



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



## بررسی تأثیر ابعاد هندسی بر رفتار هیدرودینامیکی شناور دو بدنه (SWATH)

احمد حاجیوند\*، حسام الدین روانبخش

گروه مهندسی کشتی سازی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: [hajivand@kmsu.ac.ir](mailto:hajivand@kmsu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۳

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2018.121447.2132

### چکیده

توسعه گسترده طراحی و ساخت کشتی‌های چند بدنه در نیمه دوم قرن بیستم آغاز شد. امروزه، تعداد زیادی از این شناورها با طرح‌های مختلف ساخته می‌شود. با این وجود مطالعات عددی و آزمایشگاهی کمتری بر روی رفتار آنها در مقایسه با شناورهای تک بدنه انجام شده است. طول و فاصله دو بدنه از عوامل موثر بر الگوی موج ایجاد شده در اطراف و بین دو بدنه و در نتیجه مقاومت موجساز شناور هستند. در این پژوهش تأثیر پارامترهای هندسی شامل نسبت طول به قطر و فاصله دو بدنه بر عملکرد هیدرودینامیکی یک شناور با سطح آب‌خور کوچک با روش دینامیک سیالات محاسباتی مورد مطالعه قرار گرفته است. برای بررسی تأثیر طول به قطر بر ترکیب سیستم موج اطراف بدنه آزمایش کشش برای دو مدل با نسبت‌های مختلف در محدوده سرعتی گسترده مورد شبیه‌سازی قرار گرفته است. همچنین جهت ارزیابی اثر فاصله دو بدنه بر تداخل امواج بین دو بدنه نیز دو مدل به فاصله‌های مختلف در سرعت‌های گوناگون در محیط دینامیک سیالات محاسباتی شبیه‌سازی شده‌اند. شبیه‌سازی‌ها برای دو آب‌خور مختلف انجام شده است. تأثیر عدد فرود، نسبت طول به قطر و اندازه آب‌خور بر رفتار هیدرودینامیکی مدل نیز مورد بررسی قرار گرفته است. مقاومت فشاری، اصطکاک و تداخلی دو بدنه محاسبه و الگوی موج اطراف بدنه و بین دو بدنه استخراج و با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه شده است که نشان‌دهنده تطابق منطقی نتایج عددی و آزمایشگاهی است.

واژگان کلیدی: شبیه‌سازی عددی، شناور دو بدنه، مقاومت، الگوی موج.

#### Copyrights:

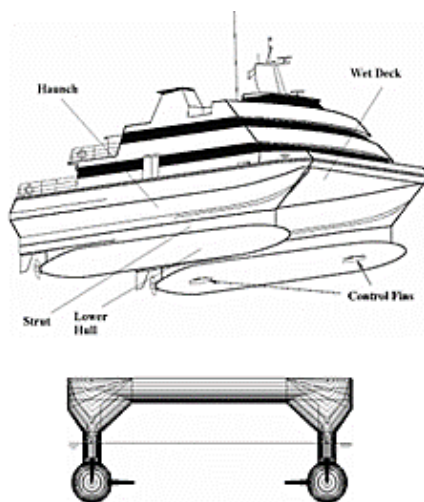
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



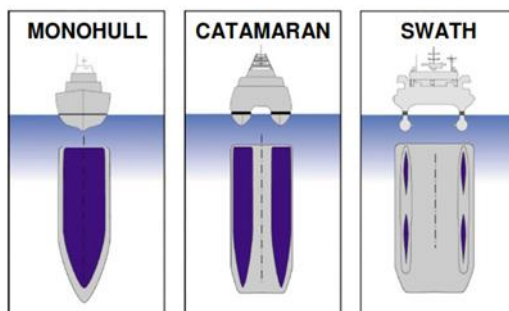
۱- مقدمه

اسلمینگ و خیسی عرشه به حداقل می‌رسد. بدنه‌های موشک توسط استرات‌های (Strut) یگانه یا دوگانه به عرشه متصل شده‌اند. سطح مقطع عرضی در خط آب مینیمم شده است و بنابراین نیروهای برگرداننده هیدرواستاتیکی در آب‌خور طراحی کاهش می‌یابد. در نتیجه حرکات القایی موج در صفحه عمودی برای این شناورها تقریباً یک چهارم این حرکات در شناور تک بدنه معادل است. به عبارت دیگر، اصلی‌ترین مزیت‌های ذاتی شناورهای چند بدنه در مقایسه با تک بدنه‌ها، مساحت سطح بیشتر عرشه در جابه‌جایی یکسان، پایداری عرضی بیشتر (که می‌تواند در صورت نیاز به اندازه پایداری طولی باشد) و دریامانی بهتر است. وسعت این مزایا متناسب با معماری و نسبت ابعاد شناور متغیر خواهد بود. در شکل ۲، سطح آب‌خور شناورهای گوناگون مقایسه شده است. چگونگی و میزان برتری یک شناور چند بدنه نسبت به یک شناور تک بدنه شامل، مقاومت موج‌سازی کمتر، سطح عرشه بزرگتر به ازای واحد جابجایی، پایداری عرضی بیشتر، دریامانی بهتر، به طراحی شناور بستگی دارد. برخلاف شناورهای تک بدنه مطالعات آزمایشگاهی و عددی محدودتری در زمینه شناورهای دو بدنه وجود دارد.

