

# CẢI TIẾN SỨC CẢN TÀU HAI THÂN BUÝT SÔNG BẰNG MŨI PHỤ DẠNG CENTERBULB

## MODIFICATION OF RIVER BUS CATAMARAN TO REDUCE TOTAL RESISTANCE BY CENTERBULB

Lê Văn Toàn, Đoàn Trung Việt

Trường Đại học Giao thông Vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

**Tóm tắt:** Sức cản tàu bao gồm nhiều thành phần, có thể phát biểu rằng sức cản tổng khi tàu chuyển động đều trong nước yên lặng gồm các thành phần chính sau: Sức cản ma sát  $R_F$ , sức cản dư  $R_R$ . Trong sức cản dư  $R_R$  thành phần sức cản áp suất  $R_P$  đóng vai trò chủ đạo và biểu hiện thông qua phần năng lượng thiệt hại do tạo sóng, ký hiệu sức cản tạo sóng  $R_W$ . Ở các giá trị số Froude lớn, sức cản tạo sóng  $R_W$  chiếm đến trên 70% giá trị sức cản tổng  $R_T$  và là hàm bậc cao của vận tốc tàu ( $n > 3$ ,  $n$  – bậc của hàm sức cản), trong khi đó  $R_F$  xấp xỉ hàm bậc 1 của vận tốc tàu. Do vậy đặc tính sức cản tổng  $R_T$  của tàu được quyết định bởi đặc tính thành phần sức cản  $R_W$ . Trong nghiên cứu này nhóm tác giả trình bày các kết quả đạt được về việc giảm sức cản tạo sóng  $R_W$  của tàu hai thân (catamaran) bằng cách lắp thêm mũi phụ dạng Centerbulb. Ý tưởng xuất phát từ lý thuyết sóng tàu tạo ra là dạng dao động có pha, chu kỳ biết được nhờ vào quan sát profin sóng của tàu nguyên mẫu tại những số Froude bất lợi. Sau đó tính toán mô phỏng sóng của Centerbulb độc lập để đánh giá khả năng giao thoa triệt tiêu một phần sóng toàn tàu và chuyển được profin sóng toàn tàu về dạng có chiều dài sóng lớn, chiều cao sóng nhỏ như công bố của Newman và Bateman [1], [2], [3].

**Từ khóa:** CFD, Centerbulb, phương pháp Lattice Boltzmann, sức cản tàu hai thân.

**Mã phân loại:** 10.1

**Abstract:** Ship resistance consists of many components, it can be approximated that the total resistance when the ship is moving uniformly in still water consists of the following main components: frictional resistance  $R_F$ , residual resistance  $R_R$ . In the residual resistance  $R_R$ , the component of pressure resistance  $R_P$  occupies a large proportion and is expressed through the energy loss due to wave generation, symbolizing wave generating resistance is  $R_W$ . At large Froude numbers, the wave generating resistance  $R_W$  accounts for more than 70% of the total resistance value of  $R_T$  and is a high-order function of the ship's speed ( $n > 3$ ,  $n$  - order of the resistance function), whereas  $R_F$  is approximately the first-order function of ship speed. Such reasoning proves that the total resistance characteristic  $R_T$  of a ship is determined by the component characteristic of resistance  $R_W$ . In this study, we present the results obtained on reducing the  $R_W$  wave generating resistance of a catamaran by adding a Centerbulb-shaped auxiliary bow. The idea that comes from the theory of ship waves is that of a phased oscillation, the period of which is known from observing the wave profile of the prototype ship at some unfavorable Froude number. Then calculate the independent Centerbulb wave simulation to consider the possibility of partial destructive interference of the whole ship wave and convert the whole ship wave profile to the form of large wavelength and small wave height as announced by Newman and Newman [1], [2].

**Keywords:** CFD, Centerbulb, Lattice Boltzmann methods, catamaran resistance.

**Classification code:** 10.1

### 1. Giới thiệu

Theo báo Sài Gòn Giải Phóng [4], “Tính đến tháng 4-2018, địa bàn Thành phố có 401 cảng, bến thủy nội địa đang hoạt động với nhiều chức năng khác nhau. Chẳng hạn, cảng hàng hóa có 04 cảng, 41 bến hàng hóa, 74 bến hành khách, 15 bến neo đậu, 221 bến vật liệu xây dựng, 31 bến khách ngang sông. Theo quy hoạch, từ nay đến năm 2025 hệ thống cảng, bến đường thủy nội địa trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh được định hướng phát triển

mạnh, cả về vận tải hàng hóa lẫn vận tải hành khách, xem đây như một phương cách phát huy lợi thế sông nước, cũng như để san sẻ gánh nặng giao thông trên đường bộ. Các tuyến đường thủy nội địa trên địa bàn Thành phố cùng với các tuyến đường thủy nội địa trung ương, tuyến hàng hải và hàng trăm cảng biển, cảng sông lớn, nhỏ đã và đang tạo thành mạng lưới vận tải đường thủy kết nối vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, liên kết giao thương vận tải và kinh tế quốc tế. Chính vì thế,

việc quản lý, khai thác, vận hành và phát triển tốt mạng lưới đường thủy nội địa là vấn đề cấp bách, bởi sẽ góp phần không nhỏ vào sự phát triển kinh tế - xã hội của Thành phố Hồ Chí Minh”. Tuy nhiên, sông ngòi khu vực phía Nam có đặc điểm: Chiều sâu của luồng nông (khi thủy triều rút), bán kính cong các đoạn cua không lớn, kết nối rộng khắp các vùng địa phương với nhau và với Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) nên tàu hai thân được xem là phương tiện hợp lý cho việc vận tải hành khách nhờ có tỉ lệ L/B nhỏ, B/d lớn hơn các tàu một thân. Theo thống kê tính đến thời điểm hiện tại của nhóm, ở khu vực phía Nam có khoảng 25 tàu khách hai thân thuộc 11 đơn vị khác nhau, với năm đóng từ năm 2001 đến năm 2018.

