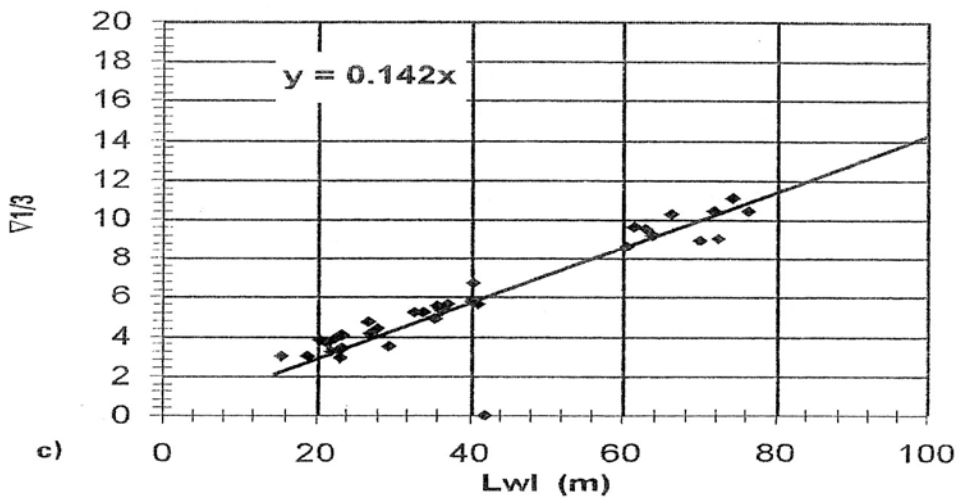


Hình 2.3 Đường hình *d0a85c* trong tàu hai thân

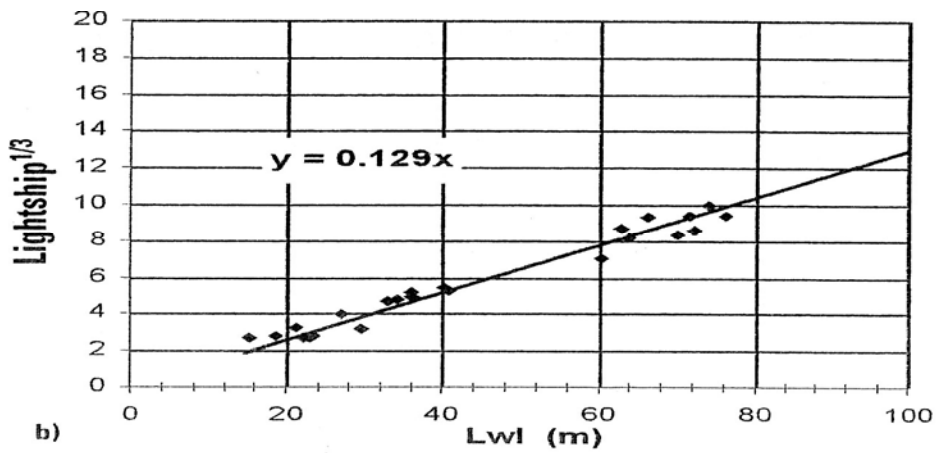
Chọn kích thước chính catamaran theo đồ thị tại các hình 2.4 đến 2.5



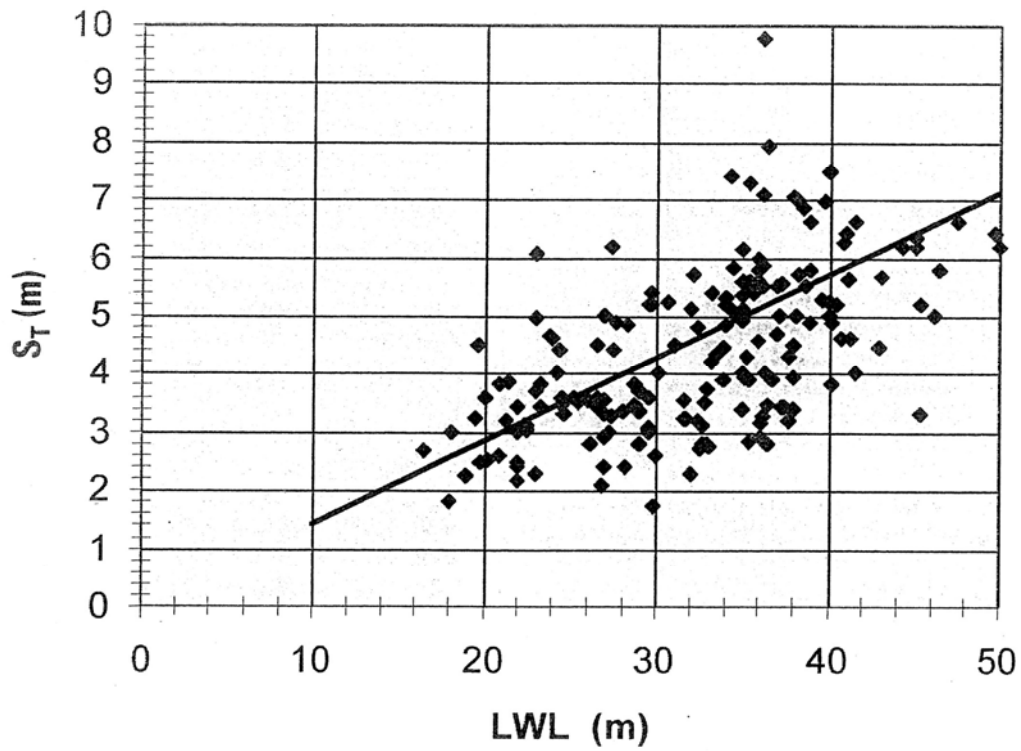
Hình 2.4



Hình 2.5a

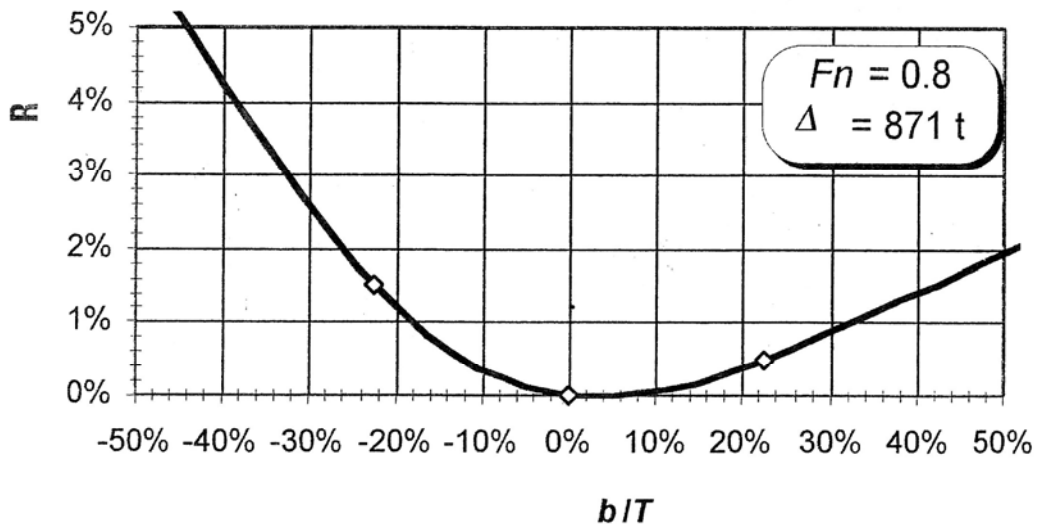


Hình 2.5b



Hình 2.5c

Chọn tỷ lệ b/T hợp lý nhằm giảm sức cản vỏ tàu.



Hình 2.6

Chiều chìm T của tàu căn cứ vào yêu cầu bố trí chân vịt tàu để xác định.

Tỷ lệ b/T có ảnh hưởng nhất định đến sức cản vỏ tàu, cần cân nhắc trước khi xác định giá trị chính thức.

Hệ số béo thân tàu nằm trong phạm vi 0,45 đến 0,55.

Góc rẽ nước tại đường nước thiết kế cố gắng càng nhỏ càng có lợi khi tính sức cản tàu. Tàu chạy nhanh vận tốc đến 40 Hl/h, kích cỡ lớn nên chọn góc rẽ nước khoảng 3° đến 5°. Tàu cỡ nhỏ, vận tốc không lớn nên chọn góc này trong phạm vi 10° đến 12°.

Những tàu có thể tham khảo khi thiết kế tàu kiểu kinh điển:

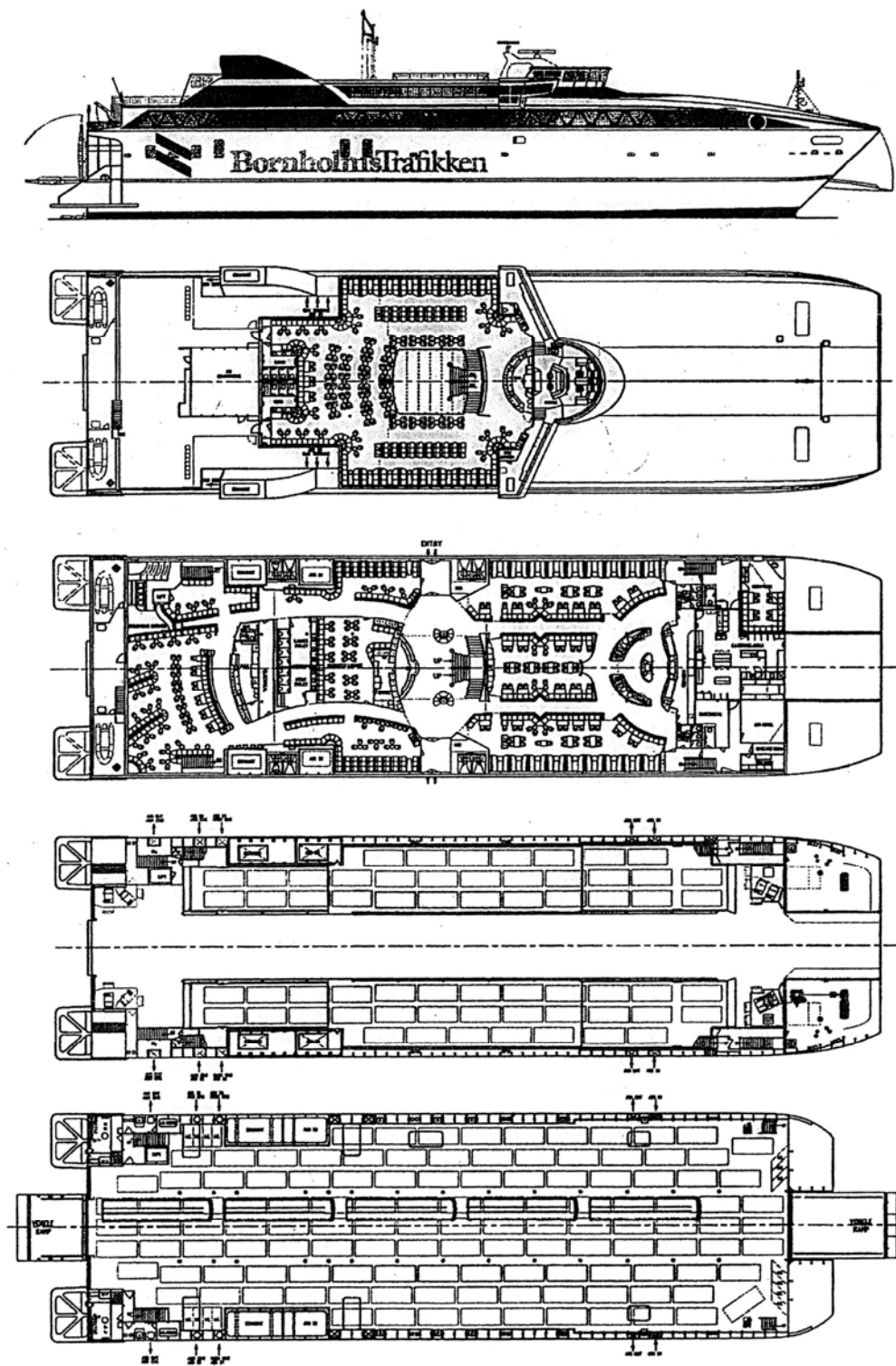
<i>Thông số chính</i>	<i>Austal</i>	<i>InCat</i>	<i>Westmaran</i>	<i>Delphin</i>
Chiều dài, m	40	70,4	42,23	82,3
Chiều rộng, m	11,5	19,5	10,	23
Chiều chìm, m	1,4	2,15	1,6	2,5
Chiều cao, m		5,65		6,5
Công suất máy, kW	4000	21240	4000	24000
Lượng chiếm nước, t		650		1100
Vận tốc, Hl/h	32	45	35	37,5
Khách, người	338	294	230	600
Xe		53		175

Bố trí chung tàu catamaran chở khách

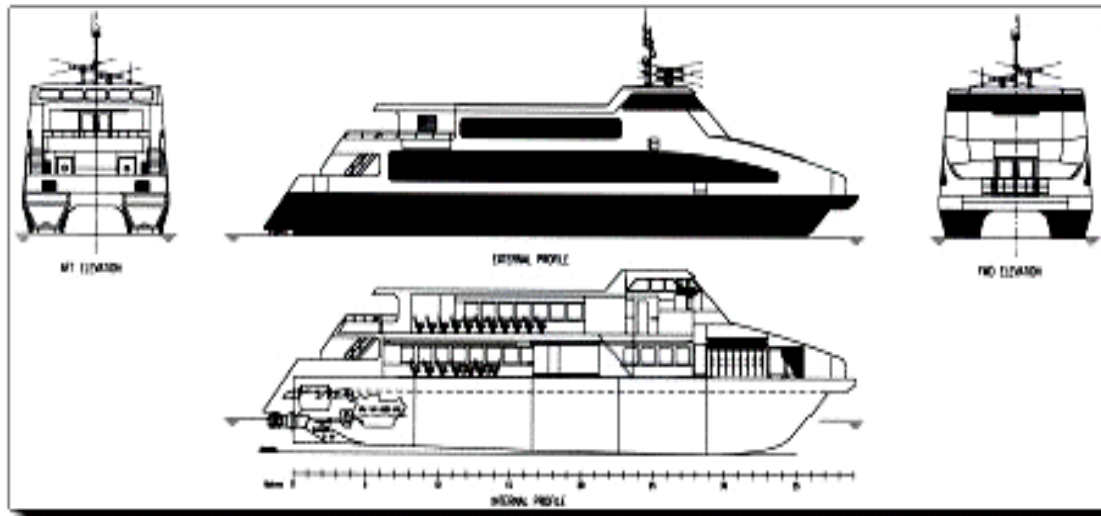


Hình 2.7 Catamaran “Villum Clausen” ảnh chụp năm 2004

Catamaran “Villum Clausen” hạ thủy từ năm 2000. Tàu có khả năng chở 1055 khách. Vận tốc khai thác xấp xỉ 48 Hl/h.



Hình 2.8 Bố trí chung “Villum Clausen”



Hình 2.9 Bố trí chung tàu du lịch hai thân sử dụng waterjet

### Tàu kiểu weave-piercing

Tàu nhóm này thiết kế để làm việc ở miền vận tốc cao. Tàu gồm hai thân mảnh và dài, chiều cao mạn khô thấp ở mức giới hạn. Lực nổi phần mũi tàu phải nhỏ. Mũi tàu có hình dạng thích hợp việc cắt sóng và hạn chế sóng lan tỏa quanh thân. Với tính năng đó sức cản tàu có thể giảm, lắc dọc tàu nhẹ nhàng hơn, gia tốc lắc nhỏ hơn so với tàu kiểu kinh điển. Tàu nhóm này phát triển từ đầu những năm tám mươi, ngày nay đang tiếp tục phát triển.

Những tàu tiêu biểu như sau:

Thông số	InCat	AMD 1500	Gold Coast
Chiều dài, m	77,5	99,87	31,7
Chiều rộng, m	26	20	9,8
Chiều chìm, m	3,4	3,10	1,35
Chiều cao, m	7,2	12,6	
Công suất máy, kW	17280	18960	2600
Lượng chiếm nước, t	785	2200	61,1
Vận tốc, Hl/h	35	30	35
Khách, người	600	460	35
Xe	150	94	

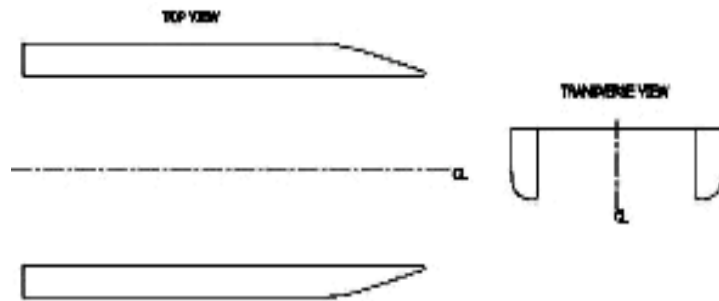


Hình 2.10 Wave-piercing catamaran họ INCAT

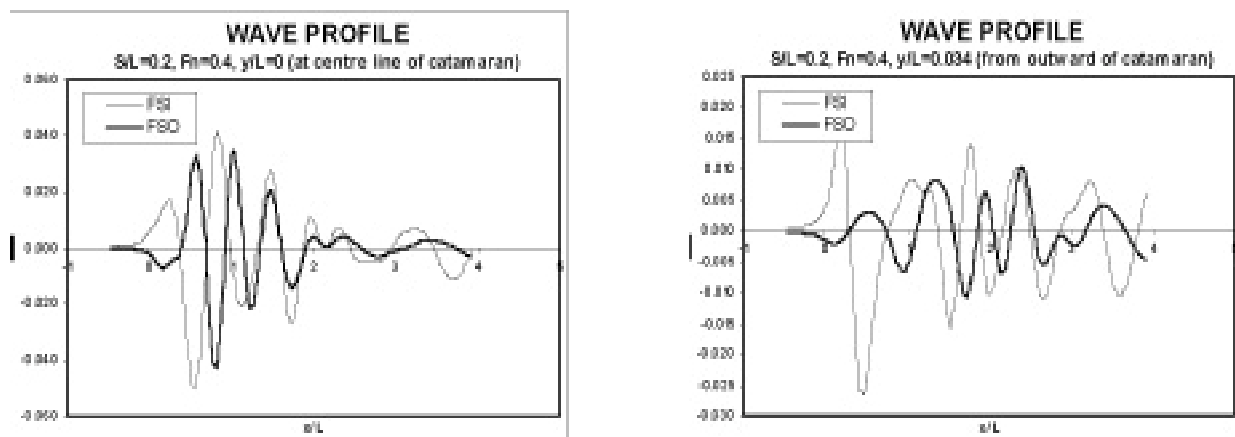
Thiết kế tàu hai thân dạng ít sóng

Nhóm tàu thân thiện hơn với môi trường, gây sóng nhỏ được gọi bằng thuật ngữ mới hình thành low-wash, còn hiểu là low-wave. Tàu với đường hình tạo sóng nhỏ được dùng phổ biến trong vận tải khách đường sông hoặc tuyến đường ven biển gần và kín. Đường hình tàu nhóm này thuộc kiểu “vỏ dừa”. Thân tàu dài, tỷ lệ L/B lớn hơn các tàu khác nhóm. Sóng tạo ra dọc tàu có biên độ nhỏ.

Những nghiên cứu lý thuyết tàu vawe-piercing đưa lại những kết quả sau:



Hình 2.11 Mô hình tàu nghiên cứu



Hình 2.12 Kết quả nghiên cứu cắt sóng, giảm sóng của tàu low-wash

Những tàu tiêu biểu như sau:

Thông số	FBM	Transcat	NQEA
Chiều dài, m	23	44	35
Chiều rộng, m	5,7	11,8	10,5
Chiều chìm, m	0,75	1,4	1,35
Công suất máy, kW	500	1900	750
Vận tốc, Hl/h	25	25	24
Khách, người	62	496	200



Hình 2.13 Low-Wash Catamaran chạy sông



Hình 2.14 Low-Wash Cat "Bermuda"

Phần tiếp giới thiệu tàu hai thân cỡ nhỏ lớp low wash.

Chiều dài toàn bộ Loa 25,2 m

Chiều dài đường nước thiết kế  $L_{WL}$  24,8 m

Chiều rộng B 8,0 m

Chiều chìm d 1,0 m

Máy chính : 2 x Yanmar 6LY2ASTP 440 HP

Hộp giảm tốc: 2 x ZF IRM350

Chân vịt: 5 cánh, đường kính D = 28"

Vận tốc tối đa 24 Hl/h; Vận tốc khai thác 21 Hl/h



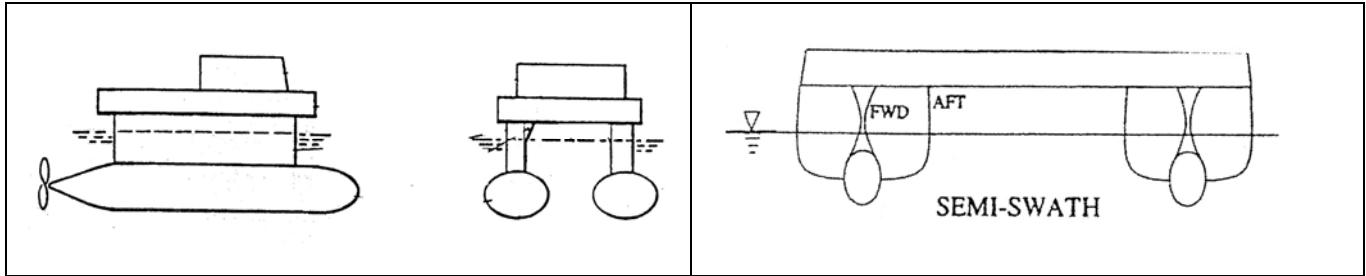
Hình 2.15a Tàu low-wash dài 25 m



Hình 2.15b Low wash catamaran chạy sông dài 24 m

## 2.2 Thiết kế tàu hai thân đường nước nhỏ SWATH

Nhóm tàu đường nước nhỏ chia là hai phân nhóm, tàu SWATH (viết tắt từ cụm từ small waterplane area twin hull) đúng nghĩa và tàu nửa SWATH (semi-SWATH). Diện tích đường nước tàu nhỏ là biện pháp hạn chế ảnh hưởng mặt thoáng vùng nước đến chuyển động tàu. Nhờ giảm bớt diện tích mặt cắt thân tàu với mặt thoáng chúng ta có thể hạn chế biên độ, gia tốc chòng chành tàu, giảm sức cản sóng của tàu.



Hình 2.16 Tàu kiểu SWATH và semi-SWATH

Tàu SWATH dùng rộng rãi trong vận chuyển hành khách và trong các mục đích quân sự.

Thông số	SSC 40	Atlantic	Navatek	Cloud	Diamond
Chiều dài, m	44	37	44	37	115,8
Chiều rộng, m	16	13	16	18	32
Chiều chìm, m	3,5	2,7	2,5	3,4	8,0
Công suất máy, kW	8000	4100	2000	5700	11300
Lượng chiếm nước, t		180		340	
Vận tốc, Hl/h	30,6	31,7	18	30	12,5
Khách, người	410	400	440	365	354
Xe					

Thông số	Kotozang	Kayo	Suave Uno	Halcyon	Tagos-19
Năm chế tạo	12/1980	10/1984	1981	4/1981	9/1991
Chiều dài toàn bộ, m	27,0	61,5	19,2	18,3	71,5
Chiều dài thiết kế, m	25,0	53,0	16,8		
Chiều rộng, m	12,5	28,0	9,1	9,2	28,5
Chiều chìm, m	3,2	6,3	2,13	2,3	7,6
Công suất máy, PS	2x1900	4x1360 kW	2x425		4x1000 kW
Lượng chiếm nước, t	236	3500	53	57	3396

Vận tốc, Hl/h	20,5	13,2	14	22	16
Khách, người		29crew+ 40 nhà nghiên cứu		20+3crew	22crew+5 nhà nghiên cứu



Hình 2.17 Chế tạo tàu SWATH

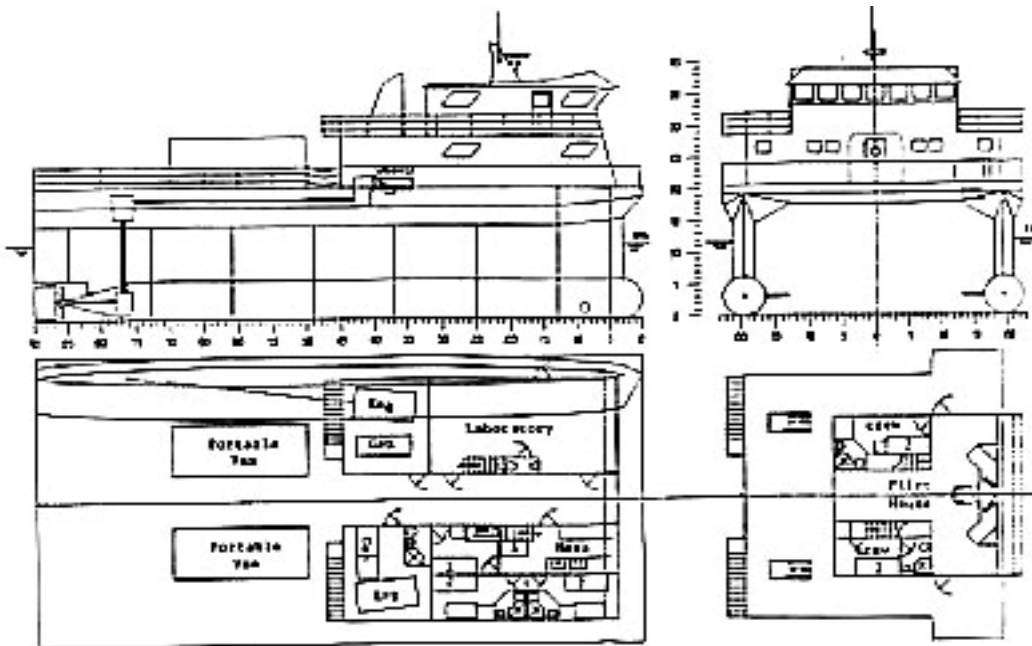
Tàu semi-SWATH có đặc tính pha trộn: nửa tàu phần mũi là tàu SWATH, nửa sau là tàu catamaran kiểu kinh điển. Sự kết hợp này mang lại những ưu điểm được thực tế kiểm nghiệm là tính êm của tàu giống tàu SWATH còn tính di chuyển, tức sức cản và công suất máy đòi hỏi không cao. Thông thường các tàu này sử dụng hệ thống thiết bị đẩy máy phụt nước (waterjet).

Những tàu semi-SWATH tiêu biểu như sau:

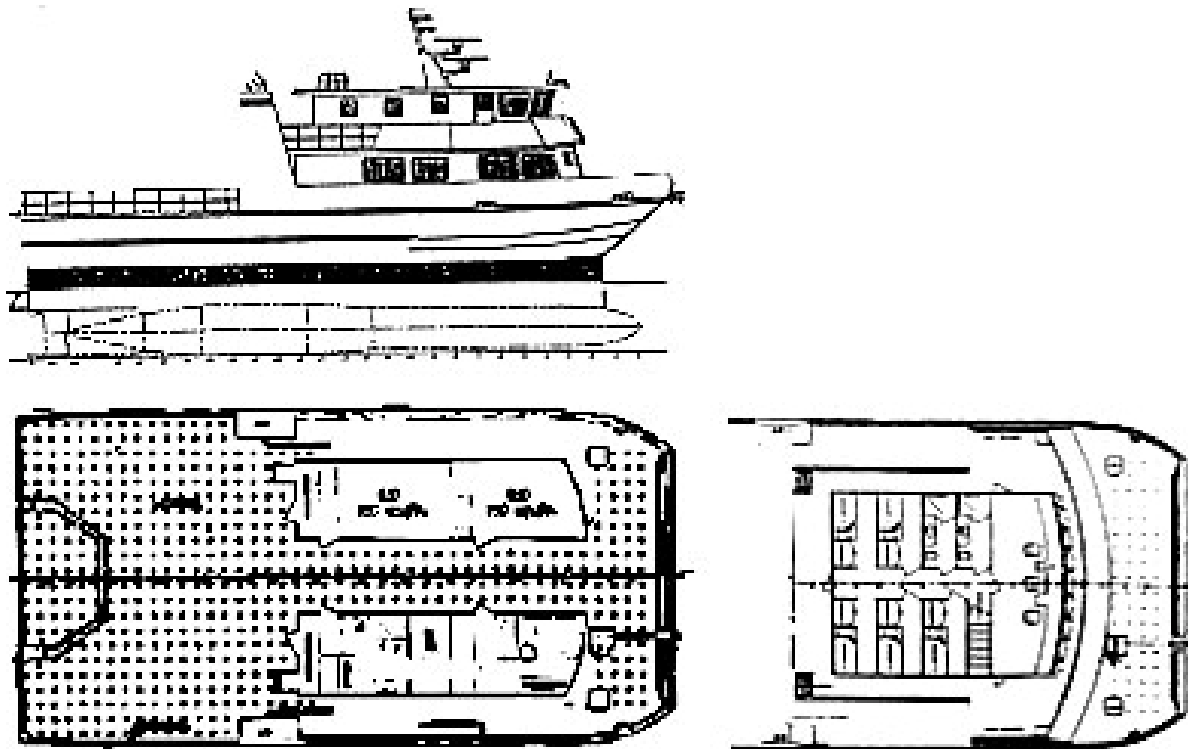
Thông số	HSS1500	Sten HS 900	SeaJet 250
Chiều dài, m	124	88	76
Chiều rộng, m	40	28	23
Chiều chìm, m	4,5	3,7	3,4
Chiều cao, m	13	12,6	8,05
Công suất máy, kW	70000	34000	30000
Lượng chiếm nước, t	4000	1650	890
Vận tốc, Hl/h	44	40	44
Khách, người	1500	900	450
Xe	375	212	120



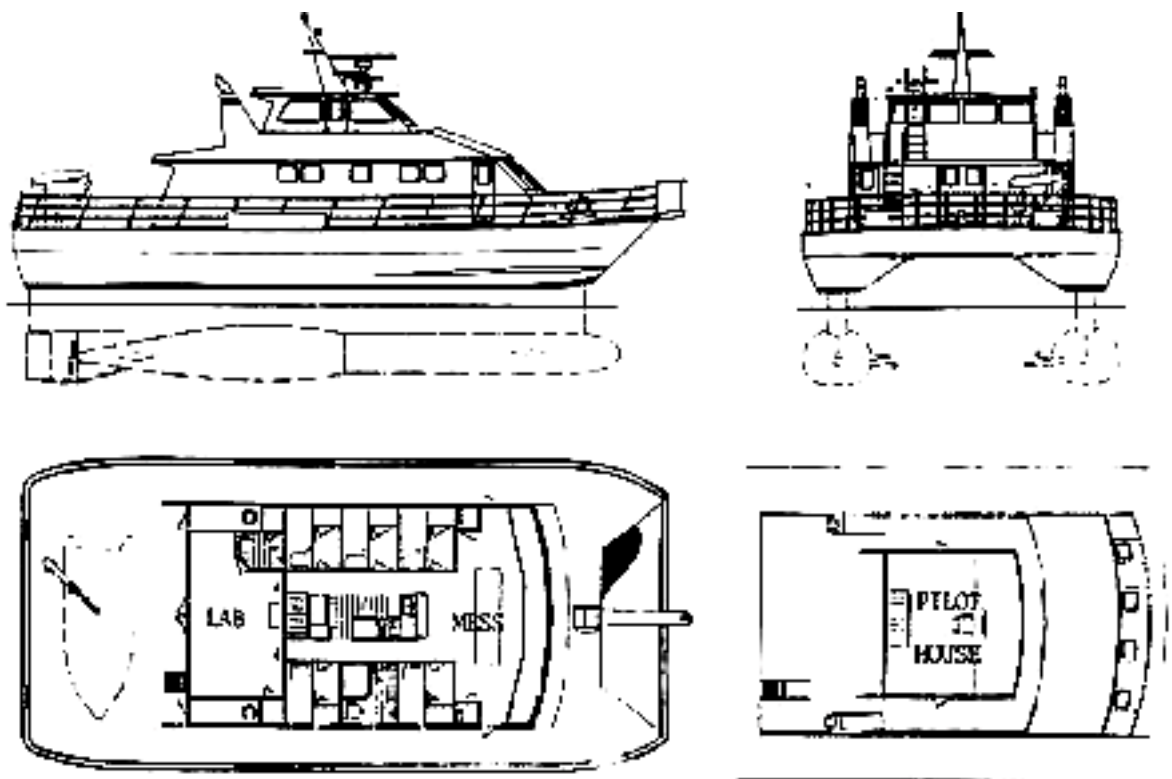
Hình 2.18  
 Những thiết kế tàu SWATH tham khảo



Hình 2.19a



Hình 2.19b



Hình 2.19c



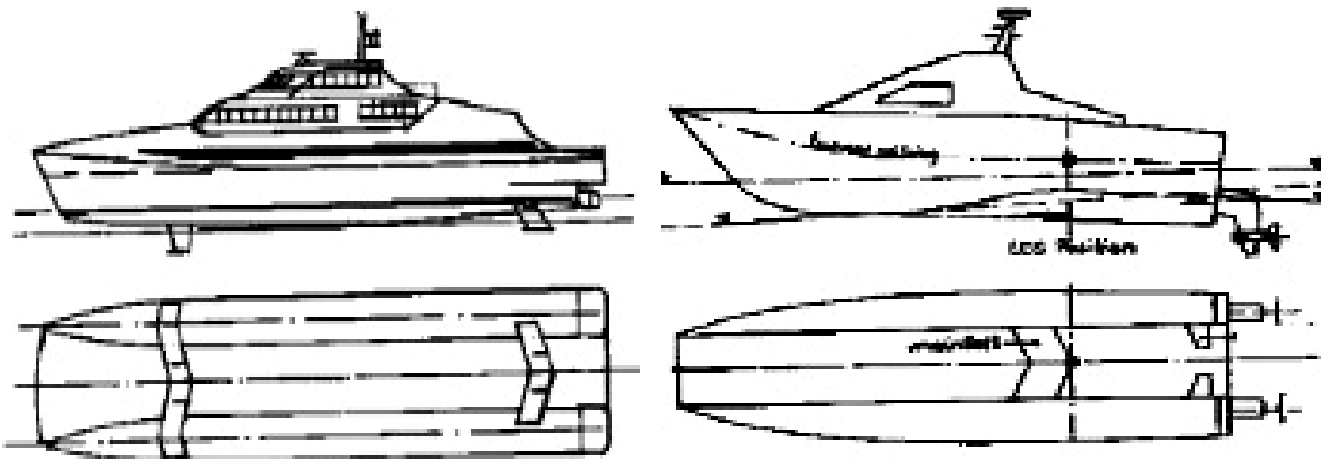
Hình 2.20



Hình 2.21

### 2.3 Tàu hai thân trên cánh (hydrofoil catamaran)

So với tàu nổi, tàu trên cánh giúp người thiết kế giảm 30% đến 40% sức cản thân tàu nhờ giảm thiểu diện tích mặt tiếp nước. Để làm điều này cần thiết bố trí cánh cho tàu hai thân. Hiện có 2 cách bố trí cánh: (1) chỉ bố trí một cánh, hình phía phải và (2) bố trí 2 cánh, hình phía trái. Chọn profil cánh, bố trí cánh thích hợp cho tàu theo phương án lắp 2 cánh đề nghị bạn đọc xem chương “tàu trên cánh” trong sách “Thiết kế tàu cỡ nhỏ chạy nhanh”, NXB ĐHQG Tp HCM.



Hình 2.22 Bố trí cánh ngầm cho catamaran

Tàu lắp chỉ 1 cánh tạo nhiều khó khăn cho người thiết kế lúc xác định vị trí đặt cánh. Cần tính toán và cần nhất, tích lũy kinh nghiệm thiết kế để chọn đúng vị trí đặt cánh trong quan hệ với vị trí tâm nổi tàu, trọng tâm tàu.

Những tàu tiêu biểu như sau:

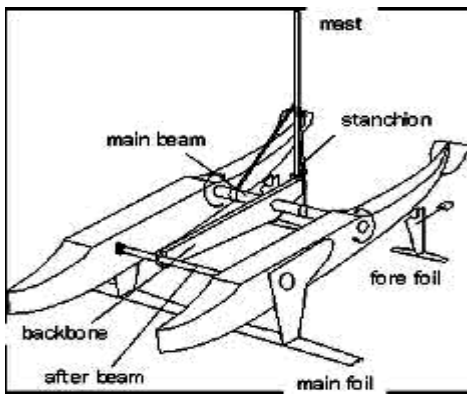
Thông số	RHS	FoilCat
Chiều dài, m	31,2	35
Chiều rộng, m	6,7	12
Chiều chìm, m	3,76	4,7
Công suất máy, kW	2800	8950
Vận tốc, H/h	34,5	45
Khách, người	240	400

#### **Tàu hydrofoil-assisted catamaran**

Tàu kiểu này hoạt động theo nguyên lý, cánh ngầm tạo lực nâng đủ đỡ từ 25% đến 90% trọng lượng tàu lúc làm việc, phần còn lại trông đợi vào lực nổi thân tàu. Có thể hình dung, khi chạy với vận tốc cao toàn bộ phần trước thân tàu nổi hẳn trên mặt nước nhờ lực nâng của cánh ngầm, phần lái tàu chìm trong nước, xem các ảnh dưới đây. Cơ chế này cho phép người thiết kế bố trí thiết bị đẩy tàu tại phần thân tàu luôn nằm trong nước.

Thông số	H148	SF40
Chiều dài, m	32	41
Chiều rộng, m	8,6	12,4
Chiều chìm, m	1,0	1,2
Công suất máy, kW	4x735	4x1740
Máy đẩy	Waterjet 450DD=DB	Waterjet 550DD=DB
Vận tốc, Hl/h	45	55
Khách, người	200	330

Một trong những tàu cỡ lớn của nhóm, tàu Patrico dài 72m thiết kế cho vận tốc từ 45 đến 57 Hl/h.



Hình 2.23 *Hydrofoil-assisted catamaran*



Hình 2.24 Tàu SF40 dài 41m, sức chở 330 khách tại xưởng



Hình 2.25 Tàu 2 thân kiểu foil-assisted "Kvichak" dài 17 m, vận tốc 30 HU/h

## 2.4 Tàu ba thân – trimaran

Tàu 3 thân thiết kế theo mô hình đã qua thử nghiệm. Thân giữa có hình dạng gần với tàu một thân, tỷ lệ giữa chiều dài và chiều rộng rất lớn. Hai thân hai bên chiều dài ngắn. Tỷ lệ giữa các kích thước thân giữa và thân bên cạnh tham khảo tại bảng sau:

Tên gọi	Thân giữa	Thân bên
Chiều dài đường nước $L_{WL}$ , m	150,0	60,0
Chiều rộng thân, m	10,80	1,80
Chiều chìm, m	5,50	2,80
Lượng chiếm nước, t	4289	198, chiếm 4,2% D toàn bộ
Hệ số $C_M$	0,803	
Hệ số $C_P$	0,581	

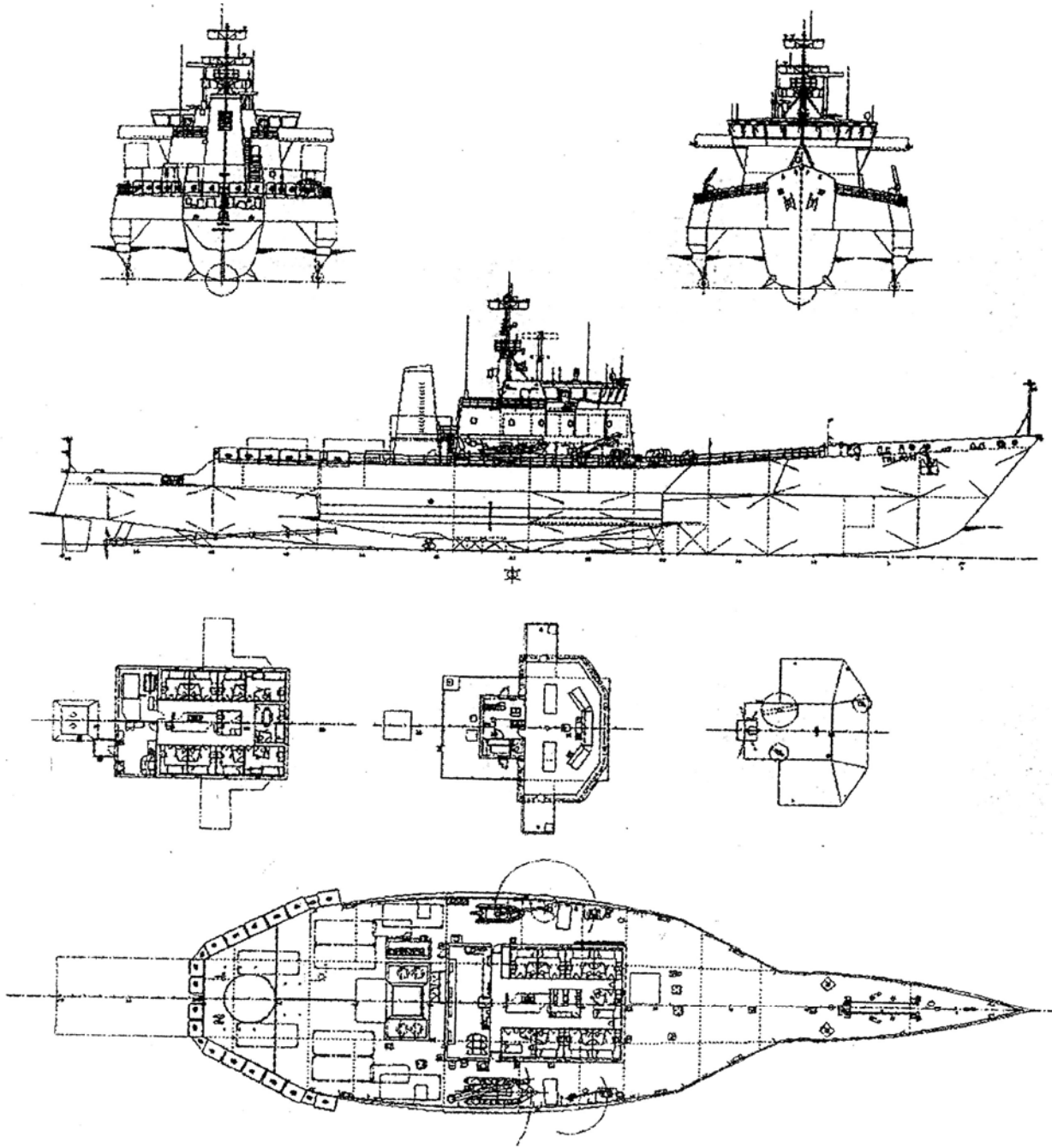
Kích thước chính của tàu:

Chiều dài toàn bộ $L_{OA}$ , m	160,0
Chiều rộng toàn bộ, m	25,0
Chiều cao, m	11,70
Lượng chiếm nước	4685 t

Những tàu ba thân đã được nghiên cứu, thiết kế như sau:

	ASW	OPV	carrier	Fast Ferry	Canada
Lượng chiếm nước, t	4200	514	16657	11300	1350
Loa, m	154,7	78,8	231,6	105,0	120,0
$B$ , m	27,5	13,7	43,0	19,2	25,0
$D$ , m	10,2	8,5	23,6	8,5	8,0
<b>Thân chính</b>					
$L_{WL}$ , m	148,7	76,8	220,0	99,0	115,0
$B_{WL}$ , m	10,4	4,2	14,5	6,8	6,5
$d$ , m	5,2	3,4	6,0	3,4	3,2
<b>Thân bên cạnh</b>					
$L_{WL}$ , m	36,0	28,0	82,0	35,0	30,0
$B_{WL}$ , m	3,0	0,7	4,0	1,5	2,0
$d$ , m	3,6	2,1	6,5	2,0	1,5
Công suất máy chính, MW	24	4	70	20	20
Vận tốc lớn nhất, Hl/h	28	25	27	38	36

Thiết kế tham khảo



Hình 2.26 Tàu trimaran "Triton"



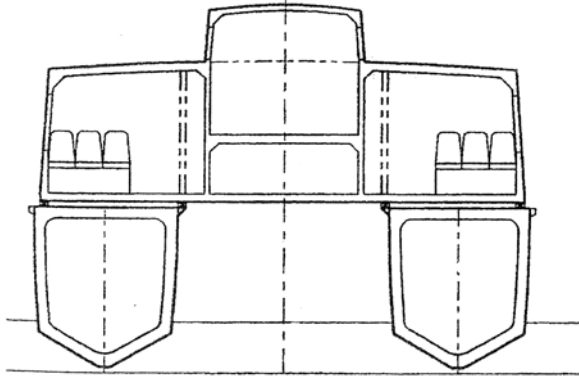
Hình 2.27 Tàu trimaran trong thực tế



Hình 2.28 Hạ thủy trimaran

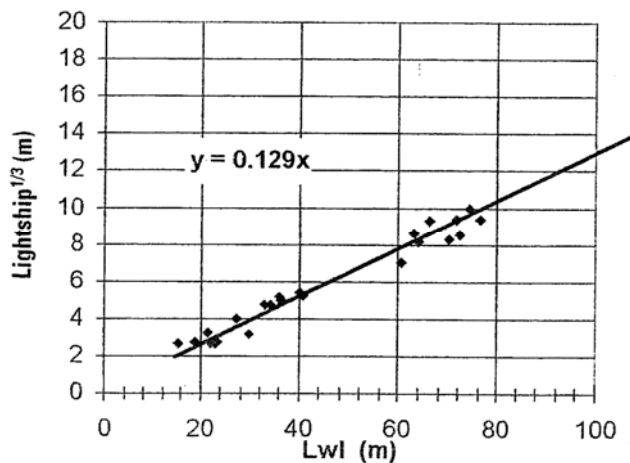
## 2.5 Kết cấu thân tàu

Thân tàu catamaran gồm các phần chính: (1) thân tàu (gồm 2 thân, đối xứng qua mặt cắt dọc giữa tàu) đảm bảo độ bền chung, tính nổi tàu và mang hệ thống động lực cùng thiết bị đẩy tàu, (2) cầu nổi đảm bảo độ bền ngang thân tàu, (3) thượng tầng, trong đó bố trí toàn bộ người đi tàu, đoàn thủy thủ.