شناورهای چند بدنه با سطح آب‌خور کوچک که نوع با دو بدنه یکسان آن مشهور به شناور سواث (SWATH)، که معروف‌ترین نمونه از این دسته شناورها است، امروزه جایگاه ویژه‌ای در مهندسی کشتی‌سازی دارند. شناور سواث از عبارت شناور دو بدنه با سطح آب‌خور کوچک (Small Waterplane Area of Twin Hull): استخراج شده است و در دسته طراحی‌های نوین شناورهای دریایی قرار دارد. پیکربندی عمومی یک شناور سواث متشکل از یک بدنه کامل و دو بدنه نسبتاً مغروق است که توسط ستون‌ها و المان‌هایی عمودی به هم متصل شده‌اند. شمایی از این نوع شناور در شکل ۱ مشاهده می‌شود. ایده سواث برای طراحی شناوری است که بتواند در موج با کمترین کاهش سرعت حرکت کند و دچار اسلمینگ (Slamming) و خیسی عرشه نیز نشود. دیدگاه اصلی در این شناور استفاده از بدنه سیلندری ابرفویلی در تداخل سطح آب و هوا است و حجم اصلی بویانسی تولید شده دور از سطح آزاد و در قسمت موشک شکل تولید می‌شود. با اتصال یک بدنه بالایی روی سطح آب،



شکل ۱- شمای یک شناور مدرن سواث



شکل ۲- مقایسه سطح آب‌خور در شناورهای مختلف

بدون رزونانس) را با کاهش طول استرات به اندازه نصف طول بدنه زیر آب معرفی کرد. Qian et al. (2015) سوات با استرات‌های زاویه‌دار را با روش‌های آزمایشگاهی و عددی مورد بررسی قرار داد و نشان داد عملکرد دریامانی بدنه در این حالت بهبود می‌یابد. Begovic et al. (2015) آزمایش‌های متعددی روی عملکرد مقاومت و دریامانی شناور سوات انجام دادند. در این مقاله تأثیر پارامترهای هندسی شامل فاصله دو بدنه و نسبت طول به قطر بر مولفه‌های مقاومت و الگوی موج ایجاد شده در اطراف بدنه و بین دو بدنه با شبیه‌سازی عددی در محیط دینامیک سیالات محاسباتی مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲. مواد و روش‌ها

معادلات حاکم بر جریان سیال با روش متوسط زمانی ناوبر استوکس به روش حجم محدود از طریق رابطه‌های ۱ تا ۳ حل می‌شوند (Ubbink, 1997).

$$\nabla \cdot \mathbf{U} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho \mathbf{U}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U} \mathbf{U}) - \nabla \cdot (\mu_{eff} \nabla \mathbf{U}) =$$

$$-\nabla p^* - \mathbf{g} \cdot \mathbf{R} \nabla \rho + \nabla \mathbf{U} \cdot \nabla \mu_{eff} + \sigma \kappa \nabla c \quad (2)$$

رابطه (۱)

رابطه (۲)

رابطه (۳)

$U$ : بردار سرعت سیال

$p$ : چگالی سیال

$\mu_{eff}$ : لزجت مؤثر سیال که می‌توان آن را به صورت  $\mu_{eff} = \mu + \rho \nu_{Turb}$  بیان کرد

$\mu$ : لزجت دینامیک

$\nu_{Turb}$ : لزجت سینماتیک اغتشاش

$P^*$ : فشار

$\mathbf{g}$ : بردار شتاب گرانش

$\mathbf{R}$ : بردار موقعیت

$\sigma$ : اثر کشش سطحی

$\kappa$ : انحنای سطح آزاد

همچنین برای محاسبه مشخصات در سطح آزاد، معادله انتقال برای کسر حجمی حل می‌شود و چگالی و لزجت سیال به صورت رابطه‌های ۵ و ۶ محاسبه می‌شوند.

$$\frac{\partial (c)}{\partial t} + \nabla \cdot (c) \mathbf{U} + \nabla \cdot ((c)(1-c)) \mathbf{U}_a = 0 \quad (4)$$

$$\rho = \rho_{Air} c + \rho_{water} (1 - c) \quad (5)$$

$$\mu = \mu_{Air} c + \mu_{water} (1 - c) \quad (6)$$

برای مدل‌سازی سطح آزاد از روش حجم سیال استفاده شده است. در این روش پارامتر کسر حجمی تعریف می‌شود که به صورت نسبت حجم هوا به حجم کل در هر سلول تعریف می‌شود (Rusche, 2003) و در آن  $U_a$  میدان سرعت متناسب برای فشرده کردن سطح آزاد است