Dù vậy, thực tế đặt ra là các tàu hai thân (catamaran) nêu trên khi chạy tạo sóng mạnh, đặc biệt sóng ngang, gây ảnh hưởng xấu đến bờ sông cũng như các tàu nhỏ khác khi chạy trong luồng. Cụ thể là: Tàu tạo ra sóng lớn, làm xói lở bờ sông; sóng lớn kéo theo các dao động cường bức tác dụng lên các tàu khác đang trong cùng vùng hoạt động gần, làm mất an toàn. Chẳng những vậy, sức cản sóng chiếm tỉ trọng lớn trong sức cản toàn bộ đối với các tàu chạy ở số  $Fn$  lớn, nên việc khắc phục giảm sức cản sóng cho tàu sẽ giúp tàu cải thiện được tốc độ, giảm thời gian chạy tàu, giảm công suất máy và tiết kiệm nhiên liệu, chi phí khai thác chạy tàu. Một minh chứng mang tính thời sự là gần đây, báo Quân đội nhân dân có phóng sự điều tra, số ra ngày 9-8-2020 với tiêu đề: “Tàu cao tốc là một trong những nguyên nhân gây sạt lở bờ sông”.



**Hình 1.** Hình ảnh tàu hai thân chạy tạo sóng lớn trên sông.

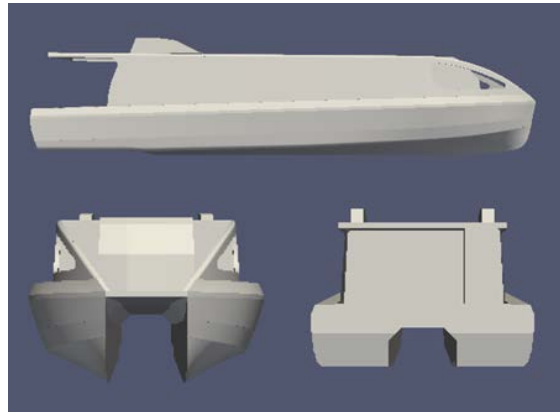
**Nguồn.** <https://vtv.vn/trong-nuoc/tuyen-bus-song-gop-phan-giam-ket-xe-tao-da-phat-trien-du-lich-tphcm-20171130000758017.htm>



**Hình 2.** Hình ảnh sạt lở do sóng của tàu cao tốc đánh lấn sâu vào bờ khoảng 20m.

**Nguồn.** <http://cand.com.vn/dieu-tra-theo-don-ban-doc/Noi-am-anh-hai-ben-bo-song-Hau-khi-tau-cao-toc-chay-qua-608360/>

Chính vì vậy, nhóm nghiên cứu biện pháp giảm sức cản tạo sóng cho tàu hai thân với mẫu tàu lựa chọn là tàu buýt sông.



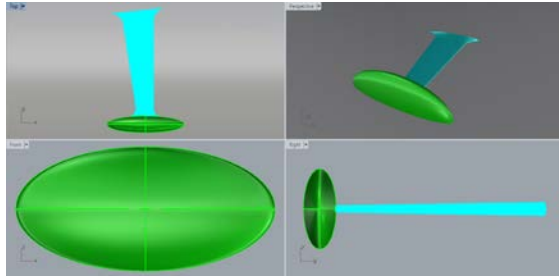
**Hình 3.** Hình học model tàu buýt sông.

**Bảng 1.** Thông số tàu buýt sông.

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Chiều dài toàn bộ, $L_{OA}$	m	18.00
Chiều dài vuông góc, $L_{PP}$	m	17.40
Chiều rộng lớn nhất, $B_{max}$	m	5.50
Chiều rộng tàu, $B$	m	5.16
Chiều cao mạn, $D$	m	1.96
Mớn nước, $d$	m	0.80
Lượng chiếm nước, $Weight$	T	30.91

## 2. Mô hình mũi phụ Centerbulb

Trong nghiên cứu này, nhóm dùng mũi phụ dạng 3D elip – soid mang tên Centerbulb theo đề xuất của Danişman năm 2014, phụ thuộc thông số kích thước tàu [5].



Hình 4. Hình học model Centerbulb.

Hình học Centerbulb được biểu diễn bởi phương trình toán học có dạng:

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b} + \frac{z^2}{c} = 1 \quad (1)$$

Các giá trị  $a, b, c$  theo bảng 3, vị trí đặt Centerbulb cho trong bảng 2. Cấu trúc Centerbulb được lắp ghép vào tàu catamaran buýt sông như hình 5.

Bảng 2. Toạ độ vị trí Centerbulb.

x, m	y, m	z, m
7.83	0.00	0.45

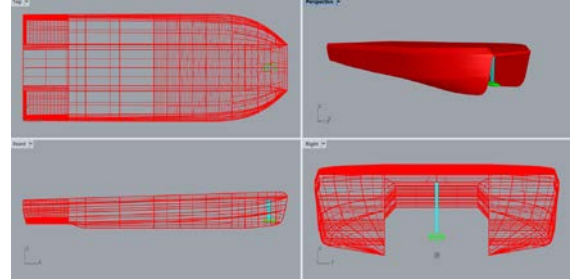
Bảng 3. Thông số hình học Centerbulb.