Hình 2.29 Mặt cắt ngang tàu hai thân

Trong lượng tàu không của catamaran xác định sơ bộ theo đồ thị hình .



Hình 2.30 Xác định trọng lượng tàu không theo  $L_{WL}$

### Vật liệu làm tàu

Vật liệu làm tàu cao tốc phải là vật liệu nhẹ. Kết cấu tàu làm từ hợp kim nhôm trình bày tiếp

### Thép đóng tàu

Thép là vật liệu thông dụng làm tàu. Trong đội tàu cỡ nhỏ, chạy nhanh thép vẫn có chỗ đứng tuy không phải là vật liệu phổ biến nhất. Thép được dùng làm vỏ thuộc nhóm thép các bon thông thường, dễ hàn. Theo phân loại của các Đăng kiểm, thép đóng tàu được phân thành năm cấp (grade) mang ký hiệu A, B, C, D và E. Cả năm cấp đều có giới hạn bền, độ kéo dài tương đối gần như nhau. Thép cấp D và E ngoài thử uốn như các cấp khác còn phải chịu thử va đập.

Độ bền kéo của thép đóng tàu vào khoảng 400 – 500 MPa, giới hạn chảy khoảng 220 – 250 MPa.

Thép cán dùng đóng tàu chạy nhanh phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây, theo qui định của người Nhật và chúng ta được phép sử dụng tài liệu đó.

Cấp thép	Thử kéo	
	Giới hạn chảy (N/mm <sup>2</sup> )	Độ bền kéo (N/mm <sup>2</sup> )
A B D E	235	400 – 490
A32 D32 E32 F32	315	440 – 590
A36 D36 E 36 F36	355	490 – 620
A 40 D40 E 40 F40	390	510 – 650

Thép độ bền cao ít được sử dụng trong tàu cỡ nhỏ.

### Hợp kim nhôm

Vật liệu truyền thống làm tàu cỡ nhỏ, chạy nhanh là *hợp kim nhôm*. Trên thị trường quốc tế giá vật liệu từ hợp kim nhôm cao hơn 10 lần thép cùng trọng lượng. Trọng lượng riêng của nhôm thực ra chỉ bằng 35% trọng lượng riêng của thép, do vậy giá thành tính cho đơn vị thể tích vật liệu, giá hợp kim nhôm chỉ cao hơn thép 4 lần. Điều có thể nói, nếu coi giới hạn bền của hợp kim nhôm không cách xa nhiều so với thép thường, về mặt lý thuyết có thể tiết kiệm 65% trọng lượng vật liệu nếu thay thép bằng nhôm. Trong thực tế giới hạn bền của nhôm thấp hơn thép do vậy mức giảm trọng lượng tối đa khi thay thép bằng nhôm chỉ không đến 50%.

Hợp kim nhôm dùng đóng vỏ tàu thường chứa mangan như chất bổ sung chính. Hợp kim này chịu được tác động của nước biển, trong khi đó độ bền của nó khá cao. Theo phân loại dùng tại UK hợp kim nhôm dùng trong đóng vỏ tàu (marine aluminium alloys) được phân thành 5 nhóm chính, ký hiệu N4, N5, N6, N8 và H30, tương ứng cách phân loại của ISO là AlMg2, Al Mg3-5, Al Mg5, Al Mg4-5 Mn và AlSiMgMn.

Đặc tính cơ học hợp kim nhôm vừa nêu như sau: module đàn hồi  $E = 69 \text{ GPa}$ , module cắt  $G = 25 \text{ GPa}$ . Độ bền kéo nhóm N4: 160 – 225 MPa, nhóm N8: 125 – 270 MPa, và của H30: 120 – 240 MPa.

Theo cách phân loại của Nga, hợp kim nhôm – mangan được chế tạo theo các mã AMg2, AMg3, AMg6, AMg61 và các mã khác<sup>1</sup>. Đặc tính cơ học các tấm cán từ hợp kim nhôm sản xuất tại Nga được xác định theo tiêu chuẩn nhà nước ГOCT 261631, (GOST 261631). Theo tiêu chuẩn này hợp kim AMg2 có các tính chất: độ bền kéo  $\sigma_U = 176,4 \text{ MPa}$ , Giới hạn chảy  $\sigma_Y = 147 \text{ MPa}$ , giãn dài tương đối  $a = 7\%$ . Hợp kim AMg3 có các tính chất: độ bền kéo  $\sigma_U = 186,2 \text{ MPa}$ , Giới hạn chảy  $\sigma_Y = 78 - 196 \text{ MPa}$ , giãn dài tương đối  $a = 12 - 15\%$ . Hợp kim AMg4 có các tính chất: độ bền kéo  $\sigma_U = 235 \text{ MPa}$ , Giới hạn chảy  $\sigma_Y = 98 \text{ MPa}$ , giãn dài tương đối  $a = 12\%$ .

Theo qui định ghi trong qui phạm đóng tàu vỏ hợp kim nhôm của DNV đặc tính cơ học tối thiểu áp dụng cho vật liệu làm vỏ tàu phải là.

<sup>1</sup> Theo ký hiệu ghi trong tiêu chuẩn nhà nước Nga, mác vật liệu phải là AMГ2, AMГ3, AMГ6, AMГ61.

Vật liệu	Độ bền kéo, MPa	Giới hạn chảy, MPa
AlMg3Mn	240	110
AlMg4	250	110
AlMg4,5Mn	270	145
AlMgSil	170	115

Thành phần hóa học các hợp kim này phải nằm trong phạm vi sau.

Vật liệu	Tiêu chuẩn tương đương		Thành phần hóa học, %			
	ISO <sup>2</sup>	AA <sup>3</sup>	Si	Mg	Mn	Chất khác
AlMg4	AlMg4	5086	max0,5	3,5-4,6	max0,8	Cu: 0,1
AlMg3Mn	AlMg3Mn	5454	max0,5	2,4-3,4	0,3-1,0	Fe:0,5
AlMg4,5Mn	AlMg4,5Mn	5083	max0,5	4,0-4,9	0,3-1,0	Cr:0,35
AlMgSil	AlMgSil		max0,5		0,4-1,0	Zn:0,20
						Ti:0,20

Cấp và cơ tính hợp kim nhôm cán dùng làm vỏ tàu chạy nhanh ghi trong TCVN5968-3:1997 được trích dẫn tại bảng dưới đây. Lưu ý bạn đọc, mã hiệu được cơ quan có thẩm quyền Việt nam dùng cho hợp kim nhôm phải được hiểu theo hoàn cảnh cụ thể. Trong bảng sau, nếu không giải thích thêm ký hiệu bằng số không khác ký hiệu được tổ chức AA sử dụng. Ký hiệu chữ đi sau số phải được đối chiếu với giải thích do cơ quan có thẩm quyền nêu.

Ứng suất trong bảng tính bằng MPa.

Hợp kim nhôm		Thử kéo			
Nhóm	Cấp	Chiều dày t, mm	Vật liệu cơ bản		Liên kết hàn
			Ứng suất thử	Độ bền kéo	Độ bền kéo
Nhóm 5052	5052P-O	≤ 75	65 min	175 ~ 215	175min
	5052P-H32	≤ 12	155min	215~265	
	5052P-H34	≤ 12	175min	235~285	
	5052S-O	≤ 130	70min	175~245	
	5052S-H112	≤ 130	70min	175min	
Nhóm 5083	5053P-O	≤ 40	125~195	275~355	275min
	5053P-H132	≤ 12	215~295	305~380	
	5053P-H321	≤ 40	215~295	305~385	

<sup>2</sup> The International Organization for Standardization

<sup>3</sup> The Aluminium Association

	5053S-O	$\leq 38$	120min	275~355	
	5053S-H112	$\leq 130$	110min	275min	
Nhóm 5086	5086P-H112	$\leq 6,5$	125min	255min	245min
		$6,5 < t \leq 13$		245min	
		$13 < t \leq 25$	110min		
		$25 < t \leq 50$	110min		
	5086S-H112	$\leq 130$	95min	240min	240min

Cả hai loại vật liệu truyền thống này khi làm vỏ tàu đòi hỏi qui trình bảo dưỡng rất nghiêm ngặt. Tàu phải được cạo hà sơn lườn thường xuyên, bề mặt vỏ tàu phải đảm bảo nhẵn gần với mức khi xuất xưởng để tàu có thể phát huy tốc độ tính toán. Thực tế cho thấy, vỏ tàu thép có sức hấp dẫn với các sinh vật biển trong môi trường nhiệt đới và điều này làm cho bề mặt vỏ tàu bị nhám rất nhanh. Đã có trường hợp tàu cao tốc vỏ thép có vận tốc thiết kế 28 HL/h, chỉ sau thời gian đậu tại bến ba tuần đã bị hà bám làm tăng sức cản vỏ tàu đến mức khi chạy lại vận tốc tàu không vượt qua được 15HL/h.

### Gỗ

Gỗ dùng trong đóng tàu rất đa dạng. Tính chất cơ học của vật liệu này khác nhau rất nhiều giữa các nhóm gỗ. Dữ liệu nêu tiếp đây được tính theo giá trị trung bình. Trọng lượng riêng của gỗ thay đổi từ gỗ nhẹ, ví dụ thông:  $600 - 650 \text{ kg/m}^3$  đến  $900 \text{ kg/m}^3$  cho gỗ cứng. Độ bền kéo dọc thớ vào khoảng 50 – 60 MPa.

### Vật liệu composite

Vật liệu composite FRP đã dùng có kết quả lâu nay gồm nhựa polyester không no và sợi thủy tinh. Vật liệu này thường được viết tắt từ tiếng Anh kiểu Mỹ là FRP hoặc theo cách viết của người Anh là GRP. Những thông tin về vật liệu do các hãng sản xuất nước ngoài cung cấp, thông tin về công nghệ làm vật liệu composite được các trường đại học Anh, Mỹ và tổ chức nông lương thế giới FAO tại Rome, cùng chi nhánh của tổ chức này tại ASEAN cung cấp. Các mẫu tàu chạy nhanh thông dụng làm từ vật liệu composite được các nhà máy làm tàu chuyên dụng của hãng Transfield (Úc), tổ hợp công nghiệp quốc phòng Hunting (Vương quốc Anh), Robert Allan (Canada), Simonneau (Pháp), Công ty cùng nhà máy Kan Nam (Nam Triều tiên), tổ hợp công nghiệp đóng tàu Singapore giới thiệu. Những thông tin liên quan tại Việt nam chúng tôi sử dụng tài liệu nội bộ cùng thông tin của các cơ sở làm vật liệu composite tại thành phố Hồ Chí Minh, Nha trang, Kiên giang.

Một số tính năng kỹ thuật của vật liệu FRP như sau:

(1) Vật liệu composite làm vỏ tàu thủy gồm nhựa polyester không no, tỉ lệ trọng lượng nhựa trong thành phần vật liệu từ 70% đến 50%, và sợi thủy tinh, chiếm tỉ lệ trọng lượng 30% đến 50%. Vật liệu này thuộc nhóm nhiệt hóa (thermoset), mọi phản ứng xảy ra trong môi trường tự nhiên, ở nhiệt độ bình thường (từ chuyên môn còn gọi nhiệt độ trong phòng). Thời gian đông cứng vật liệu sau khi trát có thể từ 5 phút, một giờ hoặc lâu hơn tùy thuộc yêu cầu người chế tạo. Khác các vật liệu nhựa làm đồ dùng gia dụng, FRP không bị lão hóa như nhựa nhóm gia dụng. Những tấm vật liệu composite FRP hơn 40 tuổi thọ vẫn giữ được những đặc tính cơ học tốt xấp xỉ lúc mới đúc.

Đặc trưng chính và cơ tính các vật liệu tham gia vào composite FRP như sau:

(a) Vật liệu sợi thủy tinh.

Trong thực tế sản xuất vật liệu composite, ở nước ngoài người ta đang sử dụng 6 nhóm thủy tinh dùng trong công nghiệp vật liệu composite. Thủy tinh nhóm E được dùng rộng rãi nhất, áp dụng cho nhiều lĩnh vực, giá không cao. Thủy tinh nhóm A (alkali), nhóm C (chịu hóa chất), đặc tính cơ học khác thủy tinh E không nhiều, song giá cao hơn. Thủy tinh nhóm S và R áp dụng vào những trường hợp đòi hỏi về sức bền rất cao như máy bay siêu tốc, tàu vũ trụ, đã được sản xuất và đưa vào sử dụng song giá thành còn quá cao.

Thủy tinh nhóm E được kéo thành sợi hết sức mảnh, đường kính tính bằng đơn vị micron (ký hiệu  $\mu$  bằng 1:1.000.000m). Ví dụ mỗi sợi thủy tinh để làm tấm vô hướng có đường kính chỉ bằng 8 - 15  $\mu$ m. Nhiều sợi thủy tinh được bện lại thành bó và cũng mang tên gọi sợi thủy tinh. Những bó nhỏ nhất gồm 60 đến 120 sợi mảnh.

Đặc tính cơ học của thủy tinh nhóm E: tỉ trọng 2,56; Giới hạn bền khi kéo  $3,4 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>. Modul đàn hồi  $72 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup>.

Sợi thủy tinh được bó thành cuộn, được ép thành tấm hoặc dệt thành tấm. Trong ngành tàu thủy chúng ta đang sử dụng các dạng bán thành phẩm từ sợi thủy tinh như sau: tấm sợi vô hướng, viết tắt CSM (chopped strand mat), sợi (rovings) do nhiều bó sợi kết hợp lại dưới dạng bó lớn hơn, cuộn xoắn vv.. Từ sợi người ta dệt thành tấm vải thủy tinh, viết tắt của cụm từ này là WR (woven roving), có chiều dày vải, trọng lượng tấm trên một đơn vị diện tích thay đổi, ví dụ vải loại 300g/m<sup>2</sup> hoặc 600 hay 800 g/m<sup>2</sup>.

Trong thành phần vỏ tàu luôn có mặt CSM và WR. Phân bố lớp, chọn chiều dày các lớp vải, và cách trát lớp tùy thuộc tính năng vỏ tàu, tùy thuộc thiết kế và công nghệ chế tạo.

Ngoài sợi thủy tinh, khi làm vật liệu composite người ta còn dùng sợi aramid hay còn gọi là sợi Kevlar, nhẹ hơn sợi thủy tinh song độ bền cao hơn. Loại sợi thứ ba, sợi carbon khi ra đời chỉ phục vụ ngành hàng không, vũ trụ song ngày nay đã tìm thấy chỗ ứng dụng trong vỏ tàu thủy vì giá vật liệu đã giảm nhiều lần so với ngày đầu. Một số tàu nhỏ, chủ yếu cho quốc phòng đã được làm bằng Kevlar hoặc sợi cacbon. Sợi cacbon và sợi thạch anh được các nhà khoa học Nga tổng hợp, áp dụng trong công nghiệp quốc phòng có kết quả, và hiện nay vật liệu này đang thâm nhập vào cả các ngành không phải quốc phòng nhờ hạ giá sản xuất.

Trong điều kiện của nước ta, sợi thủy tinh nhóm E đã được dùng phổ biến làm vật liệu composite. Sợi nhóm này cho đến cuối năm 1996 đều được nhập từ nước ngoài, chủ yếu từ Đài loan, Nam Triều tiên, Nhật, Úc và Trung quốc. Giá vật liệu này đã liên tục hạ thấp trong những năm qua. Từ 1991 đơn giá sợi thủy tinh xấp xỉ 3USD/kg, năm 1993 chỉ còn 2,5-2,6 USD/kg. Ngoại trừ trường hợp sau lần đột biến giá năm 1995, khi đó giá vật liệu tăng lại theo giá ban đầu, từ 1996 giá vật liệu xuống dần. Cuối năm 1996 giá vật liệu này đã tiến đến mức bình thường, trên dưới 2USD/kg. Tháng 12/1996 xuất hiện đơn chào hàng sợi thủy tinh từ nước ngoài với giá CIF cảng Tp Hồ Chí Minh 1,5-1,6 USD/kg. Mặt khác khả năng sản xuất sợi thủy tinh trong nước, dùng nguyên liệu là cát trắng trong nước, theo công nghệ nhập từ ngoài đã là một thực tế. Nguồn nguyên liệu sợi thủy tinh có thể được đánh giá là khá ổn định trong điều kiện hiện nay.

#### *Nhựa Polyester không no.*

Để sản xuất vỏ tàu composite, ngoài sợi thủy tinh còn cần nhựa cao phân tử. Trước đây tại Việt nam nhiều người đã sử dụng epoxy, chủ yếu do Liên xô (cũ) cung cấp, làm vật liệu liên kết và làm thử vật liệu composite. Do giá thành nhựa epoxy còn cao, còn giá nhựa polyester thấp nên polyester được sử dụng nhiều hơn trong công nghiệp sản xuất vật liệu composite.

Đặc tính cơ học của nhựa polyester thay đổi tùy thuộc đẳng cấp nhựa đang dùng. Tính chất cơ học chung cho cả nhóm polyester như sau: tỉ trọng 1,38; Giới hạn bền  $1,0 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>; Modul đàn hồi  $11 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup>.

Hiện nay trên thị trường đang có chừng 25 đến 30 chủng loại nhựa mang tên gọi polyester dùng làm vật liệu composite. Những mã hiệu nhựa quen thuộc trên thị trường Việt nam, từ quan sát có thể thấy, có nguồn từ Bắc Âu (Đan mạch, Nauy), từ Úc, Nam Triều tiên, Nhật bản và Trung quốc. Nhựa polyester không no dùng cho ngành đóng tàu đều phải được các cơ quan Đăng kiểm tàu quốc tế thử nghiệm và cấp chứng chỉ công nhận chất lượng đảm bảo cho việc làm vỏ tàu. Theo cách phân loại của cơ quan Đăng kiểm, nhựa polyester không no được chia ra các nhóm: nhựa dùng vào nhiều mục đích, nhựa để “đúc” vỏ tàu, nhựa làm lớp phủ vỏ tàu, từ chuyên môn gọi là lớp áo ngoài bề mặt (gelcoat), nhựa chậm cháy làm xuống cứu sinh chịu lửa, nhựa chịu tác động của hoá chất, nhựa chịu dầu, nhựa làm kết, nhựa làm bồn đựng nước, đựng dầu.

Trong sản xuất thực tế chúng ta đã sử dụng gần hết chủng loại nhựa đã được Đăng kiểm cấp chứng chỉ. Mỗi chủng loại phù hợp với công việc đã được chỉ định. Tùy thuộc nước sản xuất, mã hàng hoá thương mại của nhựa khác nhau song chất lượng nhựa của mỗi nhóm phải đảm bảo những yêu cầu tối thiểu. Theo cách phân loại đang thịnh hành ở châu Âu mã hiệu nhựa được ký hiệu bằng số, ví dụ nhựa 837E là nhựa đa mục đích, có khả năng đông cứng nhanh (chừng 15 phút), nhựa 876E là nhựa chuyên làm vỏ tàu hoặc công trình trong môi trường nước biển, nhựa 849 có khả năng chịu lửa, nhựa 844 chịu được tác động của acid. Cũng làm từng ấy nhiệm vụ, cũng có khả năng chịu lửa, chịu acid song mã hiệu nhựa sản xuất tại Nam Triều tiên được mã hoá như sau: G-613(BT), G-774(T,S,Y,P), RF-2000SE, S-650 vv...

Tùy thuộc khả năng sử dụng, và điều này có liên quan đến mã hiệu nhựa, giá nhựa không hoàn toàn như nhau. Chênh lệch giá giữa nhựa chất lượng cao và polyester chất lượng thấp hơn có khi đến 50%. Một điều đáng quan tâm cho những người làm tàu vỏ composite là giá nhựa polyester trên thế giới ngày càng giảm. Nếu năm 1995 đơn giá nhựa dùng làm vỏ tàu đã đạt đến giá trị đáng ngại là trên 2,5USD/kg, thì tháng 12/1996 giá CIF cảng Hải phòng không đến 1,5USD/kg.

Nhờ sự hạ giá mua nguyên liệu gồm sợi thủy tinh và nhựa polyester, giá vật tư làm vỏ tàu giảm theo. Trong phần tiếp theo sẽ nêu rõ, đơn giá một vỏ tàu hoàn chỉnh làm bằng vật liệu composite trước đây cao hơn giá vỏ tàu có kích thước tương đương làm bằng thép hoặc gỗ, hiện nay giá vỏ composite không vượt quá giá vỏ thép.

Công nghệ làm vỏ tàu bằng vật liệu composite hiện nay bao gồm các bước chính như sau: (1) Làm khuôn mẹ (khuôn cái) bằng composite, (2) Chuẩn bị vật liệu chống dính để tách khuôn khi đúc xong, (3) Trát lớp gelcoat, (4) Trát các lớp vật liệu composite theo qui trình đã xác định, (5) Tạo các chi tiết gia cứng dọc hoặc ngang, (6) Tạo vách dọc, vách ngang bằng vật liệu composite hoặc vật liệu khác, (7) Làm boong, (8) Liên kết thượng tầng.

Trong tất cả các bước, khâu chuẩn bị vật liệu composite đóng vai trò tối cần thiết. Vật liệu này được tạo ra khi liên kết bền hai thành phần chính là nhựa polyester không no và sợi thủy tinh. Tỷ lệ giữa hai thành phần chính thay đổi trong giới hạn đã nêu ở trên. Vật liệu sẽ đông cứng ở nhiệt độ bình thường với sự có mặt của chất đông cứng hay còn gọi là xúc tiến hay chất gia tốc. Thời gian đông cứng

thường áp dụng khi trát vỏ tàu là trên dưới một giờ đồng hồ. Kích thước và hình dáng vật thể do vật liệu composite tạo thành bị giới hạn bởi sự có mặt của khuôn mẹ. Sau đông cứng vỏ tàu định hình đúng hình mẫu mà khuôn mẹ đã hạn định.

Khi đã thành vật liệu composite đặc tính cơ học của FRP như sau:

- Vật liệu FRP có tỉ trọng từ 1,55 đến 1,7 t/m<sup>3</sup>. So với thép đóng tàu, tỉ trọng của FRP chỉ bằng 1/5 tỉ trọng của thép (tỉ trọng thép đóng tàu 7,8 t/m<sup>3</sup>).
- Giới hạn bền nằm trong phạm vi 1200kG/cm<sup>2</sup> đến 1600 kG/cm<sup>2</sup>.

(2) Giới hạn bền của vật liệu FRP thấp hơn của thép, (bằng 50%-60% giới hạn bền của thép đóng tàu với giới hạn bền của thép đóng tàu 2400 kG/cm<sup>2</sup>). Xét khối lượng vật tư cần đưa vào tàu cùng kích cỡ và tính năng, có thể nhận thấy, nhờ tỉ trọng bản thân nhỏ còn giới hạn bền không quá nhỏ so với thép, nên số lượng vật tư bằng FRP sẽ nhỏ hơn, còn dùng thép khối lượng thép tính bằng tấn sẽ lớn hơn (xem bảng so sánh dưới). Tính chất này cho phép giảm lượng giảm nước (trong ngành đóng tàu đại lượng này được ký hiệu là Δ, đo bằng tấn, giá trị tuyệt đối đúng bằng tổng trọng lượng tàu tại thời điểm tính) của tàu vỏ bằng FRP, và điều này có lợi cho việc làm tăng tốc độ tàu hoặc giảm công suất máy.

(3) Vật liệu FRP ra đời đã 50 năm, đã ứng dụng trong ngành chế tạo vỏ tàu trên 40 năm. Những vỏ tàu đầu tiên làm từ những năm bốn mươi-năm mươi, trên cơ sở công nghệ thời bấy giờ, chưa tiên tiến, vẫn còn bền vững cho đến ngày nay. Từ thực tế đó cho thấy vật liệu FRP đã tìm được chỗ ứng dụng tốt, và phù hợp trong ngành đóng tàu thủy. Thực tế cũng cho thấy vật liệu FRP không bị thấm thấu, không ngậm nước (tỉ lệ ngậm nước của vật liệu nằm trong giới hạn 1/10.000), không bị lão hóa nhanh.

Sinh vật biển không có khả năng thâm nhập và phá hoại loại vật liệu này. Nhờ tính chất này việc bảo dưỡng vỏ tàu FRP dễ dàng hơn nhiều so với bảo dưỡng vỏ thép, vỏ gỗ. Người ta có thể bảo dưỡng vỏ tàu FRP, kể cả phần chìm mà không cần lên đả,ø vào ụ nếu vỏ chưa bị sự cố trầm trọng.

Dưới đây là bảng so sánh các tính năng chủ yếu giữa thép, nhôm, gỗ, vật liệu FRP. Trọng lượng trên một m<sup>2</sup> diện tích vỏ tàu dài 14m được tính như sau cho các loại vật liệu khác nhau, trong đó đã tính cả vật tư làm các nẹp gia cứng kết cấu:

	Gỗ	Thép	FRP	XMLT
Trọng lượng riêng,(t/m <sup>3</sup> )	0,78-0,82	7,8	1,6-1,7	2,6
Chiều dày vỏ (tính mm)	35	5	9-10	28
Trọng lượng vật liệu/ m <sup>2</sup>	50 kg	56 kg	24 kg	76 kg

*Miêu tả công nghệ làm vỏ tàu bằng vật liệu composite.*

Vỏ tàu composite hình thành qua quá trình trát. Vật liệu composite cho vỏ tàu được pha chế từ nhựa nhóm nhiệt hoá (thermosetting) do vậy các phương pháp công nghệ làm vỏ tàu có phần khác với công nghệ đúc nhựa gia dụng. Nhựa làm vỏ tàu, sau khi tự đông cứng không còn khả năng tái sinh và do đó không còn điều kiện để thay đổi thành phần và hình dáng. Quyết định kích thước, hình dáng vỏ tàu là do khuôn. Độ bền vật liệu phụ thuộc vào thành phần các chất tham gia và công nghệ thi công.

Ngày nay trong ngành làm vật liệu composite từ nhóm nhựa thermosetting có các phương pháp thực hành như sau : (1) trát lớp thủ công, (2) phun nhựa cùng sợi bằng thiết bị phun, ví dụ súng phun

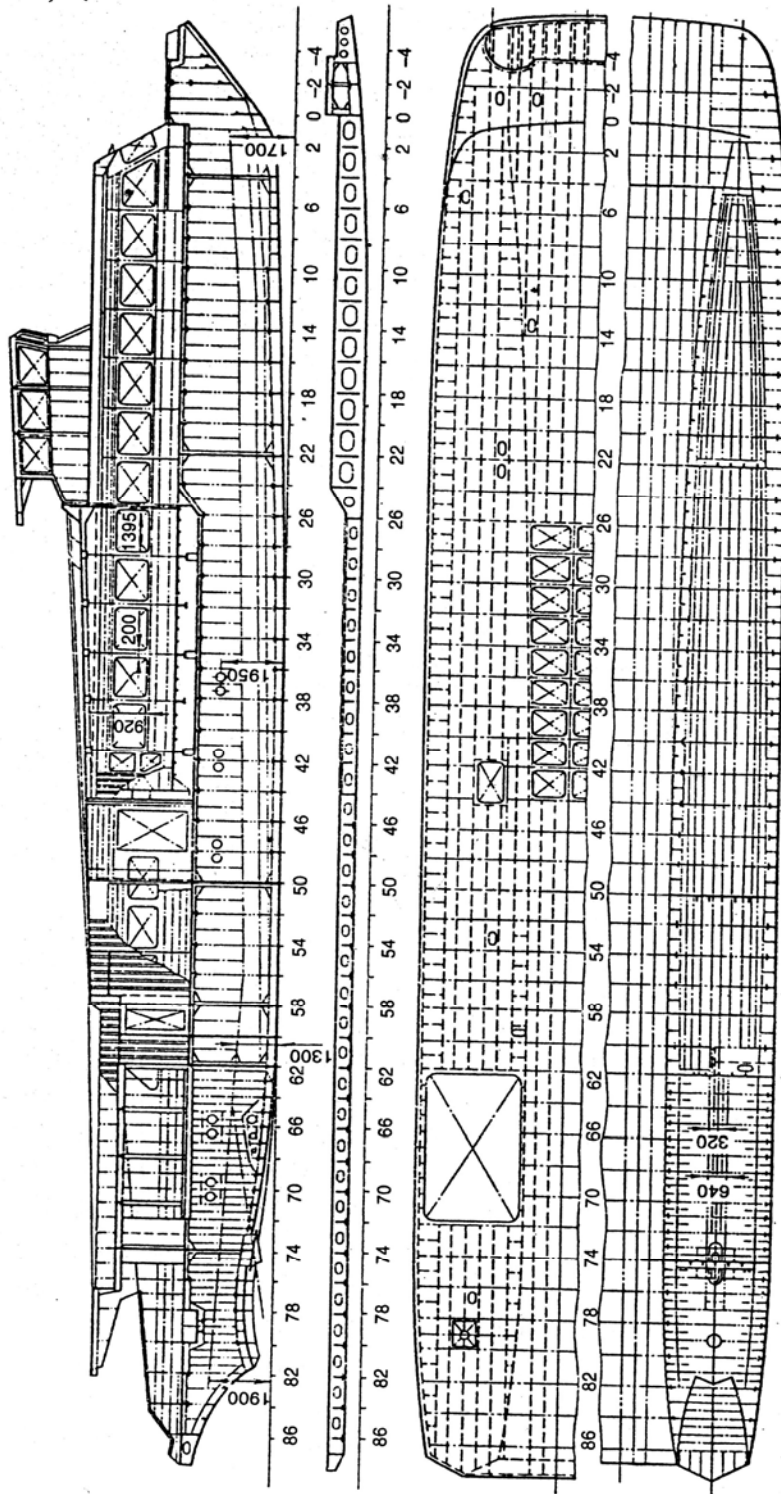
một vôi hoặc hai vôi, (3) ép trong túi chân không hoặc trong khuôn, (4) ép nguội, và (5) quấn chỉ làm các vật tròn xoay. Trong thực tế sử dụng, tất cả các nhà máy đóng tàu vỏ composite trên toàn thế giới đều sử dụng phương pháp trát lớp thủ công, trong đó kể cả cách dùng công cụ phun để phun nhựa, sợi (phương pháp 1 và 2 kể trên). Khác với công nghệ đóng tàu vỏ thép là lĩnh vực được cơ giới hoá và hiện đại hoá ở mức cao, công nghệ làm tàu chất dẻo đòi hỏi công lao đông thủ công nhiều hơn và do vậy trang thiết bị máy móc cần cho những nhà máy làm tàu nhựa không quá qui mô, đắt tiền. Công việc trát vỏ tàu được tóm tắt như sau: dựa vào khuôn mẫu để trát lớp vật liệu tạo nên vỏ tàu. Lớp vỏ đầu tiên được trát là lớp gelcoat như đã trình bày ở trên. Lớp vật liệu này có màu (chọn theo màu vỏ tàu tương lai), độ bền cơ học cao, không thấm nước, chịu tác động môi trường. Độ bóng của lớp này sẽ phản ánh đầy đủ độ bóng vỏ tàu khi đóng xong. Quyết định độ bóng của lớp này không chỉ là chất lượng vật liệu mà còn là độ bóng khuôn mẫu. Khuôn càng bóng, nhẵn, lớp gelcoat tựa trên đó sẽ bóng và nhẵn gần như khuôn. Sau các lớp bọc bên ngoài thợ đóng tàu trát tiếp các lớp tiếp theo. Có thể sử dụng con lăn tay để trát. Các nẹp gia cường được trát ngay sau khi vừa trát vỏ. Nẹp gia cường được trát lên “khuôn đục” làm bằng gỗ, ván ép hoặc giấy dày, lá nhôm vv... Súng phun là công cụ cơ giới hóa được dùng phổ biến khi làm vỏ. Vật liệu composite đang ở dạng lỏng được súng phun phun thẳng vào bề mặt cần trát lớp và sẽ tự đông cứng sau thời hạn tính trước. Khi làm vỏ tàu người ta thường kết hợp trát theo cách lăn tay cùng biện pháp dùng súng phun để đẩy nhanh tốc độ. Các thao tác này đều ở dạng thủ công. Từ cách làm này có thể nhận xét rằng, công nghệ làm vỏ tàu bằng composite chưa ở mức tự động hóa hoặc hiện đại hóa do đó không gặp nhiều khó khăn như làm vỏ tàu thép, vỏ nhôm hoặc vỏ gỗ. Thợ làm vỏ tàu từ composite được đào tạo nhanh hơn thợ hàn, thợ sắt cho ngành đóng tàu thép. Thực tế sản xuất tại cơ sở đóng tàu vỏ nhựa tại thành phố Hồ Chí Minh cho thấy, thời gian đào tạo thợ không lâu, tuyển thợ không quá khó.

Sau khi trát xong vỏ tiến hành làm các vách. Thông thường có thể làm vách có lõi bằng ván ép, bên ngoài phủ vật liệu composite. Tiến hành phủ boong khi đã hoàn thành vách. Boong có thể đúc rời theo qui trình vừa nêu song cũng có thể làm bằng vật liệu khác nhẹ và bền. Mỗi nối giữa boong và thân tàu thường là mối liên kết trọng yếu cần được các nhà đóng tàu quan tâm đúng mức nhằm đảm bảo bền, kín nước. Quá trình lắp đặt máy chính, máy phụ, trang thiết bị không khác quá trình lắp máy trên tàu vỏ thép.

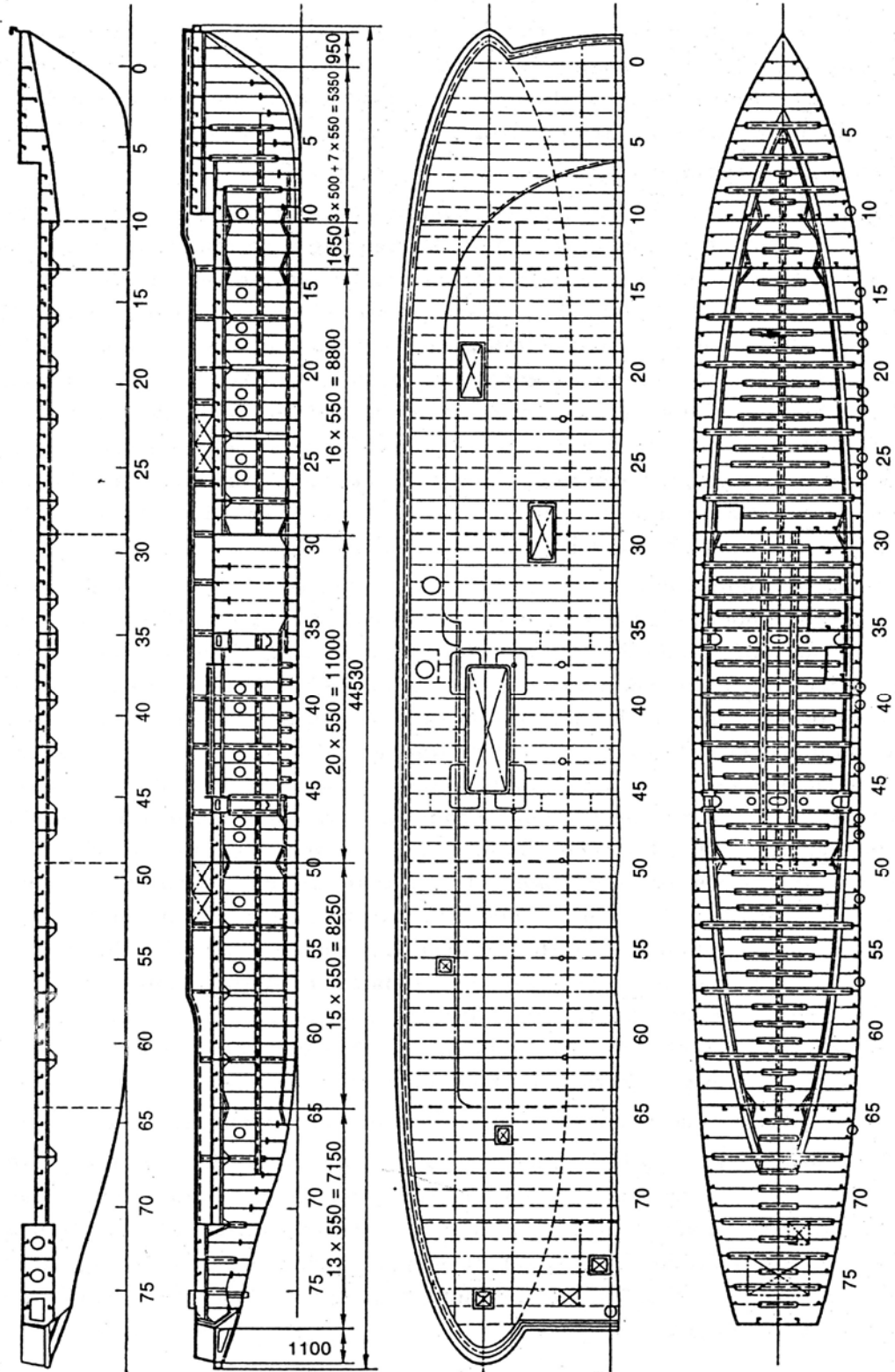
Thượng tầng tàu chạy nhanh cũng đúc từ vật liệu composite, và thường được làm rời không cùng khuôn với phần thân tàu. Sau khi làm xong vỏ, thượng tầng, tiến hành nối hai nhóm kết cấu này thành khối vững chắc. Nhờ trọng lượng bản thân các khối thượng tầng không lớn, việc di chuyển vị trí các khối dễ dàng, điều đó tạo thuận lợi cho công tác nối ghép thân, lầu. Mỗi nối giữa thượng tầng và thân tàu được giữ bằng bu lông, làm kín bằng nhựa.

#### Kết cấu thân tàu

Thân tàu có thể kết cấu theo hệ thống dọc hoặc hệ thống ngang. Chọn hệ thống kết cấu phù hợp d962 nghị bạn đọc xem tại tài liệu “Kết cấu thân tàu”, NXB ĐHQG Tp HCM. Hệ thống kết cấu ngang tàu 2 thân giới thiệu tại hình . Hệ thống kết cấu dọc giới thiệu tại hình .