رابطه (۴)

رابطه (۵)

رابطه (۶)

مشخصه جریان است در نظر گرفته می‌شود که به صورت رابطه ۷ بیان می‌شود. در این رابطه  $k$ : انرژی جنبشی اغتشاشی بر واحد جرم،  $\epsilon$ : نرخ میرایی انرژی جنبشی بر واحد جرم و  $C_{\mu}$  یک ثابت بدون بعد با مقدار متداول ۰/۰۹ است (Mohammadi and Pironneau, 1994).

$$\mu_t = \rho C_{\mu} \frac{k^2}{\epsilon}$$

بی‌بعد اولین گره از شبکه نسبت به سطح اطلاق می‌شود. اگر  $\gamma^+$  بسیار بزرگ باشد، اولین گره خارج از لایه مرزی قرار می‌گیرد و توابع دیوار باید به خارج لایه مرزی تعمیم داده شوند و اگر بسیار کوچک باشد، اولین گره در زیر لایه لزج (نامعتبر بودن تابع دیوار) قرار می‌گیرد. از این رو تعیین  $\gamma^+$  امری ضروری است. رابطه ۷، در تعیین فاصله اولین گره تا سطح به کار گرفته می‌شود. همچنین ضخامت کل لایه مرزی نیز از رابطه ۸ به دست می‌آید.

معمولاً تابع دیوار برای  $y^+ < 300$  معتبر است. برای مدل آشفتگی مورد استفاده در شبیه‌سازی‌ها کمیت بی‌بعد  $\gamma^+$  باید بیش از ۳۰ باشد (Larsson, 2010) تا روابط تجربی برای پروفیل سرعت جریان در این محدوده معتبر باشد. لذا برای هر شبیه‌سازی با توجه به سرعت جریان دو کمیت ضخامت لایه مرزی و ضخامت لایه اول با روابط بیان شده، محاسبه و در تنظیمات شبکه‌بندی لایه‌ای تغییر داده شده و شبکه مطلوب تولید شده است. در شکل ۷، نمونه‌ای از توزیع کمیت بی‌بعد  $\gamma^+$  اطراف بدنه شناور نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که توزیع این فاصله بدون بعد روی بدنه به طور متوسط بیشتر از ۳۰ است.

$$\Delta y = 8/6(Ly^+)Re_L^{-13} \quad \text{رابطه (۷)}$$

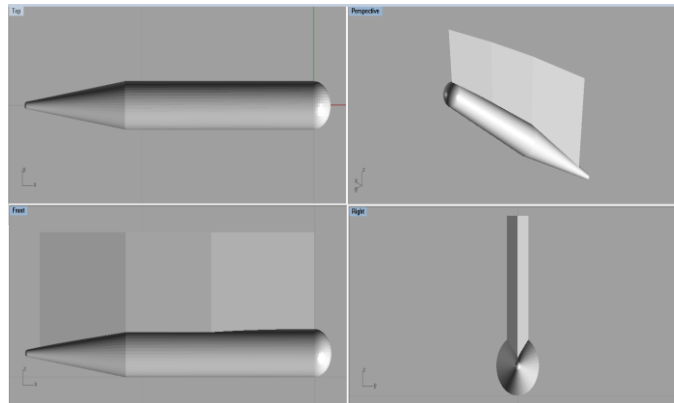
$$\delta = 0/035(L)(Re)^{-1/7} \quad \text{رابطه (۸)}$$

جهت مدل‌سازی اثرات جریان آشفته مدل دو معادله‌ای  $k-\epsilon$  به عنوان متداول‌ترین مدل اغتشاشی مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل معتبر شده قابلیت بالایی در تخمین لایه مرزی در بدنه‌های دارای انحنا و گرادیان فشار بالا را دارد و در بسیاری از بسته‌های نرم‌افزاری شبیه‌سازی جریان اطراف بدنه شناورهای دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مدل تنش رینولدز به صورت یک لزجت ادی اضافی که رابطه (۷)