Kí hiệu	Danisman	Buýt sông
	(m)	(m)
L	25.25	17.4
B	2.60	1.78

Bảng 4. Kết quả tính sức cản tàu buýt sông nguyên mẫu chưa lắp Centerbulb.

STT	Đại lượng tính	Đơn vị	Giá trị tính							Ghi chú
			2.491	3.671	4.851	6.162	7.342	8.522	9.178	
1	$v$ ,	m/s	2.491	3.671	4.851	6.162	7.342	8.522	9.178	-
2	V	km/h	9.0	13.2	17.5	22.2	26.4	30.7	33.0	-
3	$F_n$	-	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.65	0.70	-
4	$R_{W-CFD}$	N	1737.6	2211.2	2578.6	4496.1	7882.4	18469.1	28686.7	CFD
5	$R_{V-CFD}$	N	646.4	1324.8	2221.4	3463.9	4797.6	6330.9	7313.3	CFD
6	$R_{T-CFD}$	N	2384.0	3536.0	4800.0	7960.0	12680.0	24800.0	36000.0	CFD
7	$R_{GT}$	N	2433	3586	4738	8617	12485	20436	28164	Kinh nghiệm
8	Sai số	%	-2.1	-1.4	1.3	-8.3	1.5	17.6	21.8	-

Kí hiệu	Danisman	Buýt sông
	(m)	(m)
d	1.40	0.80
a	1.41	0.97
b	0.62	0.42
c	0.34	0.19



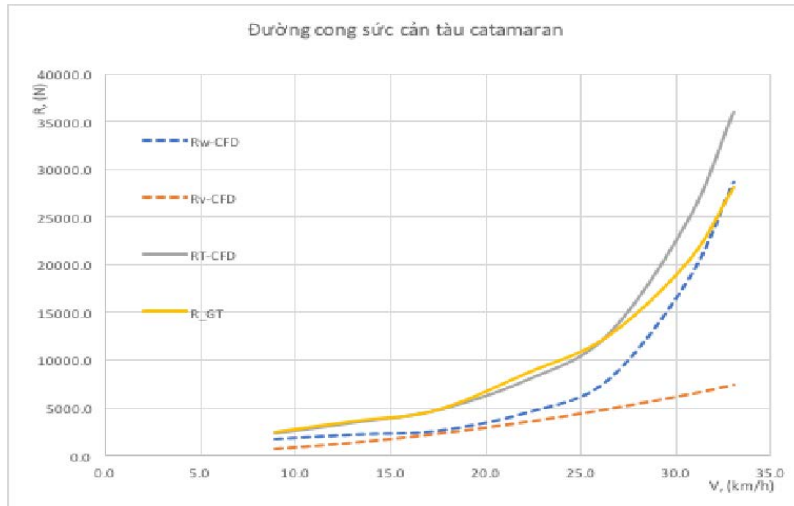
Hình 5. Bố trí Centerbulb trên tàu buýt sông.

### 3. Kết quả tính toán

#### 3.1. Tàu nguyên mẫu chưa lắp

##### Centerbulb

Việc tính toán sức cản tàu được tính bởi phương pháp giải tích và phương pháp mô phỏng số CFD tại các giá trị Froude lần lượt là: 0.19, 0.28, 0.37, 0.47, 0.56, 0.65, 0.70. Kết quả tính toán sức cản trình bày tại bảng 4. Đường cong đặc tính sức cản tàu biểu diễn như hình 6.

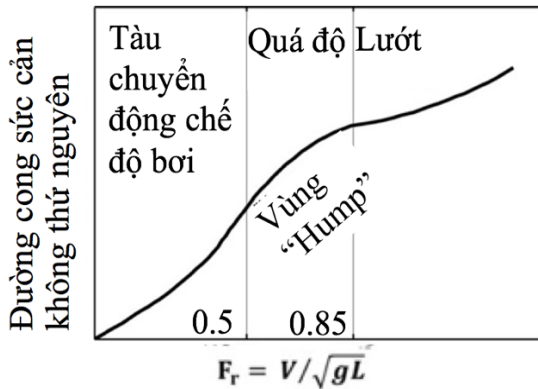


Hình 6. Đường cong sức cản tàu buýt sông nguyên mẫu chưa lắp Centerbulb.

**Nhận xét:**

- Sức cản ma sát  $R_F$  chiếm tỉ trọng nhỏ trong sức cản tổng toàn tàu  $R_T$ ;
- Sức cản ma sát  $R_F$  có dạng tuyến tính;
- Giá trị sức cản tạo sóng tăng mạnh khi tàu chạy với số  $Fn$  lớn hơn 0.56;
- Quy luật đường cong sức cản tổng  $R_T$  chịu chi phối bởi sức cản tạo sóng  $R_w$ .

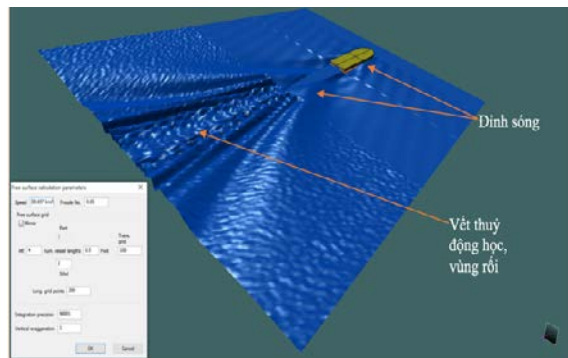
Tàu hai thân buýt sông được thiết kế chạy với số  $Fn = 0.65$  tương đương 30.7 km/h và theo lý thuyết, tàu đang chuyển động ở chế độ quá độ mà tại đó sức cản tạo sóng  $R_w$  lớn.