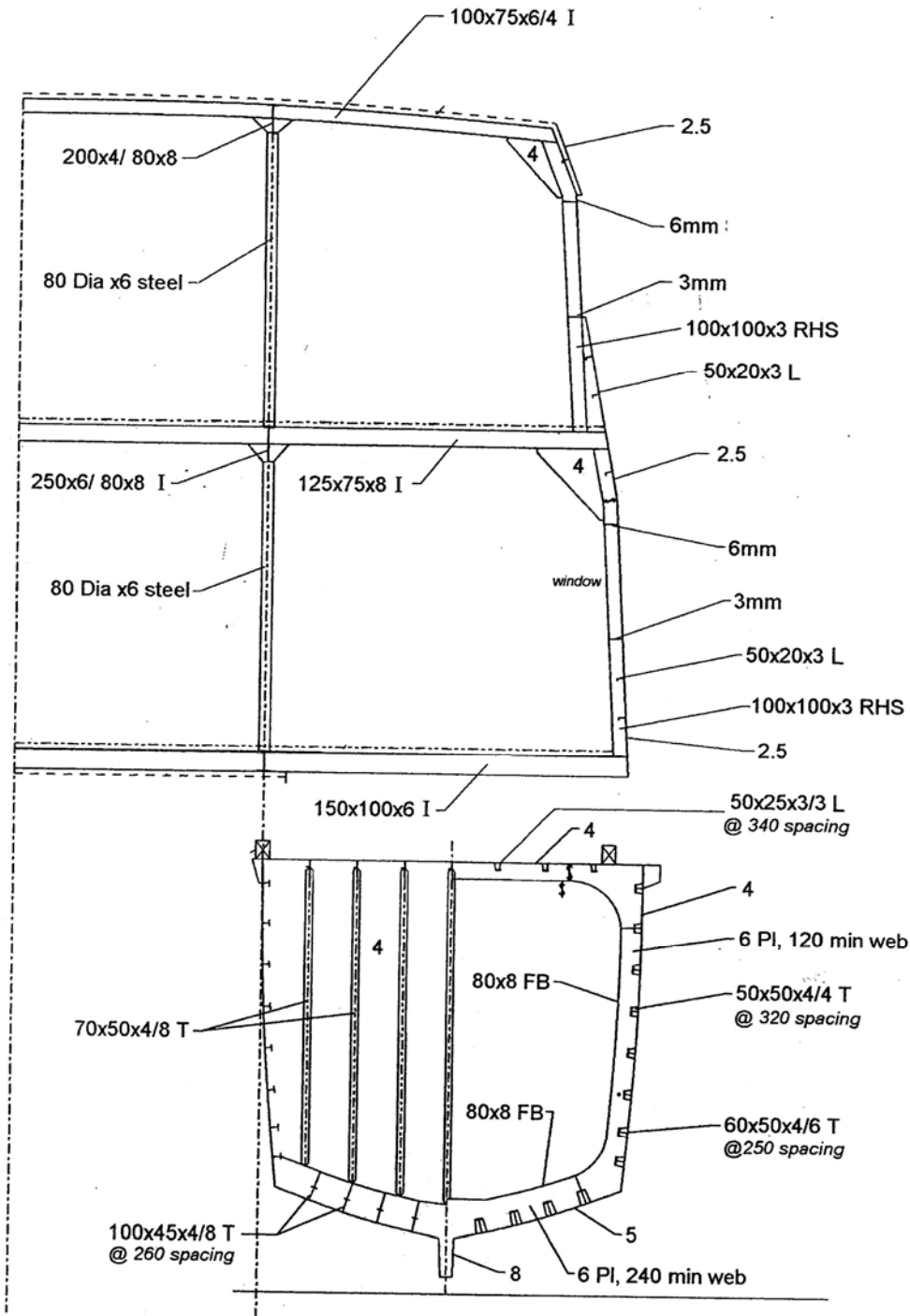


Hình 2.31 Hệ thống kết cấu dọc tàu hai thân

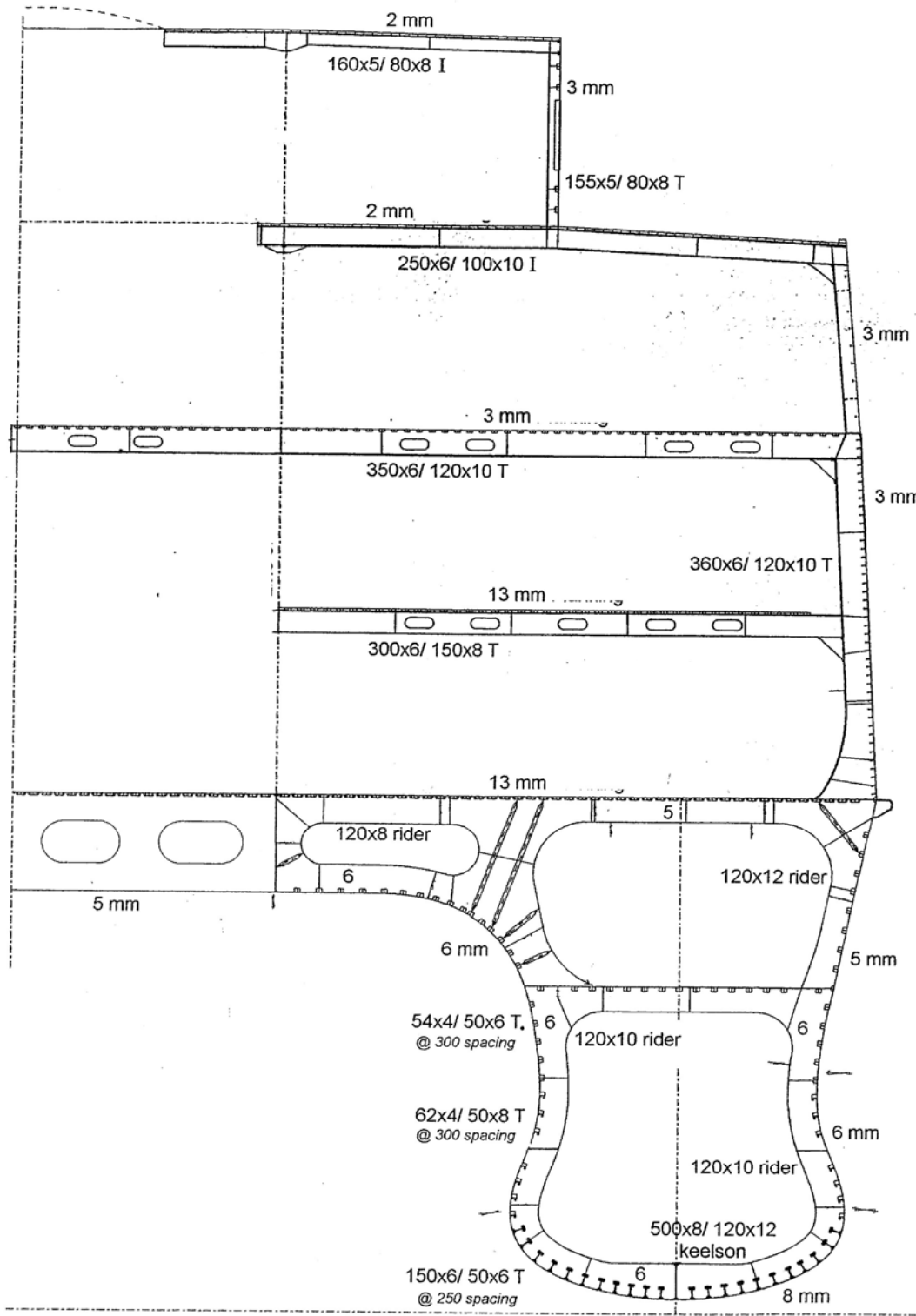


Hình 2.32 Hệ thống kết cấu ngang tàu hai thân

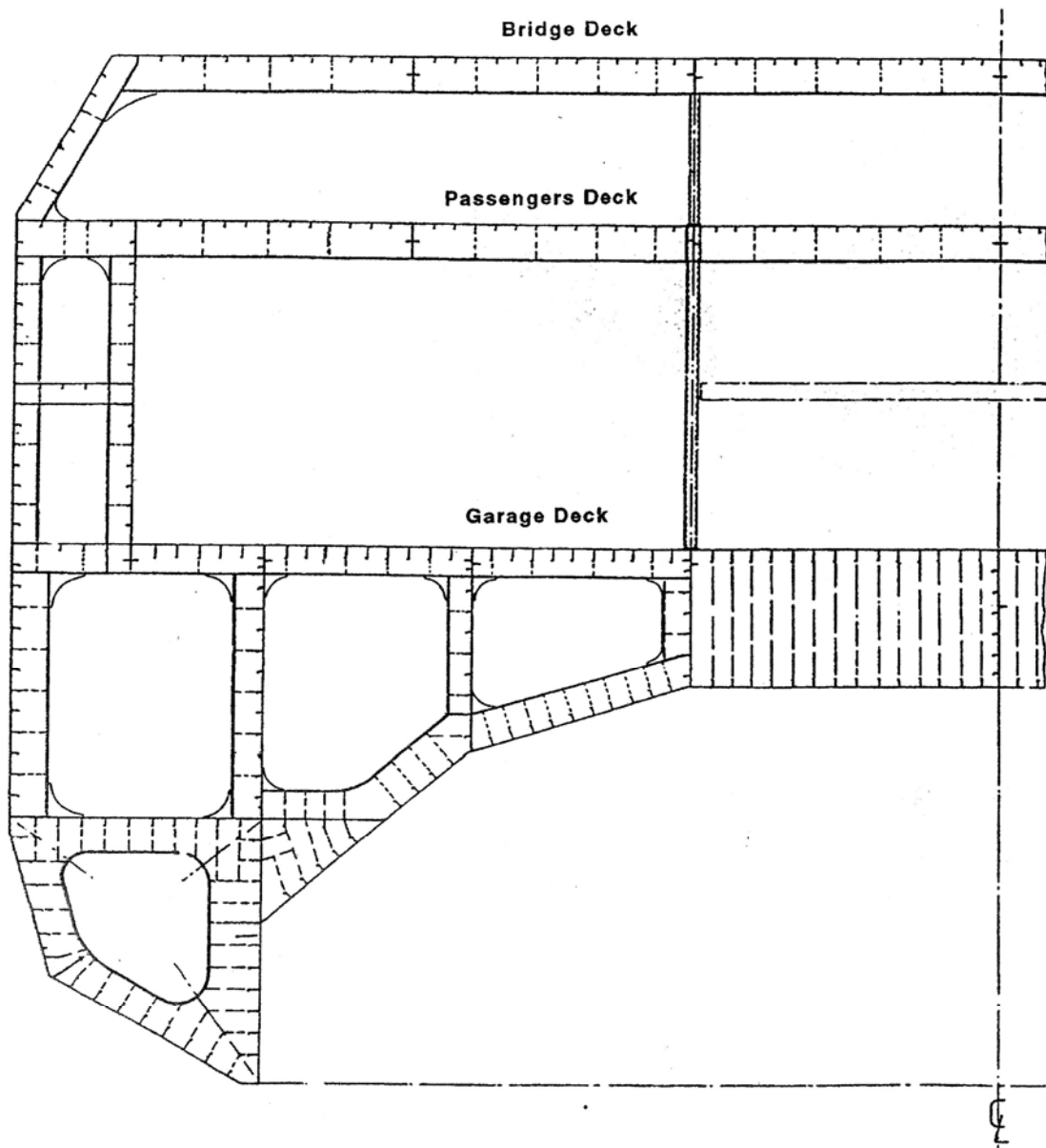




Hình 2.35 Kết cấu tàu cỡ nhỏ



Hình 2.36 Tàu chạy nhanh kết cấu theo hệ thống dọc



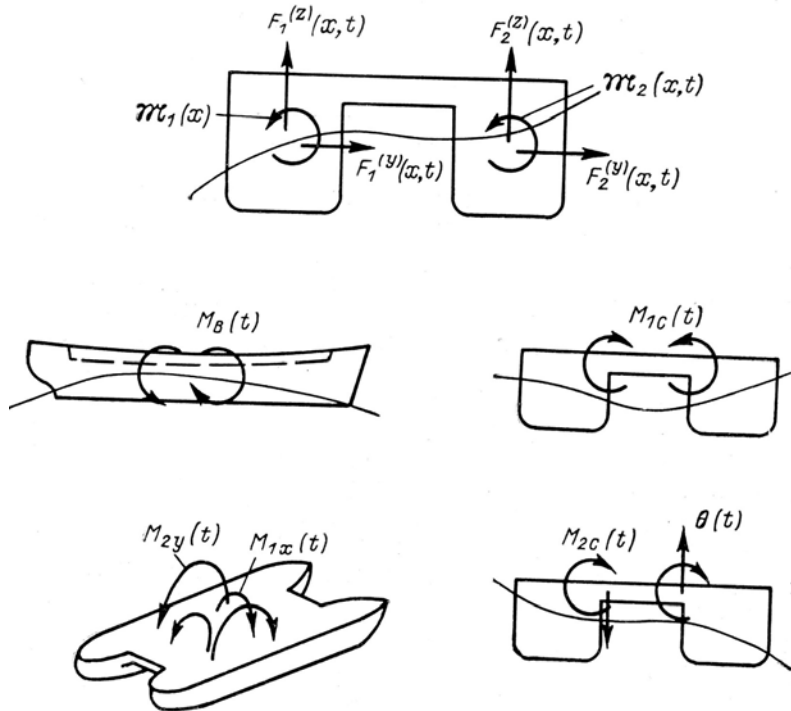
Hình 2.37

## 2.6 Độ bền kết cấu tàu hai thân

Thân tàu catamaran làm việc trên nước tĩnh hoặc trên sóng chịu tác động của tự trọng và của môi trường nước. Dưới tác động ngoại lực thân tàu chịu uốn và bị cắt. Giống như tàu một thân, momen uốn dọc làm cho tàu bị võng lên (hogging) hoặc võng xuống (sagging), phía trái dòng thứ hai hình 2.38. Với thân tàu đủ rộng lúc chạy trên sóng xiên catamaran chịu tác động mô men xoắn giá trị lớn. Ảnh hưởng momen xoắn tàu đến độ bền chung của tàu rất đáng kể.

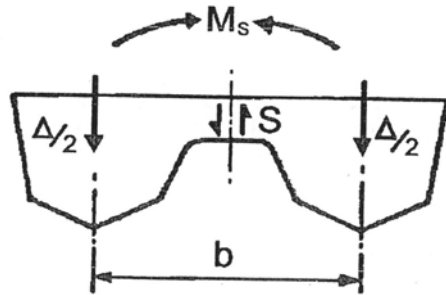
Với tàu catamaran điều quan tâm hàng đầu khi xét độ bền ngang của tàu là độ bền cầu nối. Hình 2.38 giới thiệu các tình huống mà cầu nối catamaran phải chịu đựng. Trường hợp tàu bị sóng ngang tác động, tàu tham gia chuyển động lắc ngang và dạt ngang. Trong điều kiện như vậy kết cấu nối hai thân tàu, gọi là cầu nối, chịu tác động của tải ngang, tải theo hướng đứng và momen uốn ngang tàu.

Trường hợp tàu nằm ngang đáy sóng momen uốn gập ngang thân tàu có nhiều khả năng gây nguy hiểm cho độ bền cục bộ. Trường hợp tàu bị xoắn trên sóng xiên momen xoắn, lực cắt đều có khả năng gây nguy hiểm, hình 2.38.



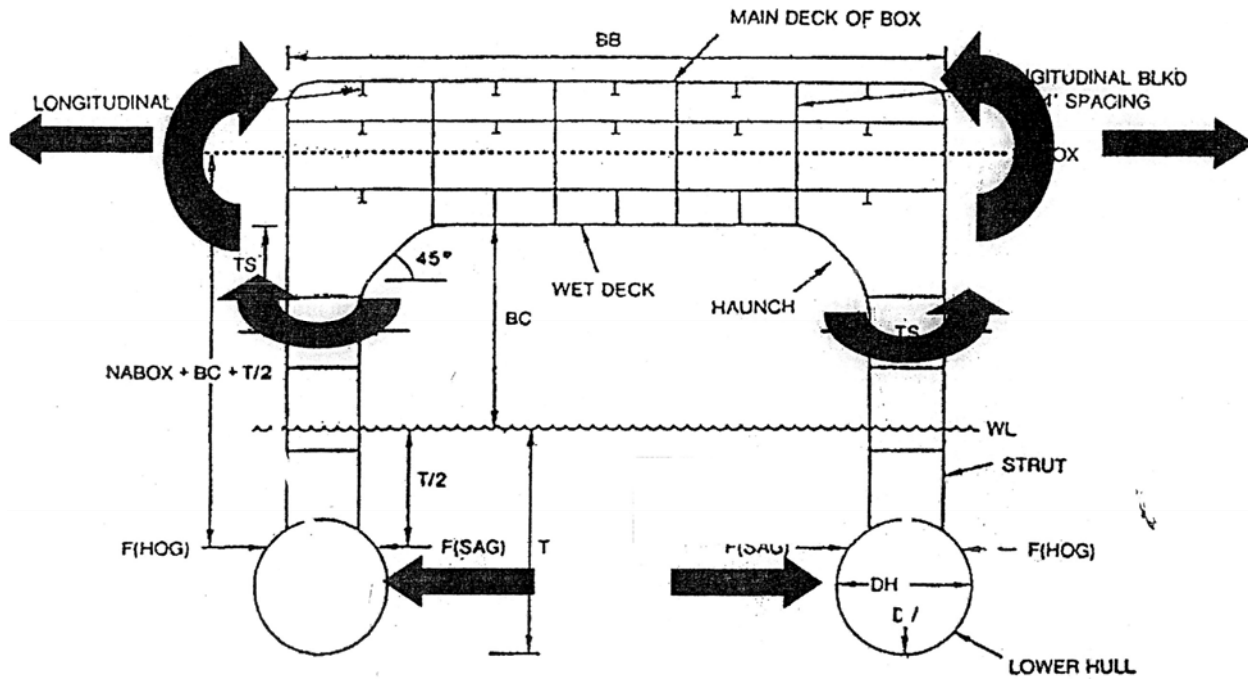
Hình 2.38 Uốn thân tàu catamaran trên nước





Hình 2.39 Mô hình tính độ bền cầu nổi chịu momen uốn ngang

Với tàu SWATH hệ thống momen uốn, lực cắt tác động thân tàu giới thiệu tại hình 2.40



Hình 2.40 Mô hình tính độ bền ngang thân tàu SWATH

Xác định momen uốn thân tàu trên nước, tính độ bền chung thân tàu trường hợp chịu uốn, chịu xoắn đề nghị bạn đọc xem tại sách “Sức bền tàu thủy”, NXB ĐHQG Tp HCM hoặc tại “Sổ tay Cơ học kết cấu tàu thủy, giàn khoan di động”, NXB GTVT.

### Ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn phân tích bền kết cấu tàu hai thân

Một trong những phương pháp hiệu nghiệm phân tích độ bền kết cấu thân tàu là phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH).

### Thứ tự giải bài toán cơ học kết cấu theo phương pháp PTHH

**Bước 1:** Phân chia vật thể đang xem xét thành số lượng hữu hạn các phần tử. Quá trình này còn được gọi là “lý tưởng hóa” hay “rời rạc hóa”. Thực tế đây là quá trình mô hình hóa kết cấu, chuyển từ kết cấu thực tế thành tập hợp của nhiều cơ cấu vừa tách từ chủ thể, xem hình 2.

**Bước 2:** Xây dựng mô hình chuyển vị trong mỗi phần tử:

$$\{u\}_e = [N]\{\delta\}_e$$

trong đó  $[N]$  – hàm hình dáng,  $\{\delta\}_e$  – vector các bậc tự do chuyển vị nút của phần tử.

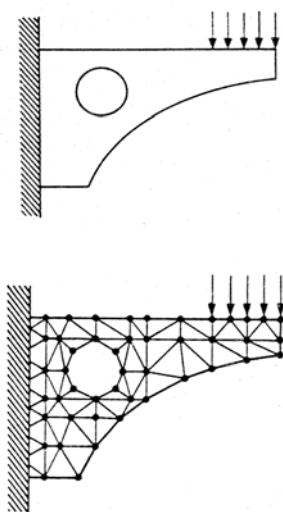
**Bước 3:** Xác lập ma trận đặc trưng gọi là *ma trận cứng* và *vector lực* cho mỗi phần tử trên cơ sở nguyên lý thế năng tối thiểu. Trong những bài toán thuộc cơ học vật rắn phiếm hàm thế năng của hệ thống được hiểu như tổng thế năng các phần tử cấu thành.

$$\Pi = \sum_{e=1}^E (\pi_e - W_e)$$

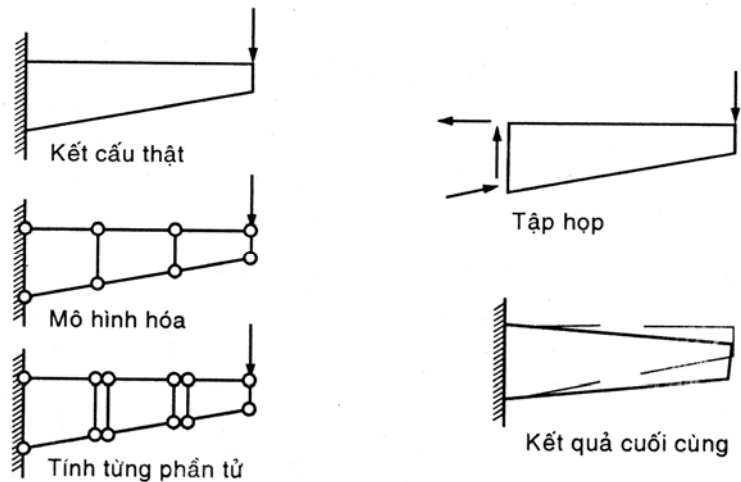
Từ điều kiện  $\delta\Pi = 0$  xây dựng hệ phương trình đại số miêu tả quan hệ lực – chuyển vị.

**Bước 4:** Xử lý hệ phương trình và giải hệ phương trình đại số tuyến tính. Kết quả giải phương trình sẽ là chuyển vị nút trong hệ tọa độ chung. Cần thiết chuyển đổi chuyển vị từ hệ tọa độ chung sang hệ tọa độ cục bộ, gắn liền phần tử.

**Bước 5:** Thực hiện các phép tính lực căn cứ quan hệ ứng suất – biến dạng.



Hình 2.41 Mô hình hóa



Hình 2.42 Các bước tính trong phương pháp PTHH

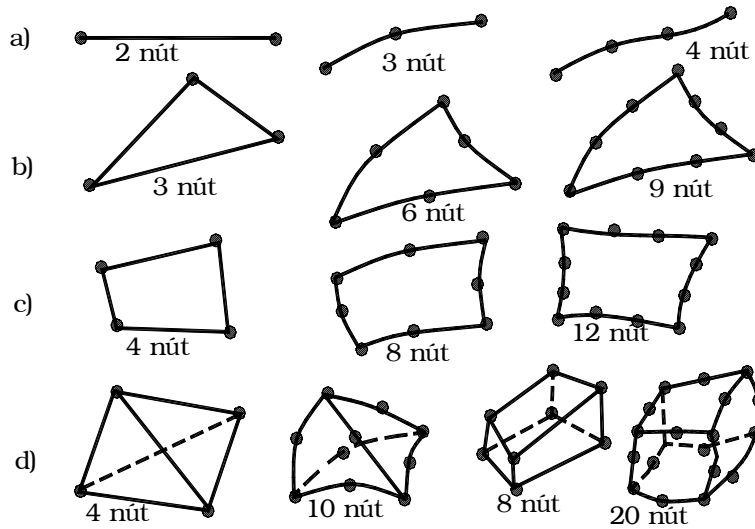
### Những phần tử thông dụng

Phần tử 1 chiều (1D) từ hai đến nhiều nút, hình 2.43a. Trong thực tế sử dụng chúng ta có thể dùng phần tử tuyến tính hoặc phần tử cong.

Phần tử phẳng (2D) thường dạng hình tam giác hoặc tứ giác, cạnh thẳng hoặc cong. Nút phần tử dạng này nằm tại đỉnh và cả tại các cạnh, xem hình 2.43b.

Nhóm phần tử 3D có thể chia làm ba phân nhóm, phần tử hình thù giống kim tự tháp gồm bốn mặt, 4 nút hoặc nhiều hơn 4 nút thuộc phân nhóm đầu tiên, từ kỹ thuật các nước đang dùng đều mang âm hưởng tiếng La tinh *tétrahédrique* chỉ phần tử này. Phân nhóm thứ hai trong cụm này là khối 6 mặt

(*hexahédrique*) có từ **8 nút** trở lên. Trong tài liệu này chúng ta làm quen với phần tử có số nút đến 20. Phân nhóm thứ ba đề cập phần tử có mặt cắt ngang không đổi, gọi là khối lăng trụ, hình **3.14c**.

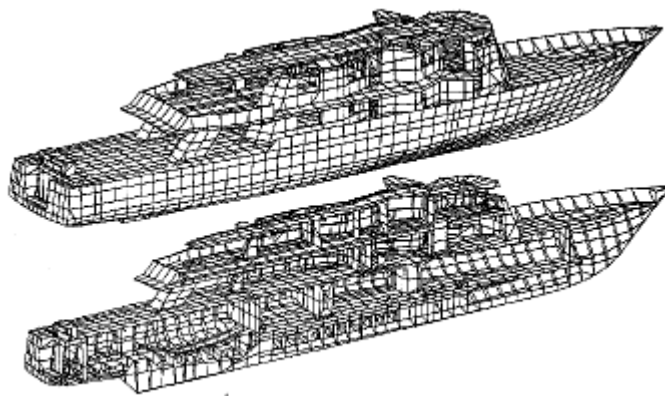


Hình 2.43 *Phân tử thường dùng*

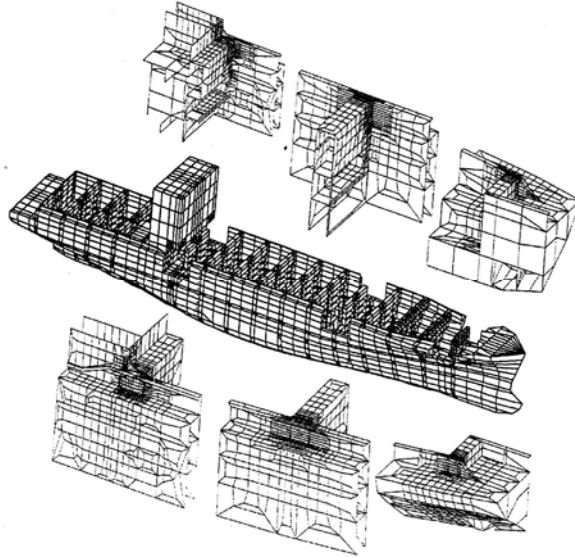
Những phần tử nhóm a) từ hình 2.43 gồm phần tử chỉ chịu lực dọc trục có tên gọi phổ thông trong các sách chuyên ngành là ROD, BAR, TRUSS, phần tử chịu xoắn TOR, phần tử chịu uốn BEAM.

Phần tử nhóm b) và c) gồm các phần tử tấm 2D Plate, SHELL, SOLID SHELL dùng rất phổ biến trong mô hình kết cấu thân tàu thủy. Cần lưu ý đến hướng dẫn của các hãng phát triển phần mềm tính toán rằng, nên sử dụng phần tử 4 cạnh, hạn chế dùng phần tử 3 cạnh. Phần tử nhóm d) gọi là các phần tử SOLID.

Mô hình hóa kết cấu thân tàu nhờ phương pháp PTHH có thể thấy qua ví dụ tàu khách một thân và tàu container sau.

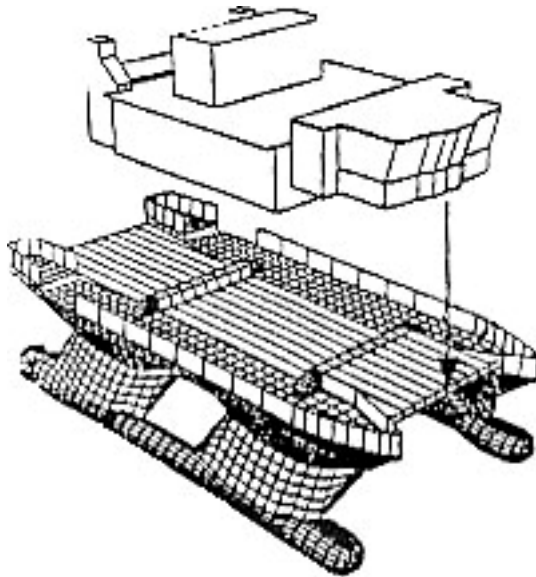


Hình 2.44a *Mô hình PTHH tàu khách*



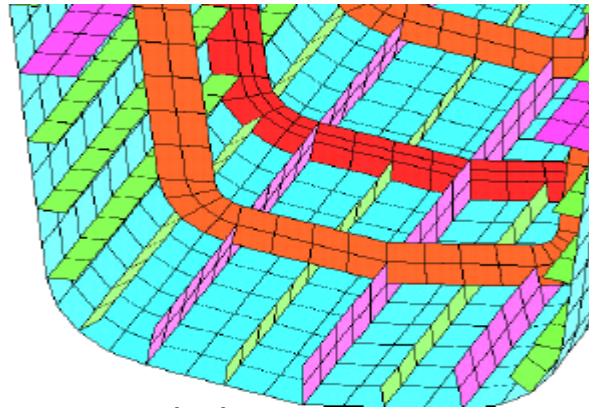
Hình 2.44b *Mô hình hóa kết cấu tàu container*

Áp dụng cách làm này cho tàu hai thân có thể mô hình hóa kết cấu thân tàu theo các biện pháp khả thi dưới đây. Sử dụng các phần tử 2D, 3D mô hình hóa phần thân tàu catamaran đóng vai trò giàn semi-submersible, hình 2.45.



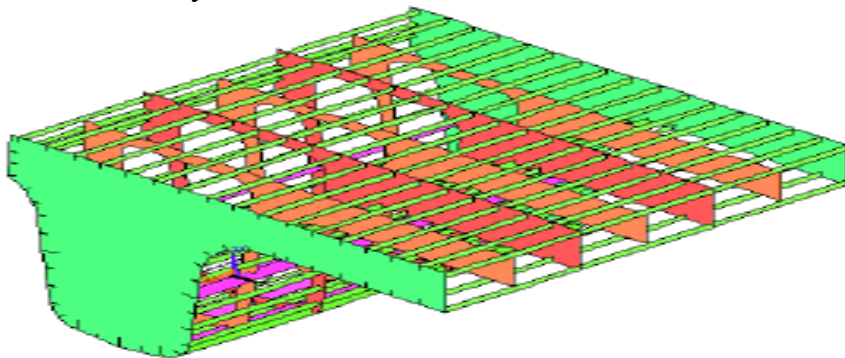
Hình 2.45

Với tàu catamaran kiểu kinh điển, kết cấu theo hệ thống dọc, xem hình 2.46a, phần tử thích hợp khi mô hình hóa kết cấu có thể là SHELL. Ví dụ nêu tại hình là cố gắng miêu tả kết cấu thực bằng các phần tử bốn cạnh.

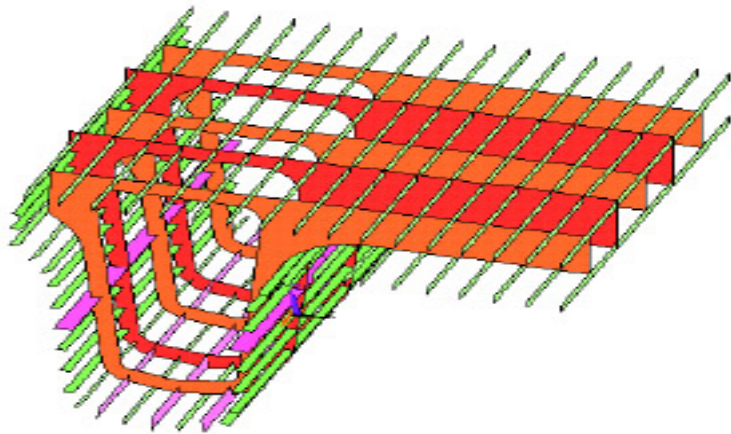


Hình 2.46a *Kết cấu đáy và mạn tàu hai thân*

Những hình ảnh liên quan kết cấu thân tàu catamaran giới thiệu tiếp theo có thể giúp người tính toán xây dựng mô hình PTHH cho tàu đặc biệt này. Có thể sử dụng các phần tử SOLID SHELL hoặc SHELL cho mục đích này.



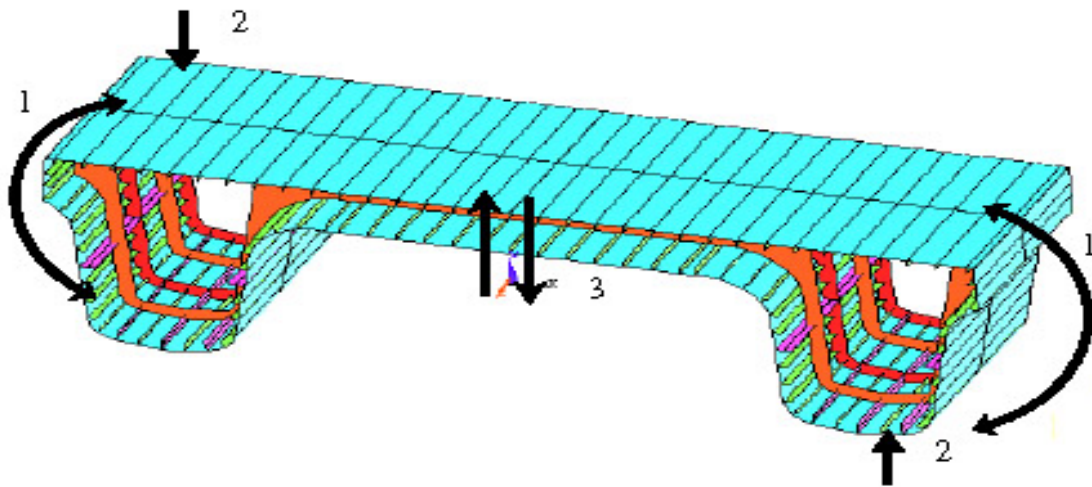
Hình 2.46b *Kết cấu theo hệ thống dọc tàu hai thân*



Hình 2.46c *Kết cấu boong và thân tàu (không kể tám vỏ)*

Kết cấu cầu nối mô hình hóa nhờ phần tử SHELL hoặc SOLID SHELL. Kích cỡ phần tử xác định theo cách trình bày tại hình 2.47. Trường hợp tàu nằm trên nước tính mô hình tính cầu nối chọn

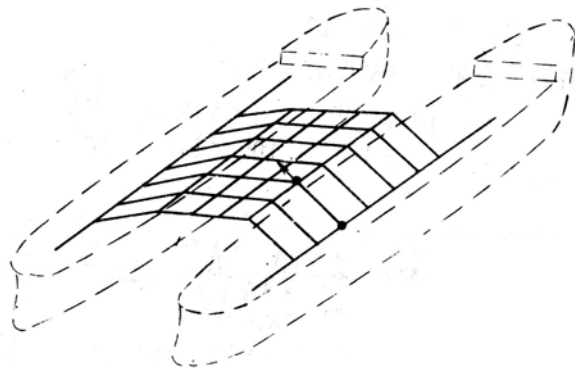
theo hình 2.39. Thực tế làm việc tàu hai thân với chiều rộng lớn phải gồi sóng. Mô hình áp tải do sóng gờ đổi thay theo dạng trình bày tại hình 2.47.



Hình 2.47 *Tính toán kết cấu cầu nổi*

Cầu nổi có thể xem xét dưới dạng giàn không gian, hình 2.48. Mô hình thích hợp có thể có dạng như trình bày tại hình 2.48. Các nẹp cứng đóng vai trò các thanh của giàn. Trường hợp này phần tử BEAM 3D sẽ phù hợp yêu cầu công việc.

Ngày nay những vấn đề tương tự sẽ giải theo phương pháp PTHH song nhờ đến ứng dụng phần tử SHELL. Nẹp cứng có thể mô hình hóa nhờ phần tử SHELL hoặc trong những hoàn cảnh cụ thể dùng phần tử TRUSS (BAR) vào vị trí nẹp.



Hình 2.48 *Mô hình hóa cầu nổi dạng giàn 3D*

## SỨC CẢN. THIẾT BỊ ĐẦY TÀU

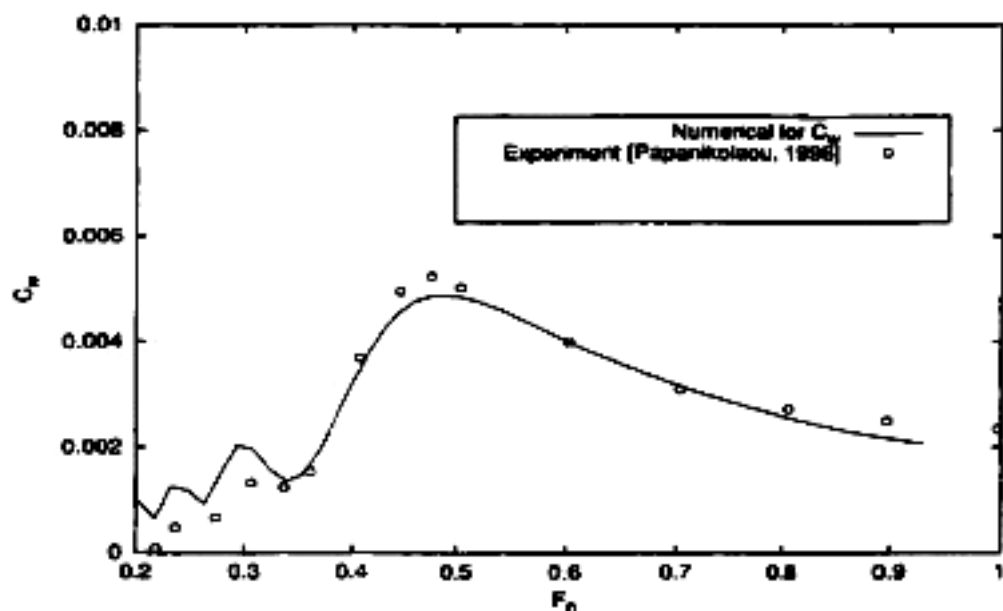
### 3.1 Tính sức cản sóng tàu nhiều thân

Sức cản toàn bộ tàu nhiều thân gồm nhiều thành phần. Trong tính toán sức cản hiện tại đang sử dụng giả thiết rằng sức cản toàn bộ gồm sức cản ma sát và sức cản dư. Trong thành phần sức cản dư có sức cản do tạo sóng quanh tàu lúc chạy và các thành phần bổ sung khác ảnh hưởng đến tạo sóng. Công thức tính hệ số sức cản toàn phần có dạng sau:

$$C_T = C_R + C_F(1+k)$$

trong đó  $C_T$  – hệ số sức cản toàn bộ,  $C_R$  – hệ số sức cản dư,  $(1+k)$  – có tên gọi form factor.

Tàu chạy nhanh có sức cản sóng lớn. Thành phần chủ yếu của hệ số sức cản  $C_R$  là  $C_W$  – hệ số sức cản tạo sóng, viết ngắn gọn là sức cản sóng.



Hình 3.1 Hệ số sức cản sóng  $C_w$

Hệ số sức cản ma sát  $C_F$  tính theo các phương pháp kinh điển như trình bày tại sách “Lý thuyết tàu, Tập 2” của TCN, NXB Đại học quốc gia Tp Hồ Chí Minh và tại sách “Sổ tay thiết kế tàu” NXB “Xây dựng”, 2008, Hà Nội. Có thể dùng công thức ITTC 1957 sau đây tính hệ số cản ma sát.

$$C_F = \frac{0,057}{\log(Rn - 2)^2}$$

Trong công thức  $R_n$  - còn ký hiệu khác ở dạng  $R_e$  là số Reynolds. (Cần thống nhất cách gọi, đây là số Reynolds).

Hiệu chỉnh với tên gọi form factor xác định theo công thức:

$$(1+k)_{ITTC} = 1,72 - f(L/\nabla^{1/3})^g (b/T)^{-0,1}$$

trong đó  $f$  và  $g$  mang giá trị khác nhau, tùy thuộc số Froude  $F_n$  (hoặc ký hiệu  $F_r$ ).

Phạm vi ứng dụng  $F_n = 0,6 - 1,0$ .

$F_n$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$f$	0,2707	0,3938	0,5389	0,5957	0,6056
$g$	0,48	0,30	0,16	0,12	0,12

Trong miền số Reynolds đạt giá trị  $10^6$  đến  $10^7$  có thể viết:

$$(1+k)_{ITTC} = 1,45 - 0,145(L/\nabla^{1/3})^{0,6} (b/T)^{-0,1}$$

Với  $F_n$  trong phạm vi  $0,45 - 1,0$ ; tỷ lệ  $L/\nabla^{1/3}$  nằm trong miền  $7,0$  đến  $10,0$ .

### Sức cản sóng tàu nhiều thân

Xét hàm thế dòng chảy bao tàu có thể viết:

(1) Trong miền nước  $\Omega$ , hàm  $\Phi(x, y, z; t)$  thỏa mãn phương trình Laplace:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0 \quad ()$$

(2) Điều kiện ban đầu của bài toán:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} - g \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad \text{tại mặt thoáng.} \quad ()$$

Các điều kiện biên.

(3) Điều kiện không thấm thấu tại vỏ vật thể:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = V_n(M; t) \quad ()$$

Tại mỗi điểm  $M$  trên biên vật thể vận tốc pháp tuyến của điểm vật chất vỏ vật thể  $M$  bằng vận tốc của phần tử nước đang chiếm vị trí tại  $M$ . Điều kiện này còn được hiểu theo cách phổ thông là vận tốc tương đối tại thời điểm tính giữa dòng chảy sát ngay vỏ vật thể so với vỏ bằng 0.

(4) Điều kiện biên ở biên xa.

Trên mặt thoáng ở biên xa vô cùng chỉ tồn tại hệ thống sóng điều hòa và sóng nước do vật thể tạo ra khi lác. Ở biên tại độ sâu vô cùng hàm thế tốc độ bị trượt tiêu.

$$|\text{grad}\Phi| = 0; \quad \text{tại } z \rightarrow -\infty. \quad ()$$

Trong các công thức này hàm thế  $\Phi(x, y, z)$  được hiểu là:

$$\Phi(x, y, z) = -Ux + \phi(x, y, z)$$

Với  $U$  – hàm thế dòng điều hòa, xác định theo chuyển động tịnh tiến tàu dọc trục  $Ox$ , thành phần thứ hai là hàm thế dòng rối.

Lực cản sóng tính từ biểu thức:

$$R_W = -\iint_S p n_x ds$$

trong đó S – mặt ướt vỏ tàu, p – áp suất động tác động lên vỏ tàu, tính theo công thức Bernoulli:

$$p = \rho U \frac{\partial \phi}{\partial x} - \rho g \zeta - \frac{1}{2} \rho (\nabla \phi)^2$$

trong đó  $\rho$  - mật độ nước bao tàu,

Bài toán đang nêu có thể giải bằng phương pháp số. Áp dụng phương pháp hàm Green tìm hàm thế thực hiện theo cách nêu sau:

Biểu thức hàm thế hãy là:

$$\phi = \sum_{i=1}^N \phi_{i\sigma} + \sum_{i=1}^N \phi_{i\mu}$$

$$\phi_{i\sigma} = -\iint \sigma_i G(x, y, z; \xi_i, \eta_i, \zeta_i) d\xi_i d\zeta_i$$

$$\phi_{i\mu} = -\iint \mu_i \frac{\partial}{\partial \eta_i} G(x, y, z; \xi_i, \eta_i, \zeta_i) d\xi_i d\zeta_i$$

Hàm Green G thể hiện bằng các nguồn di động kiểu Havelock. Cường độ nguồn xác định tại mỗi điểm nguồn trên vỏ tàu.

Khi đã xác định hàm thế tốc độ thông qua xác định cường độ các nguồn, tiến hành tích phân xác định sức cản sóng:

$$R_W = -16\pi\rho k_0^2 \int_0^{\pi/2} (P^2 + Q^2) \sec^3 \theta d\theta$$

trong đó:

$$P = \sum_{i=1}^N (P_{i\sigma} - P_{i\mu}) \quad Q = \sum_{i=1}^N (Q_{i\sigma} - Q_{i\mu})$$

$$P_{i\sigma} = \iint_{S_i} \sigma_i \cos[k_0((\xi_i - lx_i)\cos\theta + ly_i \sin\theta)\sec^2\theta] \exp(k_0 \zeta_i \sec^2\theta) d\xi_i d\zeta_i$$

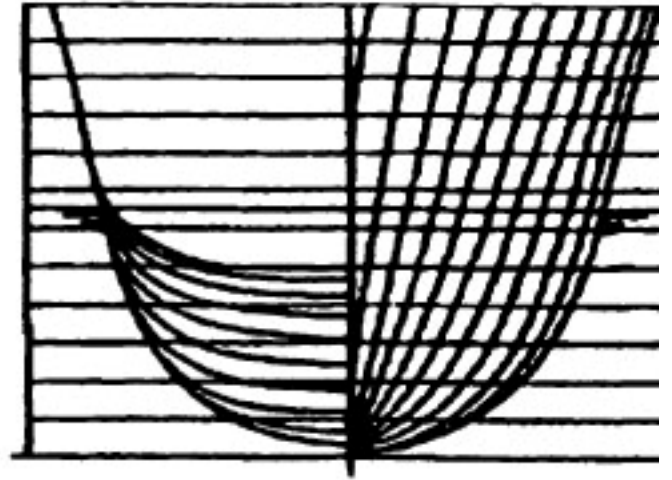
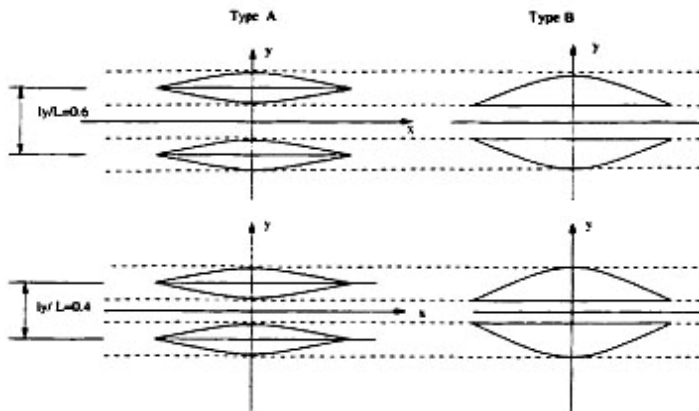
$$Q_{i\sigma} = \iint_{S_i} \sigma_i \sin[k_0((\xi_i - lx_i)\cos\theta + ly_i \sin\theta)\sec^2\theta] \exp(k_0 \zeta_i \sec^2\theta) d\xi_i d\zeta_i$$

$$P_{i\mu} = k_0 \sec^2\theta \sin\theta \iint_{S_i} \sin[k_0((\xi_i - lx_i)\cos\theta + ly_i \sin\theta)\sec^2\theta] \exp(k_0 \zeta_i \sec^2\theta) d\xi_i d\zeta_i$$

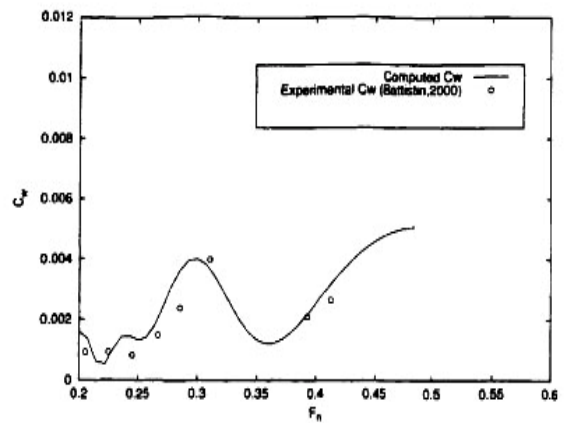
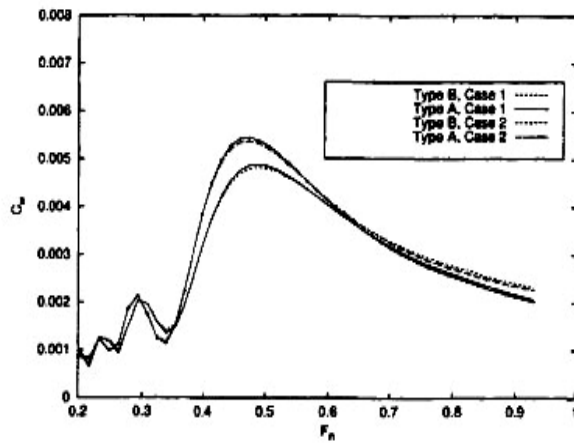
$$Q_{i\mu} = k_0 \sec^2\theta \sin\theta \iint_{S_i} \cos[k_0((\xi_i - lx_i)\cos\theta + ly_i \sin\theta)\sec^2\theta] \exp(k_0 \zeta_i \sec^2\theta) d\xi_i d\zeta_i$$

Trong công thức này  $k_0 = \frac{g}{U^2}$

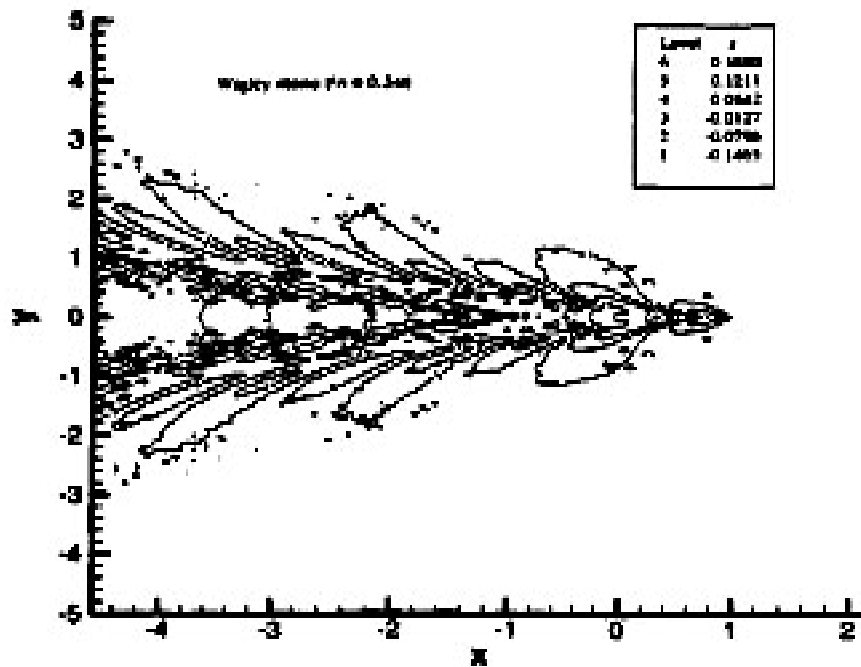
Kết quả tính đưa lại kết quả sau đây, theo tài liệu “Numerical Computation of Multi-Hull Ship Resistance and Motion”, Dalhousie University, June 2001.