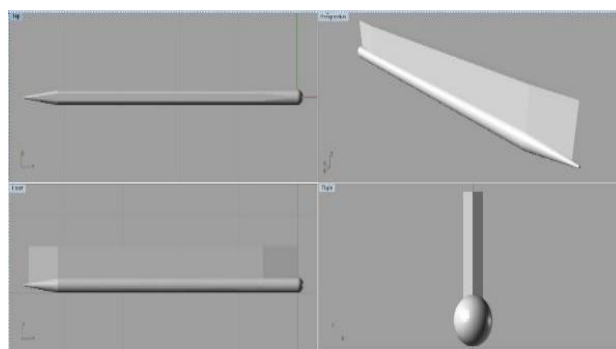
شبیه‌سازی آزمایش کشش برای شناور با سطح آب‌خور کوچک در دو مدل برای دو آب‌خور و در سرعت‌های مختلف انجام شده است. در جدول ۱ این مشخصات ارائه شده است. برای شبیه‌سازی آزمایش مقاومت (کشش) شناور در محیط نرم‌افزار استارسی‌ام‌پلاس، ابتدا هندسه مدل در دو حالت نسبت طول به قطر ۹ و ۲۴ در نرم‌افزار مدل‌سازی هندسه رایانو تولید شده که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌گردد. سپس یک حوضچه مستطیل شکل با ابعاد مناسب به گونه‌ای ایجاد شده است که در پاشنه اثرات موج برگشتی و در دیواره‌های جانبی اثرات دیواره بر جریان اطراف مدل و نتایج مقاومت اثر نداشته باشد. در شکل ۵ فاصله این مرزها تا بدنه شناور مشاهده می‌گردد. برای مدل‌سازی جریان درون لایه مرزی اطراف بدنه شناور نیاز است شبکه لایه‌ای و ریز در این محدوده ایجاد کرد. شکل ۶ نمونه‌ای از شبکه بندی محدوده محاسباتی، اطراف بدنه، سطح آزاد و لایه مرزی را نشان می‌دهد. ضخامت شبکه بندی در محدوده لایه مرزی به رژیم جریان اطراف بدنه بستگی دارد. در کمترین سرعت شبیه‌سازی شده نیز عدد رینولدز در بیشتر طول بدنه در محدوده جریان آشفته قرار دارد. معیار مهمی که در انتخاب مدل‌های اغتشاشی برای شبیه‌سازی باید به آن توجه نمود،  $\gamma^+$  است که به فاصله

جدول ۱- محدوده اعداد فرود و آب‌خور برای دو مدل

ردیف	نسبت طول به قطر هندسه پایه (L/D)	آب‌خور (m)	دامنه عدد فرود
۱	۹	۰/۳ ۰/۴	۰/۲ - ۱
۲	۲۴	۰/۳	۰/۲ - ۱



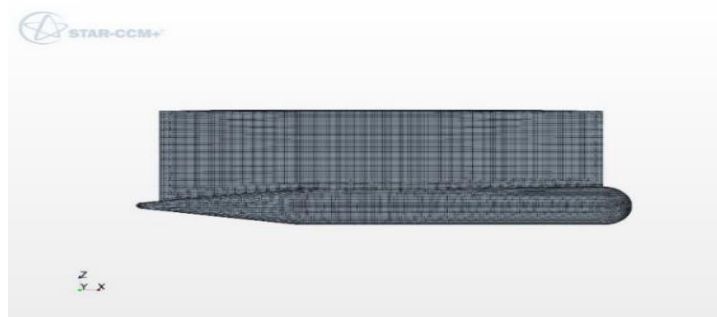
شکل ۳ - هندسه نمونه مدل پایه‌های زیر خط آبخور شناور SWA (طول 180 cm)



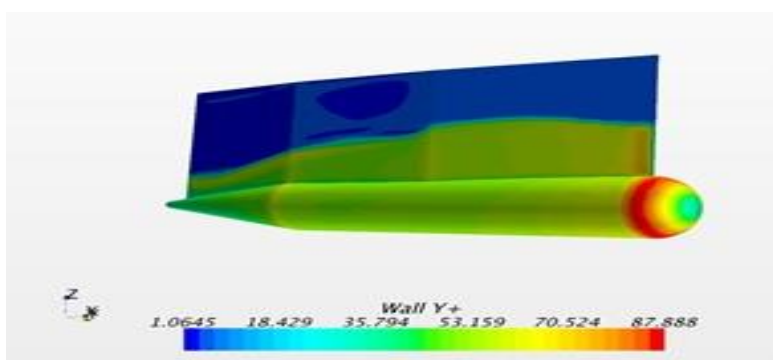
شکل ۴ - هندسه نمونه مدل پایه‌های زیر خط آبخور شناور SWA (طول 480 cm)