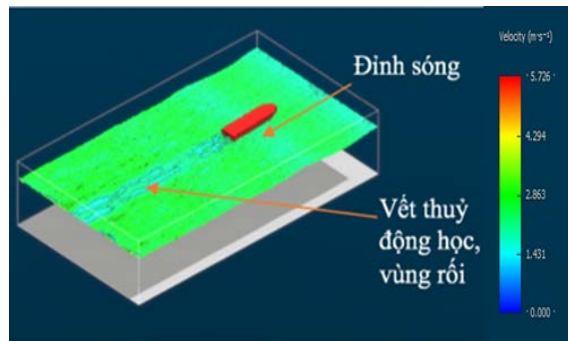
Hình 7. Các chế độ chuyển động của tàu theo số Froude [6].

**Phân tích trường nước bao quanh tàu**

Trước tiên phân tích trường nước bao quanh vỏ tàu tại chế độ tàu chuyển động quá độ ( $V = 30.7 \text{ km/h}$ ,  $Fn = 0.65$ ) với đặc tính sức cản tăng mạnh thông qua một số hình ảnh mặt thoáng cũng như các hình cắt như sau:



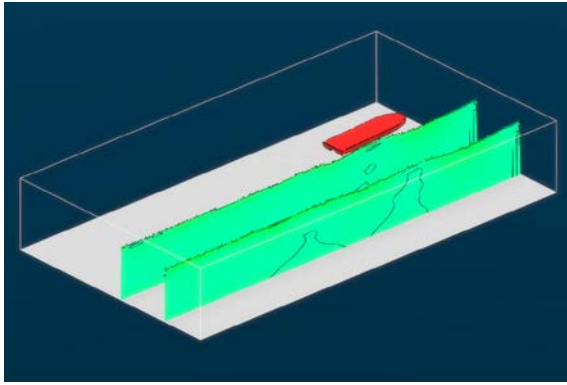
Hình 8. Mặt sóng nước tàu tạo ra tại  $Fn = 0.65$  tính theo BEM.



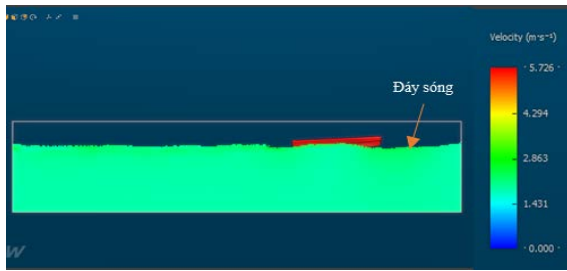
Hình 9. Mặt sóng nước tàu tạo ra tại  $Fn = 0.65$  tính theo VOF.

Bằng so sánh hình ảnh thấy rằng sóng nước do tàu chuyển động tạo ra ở hai hình 8 và hình 9 trùng khớp nhau; đặc biệt ở hình 8 cho thấy hình ảnh sóng ngang với góc quạt sóng lớn.

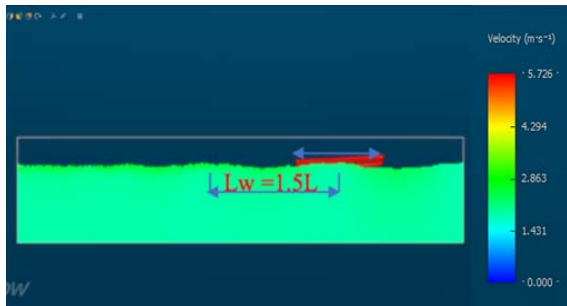
Để phân tích rõ hơn, dùng hai mặt cắt song song với mặt phẳng dọc tâm tàu để cắt trường nước bao quanh tại vị trí cách dọc tâm của model lần lượt là 0.15 m và 0.75 m như hình 10, 11, 12.



Hình 10. Vị trí các mặt cắt ứng với  $Fn = 0.65$ .



Hình 11. Mặt cắt cách dọc tâm 0.15m ứng với  $Fn = 0.65$ .



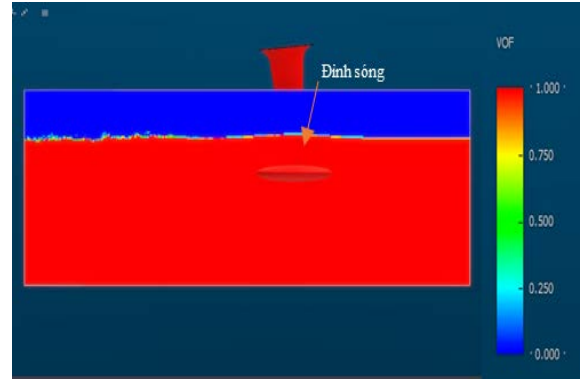
Hình 12. Mặt cắt cách dọc tâm 0.75m ứng với  $Fn = 0.65$ .

Như hình 12 ta thấy chiều dài sóng  $L_w$  xấp xỉ  $1.5L$  ( $L_w$ : Chiều dài sóng;  $L$ : Chiều dài tàu), theo lý thuyết sóng thì đây là trường hợp xấu nhất đối với tàu, vận tốc tàu trong trường hợp này theo thuật ngữ chuyên ngành gọi là “hump speed” và tàu tạo sóng lớn [2].