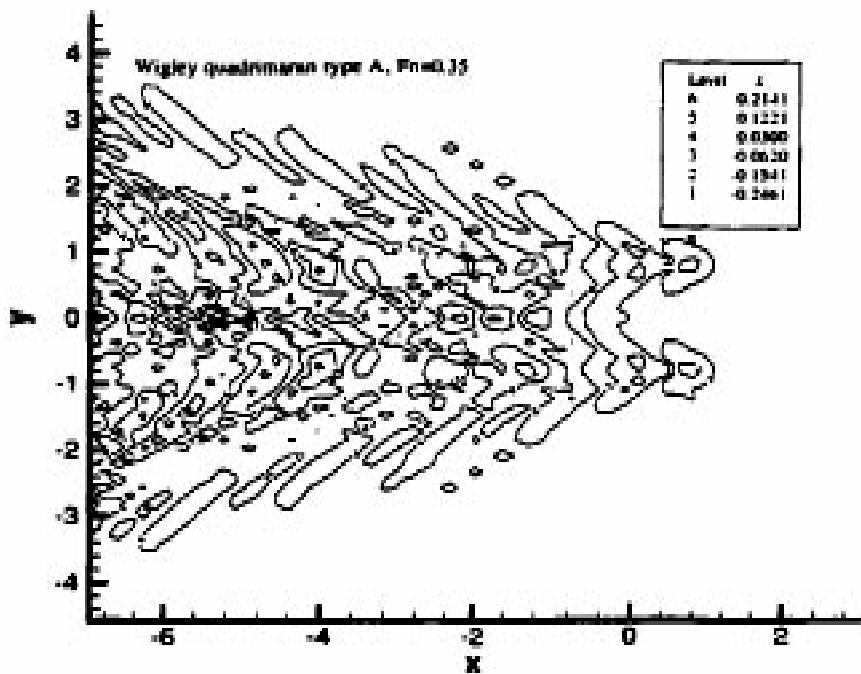
Hình 3.2 Mô hình tàu 2 thân dùng trong nghiên cứu



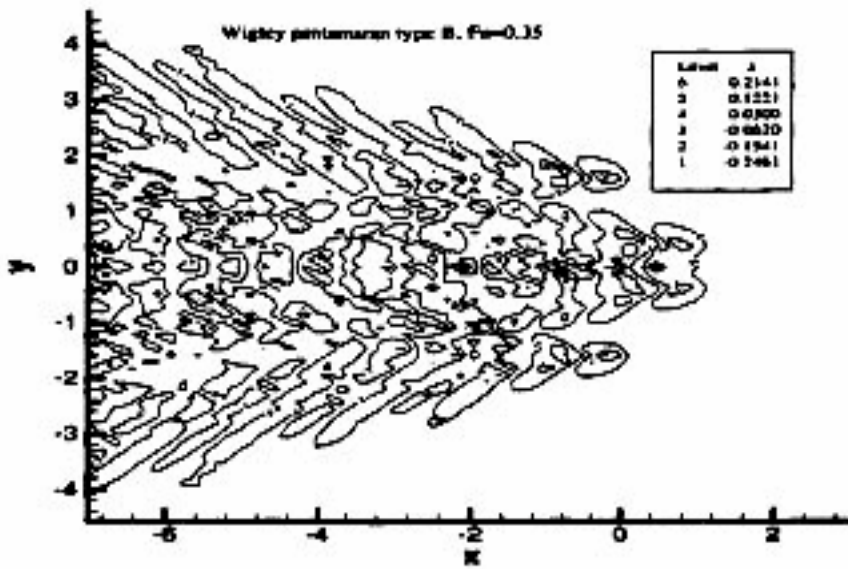
Hình 3.3 Sức cản sóng tàu hai thân (trái) và tàu ba thân (phải)



Hình 3.4 Sóng phát sinh quanh tàu một thân



Hình 3.5 Sóng phát sinh quanh tàu hai thân



Hình 3.6 Sóng phát sinh quanh tàu ba thân

### 3.2 Áp dụng CFD tính sức cản vỏ tàu

Với ngành tàu thủy CFD (Computational Fluid Dynamics) có vai trò lớn mô phỏng chuyển động dòng nước quanh tàu. CFD tham gia giải quyết xác định sức cản tạo sóng, tính đi biển (seakeeping), tràn nước lên boong, xác định lực cắt, momen uốn tàu trên sóng biển, đánh giá slamming vv.

Cơ sở toán dùng trong chuyên ngành này là phương trình Navier-Stokes (N-S) cùng phương trình liên tục. Phương trình N-S trong nguyên lý bảo toàn động lượng được viết dưới dạng:

$$\left. \begin{aligned} \rho(u_t + uu_x + vu_y + wu_z) &= \rho a_1 - p_x + \mu(u_{xx} + u_{yy} + u_{zz}) \\ \rho(u_t + uu_x + vu_y + wu_z) &= \rho a_2 - p_y + \mu(u_{xx} + u_{yy} + u_{zz}) \\ \rho(u_t + uu_x + vu_y + wu_z) &= \rho a_3 - p_z + \mu(u_{xx} + u_{yy} + u_{zz}) \end{aligned} \right\}$$

trong đó  $a_i$  - gia tốc,  $p$  áp suất,  $\mu$  - độ nhớt và  $t$  - thời gian.

Để xử lý được bằng các phương tiện hiện có những người nghiên cứu tàu thủy thường sử dụng cách làm RANSE khi giải phương trình chung đang nêu. Vận tốc và áp suất đưa vào hai nhóm phụ thuộc vào thời gian bình quân (time average) và phân áp suất thay đổi, biến phương trình N-S dạng đầy đủ thành phương trình có tên gọi phương trình Navier-Stokes của số Reynolds bình quân, theo đó vận tốc  $u, v, w$  và áp suất  $p$  tính trong thời gian bình quân còn  $u', v', w'$  chỉ cho phần thay đổi. Phương trình trong RANSE giờ đây mang thêm thành phần liên quan đến  $u', v', w'$ , thể hiện của đại lượng áp suất Reynolds.

Trong khuôn khổ cách làm RANSE khi bỏ qua độ nhớt, điều này đồng nghĩa không xét tính rối của dòng, phương trình Euler mang dạng:

$$\left. \begin{aligned} \rho(u_t + uu_x + vu_y + wu_z) &= \rho a_1 - p_x \\ \rho(u_t + uu_x + vu_y + wu_z) &= \rho a_2 - p_y \\ \rho(u_t + uu_x + vu_y + wu_z) &= \rho a_3 - p_z \end{aligned} \right\}$$

Các phần mềm xây dựng trên cơ sở phương trình Euler gặp nhiều thuận lợi hơn so với các thuật toán theo RANSE thuần túy. Dòng chảy qua cánh máy bay dùng trong ngành chế tạo máy bay, qua cánh ngầm tàu cánh ngầm, qua bánh lái tàu thủy, qua cánh chân vịt tàu ngày nay mô phỏng theo thuật toán này.

Mô hình giản đơn dùng phổ biến khi giải những bài toán dòng chất lỏng là không tính đến tính xoáy của dòng, hiểu theo công thức toán  $\nabla \times \vec{v} = 0$ . Dòng chảy với giả thiết không xoáy, chất lỏng không nhớt không nén gọi là dòng có thế. Vận tốc tính từ biểu thức  $\vec{v} = \nabla \phi$ , với  $\phi$  là thế (potential). Các thành phần tốc độ đóng vai trò ẩn bài toán rút gọn về một ẩn  $\phi$ .

Phương trình liên tục cho phép viết:

$$\Delta \phi = \phi_{xx} + \phi_{yy} + \phi_{zz} = 0$$

Đây là phương trình Laplace.

Nếu hạn chế lực khối trong chất lỏng chỉ là lực trọng trường, phương trình Euler có dạng:

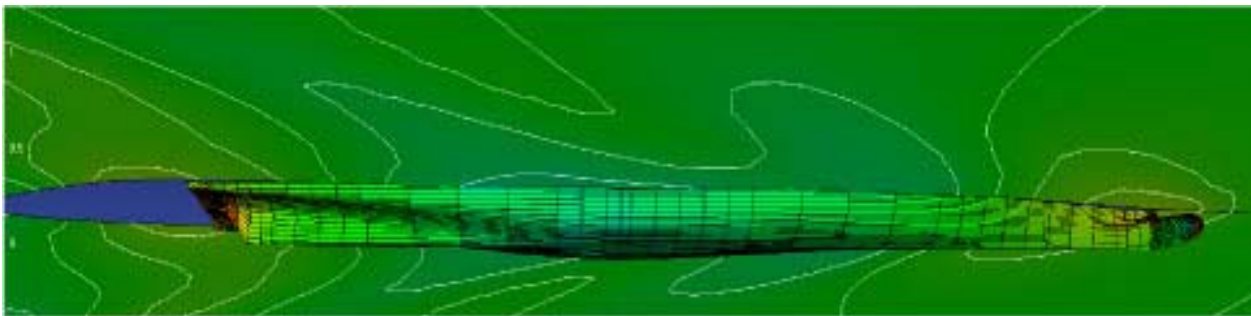
$$\nabla \left( \phi_t + \frac{1}{2} (\nabla \phi)^2 - gz + \frac{1}{\rho} p \right) = 0$$

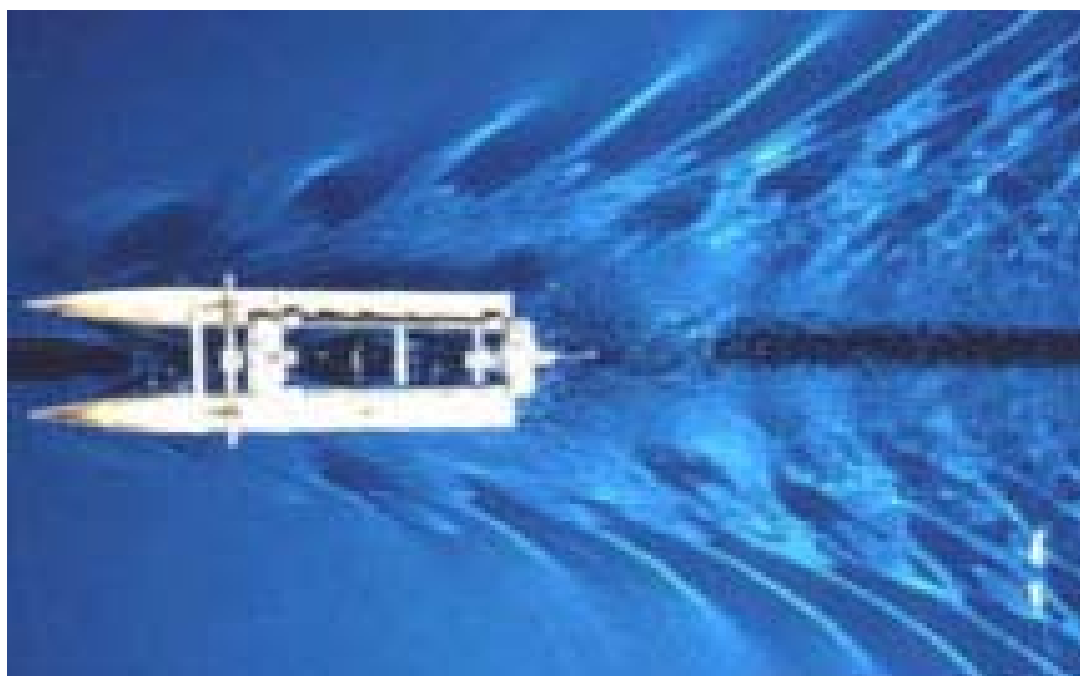
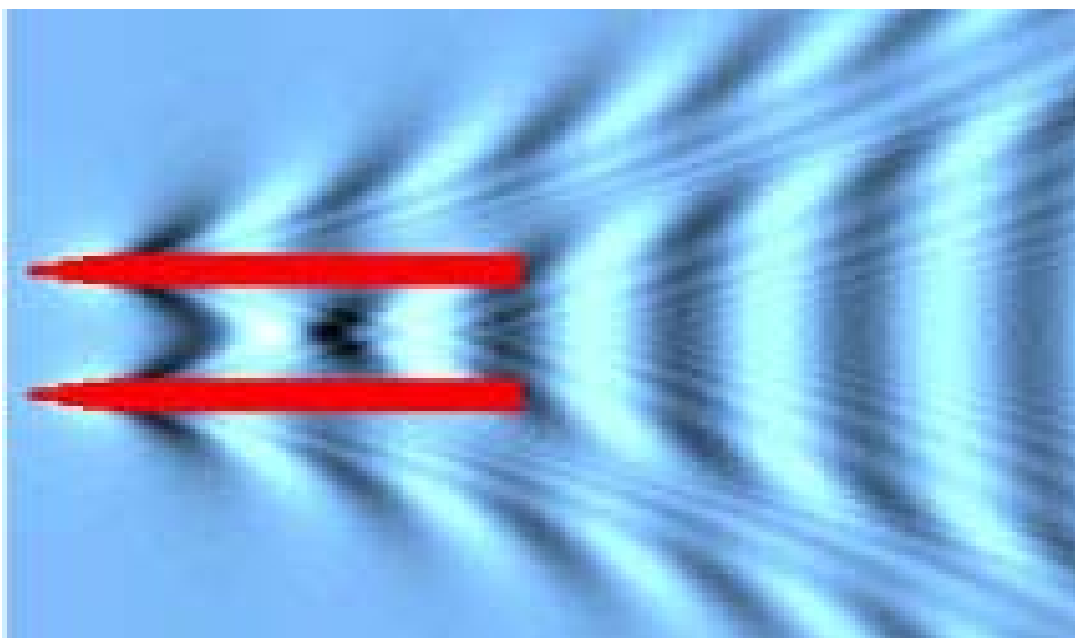
Tiến hành tích phân sẽ nhận được phương trình Bernoulli:

$$\phi_t + \frac{1}{2} (\nabla \phi)^2 - gz + \frac{1}{\rho} p = const$$

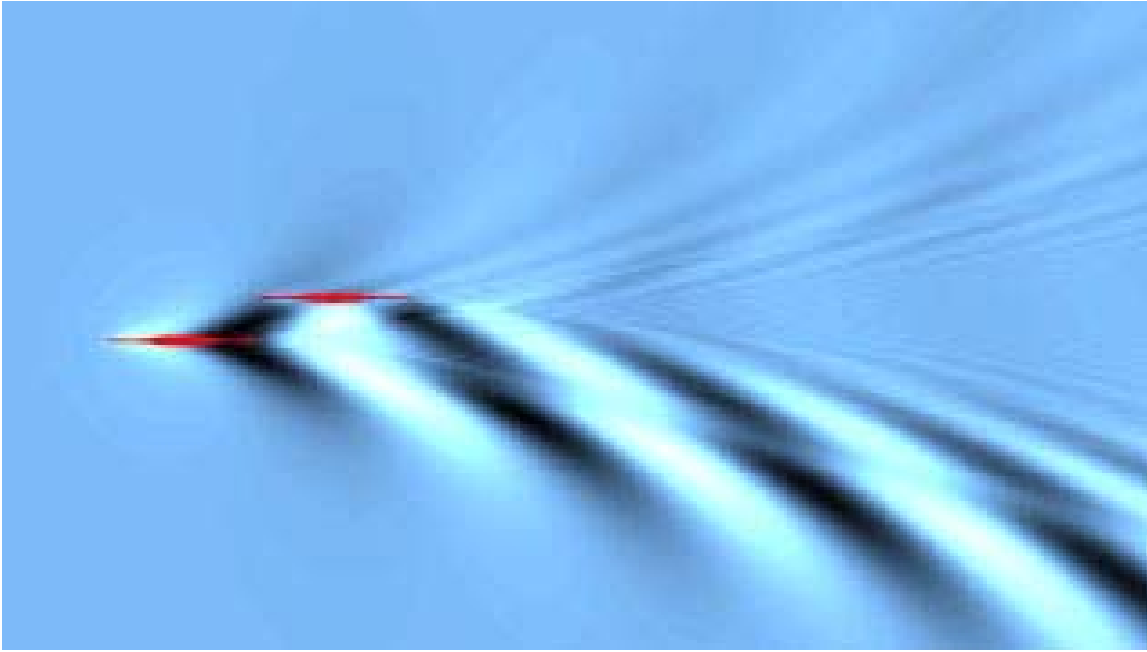


Hình 3.7 Sóng quanh thân tàu tính bằng CFD





Hình 3.8 So sánh kết quả tính nhờ CFD với thử mô hình



Hình 3.9 Sóng nước do hai thân tàu tạo

### 3.3 Phương pháp tính sức cản của Mercier và Savitsky

Mercier từ 1973 sử dụng phương pháp phân tích hồi qui xử lý dữ liệu liên quan sức cản tàu chạy nhanh mà Nordstrom, De Groot, Beys, Yeh vv... đã đưa ra trước đó nhằm xác lập công thức gần đúng xác định sức cản tàu. Công thức tính cho phép xác định sức cản toàn bộ  $R_T/\Delta$  cho các giá trị của vận tốc (11 giá trị)  $Fn$  từ 1,0 1,1 đến 2,0. Công thức tính sức cản toàn bộ của Mercier và Savitsky (1973) có dạng:

$$R_T/\Delta = A_1 + A_2X + A_4U + A_5W + A_6XZ + A_7XU + A_8XW + A_9ZU + A_{10}ZW + A_{15}W^2 + A_{18}XW^2 + A_{19}ZX^2 + A_{24}UW^2 + A_{27}WU^2$$

Trong đó  $x = \frac{\nabla^{1/3}}{L}$ ;  $Z = \frac{\nabla}{B^2}$ ;  $U = \sqrt{2i_E}$ ;  $W = \frac{A_T}{A_X}$

Diện tích mặt tiếp nước của vỏ tàu tính theo công thức:

$$\frac{S}{\nabla^{2/3}} = 2,262 \sqrt{\frac{L}{\nabla^{1/3}}} \left[ 1 + 0,046 \frac{B}{T} + 0,00287 \left( \frac{B}{T} \right)^2 \right]$$

Bảng 3.1

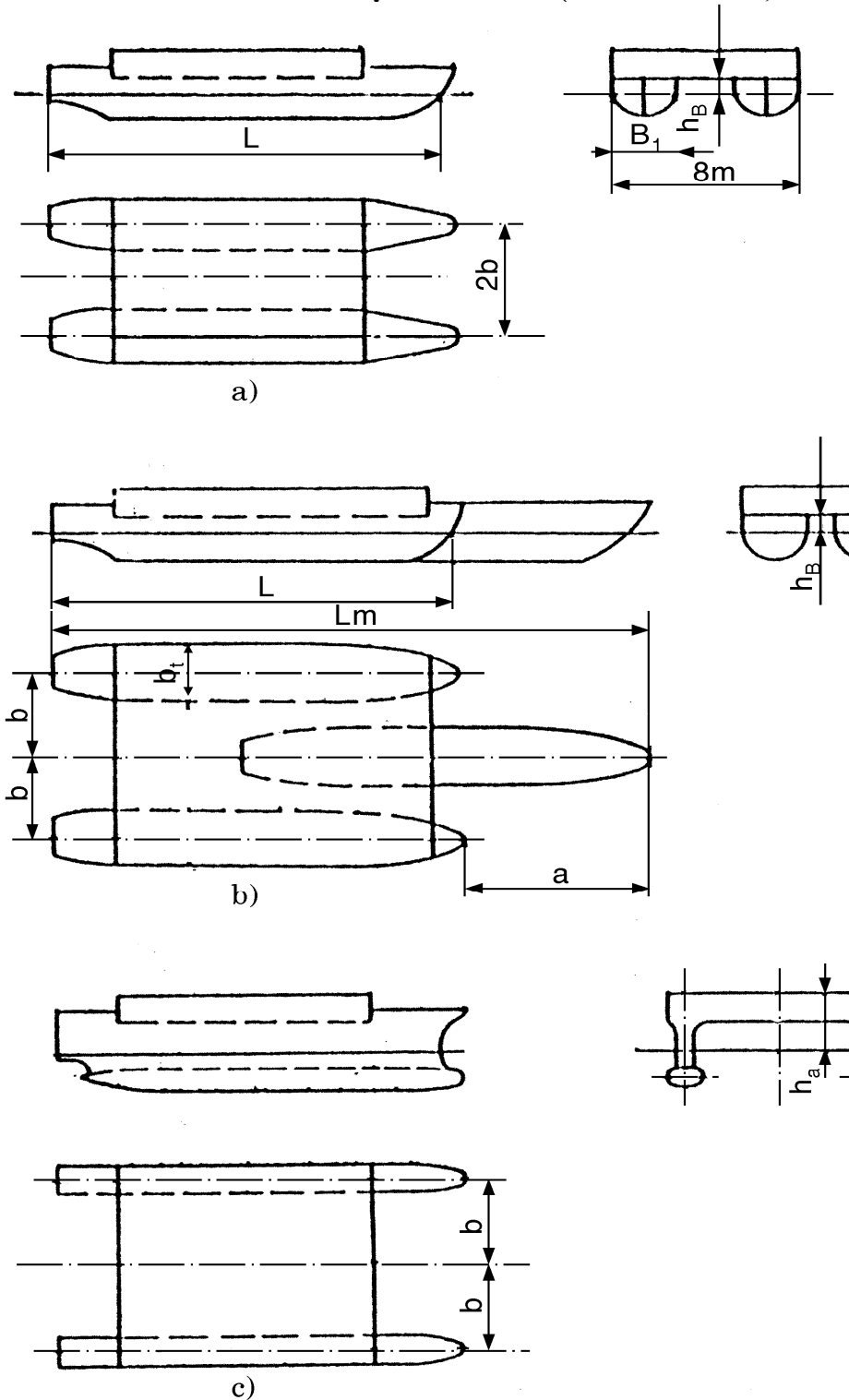
$Fn_v \rightarrow$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$A_1$	0,06473	0,0776	0,09483	0,03475	0,03013	0,03163
$A_2$	-0,4868	-0,88787	-0,6372	0	0	0
$A_3$	0	0	0	0	0	
$A_4$	-0,01030	-0,01634	-0,01540	-0,00978	-0,00664	0
$A_5$	-0,06490	-0,13444	-0,1358	-0,05097	-0,05540	-0,10504
$A_6$	0	0	-0,16046	-0,2188	-0,19359	-0,20540
$A_7$	0,10629	0,1816	,16803	0,10434	0,09612	0,06007
$A_8$	0,9731	1,8308	1,55972	0,43510	0,51820	0,58230
$A_9$	-0,00272	-0,00389	-0,00309	-0,00198	-0,00215	-0,00372
$A_{10}$	0,01089	0,01457	0,03481	0,04113	0,03901	0,04794

$A_{15}$	0	0	0	0	0	0,08317
$a_{18}$	-1,40926	-2,46696	-2,15556	-0,92663	-0,95276	-0,70895
$a_{19}$	0,29136	0,47305	1,02992	1,06392	0,97757	1,19737
$A_{27}$	-0,0015	-0,00356	-0,00303	-0,00105	-0,00140	0

Bảng 3.1 (tiếp)

$Fn_V \rightarrow$	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$A_1$	0,03194	0,04343	0,05036	0,05612	0,05967
$A_2$	0	0	0	0	0
$A_3$	0	0	0	0	0
$A_4$	0	0	0	0	0
$A_5$	-0,08599	-0,01289	-0,15597	-0,18661	-0,19758
$A_6$	-0,19442	-0,18062	-0,17813	-0,18288	0,20152
$A_7$	0,06191	0,05487	0,05099	0,04744	0,04645
$A_8$	0,52049	0,78195	0,92859	1,18569	1,30026
$A_9$	-0,0036	-0,00332	-0,00308	-0,00244	0,00212
$A_{10}$	0,04436	0,04187	0,4111	0,04124	0,04343
$A_{15}$	0,07366	0,12147	0,14928	0,1809	0,19769
$a_{18}$	-0,72057	-0,95929	-1,12178	-1,38644	-1,55127
$a_{19}$	1,18119	-1,01562	0,93144	0,78414	0,78282
$A_{24}$	0	0	0	0	0
$A_{27}$	0	0	0	0	0

### 3.4 ĐỒ THỊ TÍNH SỨC CẢN TÀU HAI HOẶC BA THÂN (CATAMARAN, TRIMARAN)



Hình 3.10 Tàu nhiều thân

$a$  – tàu hai thân (catamaran),  $b$  – tàu ba thân (trimaran),  $c$  – tàu hai thân đường nước nhỏ (SWATH)

Sức cản tàu hai thân chịu ảnh hưởng của tỷ lệ mặt ướt  $S/\sqrt[3]{V^2}$ , tỷ lệ mảnh thân tàu  $L/\sqrt[3]{V}$  và khoảng cách hai thân  $s/L$ .

Hệ số sức cản dư tàu hai thân tính theo công thức:

$$C_{R,c} = C_V k_{V,c} + C_W k_{W,c}$$

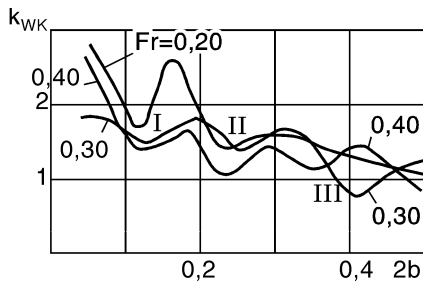
Hệ số sức cản dư tàu ba thân tính theo công thức:

$$C_{R,T} = C_V k_{V,T} + C_W k_{W,T}$$

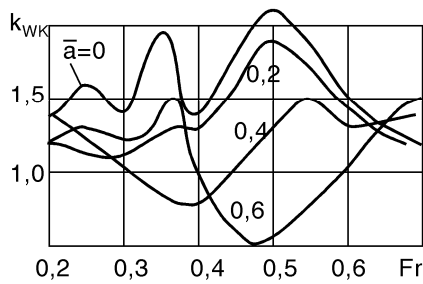
trong đó  $C_V$  – hệ số sức cản hình dáng tính cho thân tàu riêng lẻ,

$k_V$ , với chỉ mục c chỉ catamaran, T chỉ trimaran, là hệ số sức cản nhớt, tính đến ảnh hưởng thân bên cạnh,

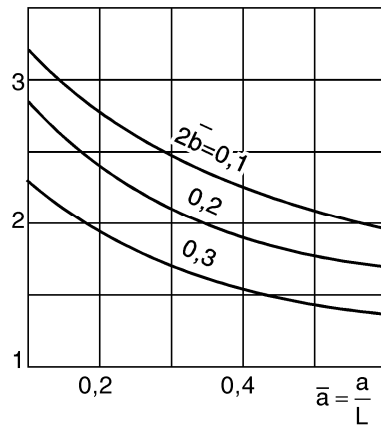
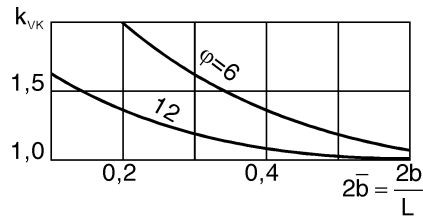
$$C_W = C_R - C_V$$



a) Hệ số  $k_w$



b) Hệ số  $k_w$



Hình 3.11

**Hệ số  $k_w$**

*a* - catamaran, *b* - trimaran

**Hệ số  $k_v$**

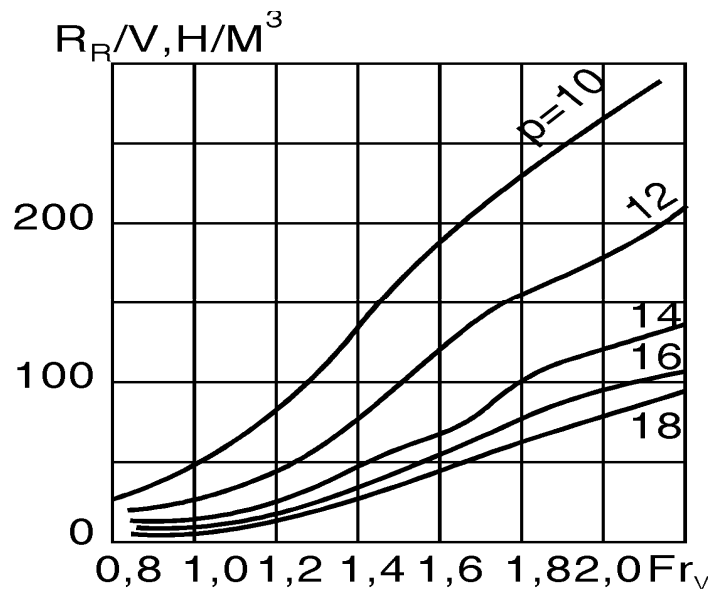
*a* - catamaran, *b* - trimaran

Hệ số sức cản dư tính từ công thức:

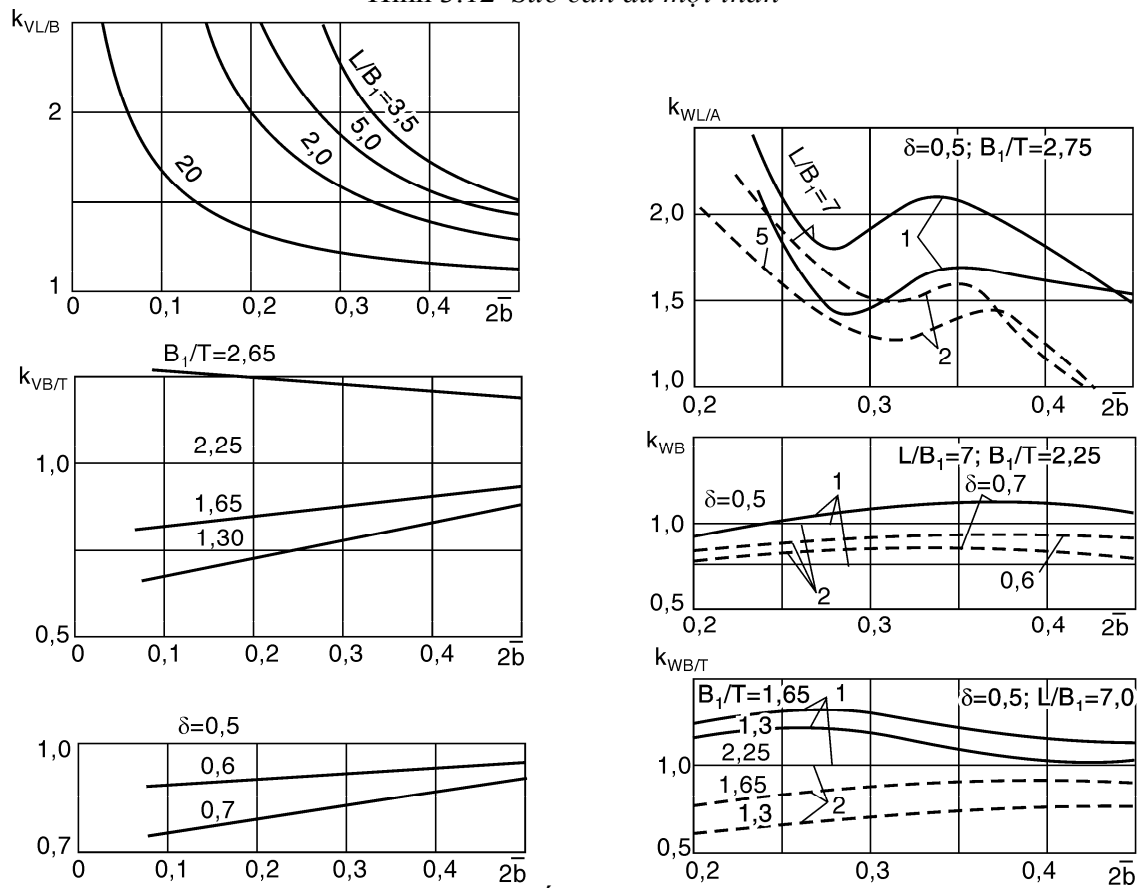
$$C_R = 2 \times \left( \frac{R_R}{V} \right) \times \frac{V_1}{\rho v^2 S_1}$$

0

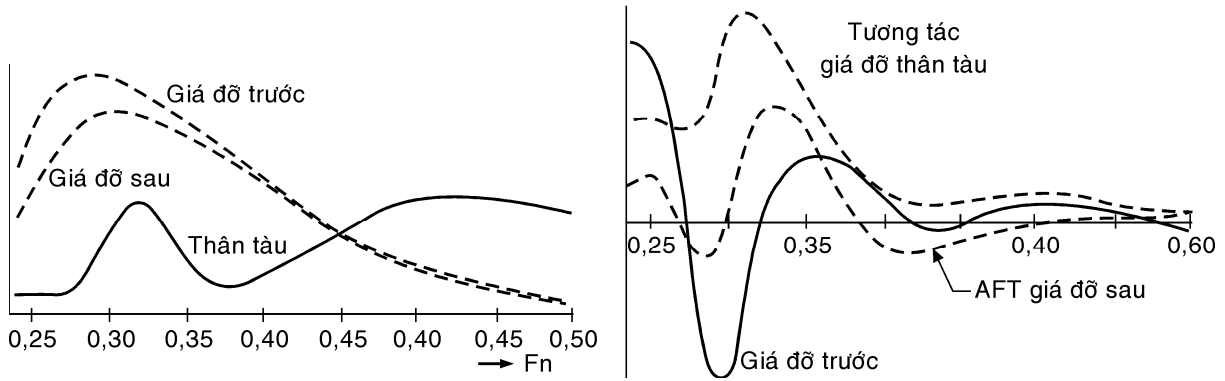
trong đó  $V_1$  – thể tích phần chìm một thân  
 $S_1$  - diện tích mặt ướt một thân.



Hình 3.12 Sức cản dư một thân



Hình 3.13 Hệ số cản nhớt tàu SWATH



Hình 3.14 Sức cản sóng tàu SWATH

Hệ số sức cản dư xác định bằng công thức hồi qui:

$$C_R = a_1 + a_2 \frac{L}{B_1} + a_3 \frac{B_1}{T} + a_4 C_B + a_5 2b + a_6 \left( \frac{L}{B_1} \right)^2 + a_7 \left( \frac{B_1}{T} \right)^2 + a_8 C_B^2 + a_9 4b^2 + a_{10} \frac{L}{T} + a_{11} \frac{L}{B_1} C_B + a_{12} \frac{L}{B_1} 2b + a_{13} \frac{B_1}{T} C_B + a_{14} \frac{B_1}{T} 2b + a_{15} C_B 2b \quad (9)$$

Với tàu có các tỷ lệ sau  $L/B_1 = 4 \div 9$ ;  $B_1/T = 1,3 \div 2,5$ ;  $C_B = 0,5 \div 0,7$ ;  $2b = 0,2 \div 0,5$  các hệ số  $a_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 15$  đọc theo bảng 3.2.

Bảng 3.2

Hệ số	Fr				
	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28
$a_1$	-19,9249	-18,8808	-13,6882	-12,0690	-40,5094
$a_2$	-0,9334	-1,1791	-0,9585	-1,4256	-1,0694
$a_3$	2,8764	3,5285	4,7716	5,4022	8,2532
$a_4$	72,8001	69,3331	42,8899	38,2245	111,324
$a_5$	-8,2434	-8,6314	-8,0931	-4,4313	-3,2532
$a_6$	0,0603	0,0583	0,0473	0,0463	0,0533
$a_7$	-0,3033	-0,5451	-0,9800	-1,2215	-1,2146
$a_8$	-18,500	-14,6131	4,8052	1,14375	-27,3711
$a_9$	0,3730	0,5207	0,4022	0,3010	0,1507
$a_{10}$	0,8129	0,9168	0,8952	1,0570	1,1331
$a_{11}$	-3,1771	-3,0292	-2,8706	-2,6112	-3,6696
$a_{12}$	-0,3066	-0,4547	-0,6460	-0,7751	-0,7902
$a_{13}$	-11,6185	-12,2122	-10,8031	-11,9124	-17,13168
$a_{14}$	-0,0182	-0,0240	-0,0294	-0,0278	-0,0228
$a_{15}$	13,6963	15,9902	18,3546	14,6241	13,3194

Bảng 3.2 (tiếp)

Hệ số	Fr					
	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
$a_1$	-22,6810	-0,7338	10,8551	30,4651	0,5804	14,2501
$a_2$	-1,5346	-5,4293	-7,1018	-8,3142	-7,6040	-4,5027
$a_3$	2,7288	-7,9090	-8,3818	13,5381	-1,6452	-1,7211
$a_4$	87,7293	120,6991	107,636	68,2001	110,827	40,5466
$a_5$	-17,9288	-60,3819	-61,7521	-27,7995	-10,3335	8,5185
$a_6$	0,0479	0,0181	0,0204	0,0502	0,0816	0,01149

$a_7$	-1,5164	-1,9034	-2,0081	-2,3984	-2,4769	-1,9566
$a_8$	-31,3409	-132,719	-127,716	-92,4152	-84,6190	-1,5353
$a_9$	0,6494	-0,4927	-0,7558	-0,5604	-0,3137	-0,1246
$a_{10}$	1,0014	0,8991	1,1608	1,6559	1,7960	1,8722
$a_{11}$	-2,7136	4,0263	5,5156	4,7847	2,4398	-3,0713
$a_{12}$	-0,5492	-0,5690	-0,6249	-0,6026	-1,0788	-1,9792
$a_{13}$	-6,1872	12,3637	-1,13106	16,3239	-1,2665	-5,2231
$a_{14}$	-0,0201	0,0142	0,00391	0,0594	0,0869	0,1183
$a_{15}$	30,9354	94,5143	94,7484	43,1487	24,0460	9,4645

## ĐỒ THỊ TÍNH SỨC CẢN TÀU HAI THÂN VẬN TỐC THẤP

Sức cản dư tàu hai thân được xét dạng tổng của các thành phần:

$R_p$  - sức cản hình dáng ảnh hưởng đến sức cản ma sát

$R_w$  - sức cản do tạo sóng

$R_i$  - sức cản tạo ra do sự có mặt của hai thân tàu nằm gần nhau.

$$R_R = 2R_p + 2R_w + 2R_i$$

Trong tài liệu này sẽ trình bày cách tính sức cản tàu hai thân theo Alfierov. Sức cản dư vừa nêu được Alfierov đưa về dạng:

$$R_R = \Delta \cdot \varepsilon_{R(L/B)} \cdot k_{B/T} \cdot k_{CB}$$

trong đó  $\Delta$  - lượng chiếm nước của tàu,  $\varepsilon_{R(L/B)} = R_R/\Delta$ ;  $k_{B/T} \cdot k_{CB}$  các hệ số ảnh hưởng đến hệ số  $\varepsilon$ , theo  $B/T$ ,  $L/B$  hoặc  $CB$ .

$$k_{B/T} = \frac{\varepsilon_R \text{ (cho } B/T \text{ thiết kế)}}{\varepsilon_R \text{ (cho } B/T \text{ chuẩn)}}$$

$$k_{CB} = \frac{\varepsilon_R \text{ (cho } CB \text{ thiết kế)}}{\varepsilon_R \text{ (cho } CB \text{ chuẩn)}}$$

Đồ thị Alfierov giành cho tàu hai thân được giới thiệu tiếp dưới đây. Khác với tàu một thân, với tàu hai thân, hệ số phân cách hai thân  $w = W/(2B)$ , trong đó  $W$  khoảng cách thực giữa hai thân, đo tại mặt giữa tàu, có ảnh hưởng lớn đến sức cản dư. Trong các đồ thị hệ số  $w$  mang giá trị 0,3; 0,5; 0,7; và 0,9.

Các đồ thị sức cản dư được xác lập cho vận tốc tương đối, tính bằng công thức:

$$F_{Dv} = \frac{v}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}}$$

Sức cản toàn bộ tàu hai thân tính theo công thức:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho A (C_F + \Delta C_F) v^2 + R_R$$

Ví dụ: Tính sức cản tàu hai thân kích thước sau, tại vận tốc  $V_s = 10HL/h$ .  $Lwl = 15,76$  m;  $B = 1,72$  m;  $T = 0,96$  m; lượng thể tích chiếm nước  $V = 22,50$  m<sup>3</sup>;  $A = 68,20$  m<sup>2</sup>;  $w = 0,551$ .

Các tỷ lệ và hệ số:  $L/B = 9,16$ ;  $B/T = 1,79$  và  $CB = 0,44$ .