4L	0.8L	1.6L
	1.6L	
	1.6L	
	1.6L	

شکل ۵- فاصله مرزهای محدوده محاسباتی با بدنه شناور



شکل ۶- شبکه بندی سطحی بدنه شناور



شکل ۷- توزیع  $y^+$  روی بدنه شناور

### ۳. نتایج

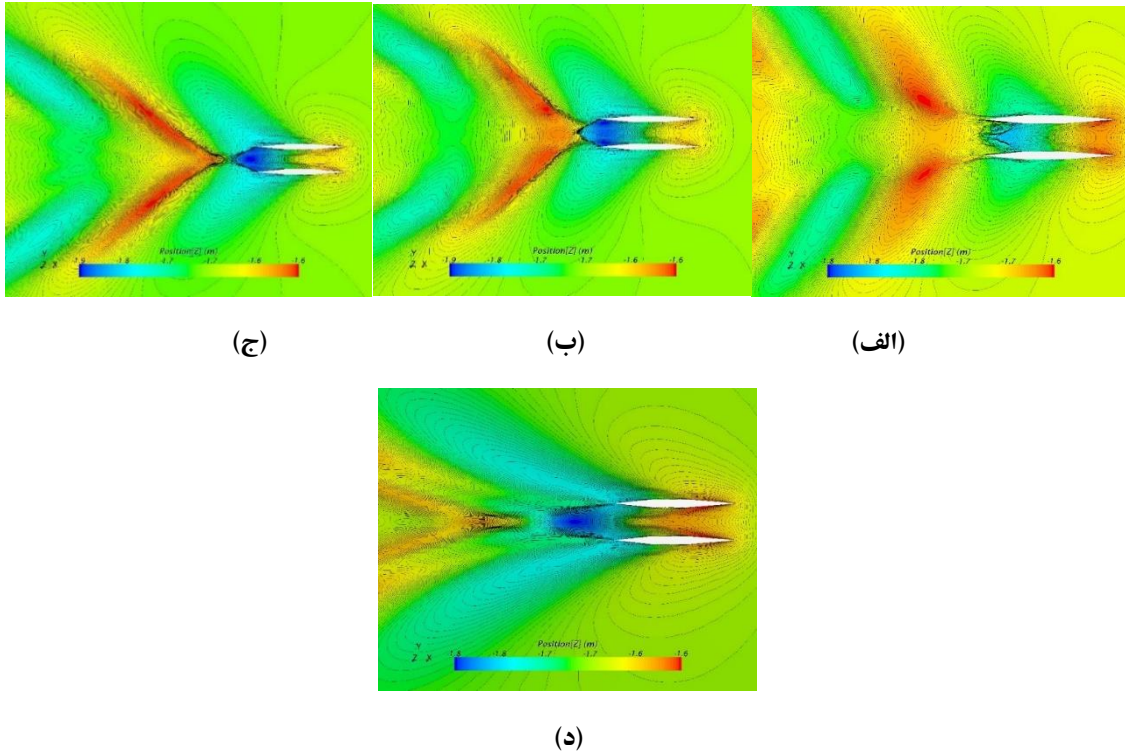
شناور دو بدنه با فاصله بین بدنه‌های مختلف در سرعت‌های گوناگون ارائه شده است. دیده می‌شود که افزایش فاصله دو بدنه تا ۱۷ درصد مقاومت کل شناور دو بدنه را در این حالت کاهش داده است.

همچنین در جدول ۵ و ۶ مقاومت مدل دو بدنه با  $L/D=24$  با فاصله  $2b=120\text{cm}$  و  $2b=192\text{cm}$  در آب‌خور  $0.4$  متر برای شبیه سازی مدل دو بدنه با  $L/D=24$  ارائه شده است.

در شکل‌های ۹ تا ۱۲، نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی آزمایش کشش با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه شده است. نمودار مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی برای دو مدل  $L/D=9$  و  $L/D=24$  ارائه شده است.

در شبیه سازی مدل دو بدنه با  $L/D=9$  به منظور بررسی اثر تداخلی دو بدنه و اندرکنش موج آنها بر یکدیگر، آزمایش کشش برای بدنه سواث در سرعت‌های مختلف شبیه‌سازی شده است. برای بررسی اثر فاصله، کشش برای دو حالت  $2b=45\text{cm}$  و  $2b=72\text{cm}$  انجام شده است. در شکل ۸، توزیع ارتفاع موج ایجاد شده در سطح آزاد اطراف بدنه با فاصله  $2b=45\text{cm}$  در آب‌خور  $30\text{cm}$  برای سرعت‌های مختلف ارائه شده است.

در جدول ۲ و ۳ به ترتیب مقاومت فشاری، برشی و مقاومت کل شناور دو بدنه برای حالت‌های  $2b=45\text{cm}$  و  $2b=72\text{cm}$  ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در حالت دو بدنه با فاصله  $2b=72\text{cm}$  میزان مقاومت کل نسبت به حالت  $2b=45\text{cm}$  کمتر است. این کاهش مقاومت، فشاری است و مقاومت برشی دو بدنه یکسان است. تفاوت در توزیع فشار بین دو بدنه و در واقع در ناحیه تداخلی بین دو بدنه باعث تفاوت الگوی موج در این ناحیه شده و این امر باعث افزایش مقاومت موج‌سازی و فشاری بدنه گردیده است. در جدول ۴، تفاوت مقاومت