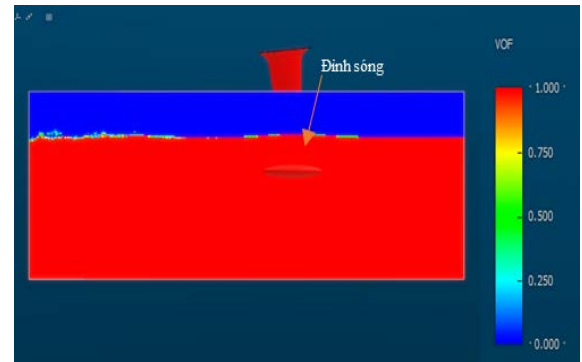
Để khắc phục hiện tượng tạo sóng lớn, nhóm dùng mũi phụ Centerbulb như hình 4 tạo ra hệ sóng phụ giao thoa triệt tiêu sóng tàu và giảm sức cản tạo sóng. Các kết quả tính toán cho sóng tạo ra bởi Centerbulb trình bày trong mục 3.2.

### 3.2. Tính toán mô phỏng Centerbulb

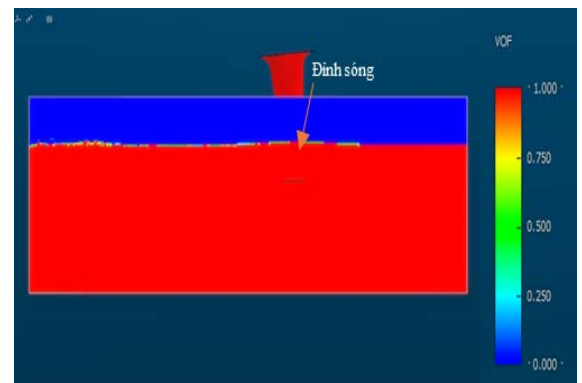
Dùng 3 mặt cắt cách mặt phẳng dọc tâm Centerbulb lần lượt 0.1 m, 0.15 m, 0.2 m để ghi nhận hình ảnh sóng tạo ra bởi Centerbulb chuyển động trong nước với  $Fn = 0.65$ , ta nhận được các hình như sau:



(a) 0.10m



(b) 0.15m

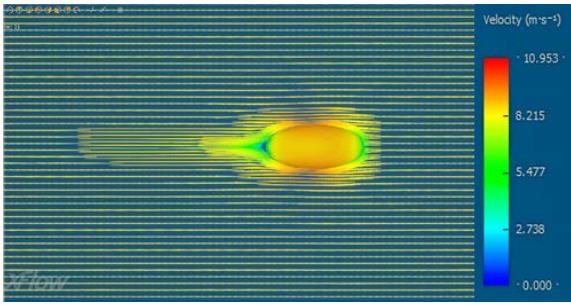


(c) 0.20m

Hình 13. Mặt cắt cách dọc tâm mũi phụ Centerbulb lần lượt 0.10m, 0.15m, 0.20m ứng với số  $Fn = 0.65$ .

Qua hình 13 thấy rằng, mũi phụ Centerbulb đã tạo ra sóng ngược pha với sóng tàu (hình 11). Cụ thể tại vị trí sẽ lắp Centerbulb trên tàu (tàu nguyên mẫu chưa lắp Centerbulb) là đáy sóng; trong mô phỏng độc lập, vị trí liền trên của Centerbulb là đỉnh sóng. Vậy nên nếu lắp Centerbulb vào vị trí mà mũi tàu đang nhận đáy sóng hợp lý thì sẽ triệt tiêu được một phần sóng toàn tàu.

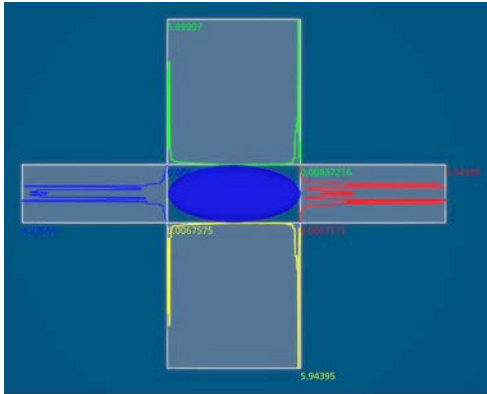
Để đánh giá thêm mức độ ảnh hưởng của Centerbulb đối với hai mặt trong của thân tàu catamaran buýt sông, tiến hành khảo sát trường vật lý nước bao quanh Centerbulb trong mặt phẳng đường nước như hình sau:



Hình 14. Trường vận tốc dòng bao quanh Centerbulb tại số  $Fn = 0.65$ .

Hình 14 chỉ ra trường dòng bị điều chỉnh cục bộ tại vùng gần Centerbulb, không ảnh hưởng đến vùng ngoài đủ xa để gây rối dòng tại biên vỏ tàu mặt trong của tàu buýt sông.

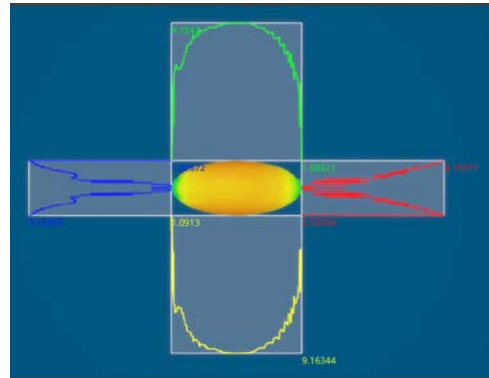
Rối, đại diện là cường độ rối  $I$  chỉ tập trung ở hai đầu mút của Centerbulb như hình 15. Suốt chiều dài mũi phụ, trường dòng không tách biên và xấp xỉ chảy tầng.