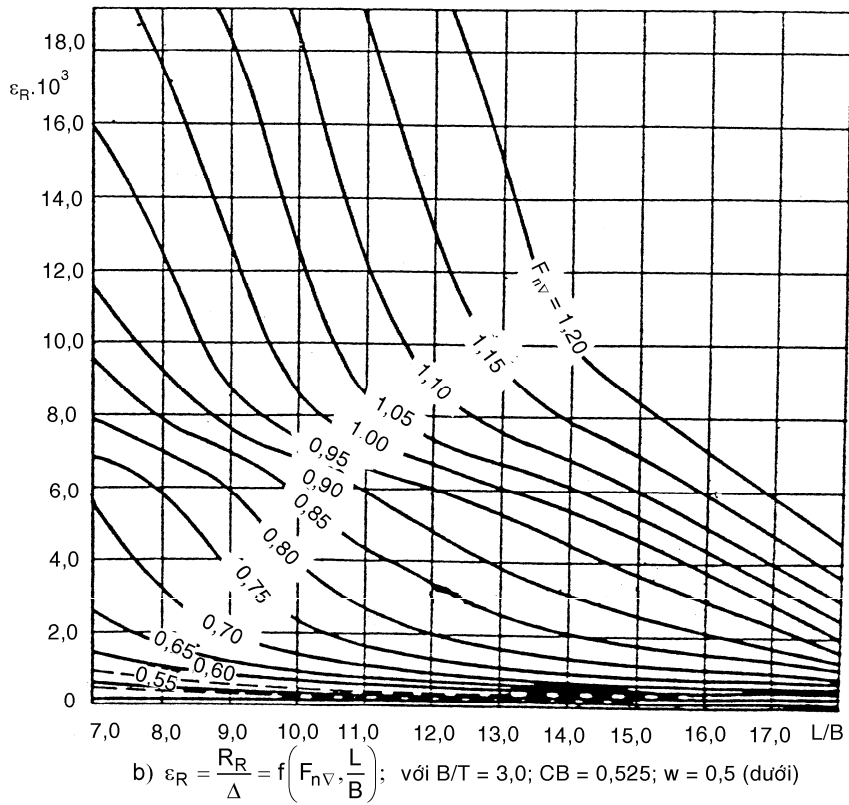
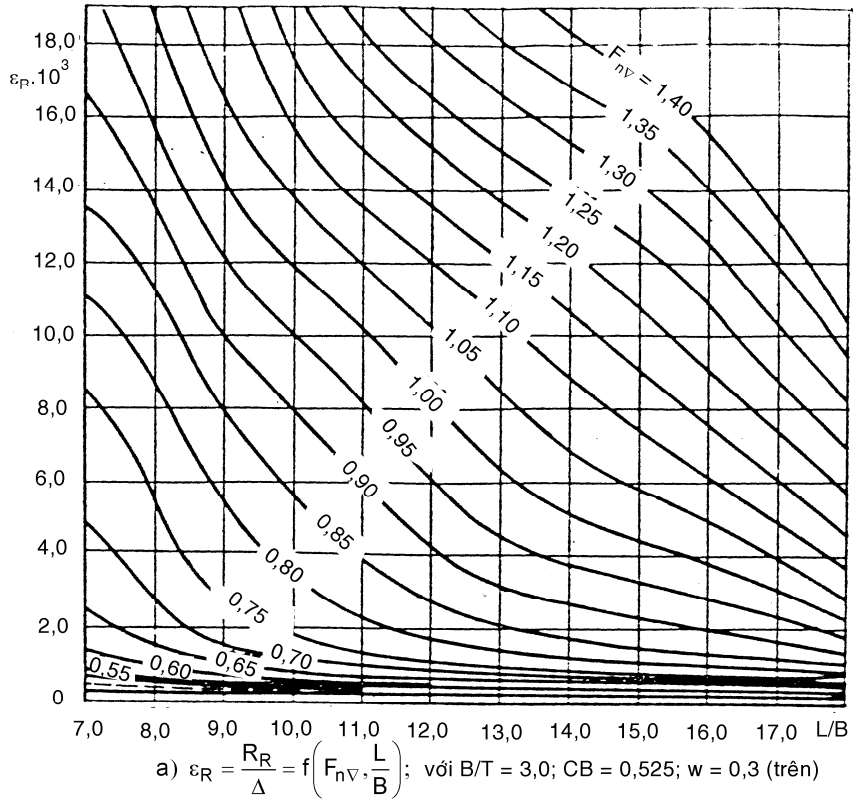
Hệ số  $\epsilon_R$  xác định bằng đường nội suy với  $w = 0,50$  và  $0,70$ . Kết quả đọc tính theo bảng.

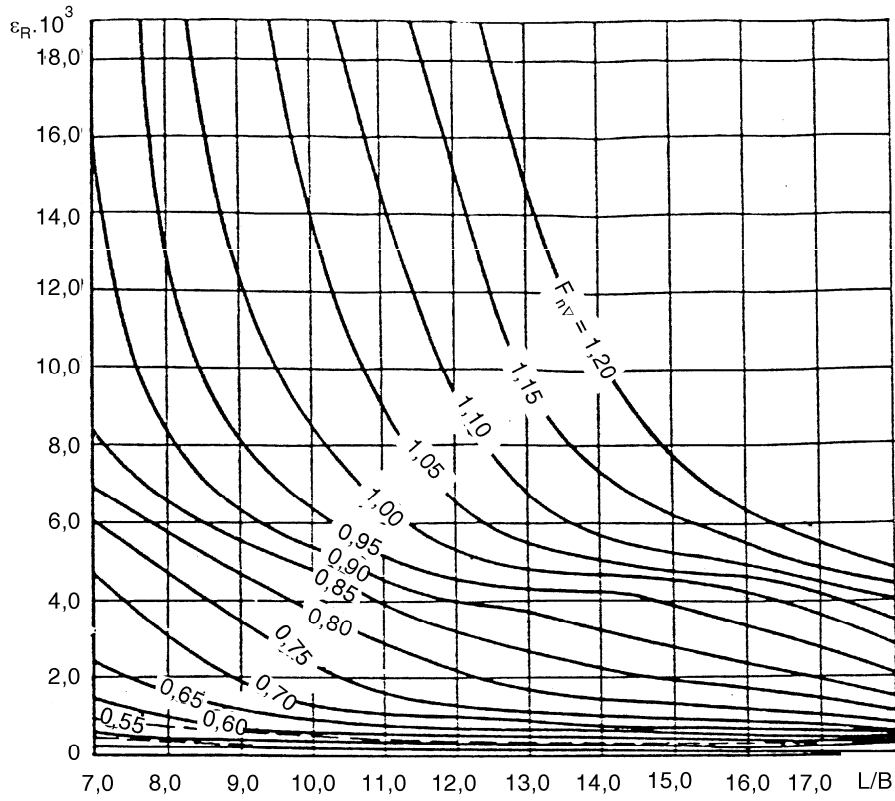
Bảng 3.3

1	$V_s$		$HL/h$	10		
2			$m/s$	5,14		
3	$F_n$		-	0,414		
4	$F_{nv}$		-	0,98		
5	$w$		-	0,500	0,700	0,551*
6	$\epsilon_R \cdot 10^3$	$L/B = 9$		11,220	10,785	-
7		$L/B = 10$		8,155	7,650	-
8		$L/B = 9,16$		10,729	10,284	10,616
9	$\epsilon_R \cdot 10^3$	$B/T = 1,79$		10,700	12,430	-
10		$B/T = 3,0$		7,160	6,075	-
11	$k_{B/T}$		-	1,492	2,050	1,635
12	$\epsilon_R \cdot 10^3$	$CB = 0,44$	-	6,359	5,495	0,923
13		$CB = 0,525$	-	6,985	5,781	-
14	$k_{CB}$		-	0,913	0,951	0,923
15	$R_R$		$kG$			784
16	$R_n \cdot 10^{-8}$		-			0,769
17	$R_F$		$kG$			292
18	$R_T$		$kG$			1076
19	$P_E$		$HP$			81

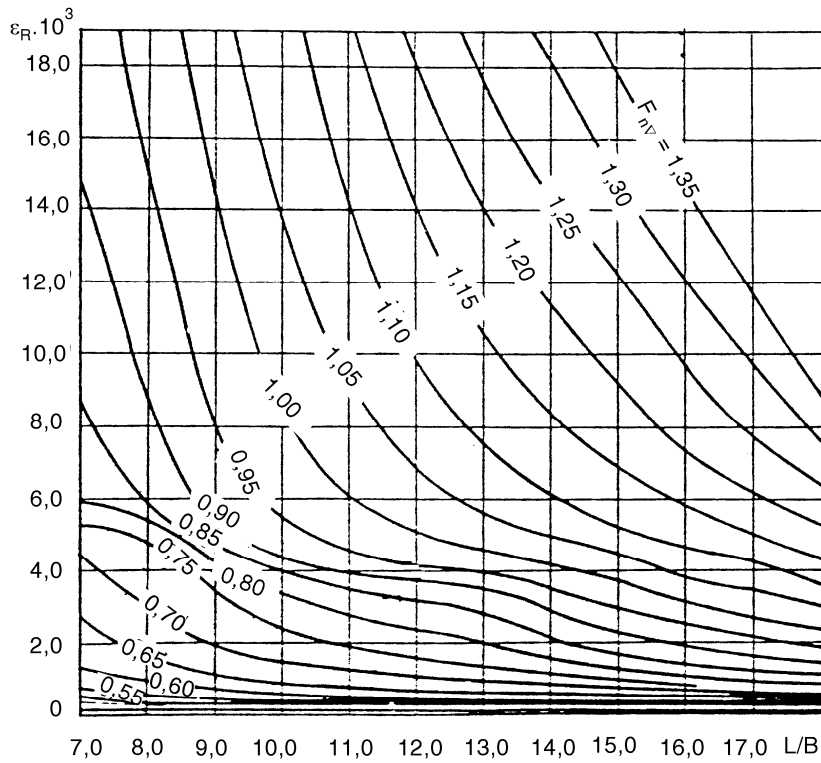
Trong bảng các công thức được hiểu như sau:

- (2)  $v = V_s \cdot 0,5144 = 5,144$  m/s; (3)  $F_n = v / \sqrt{gL}$
- (4)  $F_{nv} = \frac{v}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}} = F_n \sqrt{\frac{L}{\nabla^{1/3}}}$ ; (5) và (7) đọc từ đồ thị;
- (8) Từ phép nội suy cho  $L/B = 9,16$ ; (9) và (10) đọc từ đồ thị;
- (11) Tính theo:  $k_{B/T} = \frac{\epsilon_R(B/T = 1,79)}{\epsilon_R(B/T = 3,0)}$  (12) và (13) đọc từ đồ thị;
- (14) Tính theo:  $k_{CB} = \frac{\epsilon_R(CB = 0,44)}{\epsilon_R(CB = 0,525)}$
- (15)  $R_R = \Delta \cdot \epsilon_R(L/B) \cdot k_{B/T} \cdot k_{CB}$  (16)  $R_n = v \cdot L/v$ ;
- (17) Sức cản ma sát; (18)  $R_T = R_F + R_R$ ;
- (19)  $P_E = R_T \cdot v/75$

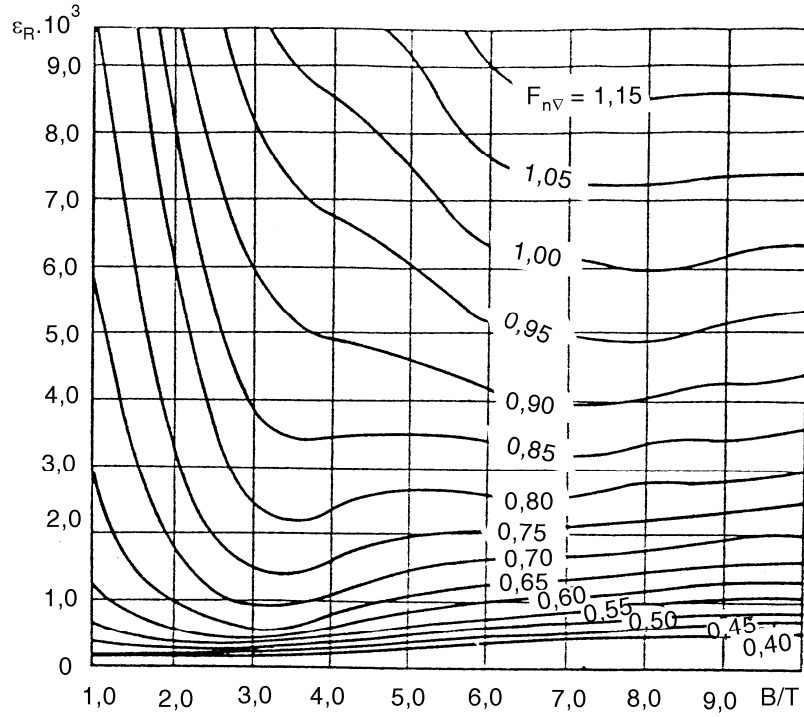




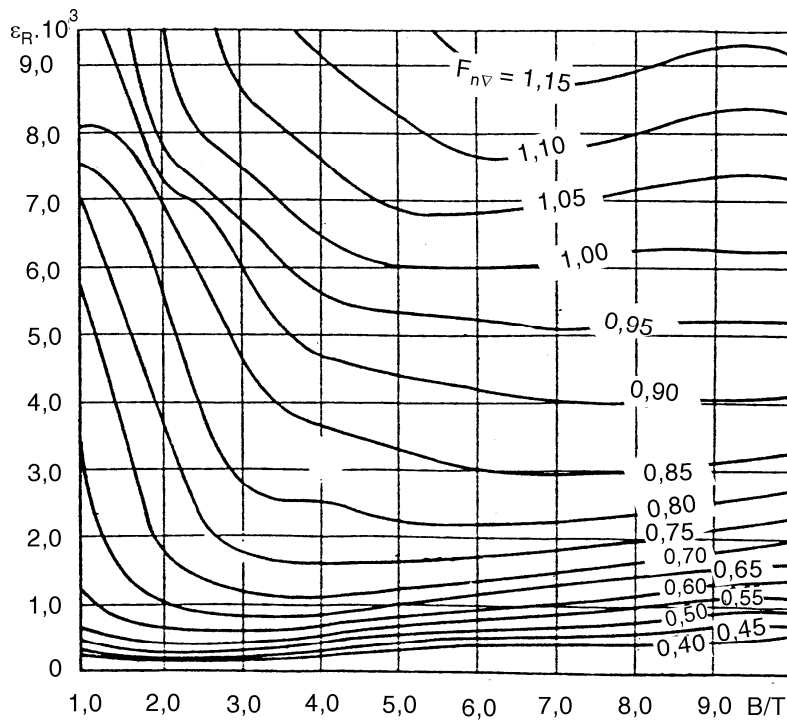
c)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f\left(F_{nV}, \frac{L}{B}\right)$ ; với  $B/T = 3,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,7$  (trên)



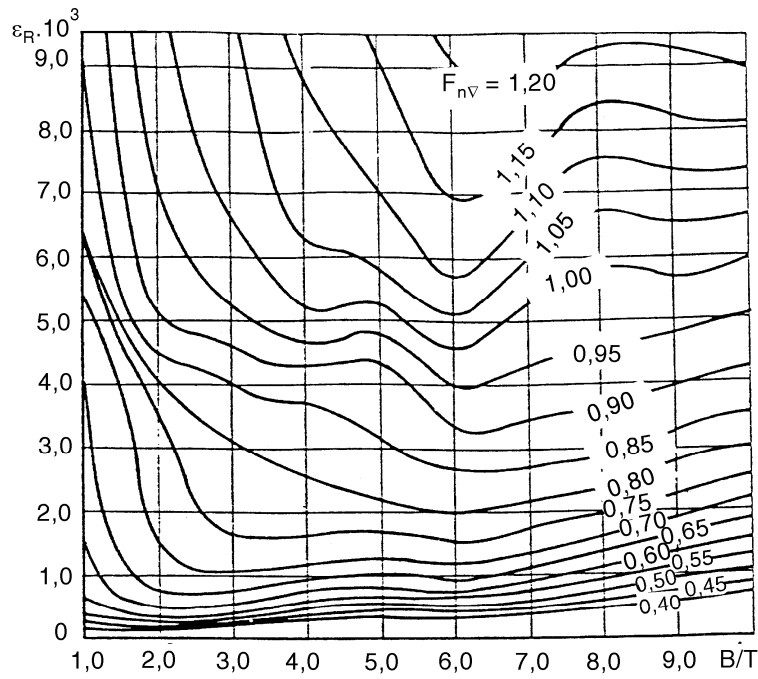
d)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f\left(F_{nV}, \frac{L}{B}\right)$ ; với  $B/T = 3,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,9$  (dưới)



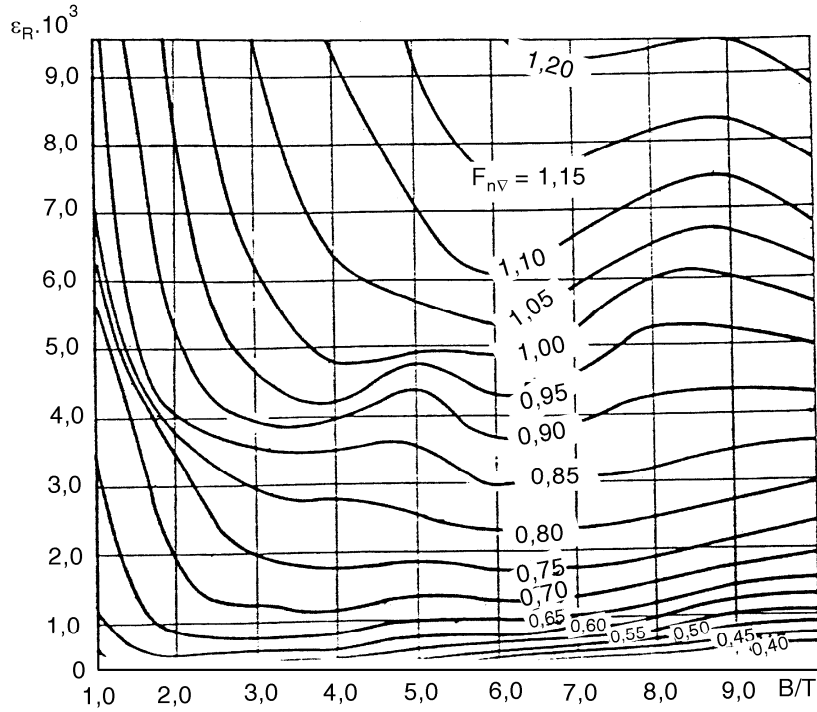
e)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f\left(F_{nv}, \frac{B}{T}\right)$ ; với  $L/B = 11,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,3$  (trên)



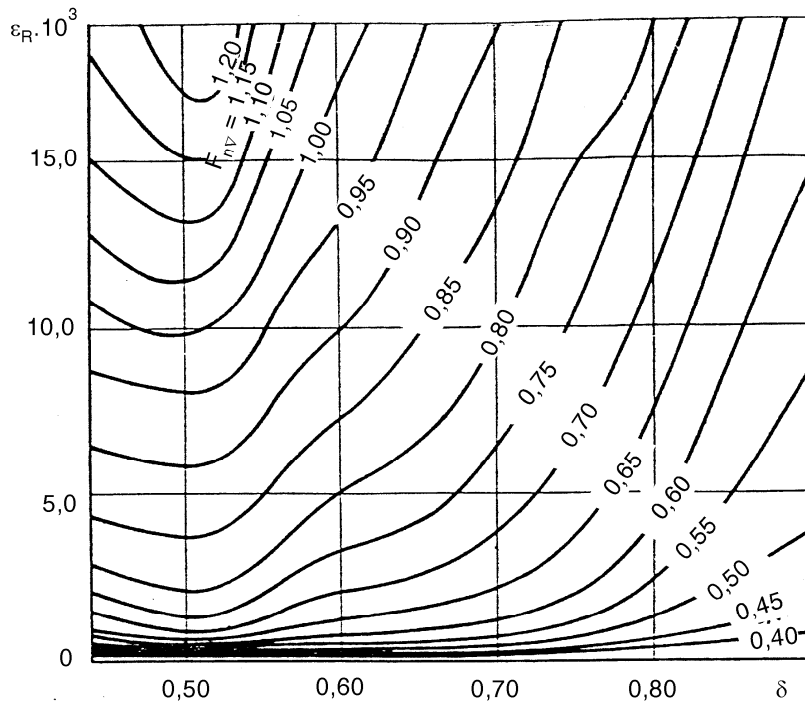
f)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f\left(F_{nv}, \frac{B}{T}\right)$ ; với  $L/B = 11,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,5$  (dưới)



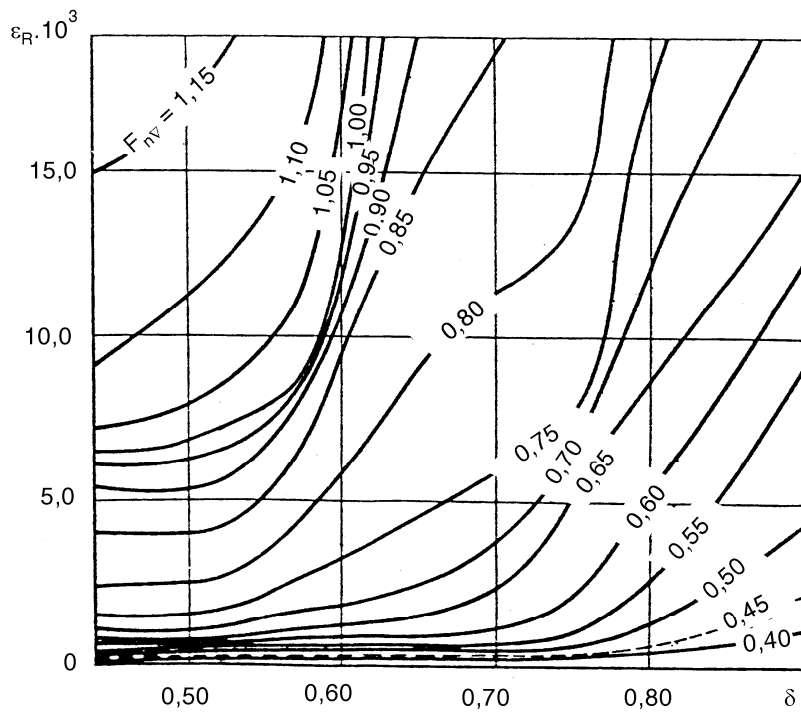
g)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f\left(F_{nv}, \frac{B}{T}\right)$ ; với  $L/B = 11,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,7$  (trên)



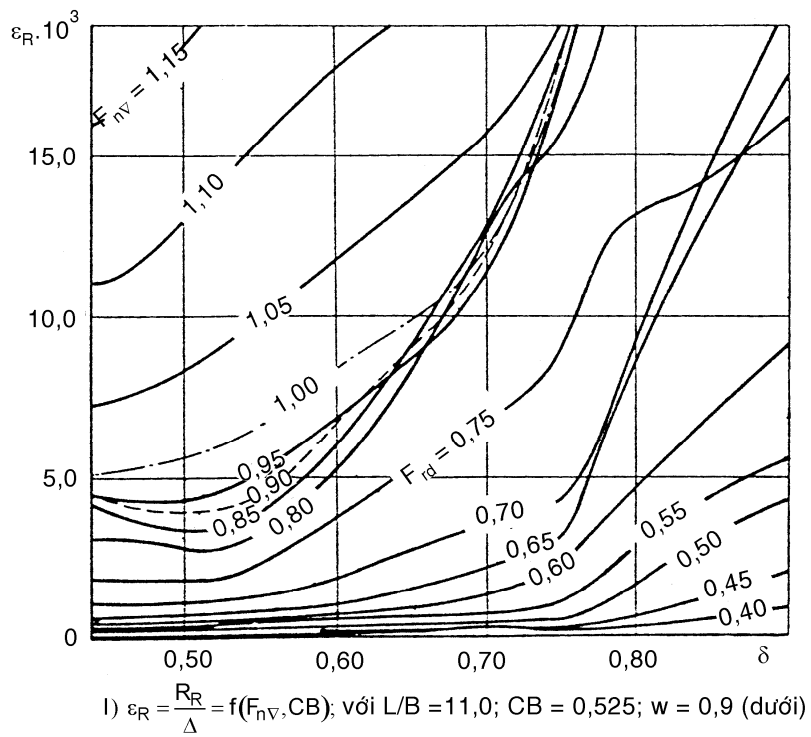
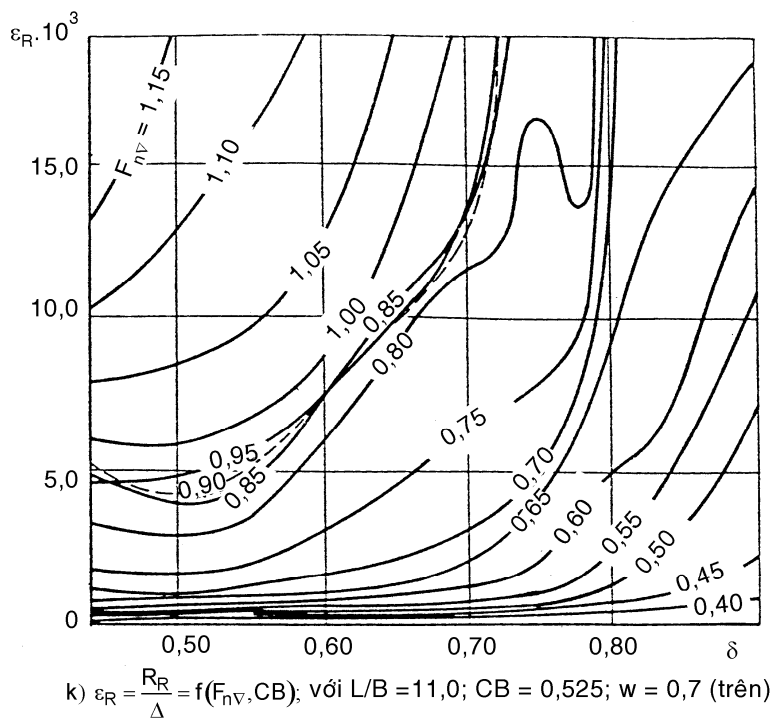
h)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f\left(F_{nv}, \frac{B}{T}\right)$ ; với  $L/B = 11,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,9$  (dưới)

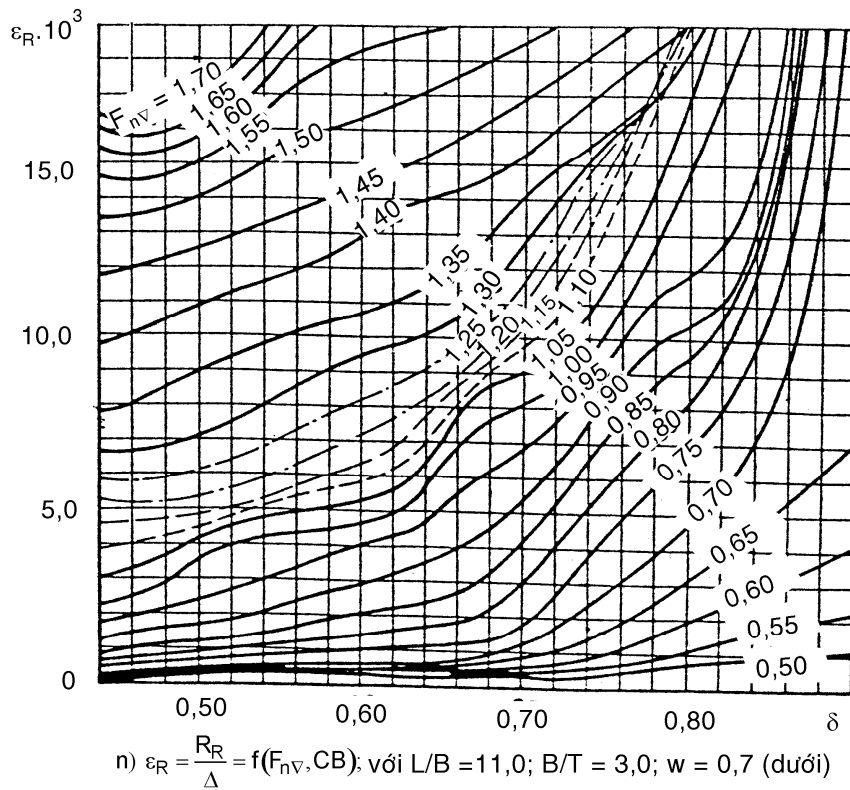
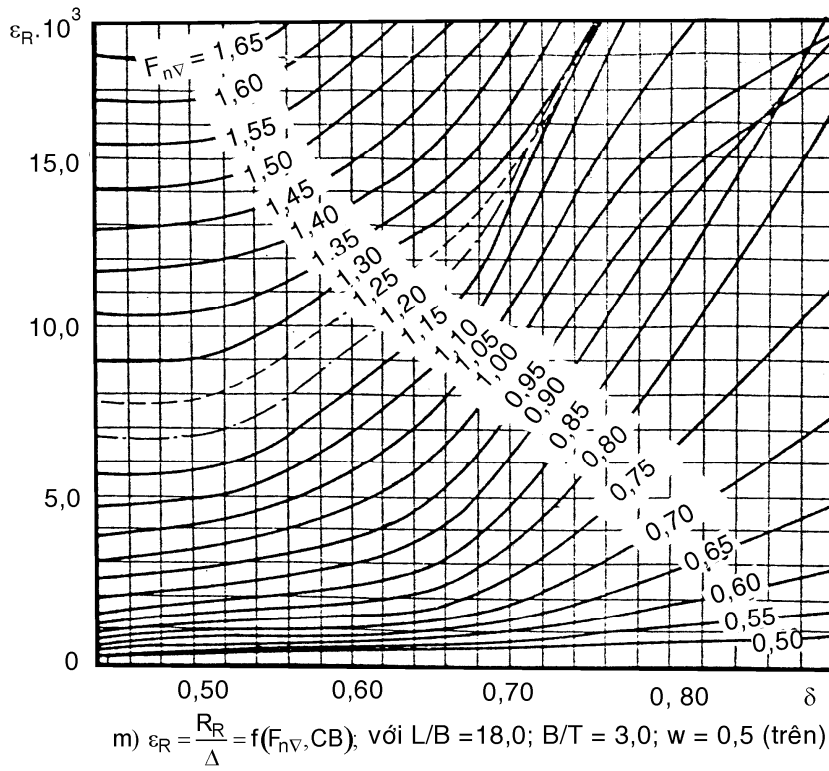


i)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f(F_{nv}, CB)$ ; với  $L/B = 11,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,3$  (trên)



j)  $\varepsilon_R = \frac{R_R}{\Delta} = f(F_{nv}, CB)$ ; với  $L/B = 11,0$ ;  $CB = 0,525$ ;  $w = 0,5$  (dưới)





### 3.5 Thiết kế máy đẩy tàu chạy nhanh

Trong phần này của tài liệu sẽ giới thiệu những thông tin liên quan các seri chân vịt đang được dùng rộng rãi trên thế giới. Thông tin dưới đây có thể giúp người thiết kế chọn kiểu chân vịt thích hợp cho công việc và cách triển khai thiết kế chế tạo chân vịt được chọn. Những mô hình đang dùng rộng rãi có thể tìm trong bảng 3.4 sau đây.

Bảng 3.4 : Các mẫu chân vịt

Tên gọi seri	Slg chân vịt mẫu	Số cánh	$A_E/A_0$	H/D	D (mm)	$r_h/R$
Wagenigen B	120	2-7	0,3-1,05	0,5-1,4	250	0,16-0,18
Gawn	37	3	0,2-1,1	0,4-2,0	508	0,2
KCA	30	3	0,5-1,25	0,6-2,0	406	0,2
Ma (SSPA)	32	3&5	0,75-1,2	1,0-1,45	250	0,190
Newton-Rader	12	3	0,5-1,0	1,05-2,08	254	0,167
KCD	24	3-6	0,587	0,6-1,6	406	0,200
Meridian	20	6	0,45-1,05	0,4-1,2	305	0,185
SK	28	3	0,65-1,10	1,0-2,2	200	0,165

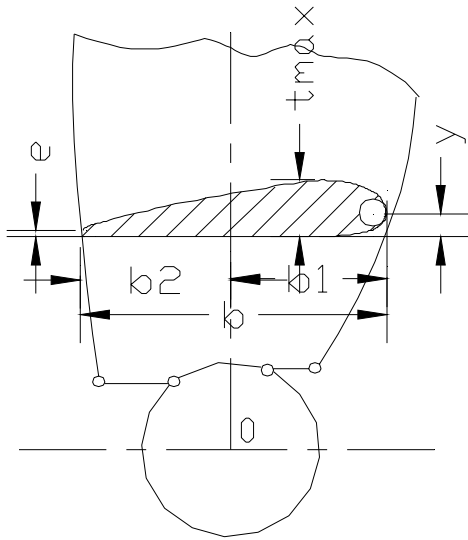
#### Chân vịt nhóm B Wagenigen

Mô hình chân vịt nhóm B được thử nghiệm tại bể thử NMSB Wagenigen, Netherlands, được công bố rộng rãi trong các tài liệu của bể thử. Thông số chính của chân vịt nhóm B

Bảng 3.5 : Thông số chính chân vịt nhóm B.

Ký hiệu	B3			B4					B5			
	35	50	65	40	55	70	85	100	45	60	75	105
Số cánh	3			4					5			
Tỉ lệ dt mặt đĩa ,%	35	50	65	40	55	70	85	100	45	60	75	105
Tỉ lệ $t_0/D$	0,050			0,045					0,045			
Tỉ lệ $d_h/D$	0,180			0,167					0,167			

Kích thước đường bao cánh chân vịt đọc theo các bảng tiếp theo.



Hình 3.15 Các đại lượng  $b$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  và  $t_{max}$ .

Bảng 3.6 Đường bao cánh chân vệt nhóm B.3

$\frac{r}{R}$	$\frac{b.Z}{D(A_E / A_0)}$	$\frac{b_1}{b}$	$\frac{b_2}{b}$	$\frac{t_{max}}{D}$
0,2	1,6333	0,616	0,350	0,0406
0,3	1,832	0,611	0,350	0,0359
0,4	2,000	0,599	0,350	0,312
0,5	2,120	0,583	0,355	0,0265
0,6	2,186	0,588	0,389	0,0218
0,7	2,168	0,526	0,442	0,0171
0,8	2,127	0,481	0,478	0,0124
0,9	1,657	0,400	0,500	0,0077
1,0	-	-	-	0,0035

Bảng 3.7. Đường bao cánh chân vệt nhóm B.4 và B.5

$\frac{r}{R}$	$\frac{b.Z}{D(A_E / A_0)}$	$\frac{b_1}{b}$	$\frac{b_2}{b}$	$\frac{t_{max}}{D}$
0,2	1,662	0,617	0,350	0,0406
0,3	1,882	0,613	0,350	0,0359
0,4	2,050	0,601	0,350	0,312
0,5	2,152	0,586	0,355	0,0265
0,6	2,187	0,561	0,389	0,0218
0,7	2,144	0,524	0,442	0,0171

0,8	1,970	0,463	0,478	0,0124
0,9	1,582	0,351	0,500	0,0077
1,0	-	-	-	0,0030

Toạ độ các profil cánh đọc tại bảng 3.8 .

Bảng 3.8

r/R	Từ điểm dây nhất đến mép thoát, %					Từ điểm dây nhất đến mép dẫn, %						
	100	80	60	40	20	20	40	60	80	90	95	100
<b>MẶT HÚT</b>												
0,2	-	53,35	72,65	86,90	96,45	98,60	94,50	87,00	74,40	64,35	56,95	-
0,3	-	50,95	71,60	86,80	96,30	98,40	94,00	85,80	72,50	62,65	54,90	-
0,4	-	47,70	70,25	86,55	97,00	98,20	93,25	84,30	74,40	64,35	56,95	-
0,5	-	43,40	68,40	86,10	96,95	98,10	92,40	82,30	72,50	62,65	54,90	-
0,6	-	40,20	67,15	85,40	96,80	98,10	91,25	79,35	70,40	60,15	52,20	-
0,7	-	39,40	66,90	84,90	96,65	97,60	88,80	74,90	67,70	56,80	48,60	-
0,8	-	40,95	67,80	85,30	96,70	97,00	85,30	68,70	63,60	52,20	43,35	-
0,9	-	45,15	70,00	87,00	97,00	97,00	87,00	70,00	57,00	44,20	35,00	-
<b>MẶT ĐẪY</b>												
0,2	30,00	18,20	10,90	5,45	1,55	0,45	2,30	5,90	13,45	20,30	26,20	40,00
0,3	25,35	12,20	5,80	1,70		0,05	1,30	4,60	10,85	16,55	22,20	37,55
0,4	17,85	6,20	1,50				0,30	2,65	7,80	12,50	17,90	34,50
0,5	9,07	1,75						0,70	4,30	8,45	13,30	30,40
0,6	5,10								0,80	4,45	8,40	24,50
0,7										0,40	2,45	16,05
0,8												7,40

## 5.2 Chân vịt cánh rộng

### Chân vịt Gawn

Chân vịt cánh rộng dùng chủ yếu cho tàu chạy nhanh, gồm ba cánh. Tỷ lệ bước xoắn từ 0,40 ÷ 2,0. Tỷ lệ diện tích mặt đĩa chân vịt Gawn từ 0,20 ÷ 1,1.

Mẫu chân vịt đường kính 503 mm; tỷ lệ chiều dày đường kính  $t/D = 0,060$ ; tỷ lệ  $d_h/D = 0,20$ .

Mặt trái của cánh hình elip, tâm tại 0,1R và 0,1R cách đỉnh cánh.

Kết quả thử mô hình được trình bày dưới dạng đồ thị:

$$K_T \square \eta_p \square J \text{ và } K_Q \square \eta_p \square J$$

Sau khi phân tích bằng phương pháp hồi qui, kết quả trên được viết lại dưới dạng hàm của các hệ số  $A_e/A_o$ ,  $H/D$ ,  $J$  và số cánh  $Z$ . Trên thực tế mô hình được thử cho chân vịt ba cánh, khi  $Z$  thay đổi khác 3, các hệ số tính toán đã được ngoại suy.

Các hệ số thủy động lực trong hệ thống  $K_T \square \eta_p \square J$  và  $K_Q \square \eta_p \square J$  được biểu diễn dưới dạng đa thức, thuận lợi cho lập trình. Các hệ số  $K_T$ ,  $K_Q$  được xét như hàm của hệ số tiến  $J$ , tỉ lệ bước  $H/D$ , tỉ lệ diện tích mặt đĩa  $a_e$ , số cánh  $Z$ , tỉ lệ chiều dày cánh  $t/D$  và thỏa mãn từng phần điều kiện động lực học Reynolds. Trong thử mô hình chân vịt, như đã giới thiệu tại phân lý thuyết chân vịt, số Reynolds có thể mang dạng:

$$Rn = \frac{b\sqrt{V_p^2 + (0,75nD)^2}}{\mu}$$

trong đó:  $b$  - chiều rộng cánh tại  $r = 0,75R$

$V_p$  - vận tốc tiến của chân vịt

$\mu$  - hệ số nhớt động học của nước.

Trong phạm vi  $Rn \approx 2 \times 10^6$ , các hệ số  $K_T$ ,  $K_Q$  của chân vịt được biểu diễn bằng công thức:

$$K_T = \sum_{k,l,m,n} C_{klmn} J^k \left(\frac{H}{D}\right)^l \left(\frac{A_e}{A_o}\right)^m Z^n \quad (a)$$

$$K_Q = \sum_{k,l,m,n} K_{klmn} J^k \left(\frac{H}{D}\right)^l \left(\frac{A_e}{A_o}\right)^m Z^n \quad (b)$$

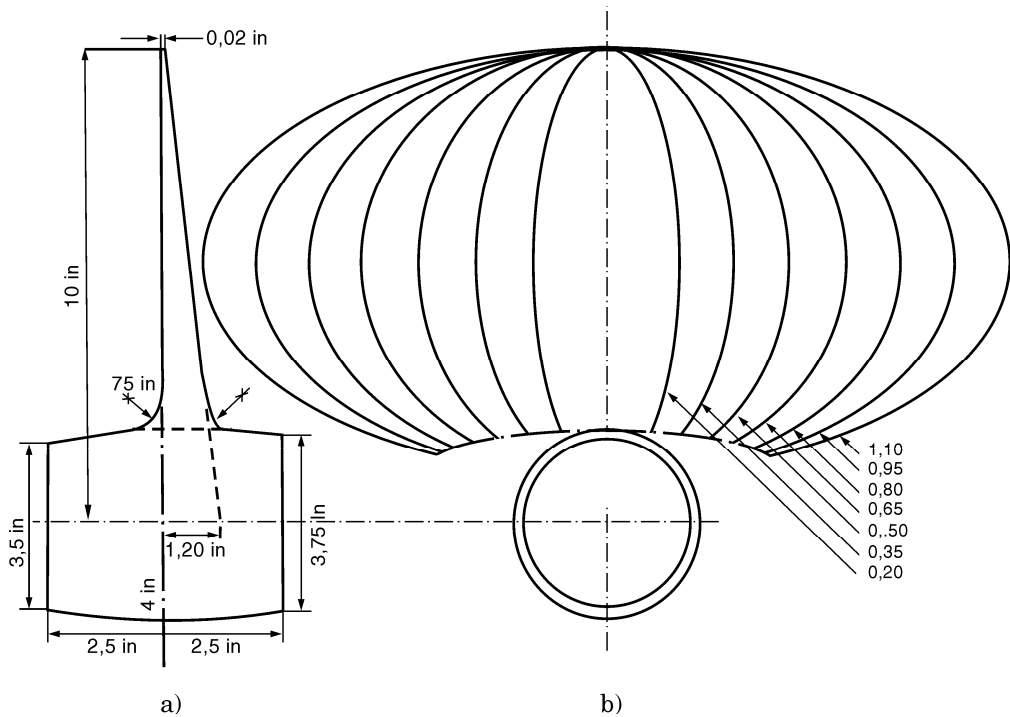
Các hệ số  $C_{klmn}$  và  $K_{klmn}$  đọc từ bảng 3.9

**Bảng 3.9: Hệ số  $C_{klmn}$  cho chân vịt Gawn**

TT	$C_{klmn}$	k (J)	l (H/D)	m (Ae/A <sub>0</sub> )	n (Z)
1	-0,0558636300	0	0	0	0
2	-0,2173010900	1	0	0	0
3	+0,2605314000	0	1	0	0
4	+0,15811400	0	2	0	0
5	-0,14758100	2	0	1	0
6	-0,48149700	1	1	1	0
7	+0,378122700	0	2	1	0
8	+0,014404300	0	0	0	1
9	-0,053005400	2	0	0	1
10	+0,014348100	0	1	0	1
11	+0,060682600	1	1	0	1
12	-0,012589400	0	0	1	1
13	+0,010968900	1	0	1	1
14	-0,13369800	0	3	0	0
15	+0,002411570	0	6	0	0
16	-0,000530020	2	6	0	0
17	+0,16849600	3	0	1	0
18	+0,026345420	0	0	2	0
19	+0,043601360	2	0	2	0
20	-0,031184930	3	0	2	0
21	+0,012492150	1	6	2	0
22	-0,006482720	2	6	2	0
23	-0,008417280	0	3	0	1
24	+0,01684240	1	3	0	1
25	-0,00102296	3	3	0	1
26	-0,03177910	0	3	1	1
27	+0,01860400	1	2	2	1
28	-0,004107980	0	2	2	1
29	-0,000606848	0	0	0	2
30	-0,00498190	1	0	0	2
31	+0,00259630	2	0	0	2
32	-0,000560528	3	0	0	2
33	-0,001636520	1	2	0	2
34	-0,0003287870	1	6	0	2
35	+0,000116502	2	6	0	2
36	+0,0006909040	0	0	1	2
37	+0,004217490	0	3	1	2
38	+0,0000565229	3	6	1	2
39	-0,001465640	0	3	2	2

**Bảng 3.10: Hệ số  $K_{klmn}$  cho chân vịt Gawn**

TT	$K_{klmn}$	k (J)	l (H/D)	m ( $A_e/A_0$ )	n (Z)
1	+0,00515898	0	0	0	0
2	+0,016066680	2	0	0	0
3	-0,04411530	1	1	0	0
4	+0,006822230	0	2	0	4
5	-0,04088110	0	1	1	0
6	-0,077329670	1	1	1	0
7	-0,08853810	2	1	1	0
8	+0,169375020	0	2	1	0
9	-0,003708710	1	0	0	1
10	+0,005136960	0	1	0	1
11	+0,020944900	1	1	0	1
12	+0,004743190	2	1	0	1
13	-0,007234080	2	0	1	1
14	+0,004383880	1	1	1	1
15	-0,02694030	0	2	1	1
16	+0,05580820	3	0	1	0
17	+0,01618860	0	3	1	0
18	+0,003180860	1	3	1	0
19	+0,012904350	0	0	2	0
20	+0,024450840	1	0	2	0
21	+0,007006430	3	0	2	0
22	-0,027190460	0	1	2	0
23	-0,01664586	3	1	2	0
24	+0,03004490	2	2	2	0
25	-0,033697490	0	3	2	0
26	-0,003500240	0	6	2	0
27	-0,01068540	3	0	0	1
28	+0,001109030	3	3	0	1
29	-0,000313912	0	6	0	1
30	+0,00358950	3	0	1	1
31	-0,001421210	0	6	1	1
32	-0,003836370	1	0	2	1
33	+0,01268030	0	2	2	1
34	-0,003182780	2	3	2	1
35	+0,003342680	0	6	2	1
36	-0,001834910	1	1	0	2
37	+0,0001124510	3	2	0	2
38	-0,0000297228	3	6	0	2
39	+0,000269551	1	0	1	2
40	+0,000832650	2	0	1	2
41	+0,001553340	0	2	1	2
42	+0,000302683	0	6	1	2
43	-0,000184300	0	0	2	2
44	-0,000425399	0	3	2	2
45	+0,000869243	3	3	2	2
46	-0,000465900	0	6	2	2
47	+0,0000554194	1	6	2	2

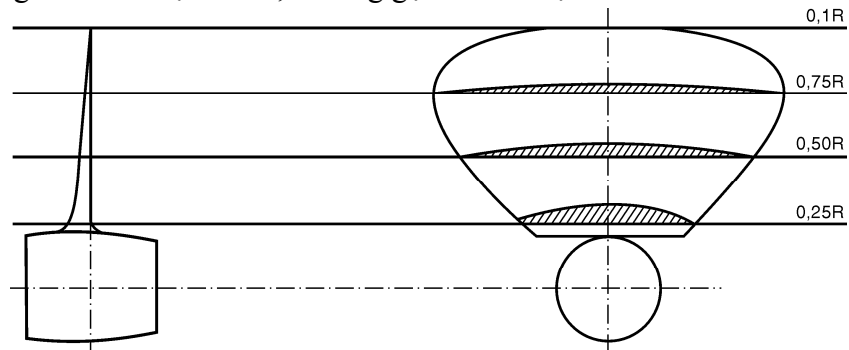


**Hình 3.16 : Chân vịt Gawn**

Cuối phần này giới thiệu đồ thị Taylor áp dụng cho chân vịt Gawn (hình 3.16a,b). Cách lập đồ thị  $B_p-\delta$  không khác cách làm cho chân vịt nhóm B-Wageningen. Quá trình thiết kế chân vịt Gawn tiến hành theo hướng dẫn chung, đề cập trong chương 7 “Thiết kế chân vịt”. Viết chương trình máy tính thiết kế chân vịt Gawn được tiến hành theo thuật toán được soạn cho chân vịt bước cô định, trình bày tại chương 11 “Chương trình thiết kế chân vịt” sách “Lý thuyết tàu”.