شکل ۸- الگوی موج دو بدنه با  $SWA (L = 1/\lambda m, T = 0.3 m) 2b = 72 cm$  عدد فرود از بالا به پایین (0.8, 0.6, 0.52, 0.45)

جدول ۲- مقاومت شناور دو بدنه با فاصله  $SWA (L = 1/\lambda m, T = 0.3 m) 2b = 45 cm$

$F_n$	$R_p(N)$	$R_f(N)$	$R_t(N)$
0.32	3/703	7/48	11/18
0.36	4/484	9/1	13/58
0.45	49/63	13/62	63/25
0.52	81	18/35	99/35
0.6	82/3	24/37	106/67
0.8	73/0.4	43/0.2	116/0.6
1	53/475	67/2	120/675

جدول ۳- مقاومت شناور دو بدنه با فاصله  $SWA (L = 1/\lambda m, T = 0.3 m) 2b = 72 cm$

$F_n$	$R_p(N)$	$R_f(N)$	$R_t(N)$
0.32	3/4615	7/53	10/99
0.36	4/1925	9/26	13/45
0.45	40/27	13/54	53/81
0.52	66/46	18/24	84/7
0.6	68/51	24/0.8	92/59
0.8	60/12	43/0.2	103/14
1	49/9875	67	116/98

جدول ۴- ختلاف مقاومت شناور دوبدنه با فاصله  $\Delta b=45\text{cm}$  و  $\Delta b=72\text{cm}$  (SWA ( $L=1/\lambda m, T=0.3m$ ))

$F_n$	$R_T(N)$ ( $\Delta b=45\text{ cm}$ )	$R_T(N)$ ( $\Delta b=72\text{ cm}$ )	(%)Error
0.32	11/18	10/99	1/7
0.36	13/58	13/45	1/0
0.45	63/25	53/81	17/5
0.52	99/35	84/7	17/3
0.6	106/67	92/59	12/2
0.8	116/06	103/14	12/5
1	120/675	116/98	3/2

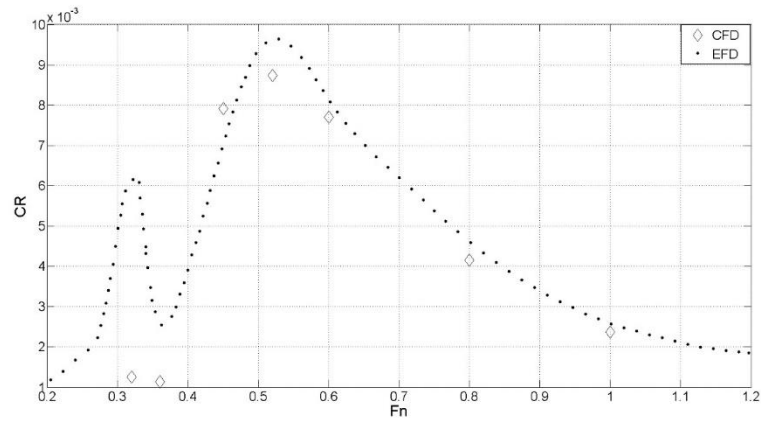
جدول ۵ - مقاومت شناور دوبدنه با فاصله  $\Delta b=120\text{cm}$  (SWA ( $L=4/\lambda m, T=0.4m$ ))

$F_n$	$R_P(N)$	$R_F(N)$	$R_T(N)$
0.27	22/5	39/34	61/8
0.32	57/7	57/86	115/6
0.38	43/5	78/66	122/2
0.45	68/2	110/46	178/7
0.5	85/9	134/06	220/0
0.60	101/6	189/22	290/8
0.70	109/2	253/76	362/9
0.80	112/2	331/58	443/8
0.90	125/3	415/6	540/9
1.00	144/1	513/36	657/5

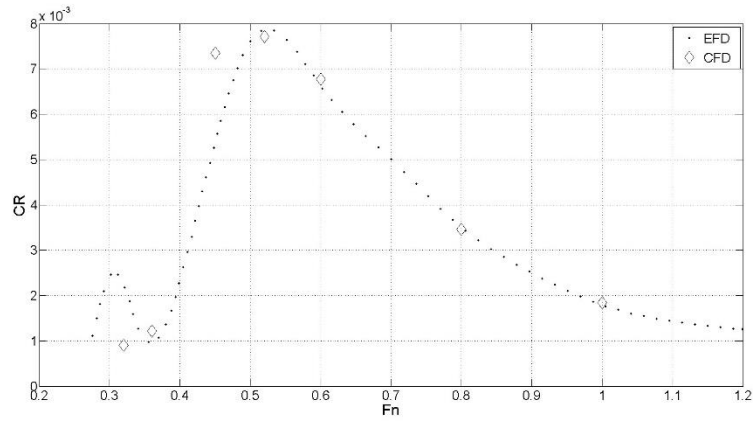
جدول ۶ - مقاومت شناور دوبدنه با فاصله  $\Delta b=192\text{cm}$  (SWA ( $L=4/\lambda m, T=0.4m$ ))