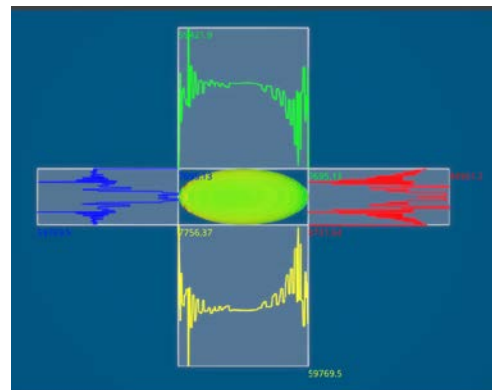
Hình 15. Phân bố cường độ rối  $I$ .

Có thể kết luận rằng, trường dòng vượt qua mũi phụ chỉ tạo sóng ngược pha với sóng tàu, không gây rối. Các phân bố trường áp suất và trường vận tốc dòng trình bày như hình 15, 16 biểu diễn sự thay đổi vận tốc, áp suất dòng lớn vùng giữa

chiều dài mũi phụ nhưng không đột biến, ngoại trừ vùng nhỏ tại hai đầu mút. Đây chính là điều kiện thuận lợi tạo nên sóng dừng.



Hình 16. Phân bố vận tốc.



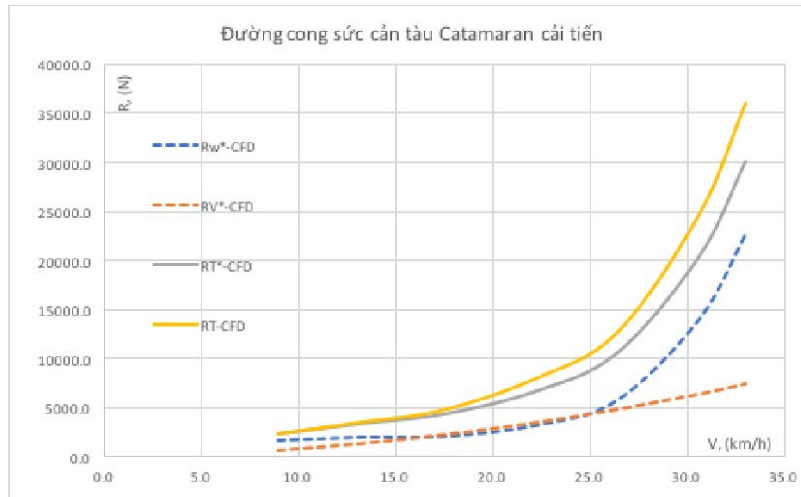
Hình 17. Phân bố áp suất.

### 3.3. Tàu cải tiến đã lắp Centerbulb

Sau khi tính toán mô phỏng Centerbulb đạt điều kiện tạo sóng ngược pha với sóng tàu, nhóm tiến hành lắp mũi phụ vào tàu tại vị trí có thông số như bảng 2 và có bố trí tổng thể như hình 5 và tính toán. Kết quả tính toán sức cản tàu có mũi phụ Centerbulb nhận được như bảng 5 và hình 17.

Bảng 5. Kết quả tính sức cản CFD tàu cải tiến và so sánh với tàu ban đầu.

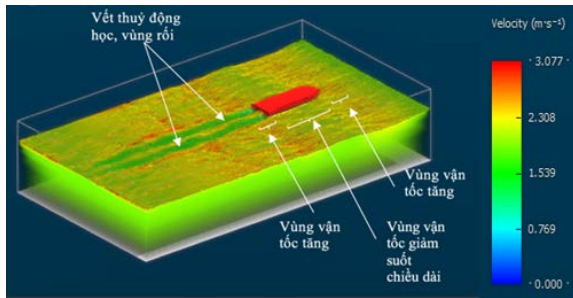
STT	Đại lượng tính	Đơn vị	Giá trị tính							Ghi chú
			2.491	3.671	4.851	6.162	7.342	8.522	9.178	
1	v	m/s	2.491	3.671	4.851	6.162	7.342	8.522	9.178	-
2	V	km/h	9.0	13.2	17.5	22.2	26.4	30.7	33.0	-
3	$Fn$	-	0.190	0.280	0.370	0.470	0.560	0.650	0.700	-
4	$R_{W^*,CFD}$	N	1682.0	2018.8	2101.6	3192.2	5754.1	14091.9	22662.5	CFD
5	$R_{V^*,CFD}$	N	650.9	1340.7	2228.9	3429.2	4802.4	6362.6	7364.5	CFD
6	$R_{T^*,CFD}$	N	2332.9	3359.5	4330.5	6621.5	10556.6	20454.5	30027.0	CFD
7	$R_{T,CFD}$	N	2384.0	3536.0	4800.0	7960.0	12680.0	24800.0	36000.0	CFD
8	Sai số	%	-2.2	-5.3	-10.8	-20.2	-20.1	-21.2	-19.9	-



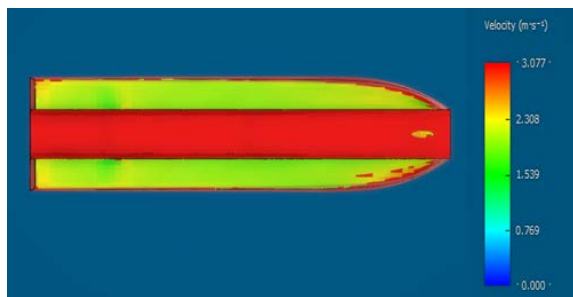
Hình 17. Đường cong sức cản tàu cải tiến tính theo CFD và ban đầu.