### Chân vịt KCA

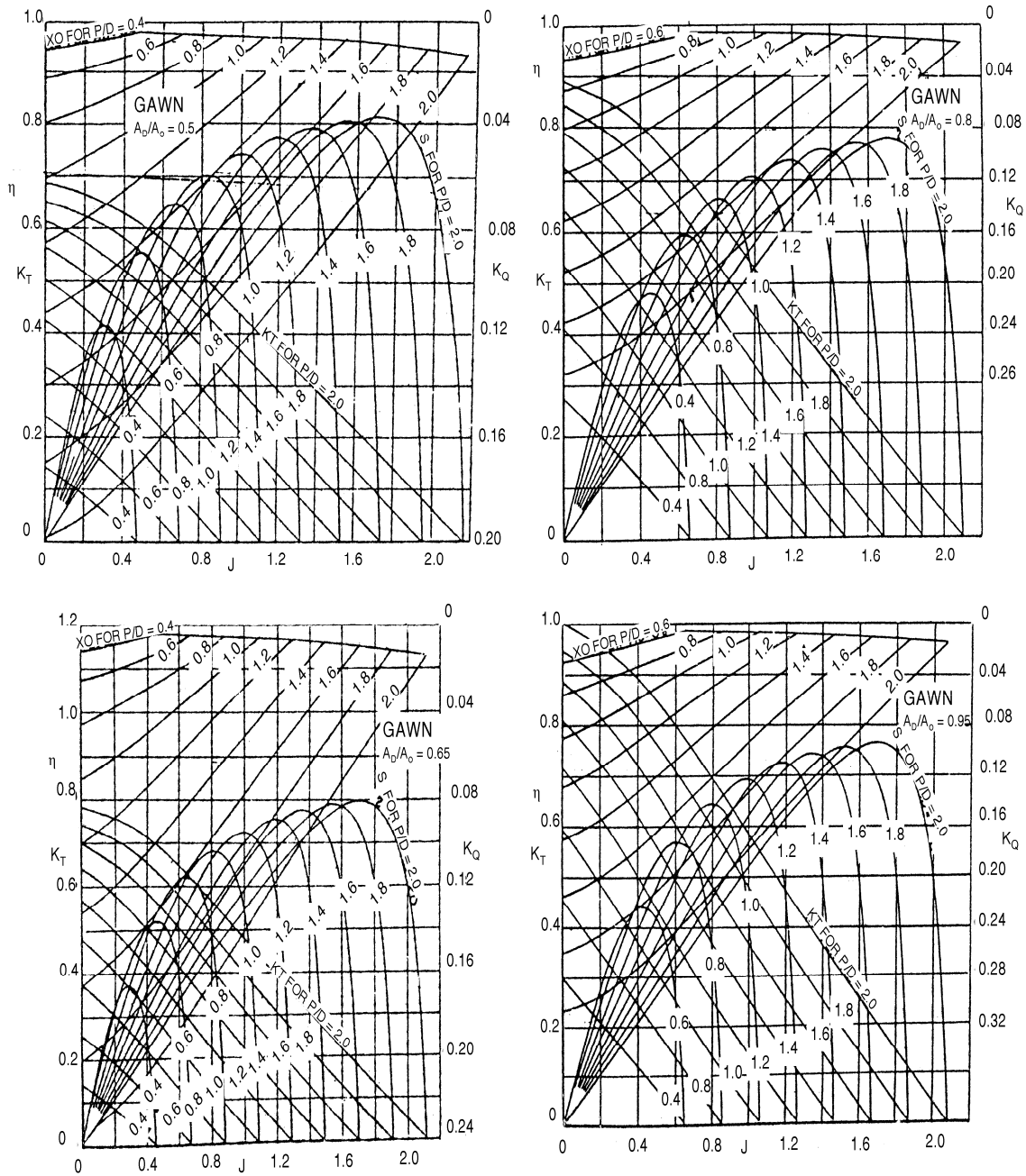
Đây là một biến tướng của chân vịt Gawn, thường gọi là chân vịt Gawn-Burrill.



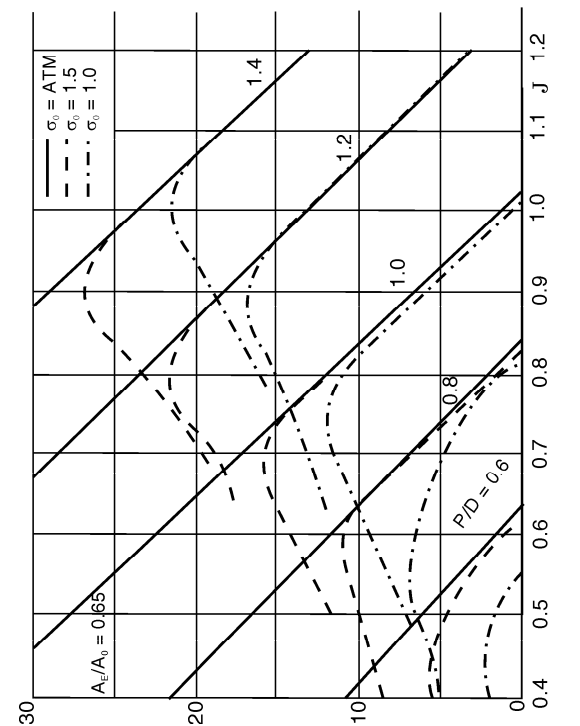
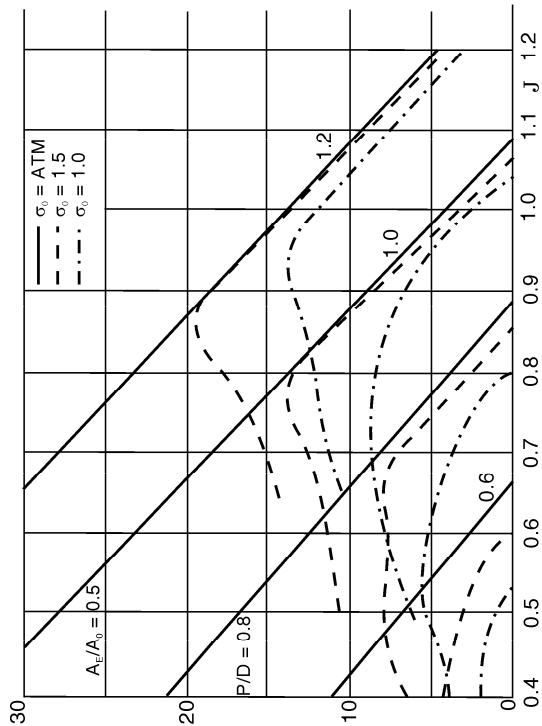
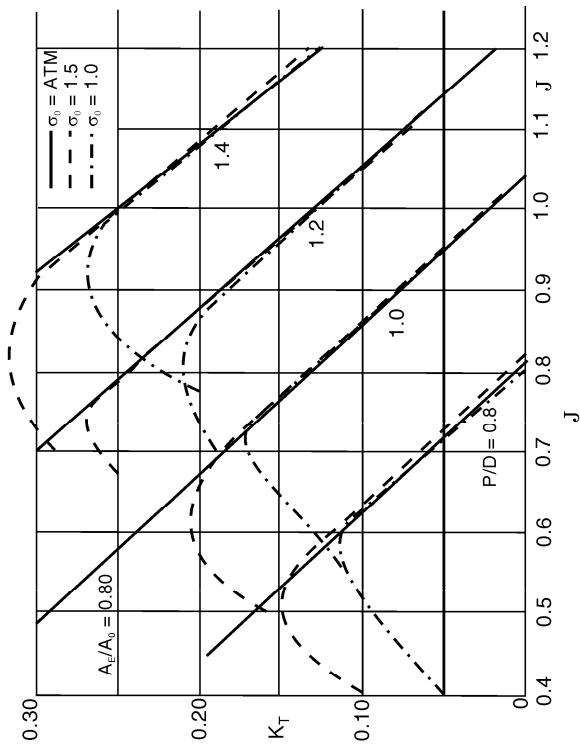
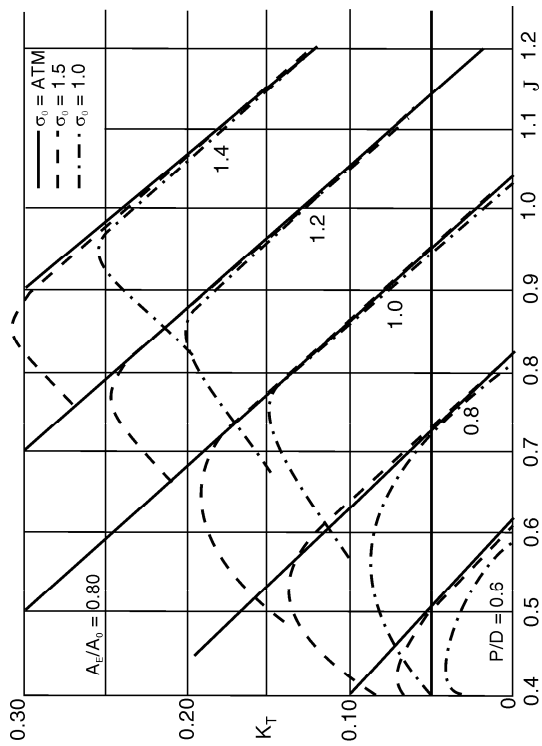
<i>Phần tử chính</i>	<i>Chân vịt</i>
Đường kính:	16,0 in
Tỉ lệ chiều dày cánh:	0,0045
Tỷ lệ đường kính củ:	0,2
Số lượng cánh:	3
Hướng quay:	RH
Tỷ lệ mặt đĩa:	0,8

Bảng chiều dài dày							
Bán kính không thứ nguyên							
	0,25	0,375	0,50	0,625	0,750	0,875	0,9375
$C, C_{c,50}$	0,640	0,819	1,00	1,140	1,212	1,139	0,946

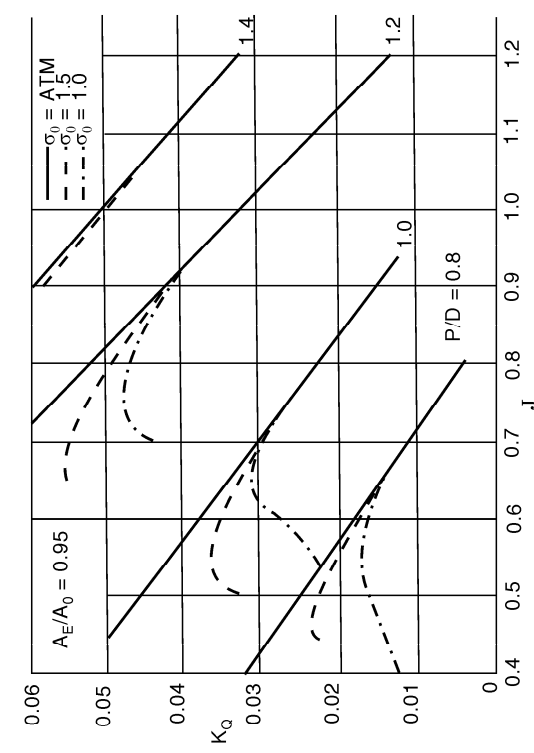
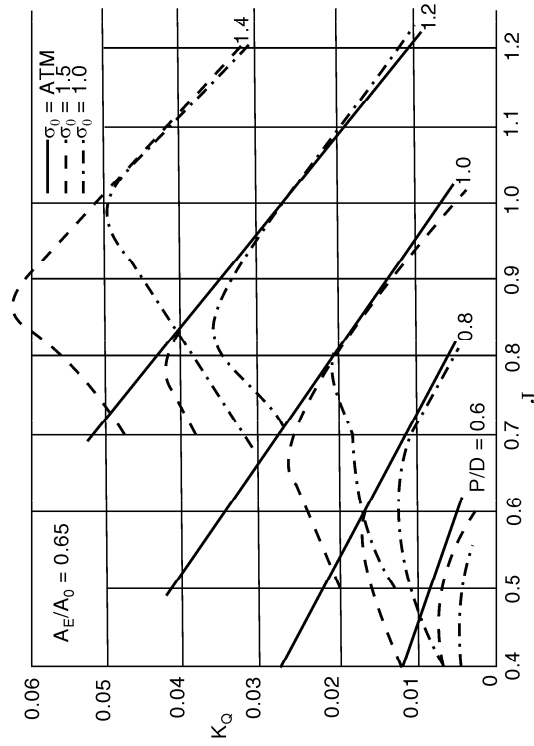
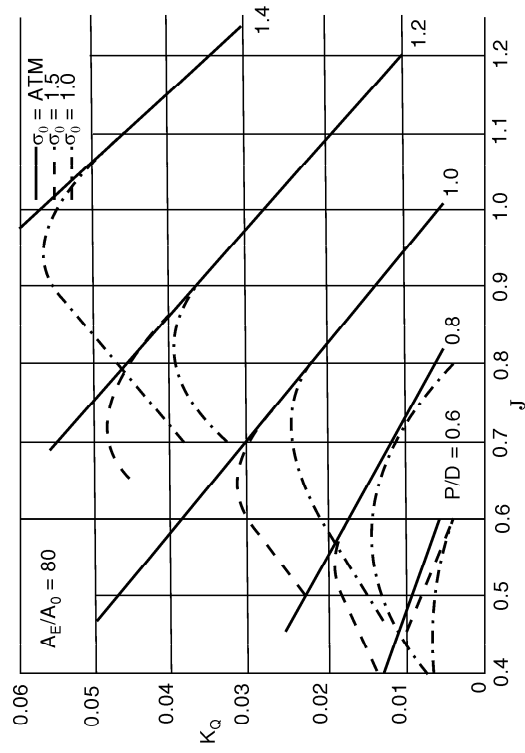
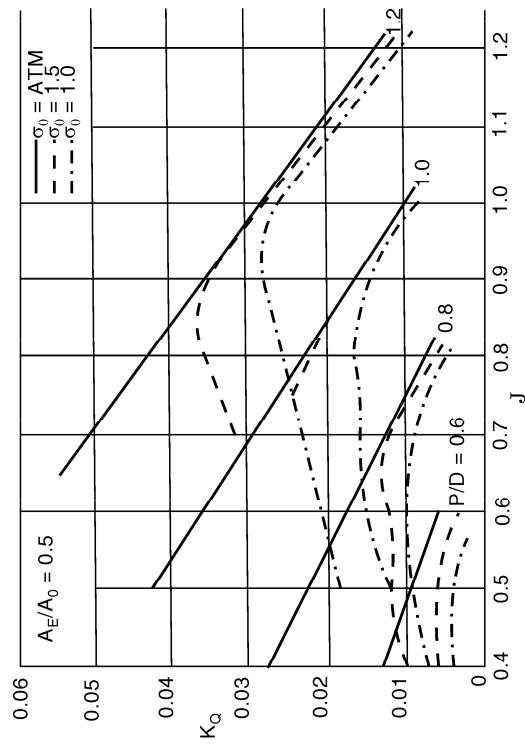
**Hình 3.17: Chân vịt KCA**



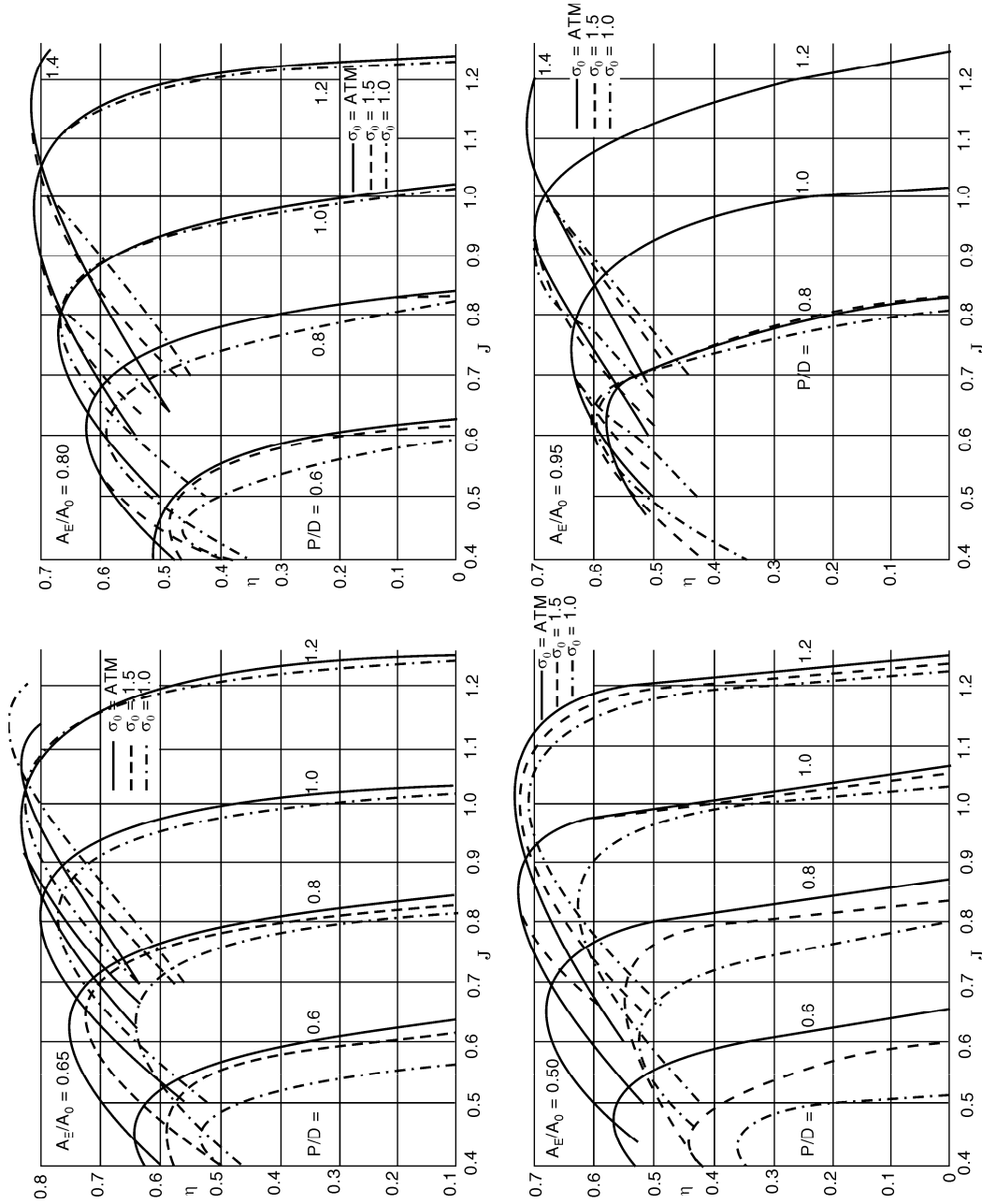
Hình 3.18: Đồ thị  $K_T \square J, K_Q \square J$  chân vịt Gawn



a) Đồ thị  $k_j$ ;  $K_Q \sim J$



a) Đồ thị  $K_T \sim J$ ;  $K_Q \sim J$



c) Đồ thị  $K_T \sim j$ ;  $K_G \sim j$

**Hình 3.19: Chân vịt KCA**

Tỉ lệ bước xoắn: từ 0,60 ÷ 2,0

Tỉ lệ chiều dày cánh: 0,045

Tỉ lệ  $d_h/D = 0,20$ .

Mặt trái của cánh hình elip, tâm tại 0,1R và 0,1R cách đỉnh cánh.

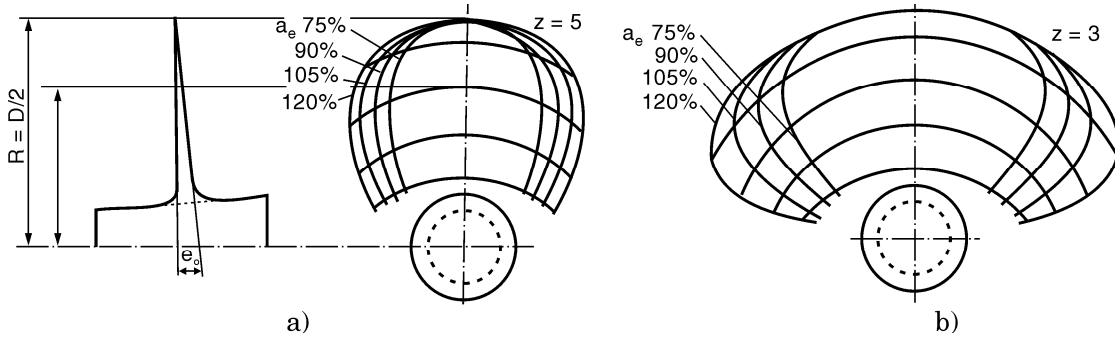
Đồ thị các đặc trưng thủy động chân vịt KCA được giới thiệu tại hình 4.35a,b,c kèm theo phần này.

### Chân vịt $M_a$

Số cánh chân vịt mẫu:  $Z = 3$  và  $5$ . Tỷ lệ bước:  $H/D$  từ  $1,0 \div 1,45$

Tỷ lệ diện tích mặt trái  $a_e$ :  $0,75 \div 1,20$ . Tỷ lệ đường kính củ:  $d_h/D = 0,19$

Góc nghiêng cánh:  $0^\circ$ . Tỷ lệ chiều dày cánh:  $t_o/D = 0,046 \div 0,063$ .



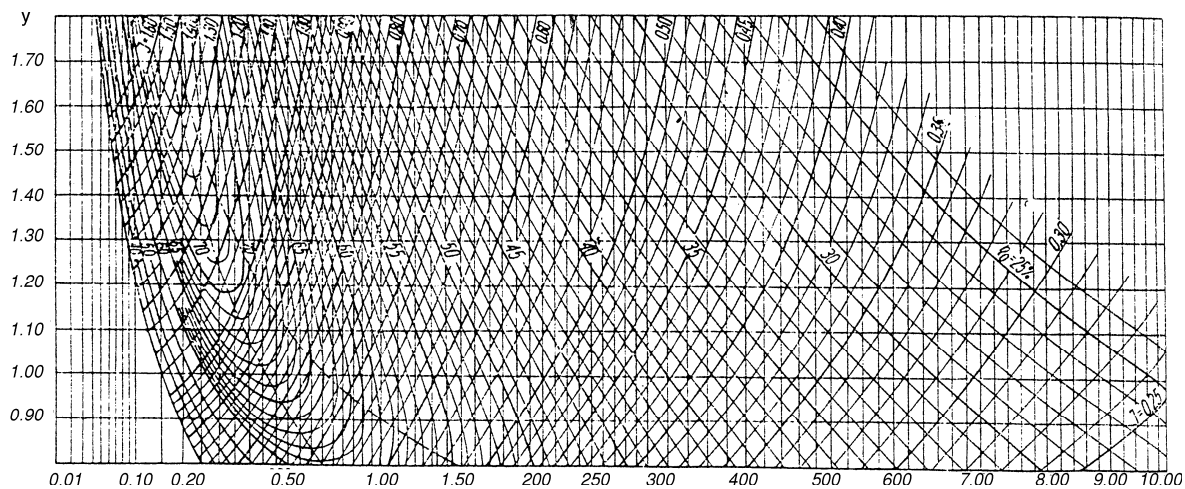
**Hình 3.20** Chân vịt  $M_a$

Kết quả thử mô hình được trình bày trong hệ thống  $K_T \square \eta_p \square J$  và  $K_Q \square \eta_p \square J$ . Kết quả trên được chuyển sang hệ thống Taylor, giới thiệu tại hình 4.36c, dạng:

$\sqrt{\frac{K_T}{J^4}} \square J$  và  $\sqrt{\frac{K_Q}{J^5}} \square J$  tương đương  $B_u \square \delta$  và  $B_p \square \delta$ . Quan hệ giữa hai cách ký hiệu được hiểu như

$$\text{sau: } \delta = \frac{101,3}{J}; \quad B_u = 13,19 \sqrt{\frac{K_T}{J^4}}; \quad B_p = 33,08 \sqrt{\frac{K_Q}{J^5}}$$

Chân vịt  $M_a$  được thử nghiệm tại Göteborg. Đồ thị chân vịt  $M_a$  được giới thiệu cuối tài liệu này:



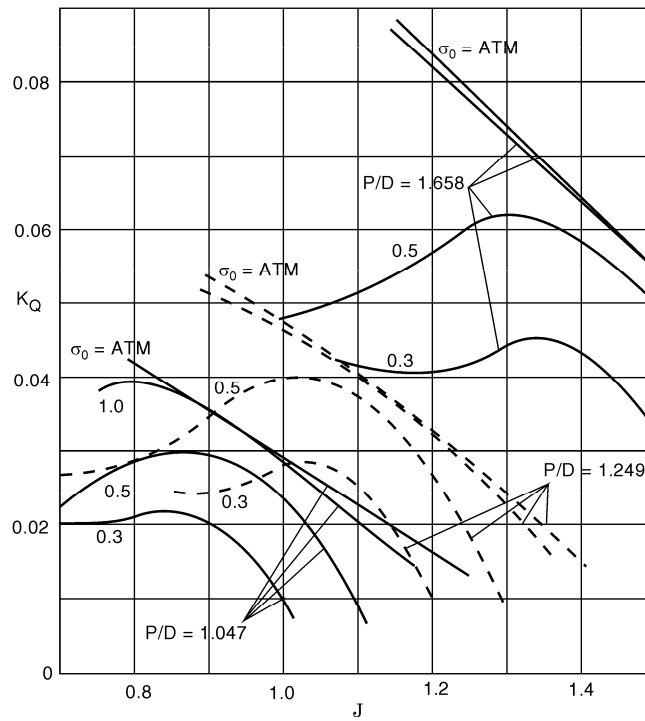
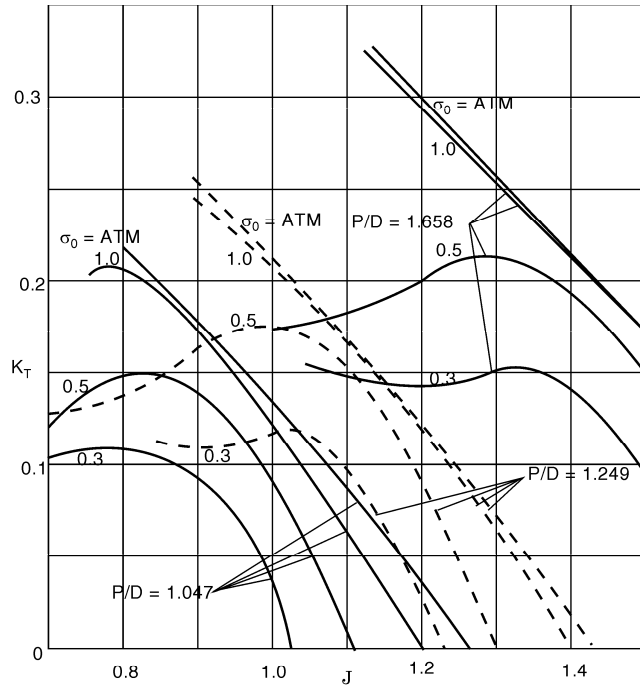
**Hình 3.21:** Đồ thị tiêu biểu chân vịt  $M_a$ .

### Chân vịt Newton-Rader N-R

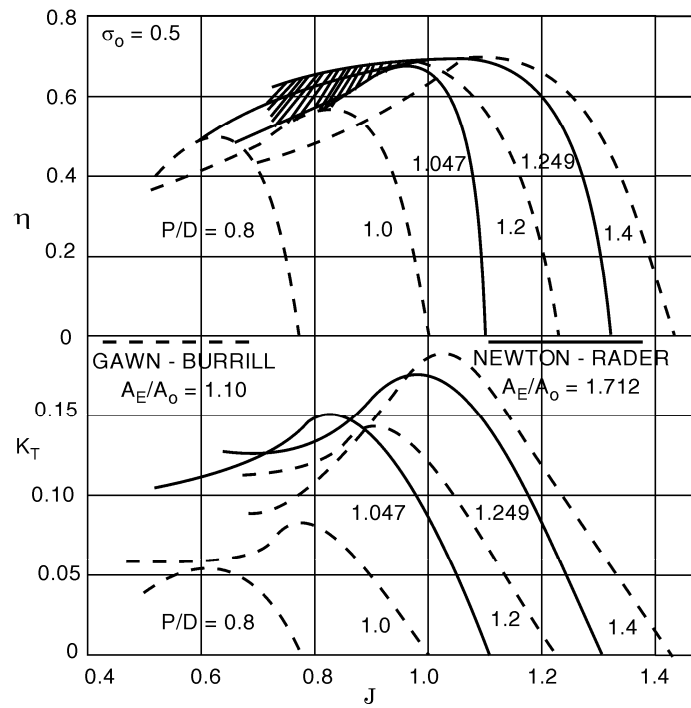
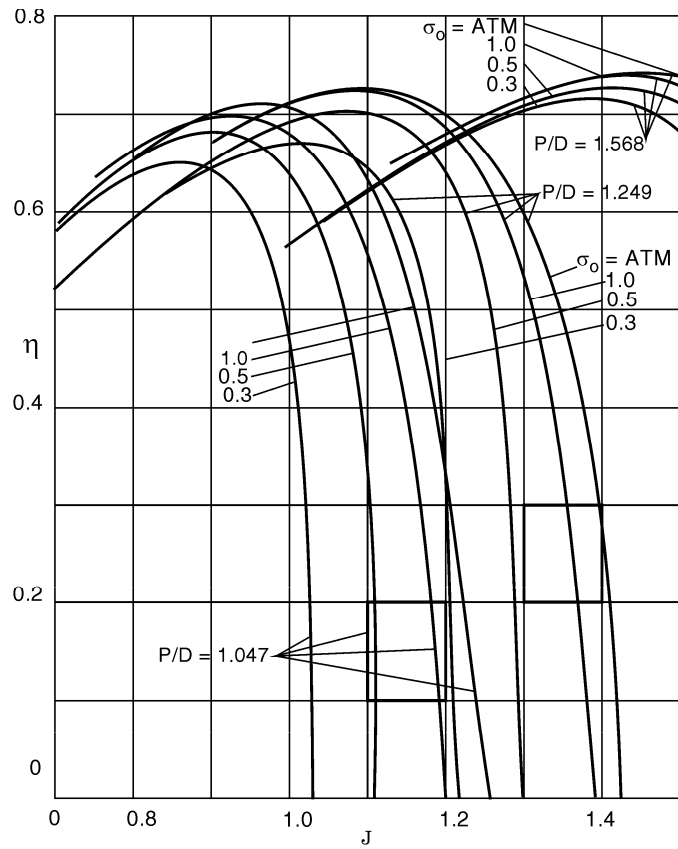
Chân vịt N-R gồm các mẫu ba cánh, tỷ lệ bước từ  $1,0 \div 2,0$ , tỷ lệ mặt đĩa  $0,5 \div 1,0$ . Seri gồm 20 chân vịt mẫu, đường kính  $D = 254\text{mm}$ , được thí nghiệm với ý định dùng cho tàu cao tốc. Đây là seri chân vịt sỏi bọt.

Đặc tính chính của seri như sau:

$A_E/A_0$	P/D			
0,48	1,05	1,26	1,67	2,08
0,71	1,05	1,25	1,66	2,08
0,95	1,04	1,24	1,65	2,04



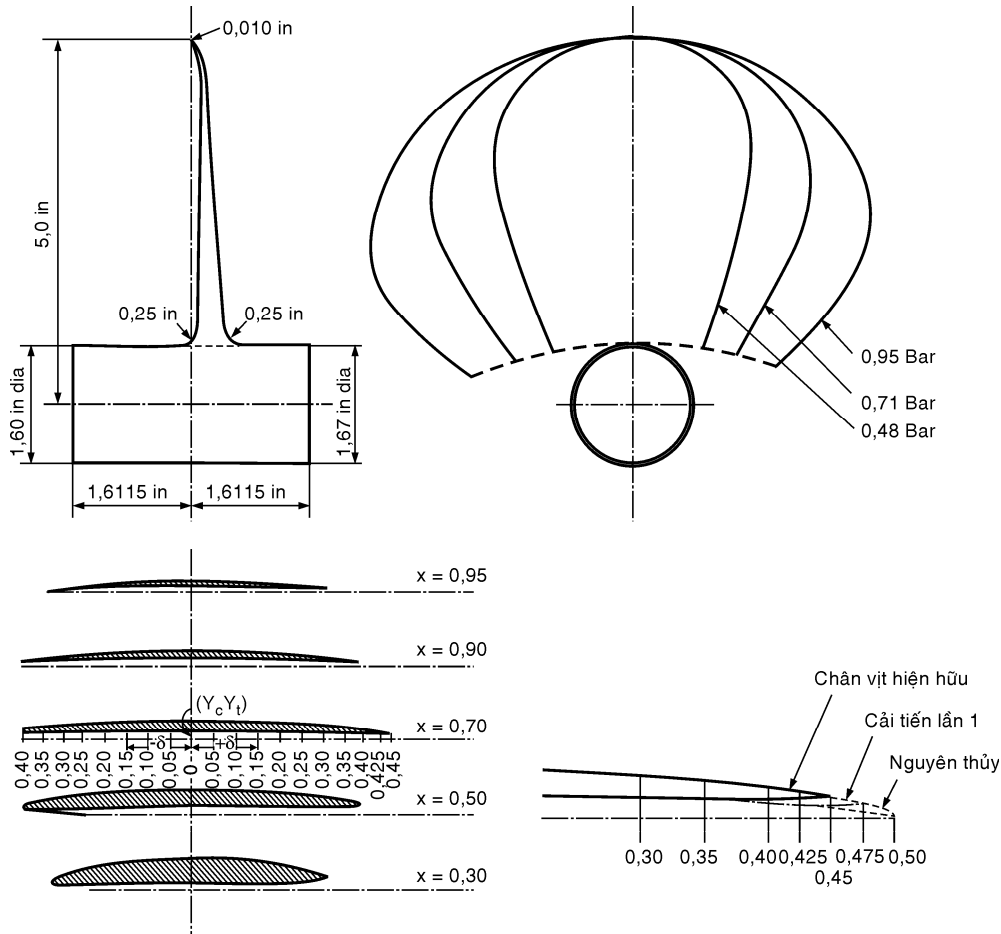
a) Đồ thị  $K_T - J$ ,  $K_Q - J$  Newton-Rader



b) Đồ thị  $k_T \square J$ ;  $k_Q \square J$

**Hình 3.22:** Chân vịt Newton Rader

Mỗi chân vịt được thử nghiệm tại bể thử với số sủi bọt thay đổi: 0,25; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,75; 1,0; 2,50; và 5,5. Chân vịt Newton-Rader được giới thiệu tại hình 3.23



**Hình 3.23:** Chân vịt Newton-Rader

### Chân vịt SK

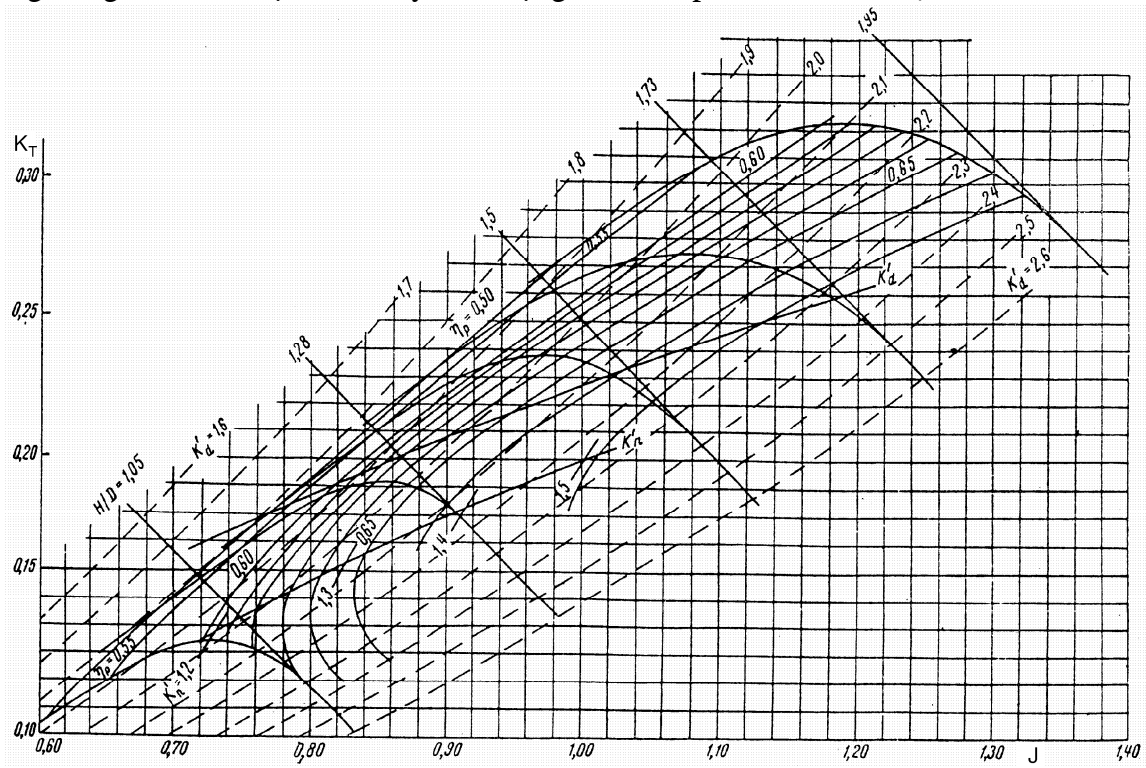
Chân vịt seri SK gồm 28 mô hình, chia làm bốn nhóm, tỉ lệ mặt đĩa 0,65; 0,8; 0,95; 1,10. Tỉ lệ bước dồng trong mỗi nhóm từ  $1,0 \div 2,2$  với thay đổi bước 0,2.

Mô hình chân vịt SK gồm 3 cánh, đường kính 0,20m, tỉ lệ của chân vịt 0,165. Phân bố chiều dày lớn nhất dọc bán kính theo luật tuyến tính. Tỉ lệ chiều dày ảo tại tâm củ 0,05, tỉ lệ chiều dày mép cánh 0,045. Chân vịt SK thuộc họ chân vịt sủi bọt.

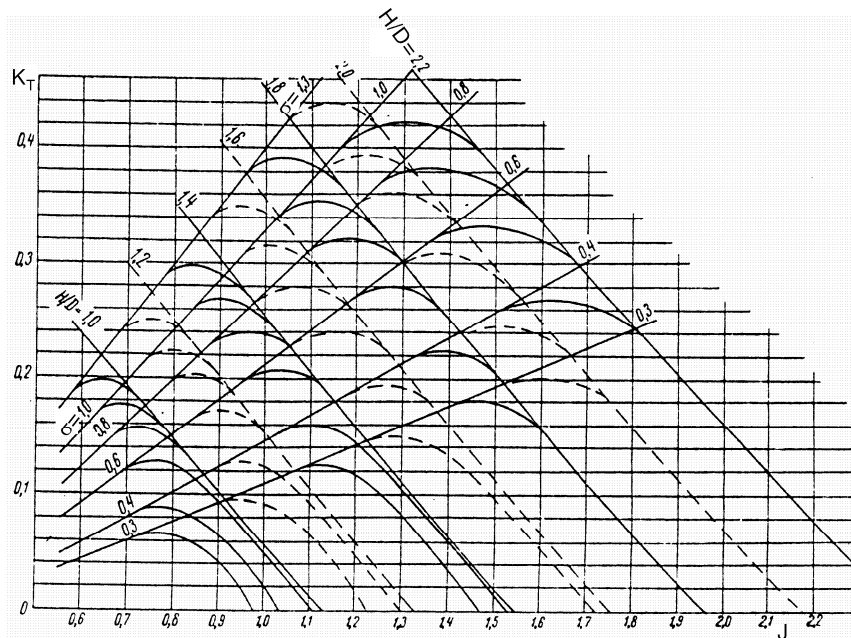
Kích thước hình học chân vịt SK, tỷ lệ  $a_e = 0,95$  được giới thiệu tại hình 4.39), giá trị các thông số ghi tại bảng. Kích thước hình học các chân vịt còn lại ghi tại bảng nêu dưới đây. Đặc tính thủy động lực trình bày tại hình 4.40a,b,c) giành cho chân vịt với  $a_e = 0,97$  (chân vịt sủi bọt, cải biên) và chân vịt chuẩn  $a_e = 0,95$ .