$F_n$	$R_P(N)$	$R_F(N)$	$R_T(N)$
0.27	17/6	39/34	57
0.32	32/6	57/86	90/5
0.35	46/5	66/92	113/5
0.38	16/1	78/66	94/8
0.45	28/1	110/46	128/6
0.5	38/2	134/06	172/31
0.6	75/78	189/22	265
0.7	96/26	253/76	350
0.8	108/4	331/58	440
0.9	125/3	415/06	540/9
1.00	136/6	513/36	650

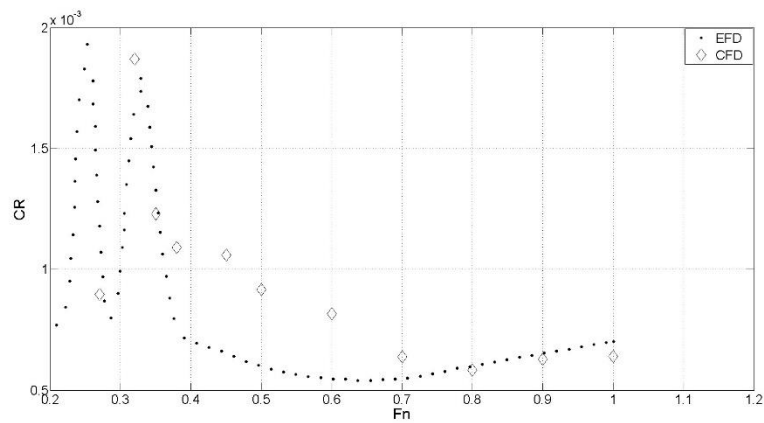




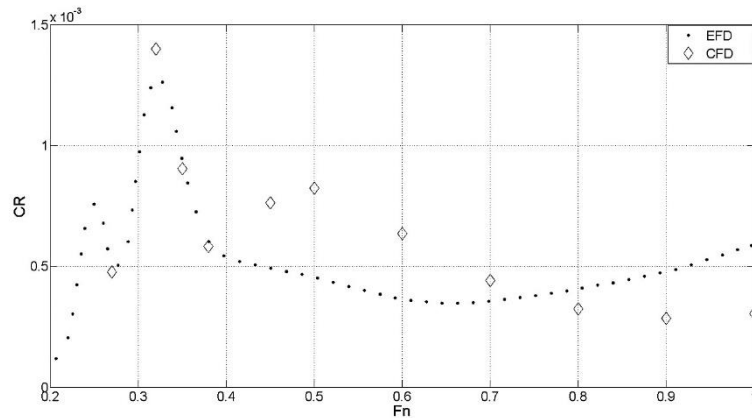
شکل ۹- مقایسه ضریب مقاومت باقیمانده عددی و آزمایشگاهی برای مدل  $L/D=9$  ( $T=30\text{ cm}$ )



شکل ۱۰- مقایسه ضریب مقاومت باقیمانده عددی و آزمایشگاهی برای مدل  $L/D=9$  ( $T=40\text{ cm}$ )



شکل ۱۱- مقایسه ضریب مقاومت باقیمانده عددی و آزمایشگاهی برای مدل  $L/D=24$  ( $T=30\text{ cm}$ )



شکل ۱۲- مقایسه ضریب مقاومت باقیمانده عددی و آزمایشگاهی برای مدل  $L/D=24$  ( $T=40\text{ cm}$ )

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

پس از بررسی داده‌های به دست آمده و مقایسه بدنه‌های مختلف در سرعت‌های مختلف نتایج زیر به دست آمد: در مدل  $L/D=9$  میزان مقاومت فشاری که در واقع تقریب خوب از مقاومت موج‌سازی را نشان می‌دهد، در فرودهای  $0.4$  تا  $0.6$  حداکثر مقدار خود را دارد و این مقدار تا  $70\%$  درصد مقاومت کل شناور را شامل می‌شود، در حالیکه در مدل  $L/D=24$  حداکثر میزان مقاومت فشاری در محدوده فرود  $0.2$  تا  $0.3$  رخ می‌دهد و این میزان حداکثر  $40\%$  درصد مقاومت کل شناور است. با افزایش ابعاد شناور در جهت طولی، سهم مقاومت برشی از مقاومت کل افزایش و سهم مقاومت موج‌سازی کاهش پیدا می‌کند، که ناشی از افزایش سطح خیس بدنه است. افزایش آب‌خور از  $0.3\text{ m}$  به  $0.4\text{ m}$  تاثیر قابل ملاحظه ای در میزان مقاومت موج‌سازی شناور نداشته و تنها مقاومت برشی مدل را افزایش می‌دهد. با افزایش فاصله بین دو بدنه میزان تاثیر اندرکنش بدنه‌ها بر یکدیگر و اثر تداخلی امواج بین دوبدنه کاهش پیدا می‌کند. به طوری که در مدل  $L/D=9$  تا  $17\%$  درصد مقاومت کل با افزایش فاصله بین بدنه‌ها از  $2b=45\text{ cm}$  به  $2b=72\text{ cm}$  کاهش پیدا می‌کند کاهش مقاومت کل با افزایش فاصله بین بدنه‌ها در اثر کاهش سهم مقاومت موج‌سازی است.