**Trường thủy động học nước bao quanh tàu cải tiến tại  $Fn = 0.65$**

Trong nội dung này nhóm trình bày trường thủy động học nước bao quanh tàu tại hai số Fround 0.65 và 0.37, vì đây là hai giá trị vận tốc đặc biệt ảnh hưởng đến tính chất đường cong sức cản ở hai chế độ chuyển động của tàu.



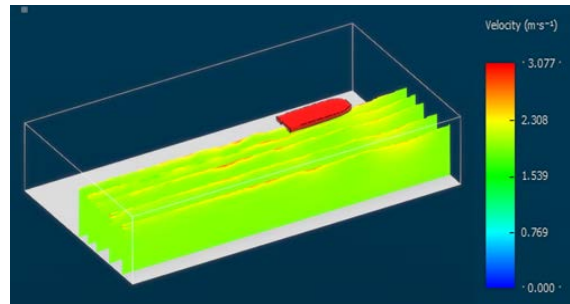
Hình 18. Trường vận tốc nước bao quanh tàu cải tiến tại  $Fn = 0.65$ .



Hình 19. Trường vận tốc tại trên bề mặt vỏ tàu, vùng đáy tàu tại  $Fn = 0.65$ .

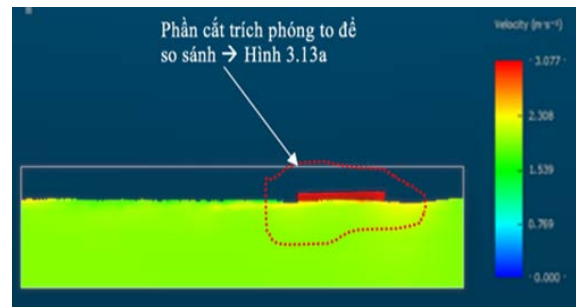
Qua hình 18 và 19 thấy rằng trường vận tốc cả quanh tàu và trên bề mặt vỏ tàu phân bố tương đối đều nhau; gần hết vùng chiều dài tàu trường vận tốc có giảm nhưng không đột ngột và ít biến động; vết thủy động học giảm kích thước so với tàu trước cải tiến (hình 9).

Để quan sát rõ hơn đặc tính thay đổi trường vận tốc tại các vùng nghi vấn, có thể cắt miền tính toán tại một số vị trí như hình 20.



Hình 20. Các vị trí mặt cắt miền không gian tính toán.

Nhằm xem xét rõ hơn hình ảnh profin sóng nước tạo ra khi tàu chạy tại  $Fn = 0.65$ , nhóm tiến hành xét mặt cắt tại vị trí cách dọc tâm 0.17 m như hình 21.



Hình 21. Vị trí mặt cắt miền không gian tính toán tại  $z = 0.17m$ .



Hình 22. So sánh hình ảnh sóng tàu mô phỏng (a-phóng to) với sóng lý thuyết (b).

Như kết quả thu được từ hình 21 và 22 thấy rằng sóng nước do tàu chuyển động tạo ra có chiều dài  $L_w$  lớn hơn nhiều so với chiều dài tàu  $L$ . Điều này cho phép tàu chuyển động sang chế độ “planing” có lợi về mặt sức cản và các sóng tạo ra có chiều cao nhỏ nên cũng ít tác động tiêu cực đến hệ thống bờ sông như gây xói lở hoặc hỏng hóc các bên nổi.

#### Nhận xét:

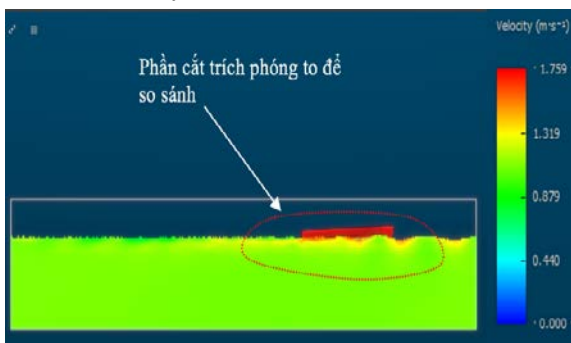
- Qua hình ảnh trường vận tốc thấy rằng sóng tàu tạo ra đã giảm so với tàu trước cải tiến nhờ vào sự giao thoa có lợi của Centerbulb được lắp thêm vào tàu;

- Vết thủy động học theo sau tàu có thu hẹp và giảm rồi giúp tàu giảm năng lượng tạo xoáy và đóng góp vào việc giảm sức cản tổng cho tàu;

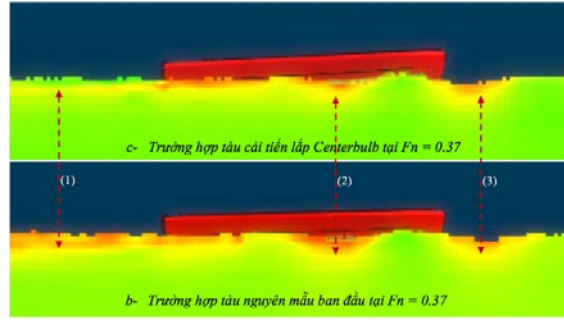
- Đặc biệt ở hình 22 cho thấy mũi phụ Centerbulb đã cải thiện được hình ảnh sóng tàu tạo ra theo hướng giảm sức cản rõ rệt dựa trên đối chiếu so sánh với kết quả nghiên cứu lý thuyết sóng. Ở đây chiều dài sóng tăng lên nhiều và chiều cao sóng giảm mạnh dẫn đến giảm năng lượng tạo sóng và quan trọng hơn là giảm ảnh hưởng của sóng tàu tạo ra đối với xói lở bờ bao sông cũng như ảnh hưởng xấu đến lưu thông các phương tiện gần kề.