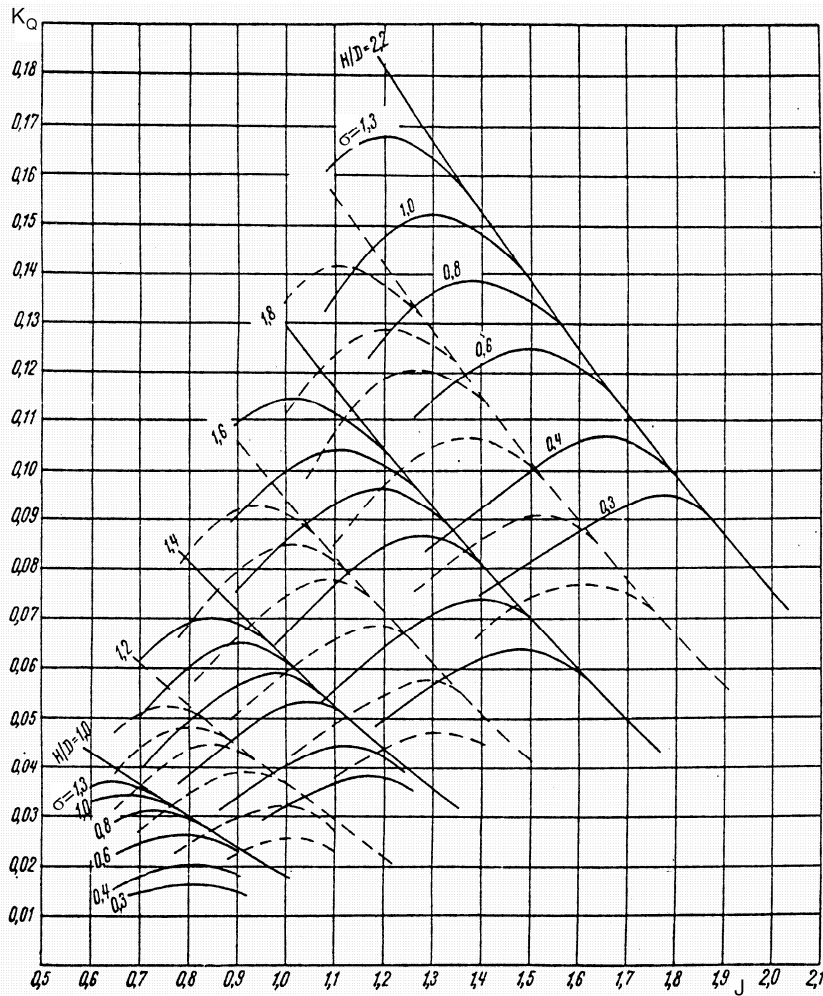
Đồ thị dùng trong thiết kế được trình bày dưới dạng đồ thị Papiel cho toàn bộ seri.



a) Đồ thị  $K_T - J$  chân vịt sứ bột SK,  $a_e = 0,97$ ,  $\delta = 0,8$



b)



c) Đồ thị  $K_Q - J$  chân vịt sủi bọt SK,  $a_e = 0,95$

Hình 3.25

### Thiết kế chân vịt sủi bọt

Chân vịt sủi bọt, hoặc chân vịt siêu sủi bọt (supercavitating propeller), được dùng trong những trường hợp chân vịt không-sủi-bọt (non-cavitating propeller) tỏ ra không hiệu nghiệm theo nghĩa, rằng không có cách gì để ngăn chặn sủi bọt cánh và củ chân vịt. Chân vịt sủi bọt trên thực tế không khác các chân vịt thông thường chúng ta đã quen, ngoại trừ khả năng vẫn đảm bảo lực đẩy trong điều kiện bị sủi bọt không toàn phần hoặc toàn phần. Thiết kế chân vịt sủi bọt là thủ tục chọn chân vịt tối ưu trong điều kiện sủi bọt.

Với chân vịt không-sủi-bọt quan hệ giữa lực nâng phần tử cánh với góc tấn có thể coi là tuyến tính. Với chân vịt làm việc trong môi trường sủi bọt, lực nâng là hàm số của hai tham số là góc tấn và số sủi bọt, và hệ số  $\delta C_L / \delta \alpha$  như chúng ta đã làm quen trong phần đầu tài liệu, khi áp dụng cho chân vịt sủi bọt bị giảm khoảng 4 lần. Với chân vịt sủi bọt cách thích hợp để trình bày lực nâng profil cánh trong quan hệ với các tham số dòng chảy đến nó và trong quan hệ với chiều dày cánh khi bọt khí đã xâm chiếm toàn bộ bề mặt profil.

Theo quan điểm tuyến tính hóa quan hệ lực nâng với các tham số của profil cánh, lực nâng tằm trong điều kiện số sủi bọt  $\sigma$  bằng 0 có thể là:

$$\left. \begin{aligned} C_L &= \frac{\pi \cdot \sin 2\alpha}{4 + \pi \cdot \sin \alpha} \\ C_D &= \frac{2\pi \cdot \sin^2 \alpha}{4 + \pi \cdot \sin \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

Với  $\alpha$  nhỏ, có thể coi  $\sin \alpha \approx \alpha$  và  $\cos \alpha \approx 1,0$ . Các biểu thức cuối có thể mang dạng:

$$C_L = \frac{\pi}{2} \cdot \alpha; \quad (b)$$

$$C_D = \frac{\pi}{2} \cdot \alpha^2. \quad (c)$$

Từ các công thức trên có thể chuyển thể để tính lực nâng và lực cản profil cánh cho chân vịt sủi bọt. Một trong những công thức đó áp dụng cho profil dạng hình cung như sau:

$$\left. \begin{aligned} C_L &= \frac{\pi}{2} \left( \alpha + 3,5 \frac{h}{b} \right) \\ C_{DL} &= \frac{\pi}{2} \left( \alpha + \frac{h}{b} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (d)$$

trong đó  $b$  - chiều rộng cánh,  $h$  - chiều dày lớn nhất.

Trong trường hợp số sủi bọt khác không, theo sáng kiến của Betz (1930) cần đưa vào công thức đầu đã tính cho  $\sigma = 0$  một hệ số lực nâng bổ sung, giá trị lực bổ sung tính bằng công thức:

$$C_L' = \frac{p_0 - p_c}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2} = \sigma. \quad (e)$$

trong công thức  $p_c$  - chỉ áp suất trong bọt khí.

Theo cách đó sẽ nhận được biểu thức tính  $C_L, C_D$  cho  $\sigma \neq 0$ .

$$C_L = \frac{\pi}{2} \cdot \alpha + \sigma; \quad (f)$$

$$C_D = C_L \cdot \alpha + C_f. \quad (g)$$

trong đó  $C_f$  - hệ số cản ma sát.

Thiết kế chân vịt sủi bọt theo tuần tự đã áp dụng tại các phần trước nếu sử dụng chân vịt sủi bọt chuẩn đã qua thí nghiệm. Trong điều kiện thực tế, tài liệu chúng ta có thể có được gồm chân vịt cánh rộng Gawn, chân vịt Gawn-Burrill, seri Newton-Rader và seri Vening-Haberman. Đặc trưng thủy động lực các nhóm chân vịt này được trình bày tại chương ba. Trong phần này của tài liệu được bổ sung thêm các đồ thị  $K_T - J - \sigma$ ,  $K_Q - J - \sigma$ . Thủ tục thiết kế chân vịt sủi bọt gồm xác định đường kính và bước xoắn nhằm đảm bảo tàu đạt vận tốc lớn nhất tiến hành theo bảng sau.

Bảng 24 : Thiết kế chân vịt sủi bọt theo chế độ chạy tự do.

Ký hiệu & công thức	Gán giá trị số sủi bọt			
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	....	$\sigma_n$
$V_p = \sqrt{\frac{10330 + Hs \cdot \gamma - p_d}{\frac{\rho}{2} * \sigma_i}}$ , (m/s)				

$V_s = \frac{V_p}{0,5144*(1-w)} , \text{ (HL/h)}$ $T = \frac{R}{(1-t)} , \text{ (kG)}$ $K'_n = \frac{V_p}{\sqrt{n}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{T}} , \text{ (theo Papmiel)}$ $\eta_p = f(K'_n), \text{ từ đồ thị}$ $J = f(\eta_p), \text{ từ đồ thị}$ $D = \frac{V_p}{n.D} , \text{ (m)}$ $H/D = f(\eta_p), \text{ từ đồ thị}$ $P_D = T.V_p/75. \eta_p$ $P_E = P_D / \eta$					
--	--	--	--	--	--

Thứ tự thực hiện các phép tính có thể tiến hành theo mẫu dưới đây, áp dụng cho trường hợp chọn chân vịt từ seri Newton-Rader cho tàu cao tốc có lượng chiếm nước  $D = 75T$ . Tàu lắp hai máy với công suất tổng cộng  $BHP = 2 \times 3.800HP = 7600HP$ . Công suất dẫn đến trục chân vịt, theo các chỉ dẫn đã trình bày trên, có thể tính:

$$P_D = 3.500 \text{ HP.}$$

Từ các phép tính bổ trợ có thể suy đoán, vận tốc tàu 75T này, lắp máy công suất  $2 \times 3.800HP$ , vòng quay chân vịt 1.750 v/ph có thể đạt 48 HL/h.

Để đảm bảo độ bền và xét đến tính sủi bọt cánh, chọn chân vịt Newton-Rader với tỷ lệ mặt đĩa  $A_E / A_0 = 0,712$ .

Để chọn đường kính chân vịt, dựa vào đồ thị  $K_T - J - \sigma$ ,  $K_Q - J - \sigma$  cần thiết tính thử  $K_T$ ,  $K_Q$  cho một dãy đường kính. Tại đây bạn đọc có thể sử dụng hệ thống đo thích hợp và dễ dàng cho mỗi người khi tính. Trong trường hợp dùng đồ thị Newton-Rader có gốc từ nước Anh, có thể dùng đơn vị chiều dài foot khi tính chọn đường kính.

*Chân vịt Newton-Rader,  $A_E/A_0 = 0,712$*

Bảng 25.

D, (ft)	$K_Q = \frac{1,891 \cdot 10^7 \cdot 3.500}{1,988 \cdot 1.750^3 \cdot D^5}$	$K_T = \frac{1,013 \cdot 10^2 \cdot 48}{1.750 \cdot D}$
2,8	0,0361	0,992
3,0	0,0256	0,926
3,2	0,0185	0,868
4,4	0,0137	0,817

Trên đồ thị  $K_Q - J - \sigma$  có thể xác định  $\sigma = 0,3$ , ứng với  $V = 48 \text{ HL/h}$ . Từ giá trị trên có thể tìm trên đồ thị giá trị của hiệu suất chân vịt:

Bảng 26.

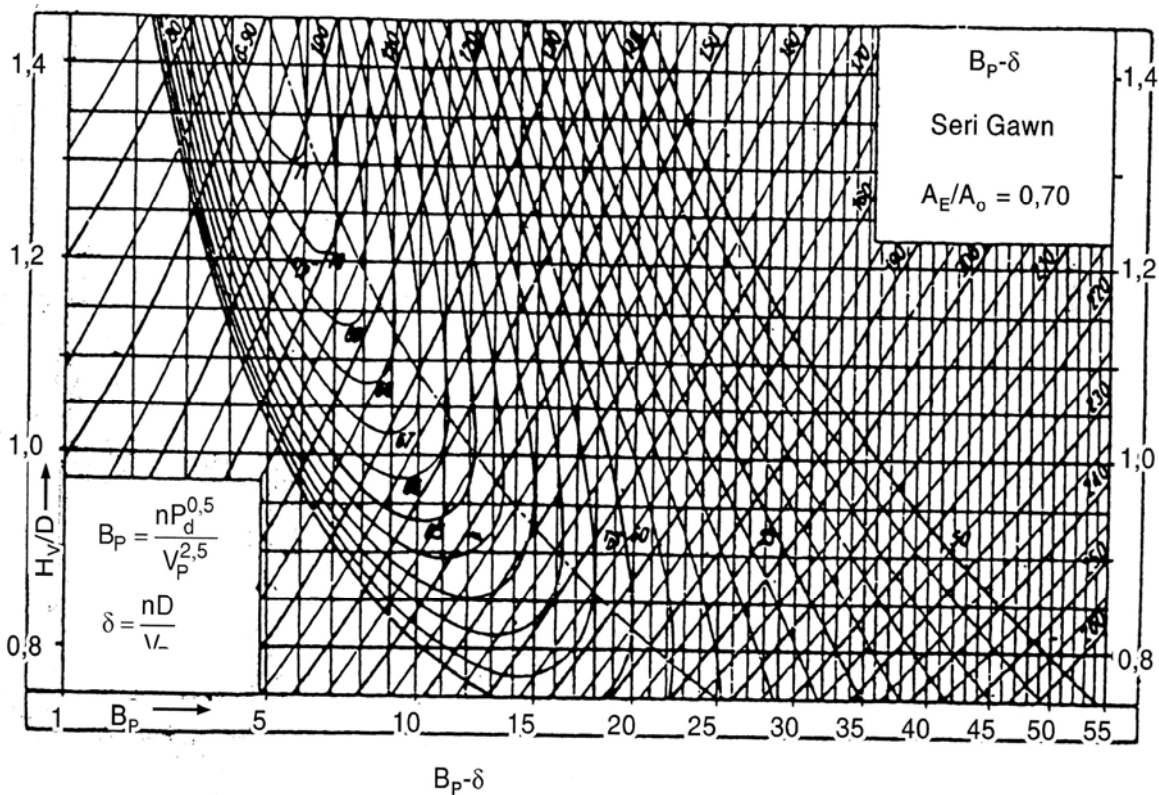
P/D	J	$\eta$
1,047	0,89	0,65
1,249	0,92	0,65
1,658	1,02	0,58

Giai đoạn thứ ba khi chọn lựa chân vịt sủi bọt là phải xác định “mẫu sủi bọt” thích hợp để mặt hút của cánh “khô” ở mức có thể được, chân vịt làm việc ở góc tấn lớn có thể, dự phòng trường hợp trục chân vịt bị nghiêng lớn khi tàu chuyển sang lướt. Từ đồ thị (b) có thể chọn các thông số phù hợp sau:

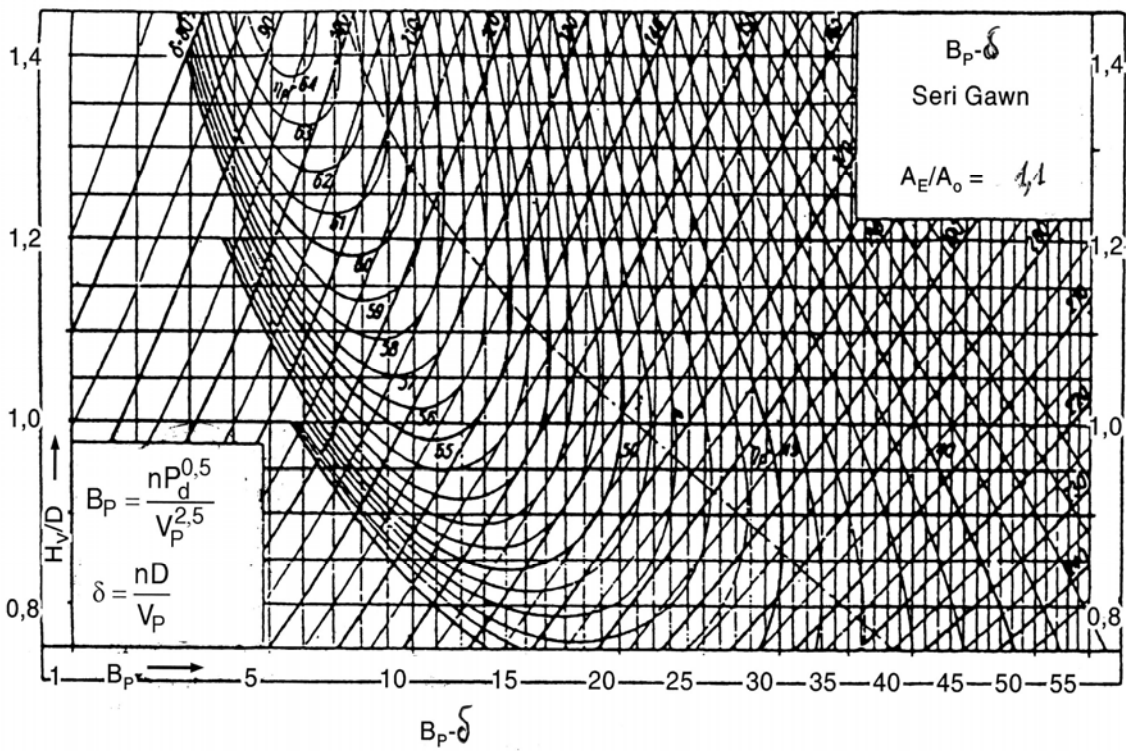
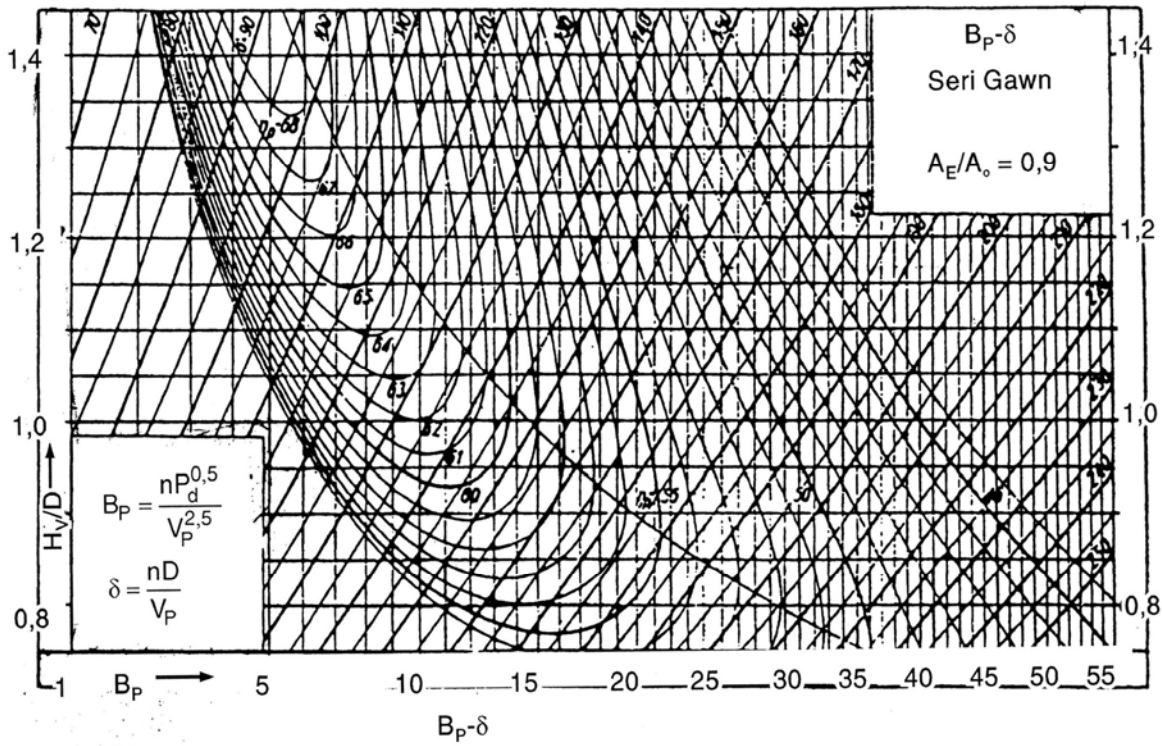
$$P/D = 1,249; \quad \eta = 0,65.$$

Kết quả có thể chọn chân vịt thuộc seri Newton-Rader, đường kính  $D = 36 \text{ in.} = 0,914\text{m}$ ; bước xoắn  $P = 45 \text{ in.} = 1,143\text{m}$ .

Tài liệu tham khảo để bạn đọc dễ hình dung : nếu thiết kế chân vịt không-sủi-bọt, bạn sẽ nhận được chân vịt tối ưu như sau  $D = 1,22\text{m}$ ;  $P/D \approx 1,8$ . Chân vịt tham khảo này có hiệu suất thấp và bước lớn hơn nhiều so với chân vịt sủi bọt.

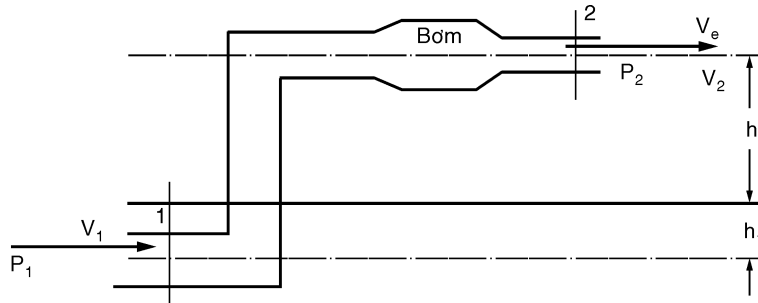


# CHÂN VỊT GAWN



## Máy đẩy dạng phụt nước

Máy đẩy dạng máy phụt nước bao gồm hệ thống ống dẫn và các cánh quay trong ổ làm chức năng như bơm phụt nước. Nguyên lý làm việc của hệ thống dạng này như sau.



Hình 2.28a: Nguyên lý làm việc của hệ thống máy đẩy dạng máy phụt nước

Giả sử nước vào hệ thống với lưu tốc  $V_1$  còn thoát ra khỏi ống xả  $V_2$ , diện tích miệng ống xả  $A_2$ . Khối lượng nước qua máy đẩy, phụt nước trong hệ thống được tính bằng biểu thức:

$$m = \rho A_2 V_2 \quad ()$$

trong đó:  $\rho$  - mật độ nước.

Động lượng của khối nước qua máy đẩy trong trường hợp này sẽ là  $\rho A_2 V_2 (V_2 - V_1)$ . Lực đẩy suy ra từ công thức cuối:

$$T = \rho A_2 V_2 (V_2 - V_1) \quad ()$$

Công suất hữu ích do  $T$  tạo được tính bằng tích của lực đẩy với vận tốc.

$$P_T = TV_s = m V_s (V_2 - V_1) \quad ()$$

trong đó  $V_s$  là vận tốc tàu.

Để xác định công suất cần thiết đưa hệ thống phụt nước vào làm việc cần thiết viết lại công thức năng lượng của cơ học chất lỏng cho dòng trong đoạn từ miệng vào số 1 trên hình, và miệng ra số 2 trên hình. Công thức Bernoulli áp dụng cho trường hợp này có dạng:

$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \Delta p \quad ()$$

trong đó:  $\Delta p$  - tổn thất áp lực trong hệ thống.

Công thức trên có thể chuyển sang dạng phương trình cột áp sau:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + H_p = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta h + h_{tt} \quad ()$$

trong đó:  $\Delta h = h_1 + h_2$  như biểu thị trên hình;  $h_{tt}$  - tổn thất cột áp trong hệ thống ống.

Nếu giả thiết rằng  $p_2 = const$ , công thức cuối có thể viết lại như sau:

$$H_b = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_2 + h_{tt} \quad \text{với} \quad p_1 = p_2 + h_1 \rho g \quad ()$$

Công suất cần thiết để bơm làm việc:

$$P_{bom} = \eta \left[ \frac{1}{2} (V_2^2 - V_1^2) + g(h_2 + h_{tt}) \right] \quad ()$$

Tỉ lệ giữa công suất đẩy *THP* và công suất cần cấp cho máy đẩy *DHP* được gọi là hiệu suất máy đẩy, tính theo công thức.

$$\eta_o = \frac{V_s(V_2 - V_1)}{\frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2) + g(h_2 + h_{tt})} \quad ()$$

Tổn thất cột áp  $h_{tt}$  được chia cho hai nhóm, độc lập nhau, tổn thất nhóm đầu  $h_D$  liên quan đến tổn thất nội tại trong hệ thống còn nhóm sau  $h_b$  chỉ cho bơm:

$$h_{tt} = h_D + h_b \quad ()$$

Tổn thất nhóm đẩy phụ thuộc vào cấu hình máy phụt nước gồm tổn thất đầu vào, tổn thất khuếch tán, tổn thất do ma sát:

$$h_D = h_{DI} + h_{DD} + h_{DF} \quad ()$$

Công thức tính tổn thất có thể tham khảo như sau:  $h_{DI} = k(V_1^2/2g)$

trong đó:  $k$  có thể coi là tổng của các tổn thất tại van dẫn và uốn ống:

$$k = k_1 + k_2 \approx 0,01 + 0,015$$

$$h_{DD} = (1 - \eta_D)(1 - \varepsilon^2) \frac{V_1^2}{2g} \quad ()$$

trong đó:  $\eta_D$  - khoảng 90%,  $\varepsilon$  - tỉ lệ giữa diện tích đầu vào và đầu ra của bộ khuếch tán.

Hệ số thứ ba tính theo các công thức tính sức cản ma sát.

Có thể ghép các biểu thức trên về dạng chung sau đây:

$$h_D = k_D \frac{(V_s + \Delta V)^2}{2g} \quad \text{với } \Delta V = V_2 - V_1 \quad ()$$

Hệ số  $k_D$  nằm trong phạm vi sau:  $0,04 < k_D < 0,10$ .

Tổn thất  $h_b$  chỉ liên quan đến cấu hình của bơm, biểu thị bằng công thức.

$$h_b = H \frac{1 - \eta_b}{\eta_b} \quad ()$$

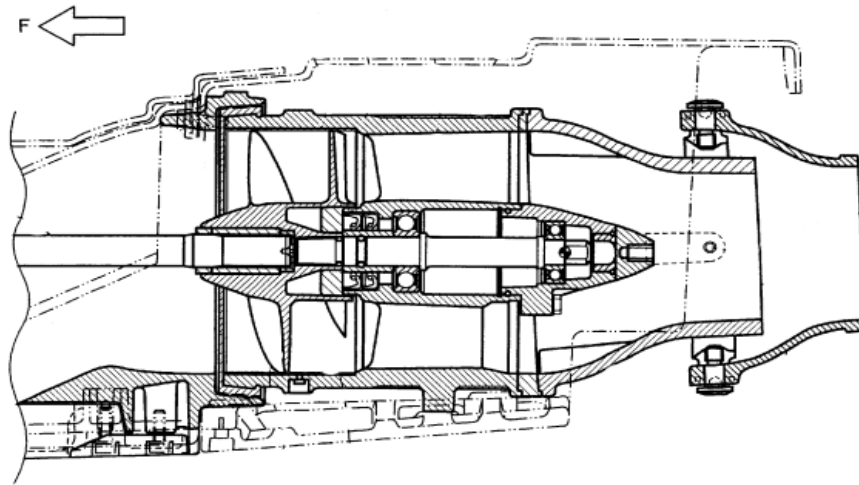
Các bơm hướng trục hoặc bơm hỗn hợp hiện đại thường có giá trị  $\eta_b = 0,90$ .

Có những điểm tương đồng giữa bơm trong máy phụt nước và chân vịt tàu, và điều đó thể hiện bằng các hệ số sau:

$$\eta_b = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\Psi}{K_Q} \quad ()$$

trong đó:  $\varphi$  - hệ số dòng;  $\Psi$  - hệ số truyền năng lượng, định nghĩa như sau:

$$\varphi = \frac{Q}{ND^3}; \quad \Psi = \frac{gH}{N^2 D^2} \quad ()$$

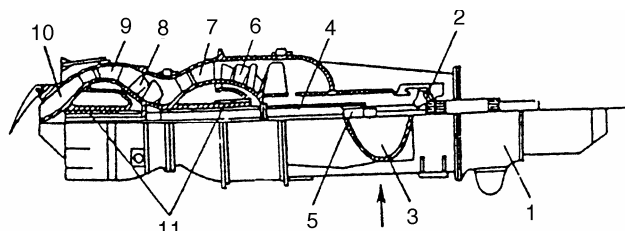


Hình 2.28b *Bơm phụt nước*

**Thiết kế đường dẫn gồm miệng hút, đường ống, các thiết bị đỡ**

Miệng hút vào ống thông thường có gắn các thiết bị bảo vệ nhằm tránh các vật có kích thước lớn quá giới hạn cho phép lọt vào ống và sau đó vào bơm. Tấm lưới bảo vệ này nếu thưa quá sẽ không làm được việc ngăn ngừa vật lạ, ngược lại mắt dày quá sẽ làm giảm hiệu suất sử dụng đến mức khó chấp nhận.

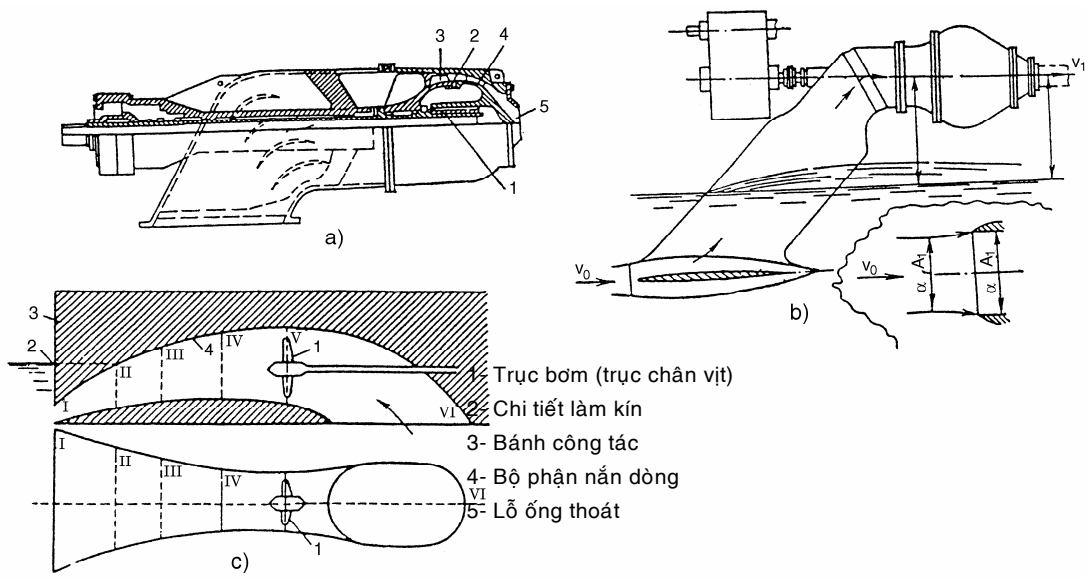
Profil mặt cắt dọc ống có hình dáng thích hợp cho dòng chảy trong đó, giúp cho dòng nước qua bánh công tác đều, còn dòng dọc ống không bị tổn thất nhiều. Trong thực tế có thể gặp ống trụ, tiết diện tròn, tiết diện elip hoặc ống có tiết diện thay đổi.



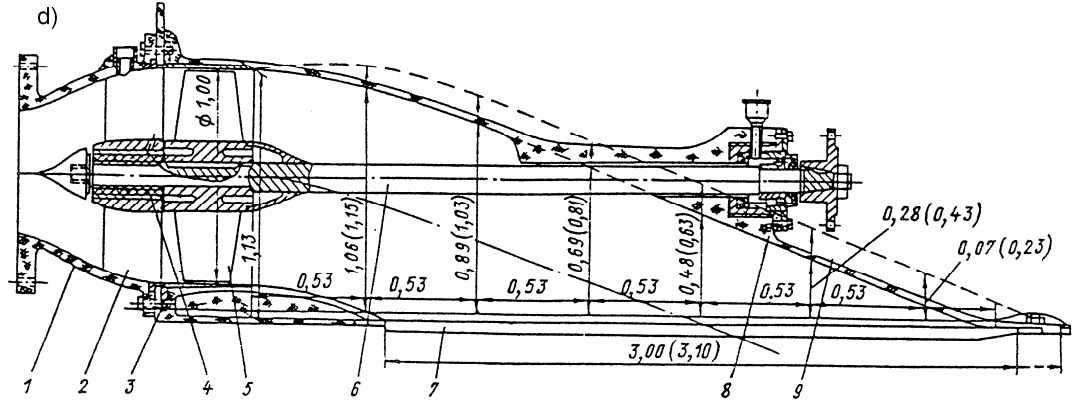
**Hình 2.29:** *Bơm phụt nước tàu cánh ngầm*

Những ví dụ trình bày tại hình 7.32, giới thiệu những kết cấu đã được dùng có kết quả trong mấy chục năm qua.

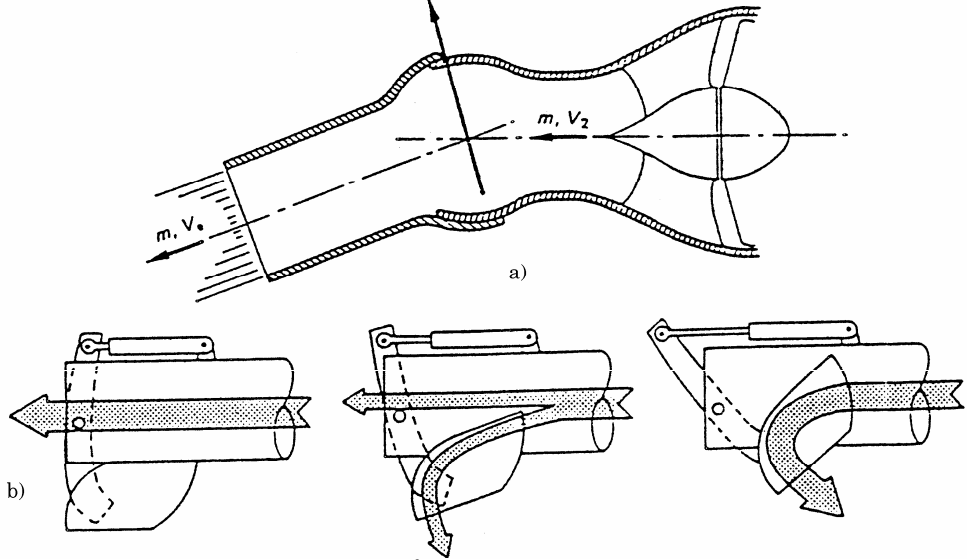
Hình 2.30a,b giới thiệu bố trí chung máy phụt nước dùng cho tàu cánh ngầm, chở khách kiểu “*Jetfoil*”, sản xuất tại Mỹ. Công suất máy chính 3700 HP, lưu lượng nước qua bơm hướng trục  $1,46m^3/s$ ;  $n = 2080$  v/ph; cột áp 170 m.cn.



**Hình 2.30: Bộ trí bơm phụt nước**



**Hình 2.30d: Bơm phụt nước tàu nhỏ**



**Hình 2.31: Thay đổi hướng dòng thoát**

Hình 2.30c trình bày thiết bị tương tự sản xuất tại Nga từ 1944 dùng cho tàu nổi. Điểm khác biệt tại đây là ống dẫn dạng hình vòm, tiết diện thay đổi.

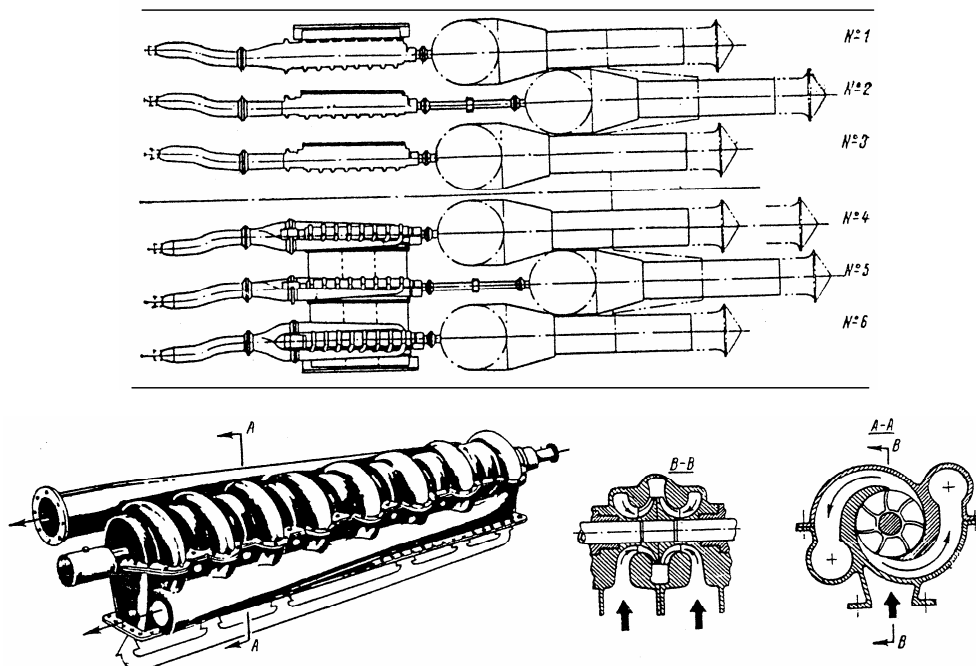
Hình 2.30d trình bày kết cấu kim loại của ống trên xuống nhỏ, khối lượng 800kg, lắp máy 75 PS. Xuồng dài 5m, lắp máy phụt nước dạng này có thể phát huy vận tốc 40 km/h khi chạy trên sông.

Ngày nay các hãng sản xuất máy phụt nước đã tiến hành tiêu chuẩn hóa tất cả kết cấu cùng tính năng thiết bị làm cho người thiết kế có nhiều thuận lợi hơn khi chọn phương án. Thông thường hãng chế tạo sản xuất bơm (chân vịt), hệ thống dẫn động, đường ống, ống hút, ống xả và gàu đổi hướng. Gàu đổi hướng có tác dụng hướng dòng thoát từ 0°, ngược với hướng tiến của tàu làm cho tàu tiến về trước, đến gần 180°, trùng hướng tiến của tàu để “hãm” tàu lại. Khi dòng thoát quay sang trái, lái tàu bị sang phải, còn khi dòng đổi sang hướng phải tàu quay ngược lại. Trên thực tế tàu được trang bị hệ thống máy phụt nước có khả năng thay hướng dòng thoát như vừa nêu, tàu có tính quay trở rất cao mà không cần trang bị hệ thống lái có bánh lái. Nguyên lý hoạt động của máy phụt nước kiểm quay trở tàu được giới thiệu tại hình 2.31

Tại hình 2.33 giới thiệu một mẫu máy phụt nước cùng kích thước phủ bì của nó, trích từ catalô của hãng sản xuất.

Tương tự thiết kế chân vịt thông thường, khi thiết kế tàu lắp máy phụt nước, trong nhiều trường hợp đòi hỏi cao về vận tốc, trong khi không gian buồng máy và khoảng không bố trí thiết bị bị hạn chế, cần thiết phải sử dụng hệ thống nhiều đường trục. Máy phụt nước có thể bố trí đơn chiếc và cũng có thể bố trí thành hai hoặc nhiều dãy. Tại hình 7.34 giới thiệu bố trí buồng máy tàu cánh ngầm lớn của Mỹ, sản xuất 1967. Bơm được dùng trong hệ thống là bơm li tâm, trục đứng. Lượng chiếm nước của tàu 550T, vận tốc tàu xấp xỉ 80 HL/h. Sáu bơm li tâm lớn bố trí như trên hình, chia làm hai tầng, cùng dẫn nước vào hai ống thoát chung. Tuabin hơi lái bơm FT4A-2 có công suất liên tục 20.000HP, và có khả năng hoạt động quá tải ở chế độ 30.000HP. Đặc tính của bơm như sau: lưu lượng 4,23 m<sup>3</sup>/s; cột áp 75,5 m.cn; vòng quay 3340v/ph; đường kính bánh công tác 0,42m; hiệu suất bơm 0,88 ÷ 0,90.

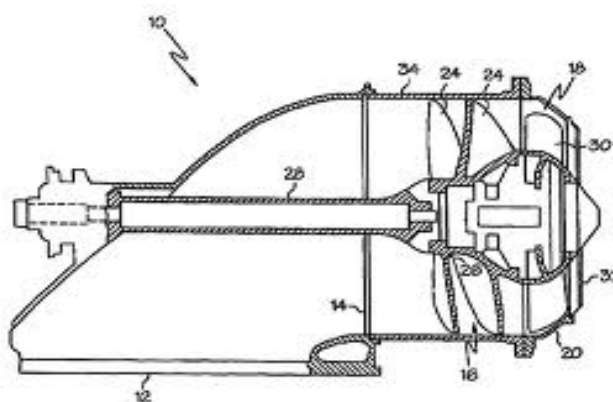
Trong phần cuối này sẽ giới thiệu một số mẫu máy phụt nước được sản xuất trong những năm gần đây tại các nước châu Âu làm tài liệu tham khảo trước khi chọn.



Hình 2.32: Bố trí buồng máy tàu cánh ngầm, sử dụng máy phụt nước

**Bảng B**

Mẫu máy phụt nước	Công suất max (HP)	Dài (mm)	Rộng (mm)	Cao (mm)	Khối lượng (kg)
Castold Jet 03	68	605	550	265	25
Doen DJ60	100	595	205	–	16
Berno 305 Diesel	120	1275	360	300	54,4
Kem 110	150	1050	338	545	45
Ultra 300 Single Stage	160	1410	360	500	75
Namj TJIX-150	167	1775	638	648	227
PP-65	200	724	324	343	25
Ultra 300 Two Stage	300	1041	457	381	70
FF240	310	1715	500	600	100
Hamilton Jet 291	475				
Berno 360 High Torque	475	1500	380	440	383
Kem 503	810	1796	999	750	305
Ulstein WJ450	1020	1320	910	–	1300
Castoldi Jet 07	1290	2618	960	880	823
Doen DJ170	1630	1590	675	760	550
MJP 480	1770	2810	–	–	765
LIPS Jet 43DLX	2010				
Hamilton Jet HM521	2450				
KaMeWa 63	4070				
MJP 750	5700	4975	1720	1255	2105
MJP 850	7545	5640	1980	1440	3145
KaMeWa 100	12900				
MJP 1350	18760	9050	3110	2110	8450
KaMeWa 112	20390	8000	1990	–	7800
KaMeWa 125	25150	8750	2220	–	11400
KaMeWa 160	40790	7500	2850	–	12500
MJP 2050	51660				
KaMeWa 200	54400				





Hình 2.33 *Thiết bị waterjet*

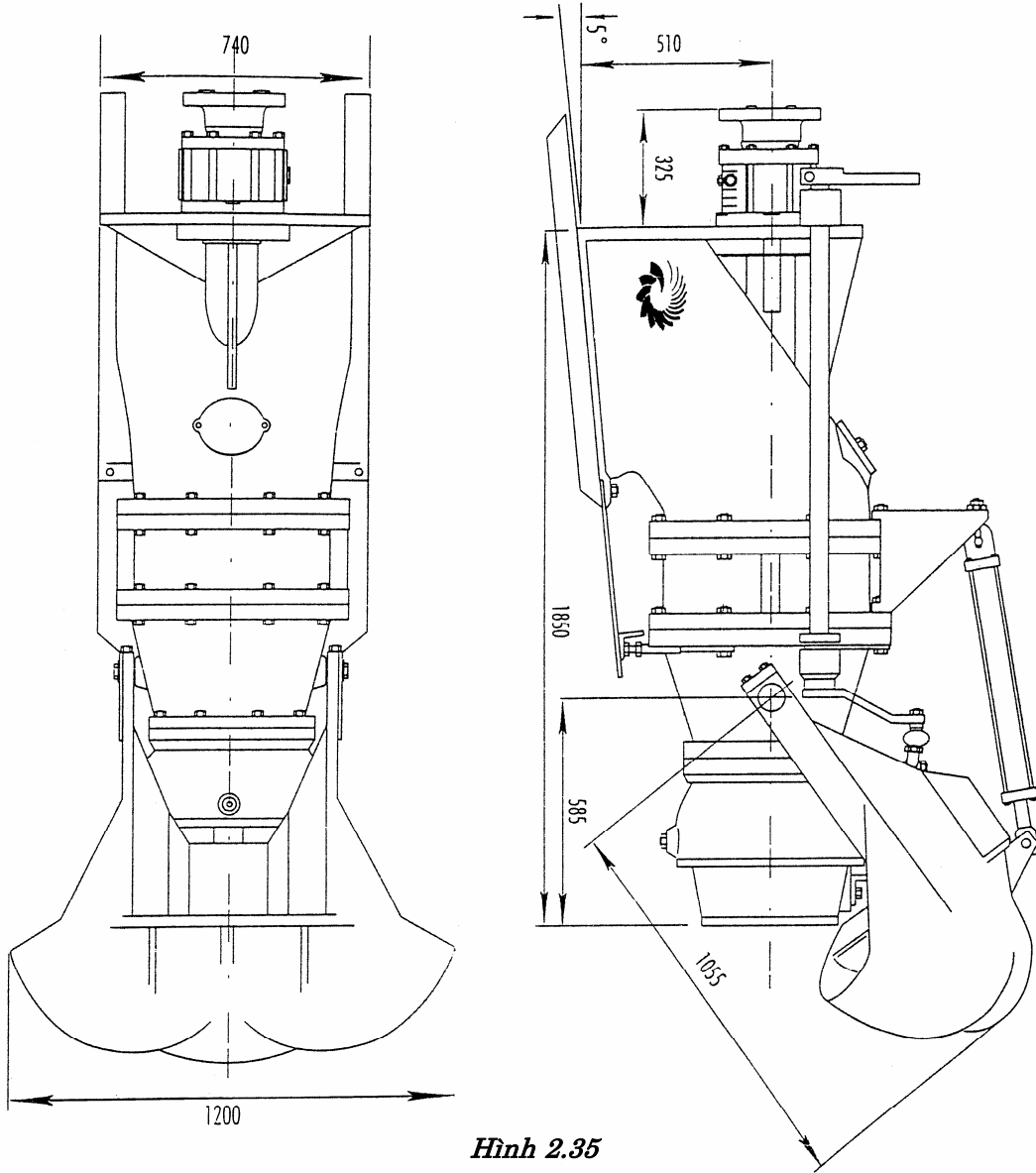
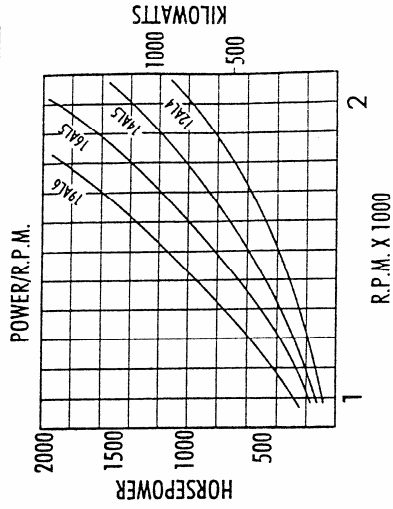


Hình 2.34 *Tàu cao tốc sử dụng waterjet “Jetfoil 3”*

**Marine Propulsion Systems**

# DJ200

Impeller Diameter:	508mm
Number of Stages:	1
Impeller:	Mn. Br. or Stainless Steel
Nozzle Diameter:	254-292mm
Mounting:	Outboard (Transom)
Transom Mounting Angle:	Any Angle
Rotation:	Anti-clockwise (looking forward)
Standard Coupling Flange:	Refer manufacturer
Corrosion Protection:	Cathodic with Anodes
Weight:	630kg



Hình 2.35

## CÁC ĐƯỜNG TÍNH NỒI. ĐƯỜNG CROSS CURVES

### 4.1 Tính các đường tính nổi tàu thủy một thân trên máy cá nhân

Các đại lượng hình học trình bày trên được chia làm ba nhóm khác nhau:

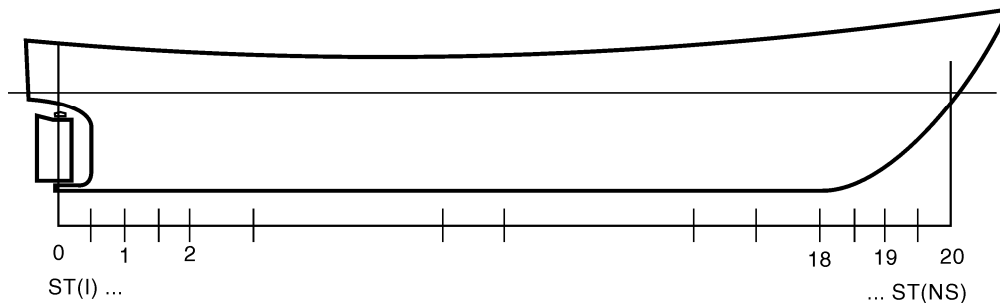
- 1- Tính diện tích, mômen tĩnh, mômen quán tính, hệ số đầy đường nước, mômen chúi đơn vị... trong mỗi đường nước.
- 2- Tính diện tích phần chìm các sườn, mômen tĩnh so với đáy, so với mặt giữa tàu cho mỗi sườn, thực hiện trong mặt sườn.
- 3- Tính thể tích phần chìm và các đại lượng liên quan đến thể tích.