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده با شماره قرارداد ۱۴۶ مورخ ۱۳۹۶/۱۱/۲۹ از محل اعتبارات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می باشد.

## References:

- Begovic, E. and Bertorello, C., 2015. *Small Waterplane Area Twin Hull for maxi and megayacht design*. Royal Institution of Naval Architects.
- Insel, M. and Molland, A. F. An investigation into the resistance components of high speed displacement catamarans. *Transactions of the Royal Institution of Naval Architects*, 134.
- Larsson, L., 2010. Ship resistance and flow. *Published by The Society of Naval Architects and Marine Engineers, SNAME, The Principles of Naval Architecture Series*.
- Mohammadi, B., and Pironneau, O. 1994. Analysis of the K-epsilon turbulence model. Masson, Saint-Jean-de-Monts, France.
- Molland, A.F., Wellicome, J.F. and Couser, P.R., 1994. Resistance experiments on a systematic series of high speed displacement catamaran forms: variation of length-displacement ratio and breadth-draught ratio.
- Papanikolaou, A. and Androulakakis, M., 1991. Hydrodynamic optimisation of high-speed swath.
- Qian, P., Yi, H. and Li, Y., 2015. Numerical and experimental studies on hydrodynamic performance of a small-waterplane-area-twin-hull (SWATH) vehicle with inclined struts. *Ocean engineering*, 96, pp.181-191.
- Rusche, H., 2003. *Computational fluid dynamics of dispersed two-phase flows at high phase fractions* (Doctoral dissertation, Imperial College London (University of London)).
- Sahoo, P.K., Salas, M. and Schwetz, A., 2007. Practical evaluation of resistance of high-speed catamaran hull forms—Part I. *Ships and offshore structures*, 2(4), pp.307-324.
- Salvesen, N., Von Kerczek, C.H. and Scragg, C.A., 1985. Hydro-numeric design of SWATH ships. *Society of Naval Architects and Marine Engineers-Transactions*, 93, pp. 325-346.
- Ubbink, O., 1997. Numerical prediction of two fluid systems with sharp interfaces. PhD thesis. Department of Mechanical Engineering, Imperial College of Science.
- Yoshida, M., Kihara, H., Iwashita, H. and Kinoshita, T., 2011. Seaworthiness of Resonance-Free SWATH with Movable Fins as an Oceangoing Fast Ship. In *11th International Conference on Fast Sea Transportation FAST 2011*.



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



## Investigation the effect of geometric parameters on hydrodynamic behavior of multihull vessels

Ahmad Hajivand, Hesamoddin Ravanbakhsh

Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Faculty of Marine Engineering, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

\* Corresponding Author E-mail: [hajivand@kmsu.ac.ir](mailto:hajivand@kmsu.ac.ir)

Received: 4 March 2018

Revise Date: 25 April 2018

Accepted: 6 May 2018

DOI: 10.22113/JMST.2018.121447.2132

### Abstract

The extensive development and design of multihull ships began in the second half of the twentieth century. Nowadays, many of these ships are built with different designs. However, less numerical and experimental studies have been conducted on their behavior compared to single hull ships. The length and distance of the two hulls are the factors influencing the wave pattern created around and between the hulls and, consequently wavemaking resistance. In this study, the effect of geometric parameters including length to diameter ratio and body spacing on the hydrodynamic performance of a vessel with a small water plane area surface has been studied using computational fluid dynamics. To investigate the effect of L/D on the wave pattern around the body, towing test is simulated for two models with different ratios in a wide speed range. Furthermore, to evaluate the effect of two-hull distance on the interference of waves between two bodies, two models have been simulated at different distances at different speeds in the computational fluid dynamics environment. Simulations are performed for two different draft. The effect of Froude number, length to diameter ratio and draft on hydrodynamic behavior of the model has also been studied. The pressure, friction and interference resistance of the two bodies are calculated and the wave pattern surrounding the body and between the two bodies is extracted and compared with experimental data, which indicates the reasonable approximation of numerical and laboratory results.

**Key Words:** Numerical simulation, Twin Hull vessel, Resistance, Wave pattern.

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