- Dòng trên bề mặt đáy tàu (LIC - Line Integral Convolution) chuyển động trơn đều.

#### Trường thủy động học nước bao quanh tàu cải tiến tại $Fn = 0.37$

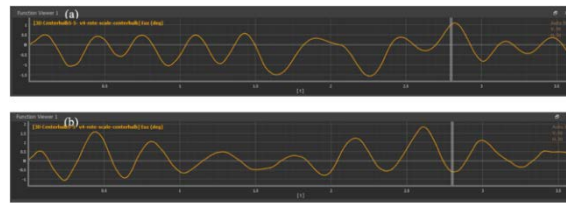


Hình 23. Hình ảnh sóng tàu tạo ra khi chuyển động với  $Fn = 0.37$ .



a- Hình ảnh sóng theo lý thuyết giảm sức cản tạo sóng

Hình 24. So sánh hình ảnh sóng nước tàu tạo ra khi chuyển động tại số  $Fn = 0.37$  ở trường hợp trước và sau khi lắp Centerbulb với sóng lý thuyết  $L_w = 1/2L$ .



Hình 25. Góc lác dọc tàu sau cải tiến (a):  $Fn = 0.37$  và (b):  $Fn = 0.65$ .

#### Nhận xét:

- Ở vận tốc tàu tại  $Fn = 0.37$ , hình ảnh sóng tạo ra có lợi cho sức cản sóng nói riêng và sức cản tổng của tàu. Cụ thể, chiều dài sóng  $L_w$  xấp xỉ  $1/2 L$  tàu và theo lý thuyết, hệ thống sóng mũi lệch pha theo hướng ngược với hệ thống sóng lái nên giao thoa nhau làm giảm sóng tổng hợp toàn tàu dẫn đến sức cản tạo sóng của tàu  $R_w$  giảm;

- Xét hình 24 a,b thấy rằng trường vận tốc nước sau tàu (1) của tàu cải tiến thấp hơn, đều hơn so với tàu nguyên mẫu trước cải tiến; mức tăng vận tốc dòng cục bộ tại các vị trí (2), (3) của tàu cải tiến thấp hơn tàu nguyên mẫu trước cải tiến, qua đó sóng tàu cải tiến tạo ra có chiều cao nhỏ hơn so với sóng tàu nguyên mẫu tạo ra. Điều này cho thấy Centerbulb phát huy tác dụng làm giảm sóng tàu;

- Ở số  $Fn = 0.37$ , mũi phụ Centerbulb vẫn giúp tàu cải tiến tạo được hệ sóng có hình ảnh không khác với hệ sóng tàu nguyên mẫu tạo ra nhưng giảm cường độ (chiều cao sóng).

#### 4. Kết luận

Sức cản của tàu cải tiến có lắp mũi phụ Centerbulb giảm từ - 2.2% đến - 21.2 % so với sức cản tàu nguyên mẫu trước cải tiến. Sóng

tàu cải tiến tạo ra nhỏ hơn sóng tàu trước cải tiến nên giảm được ảnh hưởng xói lở bờ sông.

Ở dải vận tốc nhỏ hơn 25 km/h, sức cản tạo sóng của tàu cải tiến xấp xỉ sức cản ma sát, đặc biệt có những giá trị vận tốc mà tại đó  $R_W < R_F$ . Tàu sau cải tiến chạy êm, ít lắc dọc hơn.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Bateman (2019), *Resistance and Powering of Ships*, Available: [https://www.usna.edu/NAOE/\\_files/documents/Courses/EN400/02.07 Chapter 7.pdf](https://www.usna.edu/NAOE/_files/documents/Courses/EN400/02.07%20Chapter%207.pdf), Ngày truy cập: 15/06/2021;
- [2] Newman, J.N. (1977), *Marine hydrodynamics*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press
- [3] Samuel & Dong-Joon Kim, M.I., Adias Bahatmaka & Aditya Rio Prabowo (2018), *Modification of Traditional Catamaran to Reduce Total Resistance: Configuration of Centerbulb*. Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources – Guedes Soares & Teixeira (Eds);
- [4] Thiện Nhân (2018), *Phát triển ưu thế đường thủy nội địa*. Available: <https://www.sggp.org.vn/phat-trien-uu-the-duong-thuy-noi-dia-522835.html>, Ngày truy cập: 15/06/2021
- [5] Danişman, D.B. (2014), *Reduction of demi-hull wave interference resistance in fast displacement catamarans utilizing an optimized Centerbulb concept*, Ocean Engineering, 91, p. 227-234;
- [6] Reza Yousefi, R.S., Mostafa Shakeri. (2013), *Hydrodynamic analysis techniques for high-speed planing hulls*, Ocean Research, Vol 42, p. 105-113.

**Ngày nhận bài: 22/05/2021**

**Ngày chuyển phản biện: 26/05/2021**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 16/06/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 23/06/2021**