Các phép tích phân được phân vào hai dạng, tích phân giới hạn xác định dọc chiều dài tàu và tích phân giới hạn trên thay đổi tùy thuộc mớn nước tính toán.

Chuẩn bị dữ liệu.

- 1- Chọn số sườn tính toán, số đường nước cần thiết khi tính,
- 2- Vị trí các sườn tính toán ghi trong hệ tọa độ tương đối, đơn vị tính  $dL = L_{pp}/(10 \text{ hoặc } 20)$ , ví dụ:

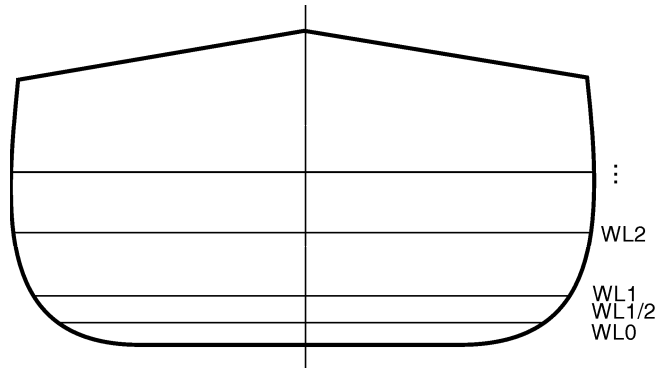
Thứ tự	1	2	3	...						NS-1	NS
Vị trí sườn	#0	# ½	#1	#1 ½	#2					# 19 ½	20



Hình 4.1

- 3- Vị trí các đường nước theo đơn vị tính  $dT$ , ví dụ:

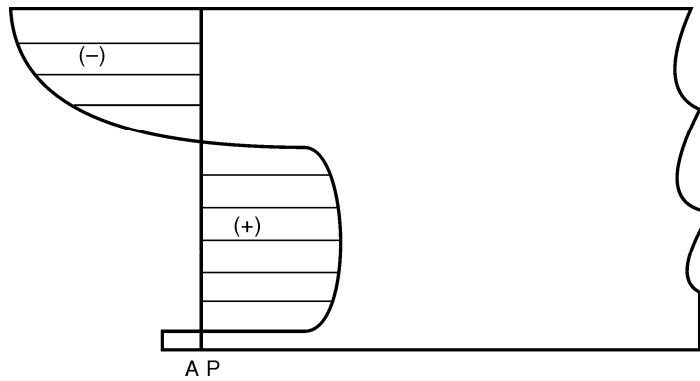
Thứ tự	1	2	3	...	NW
Vị trí đường nước	0	½	1	...	



Hình 4.2

4- Tọa độ vòm đuôi so với trụ lái, ghi lại dưới dạng bảng

Thứ tự	1	2	3	...	...	NW + 1
Tọa độ vòm đuôi						



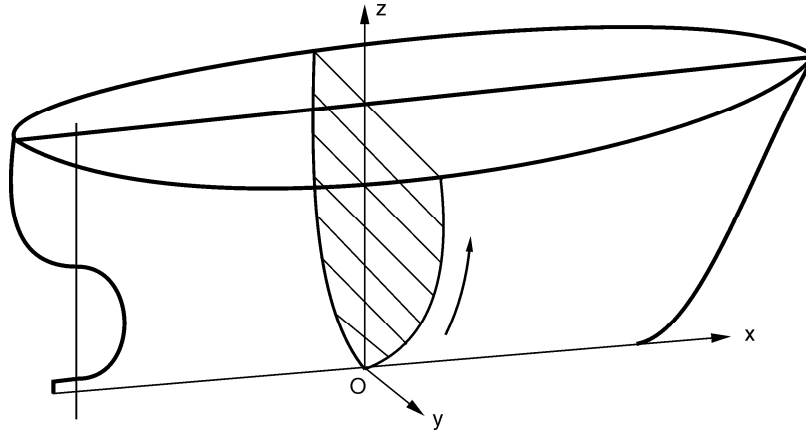
Hình 4.3

5- Chiều dài thật của tất cả đường nước tính toán,

6- Chiều cao của tất cả các sườn tính toán,

7- Tọa độ vỏ tàu, xác định tại tất cả các sườn tính toán, qua tất cả đường nước tính toán. Tọa độ vỏ tàu (giá trị 1/2 chiều rộng tàu) ghi dưới dạng ma trận như ví dụ sau:

Sườn	Thứ tự đường nước						
	0	1/2	1	...	NW	Boong	
#0							
# 1/2							
...							
# Sườn cuối							



Hình 4.4

Thứ tự ghi dữ liệu như minh họa trên hình.

Chương trình tính thực hiện các phép tính theo thứ tự sau:

Tích phân trong mặt đường nước thứ  $j, j = 1, 2, \dots, NW$

Diện tích: 
$$A_W = 2 \int_L y dx \quad (a)$$

Tâm đường nước: 
$$a = \frac{\int_L xy dx}{\int_L y dx} \quad (b)$$

Mômen quán tính dọc, qua trục trung hòa:

$$I_L = 2 \int_L x^2 y dx - a^2 A_W \quad (c)$$

Mômen quán tính ngang:

$$I_t = \frac{2}{3} \int_L y^3 dx \quad (d)$$

Mômen chúi tàu  $I_m$ :

$$M_{TRIM} = \frac{\gamma I_L}{L} \quad (e)$$

Tích phân trong mặt sườn thứ  $i, i = 1, 2, \dots, NS$

Diện tích phần chìm: 
$$S(z) = 2 \int_0^z y dz \quad (f)$$

Mômen tĩnh so với đáy: 
$$M_B(z) = 2 \int_0^z y z dz \quad (g1)$$

Mômen tĩnh so với mặt giữa tàu: 
$$M_o(z) = 2 \int_0^z xy dz \quad (g2)$$

Tích phân theo thể tích phần chìm từ 0 đến  $Z$ :

Thể tích phần chìm: 
$$V(z) = \int_0^z A_w(z) dz \quad (h)$$

Chiều cao tâm nổi: 
$$KB(z) = \frac{\int_0^z A_w(z)zdz}{V(z)} \quad (i)$$

Hoành độ tâm nổi: 
$$XB(z) = \frac{\int_0^z A_w(z)a(z)dz}{V(z)} \quad (k)$$

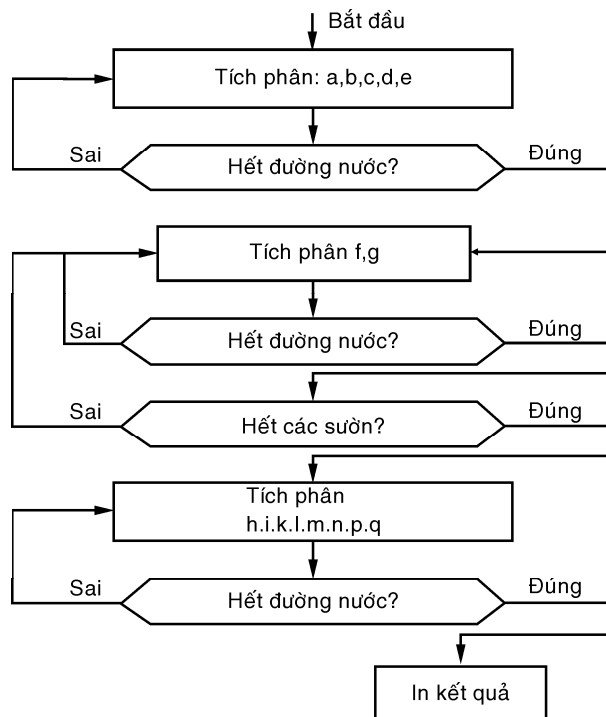
Bán kính tâm nghiêng ngang: 
$$BM = \frac{I_t}{V} \quad (l)$$

Bán kính tâm nghiêng dọc: 
$$BM_L = \frac{I_L}{V} \quad (m)$$

Các hệ số đầy: 
$$C_W = \frac{A_w(z)}{LB} \quad (n); \quad C_M = \frac{S_o(z)}{TB} \quad (p)$$

$$C_B = \frac{V}{LBT} \quad (q); \quad C_P = \frac{C_B}{C_M} \quad (r); \quad C_V = \frac{C_B}{C_W} \quad (s)$$

Sơ đồ tính như sau:



Hình 4.5

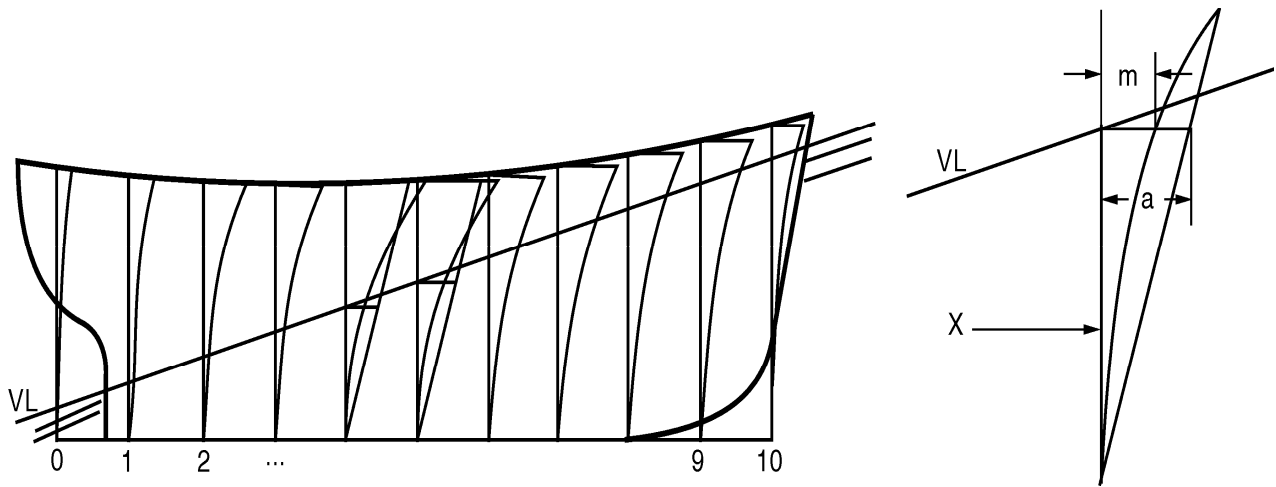
### Biểu đồ mang tên Firsov

Tên gọi này chỉ thịnh hành tại đất nước đã sinh ra nhà khoa học tàu thủy này (Nga). Trong sách báo của nước ta tên gọi biểu đồ Firsov được công nhận một cách chính thức, giống như được gọi ở Nga vậy, còn ở các nước khác ít khi sử dụng. Biểu đồ Firsov giúp cho người đọc tìm được thể tích

phần chìm hoặc lượng chiếm nước, tọa độ tâm nổi phần chìm cho các trạng thái nghiêng dọc tàu. Nói theo cách dễ hiểu hơn, khi đọc được chiều chìm tàu tại mũi và lái của tàu, người ta sử dụng biểu đồ Firsov để tìm giá trị thực của lượng chiếm nước  $D$ , cao độ tâm nổi  $\overline{KB}$  và hoành độ tâm nổi  $\overline{XB}$  của tàu trong trạng thái ấy.

Thủ tục lập biểu đồ Firsov theo thứ tự kể sau:

- Xác định mớn nước lái  $T_l$  và mớn nước mũi  $T_m$
- Xác lập đường nước qua hai vị trí trên
- Sử dụng biểu đồ Bonjean tính thể tích phần chìm và tọa độ tâm nổi theo các công thức:



Hình 4.6

Thể tích phần chìm của tàu: 
$$V = \int_0^L a(x) dx \quad (1)$$

Mômen thể tích phần chìm so với đáy: 
$$M_b = \int_0^L m(x) dx \quad (2)$$

Mômen thể tích phần chìm so với mặt cắt ngang giữa tàu:

$$M_{\otimes} = \int_{-L/2}^{+L/2} xa(x) dx \quad (3)$$

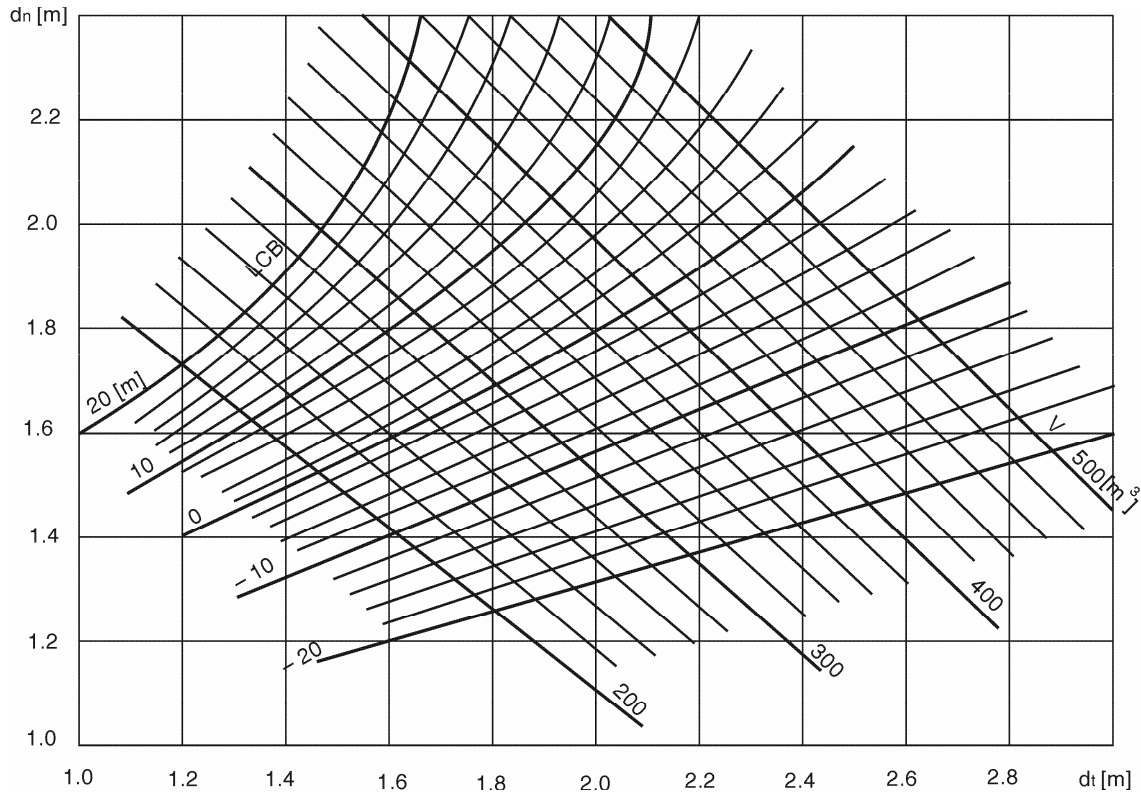
Chiều cao tâm nổi, so với mặt đáy:

$$\overline{KB} = \frac{M_b}{V} = \frac{\int_0^L m(x) dx}{\int_0^L a(x) dx} \quad (4)$$

Hoành độ tâm nổi, tính từ mặt cắt ngang giữa tàu:

$$\overline{XB} = \frac{M_{\otimes}}{V} = \frac{\int_{-L/2}^{+L/2} xa(x)dx}{\int_0^L a(x)dx} \quad (0)$$

Đồ thị tiêu biểu dùng cho tàu vận tải biển được giới thiệu tại hình 4.7



Hình 4.7 Đồ thị Firsov

### Tính cân bằng dọc tàu

Với mỗi trạng thái khai thác cần thiết kiểm tra tính nổi của tàu. Kiểm tra cân bằng dọc tàu tiến hành theo bảng sau. Trong bảng này có sử dụng một số công thức sẽ được giải thích tại phần sau của tài liệu:

TT	Tên gọi	Công thức và ký hiệu	Đơn vị tính
1	Thể tích chiếm nước	$\nabla = \Delta/\gamma$	$m^3$
2	Chiều chìm trung bình	$d, T$ - đọc từ đồ thị, = $f(\nabla)$	$m$
3	Hoành độ trọng tâm	LCG	$m$
4	Chiều cao trọng tâm	KG	$m$
5	Tâm đường nước	LCF - đọc từ đồ thị, = $f(T)$	$m$
6	Hoành độ tâm nổi	LCB - đọc từ đồ thị, = $f(T)$	$m$
7	Chiều cao tâm nổi	KB - đọc từ đồ thị, = $f(T)$	$m$
8	Bán kính tâm nghiêng	BM - đọc từ đồ thị = $f(T)$	$m$

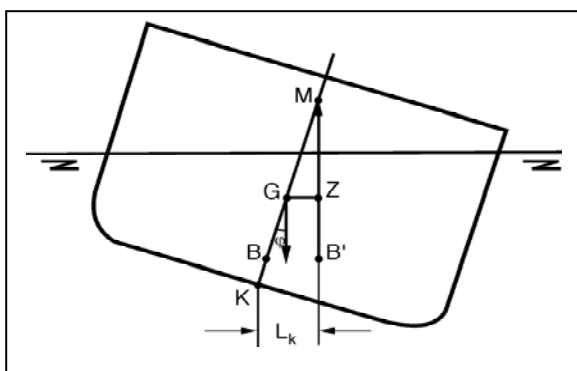
TT	Tên gọi	Công thức và ký hiệu	Đơn vị tính
9	Mômen chúi 1 m	$M_{TRIM}$ - đọc từ đồ thị, = f(T)	Tm/m
10	Mômen chúi tàu	$M_{ch} = \Delta(LCG-LCB)$	Tm
11	Độ chúi của tàu	$\delta T = M_{ch}/M_{TRIM}$	m
12	Góc chúi	$\psi = \delta T/L$	-
13	Thay đổi chúi mũi	$\delta T_m = (L/2-LCF)\psi$	m
14	Thay đổi chúi lái	$\delta T_L = -(L/2+LCF)\psi$	m
15	Mớn nước mũi	$T_m = T + \delta T_m = (2) + (13)$	m
16	Mớn nước lái	$T_L = T + \delta T_L = (2) + (14)$	m
17	Chiều cao tâm nghiêng	$GM = KM - KG = (7) + (8) - (4)$	m
18	Mômen nghiêng tàu $^\circ$	$M_1 = \Delta GM/57,3$	Tm

#### 4.2 Thuật toán xác lập họ đường cross curves (pantokaren)

Họ đường  $L_k = f(V, \varphi)$  lập cho trường hợp  $V_i = const, i = 1, 2, \dots$  với góc nghiêng thay đổi từ 0 đến góc bất kỳ, ví dụ đến  $90^\circ$ , mang tên gọi pantokaren. Thuật ngữ chuyên ngành bằng tiếng Anh viết là *cross curves*.

Người đọc cần lưu ý về các ký hiệu không trùng nhau giữa tài liệu các nước. Trong tài liệu này chúng tôi sử dụng các qui ước và ký hiệu dùng chung cho tất cả các nước, ngoại trừ tài liệu viết bằng tiếng Nga.

Tay đòn hình dáng  $L_k$  được đo từ điểm K (keel) giao điểm của sống chính với mặt cắt ngang giữa tàu, đến hướng tác động lực qua tâm nổi  $B'$  của phần chìm tàu trong thời điểm tính toán, ứng với góc nghiêng cho trước (hình 4.8). Điểm K cố định trong mọi trường hợp tính toán. Theo tài liệu xuất bản tại Nga, người ta thường lấy tâm nổi tại trục đối xứng ký hiệu C, tại thời điểm góc nghiêng bằng 0 làm chuẩn rồi từ đó đo khoảng cách đến đường tác động lực nổi. Hai cách làm trên đây, theo kiểu vừa trình bày và theo cách làm tại Nga, đưa đến cách đo khác nhau về tay đòn



Hình 4.8

#### Thuật toán xác lập tâm nổi phần chìm tàu trong lập trình

Để xác định tọa độ tâm nổi  $B'$  cho góc nghiêng bất kỳ, xét trong hệ tọa độ chung toàn tàu, tiến

hành cách rời rạc hóa bài toán theo các bước sau:

1- Phân chia toàn bộ chiều dài tàu thành những phân đoạn, có chiều dài phân đoạn ngắn hơn nhiều lần chiều dài tàu. Chiều dài các phân đoạn không nhất thiết bằng nhau. Mỗi phân đoạn rất ngắn kiểu này được coi như một khối trụ dài đúng bằng chiều dài phân đoạn, mặt cắt ngang của lăng trụ đúng như mặt cắt ngang giữa lăng trụ.

2- Trong mỗi phân đoạn tiến hành tính thể tích phần chìm, tâm nổi phần chìm so với đáy, so với mặt ngang chuẩn, cụ thể so với mặt cắt ngang giữa tàu.

**Thuật toán tính thể tích và mômen tĩnh**

Tại mỗi mặt sườn tiến hành kẻ nhiều đường nước nghiêng dưới góc  $\Phi$  so với mặt đáy, cắt sườn tàu. Tại mỗi chiều chìm  $Z$ , tính trên trục  $OZ$ , kẻ đường nước song song với mặt thoáng nước tĩnh. Xác định các giá trị hỗ trợ  $a, b, c$  (hình 4.9) theo công thức:

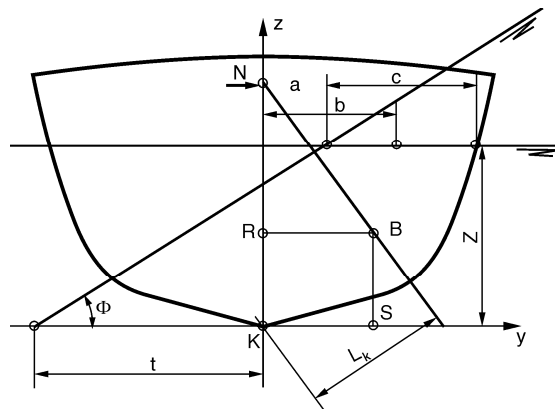
$$a = \frac{Z}{\text{tg}\Phi} - t \tag{0}$$

$$b = \frac{1}{2}(y + a) \tag{0}$$

$$c = y - a \tag{0}$$

với:  $y$  - nửa chiều rộng tàu, đo tại mớn nước  $Z$ , cho sườn đang xét

$t$  - khoảng cách từ giao điểm mặt đường nước nghiêng tại đáy đến mặt cắt dọc giữa tàu.



Hình 4.9

Diện tích mặt sườn, phần nằm dưới đường nước nghiêng:

$$A(x) = \int_0^T a(z) dz \tag{0}$$

Mômen tĩnh do với mặt đáy:

$$M_B(x) = \int_0^T a(z).z dz \tag{0}$$

Mômen tĩnh do với mặt cắt ngang giữa tàu:

$$M(x) = \int_0^T a(z).b(z) dz \tag{0}$$

3- Tính thể tích phần chìm tàu và tọa độ tâm nổi của phần chìm tàu, nằm dưới một đường nước

ngiêng, khi đã xác định  $A(x)$ ,  $M_B(x)$ ,  $M(x)$ .

Thể tích phần chìm:

$$V = \int_L A(x) dx \quad ()$$

Khoảng cách RB và SB theo ký hiệu tại hình 2.19:

$$RB = \frac{\int_L M(x) dx}{\int_L A(x) dx}; \quad SB = \frac{\int_L M_B(x) dx}{\int_L A(x) dx} \quad ()$$

Tay đòn hình dáng  $L_k$  tính theo công thức:

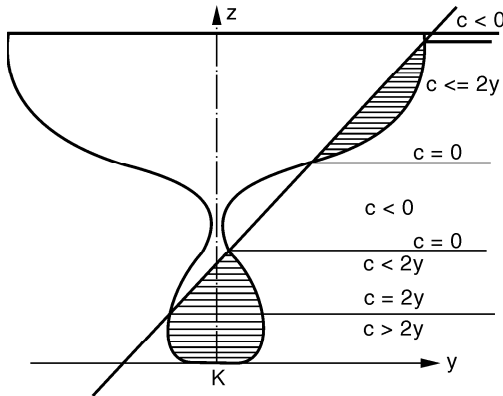
$$L_k = KN \sin \Phi = SB \sin \Phi + RB \cos \Phi \quad ()$$

Mọi giá trị  $c(z)$  đo trên bản vẽ phải là những giá trị thật, có nghĩa  $c(z) \geq 0$ . Những trường hợp thường gặp khi đọc  $c(z)$  và cách hiệu chỉnh như sau:

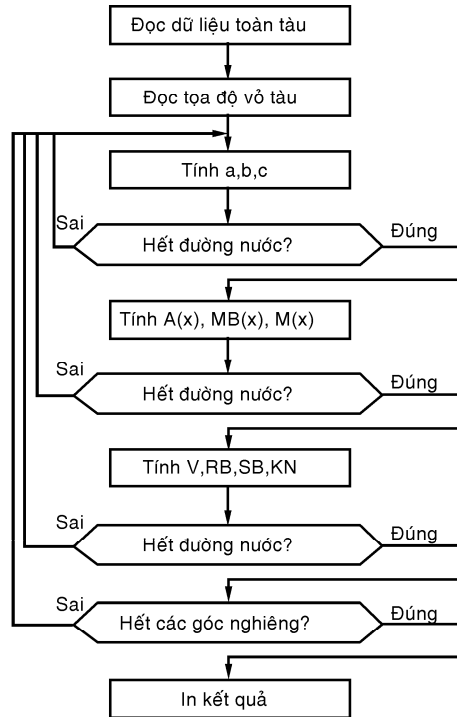
Nếu  $c \geq 2y$  giá trị thật của  $c = 2y$ ;  $b = 0$

Nếu  $c \leq 0$  thì:  $c = 0$  và  $b = 0$

Sơ đồ tính toán được giới thiệu tại hình 4.11.



Hình 4.10



Hình 4.11

### Thứ tự tính các đường thủy tĩnh trên máy cá nhân

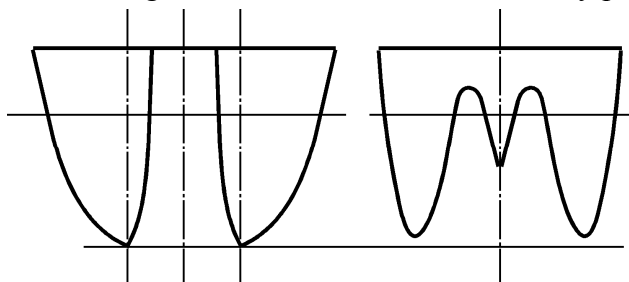
1- Tính diện tích, momen tĩnh, momen quán tính, hệ số đầy đường nước, momen chúi đơn vị vv... trong mỗi đường nước theo công thức nêu phần trên.

2- Tính diện tích phần chìm các sườn, momen tĩnh so với đáy, so với mặt giữa tàu cho mỗi sườn, thực hiện trong mặt sườn.

3- Tính thể tích phần chìm và các đại lượng liên quan đến thể tích, công thức.

### 4.3 Tính đặc trưng hình học tàu nhiều thân

Công thức tính toán các đặc trưng tính nổi của tàu như đã trình bày phần giành cho tàu một thân.



Hình 4.12a Mặt cắt ngang tàu hai thân và ba thân

Chuẩn bị dữ liệu tàu nhiều thân tiến hành như sau:

Biểu diễn đường nước bất kỳ của mỗi thân tàu dưới dạng đường cong dạng  $y_1 = f(x)$ , đường cong nằm trên và  $y_2 = f(x)$ , đường cong phía dưới (hình 4.12b). Chiều rộng mỗi thân  $b$  xác định theo công thức sau.

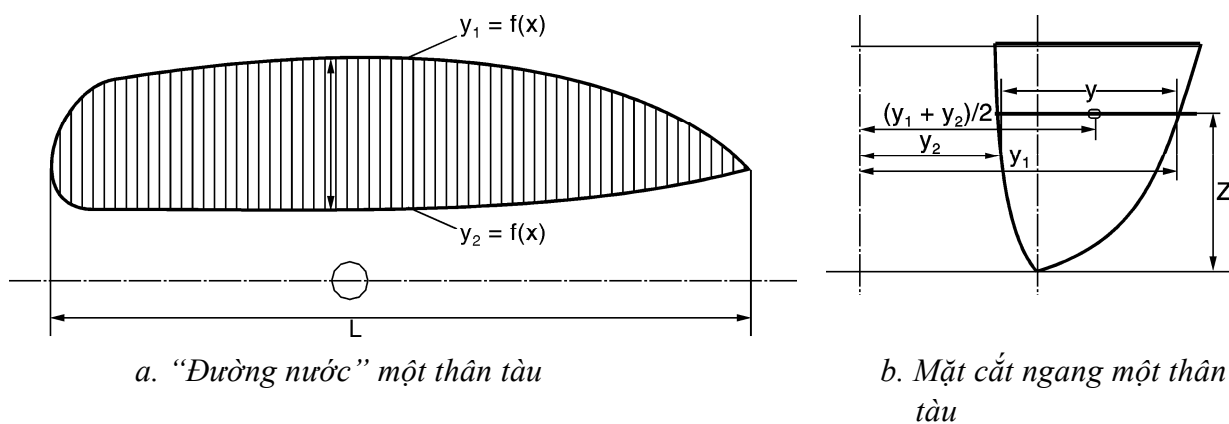
$$\text{Tại mỗi sườn: } \frac{b}{2} = (y_1 - y_2)$$

Sử dụng các công thức phần đầu tính cho mỗi đường nước. Công thức tính  $I_T$  tàu 2 thân có dạng:

$$I_T = \frac{2}{3} \int_a^b y^3 dx + 2 \int_a^b y_0^2 y dx$$

$$y_0 = \frac{1}{2} (y_1 + y_2)$$

Sử dụng các công thức (1.15) ÷ (1.25) cho các phép tính tiếp theo.

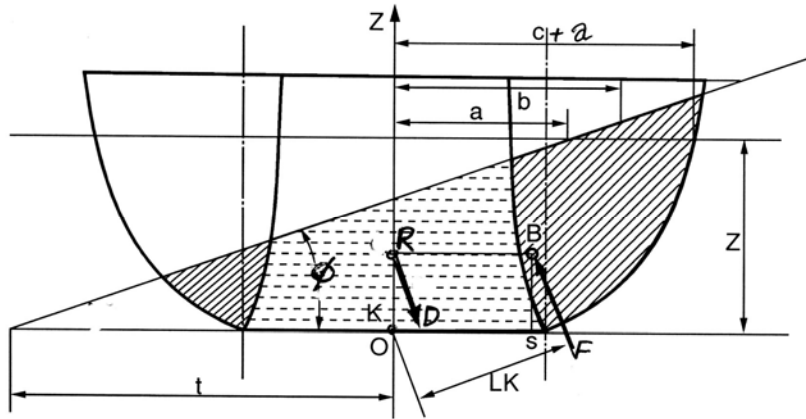


Hình 4.12b

#### 4.4 Xây dựng họ đường cross curves tàu nhiều thân

Họ đường cross curves  $L_K = f(V, \varphi)$  lập cho trường hợp  $V_i; i = 1, 2, \dots$  với góc nghiêng  $\varphi$  (hoặc còn ký hiệu  $\phi$ ) thay đổi từ 0 đến góc bất kỳ, ví dụ đến  $90^\circ$ .

Tay đòn hình dáng  $L_K$  được đo từ điểm  $K$  giao điểm của mặt cắt dọc giữa tàu với đường cơ bản nằm ngang, đến hướng tác động lực qua tâm nổi  $B'$  của phần chìm tàu trong thời điểm tính toán, ứng với góc nghiêng cho trước (hình 4.13). Điểm  $K$  cố định trong mọi trường hợp tính toán.



Hình 4.13

Tại mỗi mặt sườn tiến hành kẻ nhiều đường nước nghiêng dưới góc  $\Phi$  so với mặt đáy, cắt sườn tàu. Tại mỗi chiều chìm  $Z$ , tính trên trục  $OZ$ , kẻ đường nước song song với mặt thoáng nước tĩnh. Xác định các  $a, b, c$  theo công thức trình bày tại (), (), () cho tàu một thân.

Nhóm công thức này áp dụng cho “tàu ảo” nằm phía trong của tàu hai thân, giúp tính “tay đòn ảo”. Các đại lượng nhận được sau khi tính được ký hiệu  $a', b', c'$ .

Diện tích mặt sườn, phần nằm dưới đường nước nghiêng: 
$$A(x) = \int_0^T \alpha(z) dz$$

Momen tĩnh so với mặt đáy: 
$$M_B(x) = \int_0^T \alpha(z) \cdot z \cdot dz$$

Momen tĩnh so với mặt cắt ngang giữa tàu: 
$$M_C(x) = \int_0^T \alpha(z) \cdot b(z) \cdot dz$$

Tính thể tích phần chìm tàu và tọa độ tâm nổi của phần chìm tàu, nằm dưới một đường nước nghiêng, khi đã xác định  $A(x), M_B(x), M_C(x)$ .

Tay đòn hình dáng  $L_K$  tính theo công thức:

$$L_K = \overline{KN} \sin \Phi = \overline{SB} \sin \Phi + \overline{RB} \cos \Phi \quad ()$$

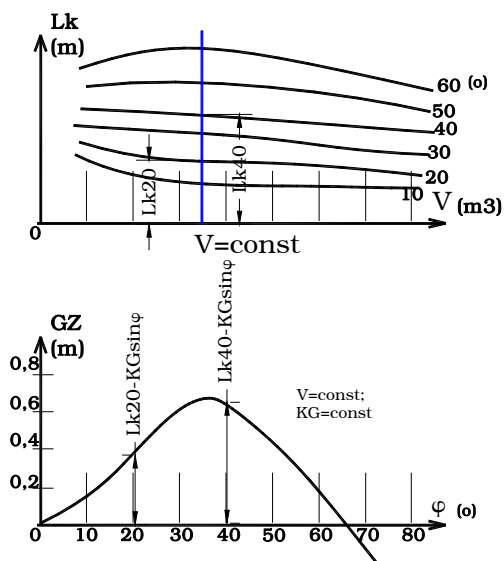
#### DỰNG ĐỒ THỊ ỔN ĐỊNH TRÊN CƠ SỞ PANTOKAREN

Đồ thị ổn định được dựng dưới dạng đường  $GZ = f(\varphi)$ . Momen ổn định dựng dưới dạng momen phục hồi bằng tích số của  $GZ(\varphi)$  với lượng chiếm nước  $\Delta = \text{const}$ .

$$\overline{GZ} = L_K - \overline{KG} \sin \varphi \quad ()$$

Ứng với mỗi trường hợp  $V = \Delta/\gamma = \text{const}$ , từ đồ thị pantokaren dễ dàng đo được  $L_k$ , tính theo góc nghiêng, ví dụ  $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \dots$

Thay giá trị  $L_k$  vừa đo được vào biểu thức cuối cùng sẽ xác lập được dãy giá trị  $GZ_\varphi$ , tính cho  $\varphi = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \dots$



Hình 2.27 Xây dựng đồ thị ổn định tĩnh

Những ví dụ tiếp theo trích từ các bảng tính ổn định tàu một thân theo cách đã chỉ dẫn.

1. Kích thước chính của tàu.

Loa	110m
B	30, 50m
D	7, 90m
d	3, 74m

2. Đồ thị ổn định tĩnh  $GZ$  (m), và đồ thị ổn định động  $L_d$  (m.rad).

TRANSIT 1

DISPLACEMENT = 10441.00 m3      VIRTUAL CG (KG\*) = 7.24 m

Deg	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Lk	4.49	7.65	8.53	8.59	8.24	7.56	6.61	5.45	4.12
GZ	3.24	5.17	4.91	3.94	2.69	1.29	-0.20	-1.68	-3.12
Ld	0.28	1.05	1.93	2.73	3.30	3.66	3.75	3.59	3.17

Kết quả tính được trình bày dưới dạng bảng và đồ thị. Một vài kết quả tính áp dụng cho mô hình tàu hai thân, mỗi thân có dạng khối hộp dài 1m, rộng 1m, cao 1m, hai mạn trong cách nhau 2m giới thiệu tiếp theo. Kết quả tính trích từ bảng tính theo chương trình “Multi-hull Cross Curves” bằng ngôn ngữ C/C++. Trên cùng bảng tính, góc nước tràn vào tàu hoặc góc mép boong chấm nước được đánh dấu riêng. Tại bảng sau, góc nước tràn ghi tại dòng cuối cùng.

WL	Z	VOL	Displ	Trim
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.25	0.50	0.52	0.34
2.00	0.50	1.00	1.03	0.34
3.00	0.75	1.50	1.55	0.34

WL	KB	XB	BMT	BML
1.00	0.13	-0.00	1.33	0.67
2.00	0.25	-0.00	0.67	0.33
3.00	0.38	-0.00	0.44	0.22

WL	CW	CM	CB	CP
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3.000	1.000	1.000	1.000	1.000

C R O S S C U R V E S

	Phi 10.00		20.00		30.00	
	volume	lever	volume	lever	volume	lever
	(m3)	(m)	(m3)	(m)	(m3)	(m)
	1.77	0.28	1.72	0.40	1.67	0.50
	1.65	0.40	1.55	0.58	1.43	0.76
	1.52	0.54	1.37	0.81	1.20	1.12
	1.33	0.67	1.19	1.13	1.05	1.42
	1.09	0.80	1.05	1.44	1.00	1.55
	0.85	1.01	0.92	1.59	1.00	1.55
	0.61	1.37	0.76	1.58	0.92	1.56
	0.44	1.55	0.58	1.56	0.74	1.55
	0.32	1.55	0.41	1.55	0.51	1.52
	0.20	1.57	0.17	2.00	0.23	1.69
vao nuoc	1.36	0.66	0.88	1.59	0.82	1.56

	Phi 40.00		50.00		60.00	
	volume	lever	volume	lever	volume	lever
	(m3)	(m)	(m3)	(m)	(m3)	(m)
	1.60	0.60	1.51	0.70	1.43	0.74
	1.30	0.94	1.20	1.02	1.13	1.00
	1.10	1.27	1.03	1.28	1.00	1.18
	1.00	1.46	1.00	1.35	1.00	1.18
	1.00	1.47	1.00	1.35	1.00	1.18
	1.00	1.47	1.00	1.35	1.00	1.18
	0.98	1.47	1.00	1.35	1.00	1.18
	0.86	1.47	0.93	1.34	0.98	1.18
	0.63	1.46	0.73	1.35	0.80	1.18
	0.30	1.52	0.38	1.38	0.48	1.22
vao nuoc	0.73	1.47	0.60	1.37	0.48	1.22

Để tiện so sánh với tay đòn hình dáng tàu một thân cùng kích cỡ, dưới đây trình bày tiếp bảng tính cross curves khối hộp dài 1m, rộng 2 m cao 1m. Ví dụ đang đề cập tương đương mô hình tàu “hai thân” song khoảng cách giữa hai thân bằng 0.

	Phi 10.00		20.00		30.00	
	volume	lever	volume	lever	volume	lever
	(m3)	(m)	(m3)	(m)	(m3)	(m)
	1.819	0.130	1.856	0.212	1.858	0.287

	1.651	0.143	1.725	0.240	1.731	0.317
	1.460	0.144	1.552	0.270	1.560	0.357
	1.263	0.147	1.337	0.295	1.351	0.407
	1.072	0.157	1.092	0.316	1.098	0.476
	0.878	0.171	0.845	0.360	0.832	0.540
	0.685	0.202	0.603	0.446	0.591	0.591
	0.492	0.260	0.399	0.538	0.391	0.642
	0.299	0.400	0.237	0.631	0.232	0.694
	0.148	0.577	0.117	0.723	0.114	0.745
vao nuoc	1.681	0.143	1.344	0.294	0.966	0.511

	Phi 40.00		50.00		60.00	
	volume	lever	volume	lever	volume	lever
	(m3)	(m)	(m3)	(m)	(m3)	(m)
	1.850	0.354	1.831	0.411	1.798	0.459
	1.713	0.385	1.678	0.445	1.621	0.498
	1.533	0.432	1.481	0.501	1.437	0.540
	1.313	0.502	1.278	0.558	1.252	0.581
	1.084	0.571	1.075	0.613	1.068	0.620
	0.856	0.632	0.872	0.663	0.884	0.657
	0.628	0.673	0.669	0.703	0.699	0.689
	0.416	0.691	0.466	0.721	0.515	0.710
	0.247	0.708	0.277	0.704	0.331	0.703
	0.122	0.726	0.137	0.686	0.164	0.645
vao nuoc	0.696	0.664	0.520	0.719	0.389	0.711