بررسی تجربی تأثیر مارپیچ نمودن بدنه‌های زیرین در یک شناور سواث

هاشم ملکی[1]، امین نجفی[2*]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، ha.maleki93@gmail.com

۲- استادیار، مهندسی دریا، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، najafi.sharif@yahoo.com

*نویسنده مسوول: najafi.sharif@yahoo.com- 09128993511

چکیده

شناورهای سواث با داشتن دو بدنه در زیر آب تعادل عرضی بسیار بالایی در امواج دارند اما این شناورها به دلیل وجود همان بدنه‌ها سطح خیس بیشتری دارند و لذا نیروی مقاومت در آنها نسبت به شناورهای تک بدنه و کاتامارن بیشتر است. هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر مارپیچ کردن بدنه‌های زیرین و تأثیر آن بر روی کاهش نیروی مقاومت است. به‌منظور بررسی صحت ادعای مطرح شده یک جفت بدنه ساده و مارپیچ ساخته شده و بروی شناور نصب گردید. تست کشش در آزمایشگاه در سه حالت شناور با بدنه ساده، با بدنه مارپیچ و شناور بدون بدنه ها برای سرعت بین ۰ تا ۶ متر بر ثانیه انجام شده است. از نتایج بدست آمده مشخص شد که نیروی مقاومت در شناور با بدنه مارپیچ در تمامی سرعت ها کمتر از دو حالت دیگراست.

کلمات کلیدی: شناور سواث، بدنه مارپیچ، بدنه ساده، تست تجربی

Experimental study of the effect of spiraling the lower hulls in a swat float

Hashem, Maleki[1], Amin, Najafi[2]

1,2 Imam Hossein comprehensive university

Abstract

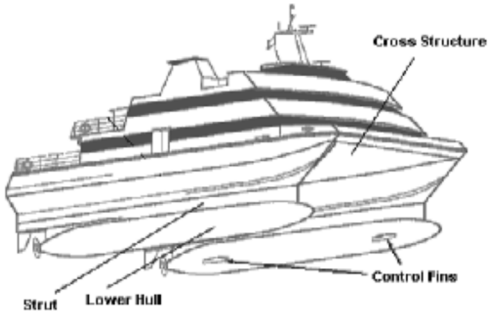
SWATH Ship with two bodies under water have a very high transverse balance in the waves, but these ship have a higher wet surface due to the presence of the same hulls, and therefore their resistance force is higher than single-hull and catamaran ship. The aim of the present study was to investigate the effect of spiraling the lower bodies and its effect on reducing the strength of the resistor. In order to verify the claim, a pair of simple and spiral hulls were made and installed on the float. Tensile testing was performed in the laboratory in three modes of floating with a simple body, with a spiral body and floating without bodies for speeds between 0 and 6 meters per second. The results showed that the resistance force in a ship with a spiral body at all speeds is less than the other two states.

Keywords:

SWATH Ship, Spiral body, Simple body, Experimental test,

مقدمه

سهم بزرگی از جابه جایی کالا با استفاده از کشتی‌های بزرگ می‌باشد. یکی از دلایل استفاده از کشتی هزینه پایین آن در مقایسه با هواپیما و قطار می‌باشد. اما استفاده از کشتی زمان جابه‌جایی را افزایش می دهد. با توجه به اهمیت صنعت کشت رانی در حمل و نقل کالا مسئله سرعت، مصرف سوخت و آلودگی در کشتی‌های بزرگ بسیار حائز اهمیت است. لذا محققان تلاش بسیاری جهت کاهش نیروی مقاومت و به تبع آن کاهش مصرف سوخت، افزایش پایداری در امواج و ... انجام داده اند. از عوامل موثر در شناورها می توان به نوع بدنه آن ها اشاره نمود. شناورهای رایج اکثرا تک بدنه یا کاتاماران می باشد. نوعی جدید از بدنه شناور که در سال های اخیرا رواج پیدا کرده شناورهای سواث می باشد. هدف از طراحی این نوع شناورها افزایش پایداری در امواج و همچنین کاهش دریازدگی بود. این شناورها همانند کاتاماران ها بوده و در دسته شناورهای جابه جایی قرار می گیرند. شناورهای سواث از سه بخش کلی شامل بدنه های زیرین (Lower Hulls)، ستون های عمودی (Struts) و سازه اصلی که تماسی با آب ندارد تشکیل شده است. در شکل ۱ نمونه ای از این شناورها نمایش داده شده است. در این شناورها به دلیل وجود بدنه های زیرین پایداری نسبت به شناورهای تک بدنه و کاتاماران بسیار بیشتر بوده ولی به دلیل وجود همان بدنه ها سطح خیس افزایش پیدا کرده و لذا نیروی مقاومت در این شناورها بیشتر از شناورهای تک بدنه و کاتاماران است. از شناورهای سواث معمولا برای کشتی های چند منظوره، آزمایشگاه تحقیقات دریایی، شناورهای نظامی و.... استفاده می شود. از زمان طراحی این نوع بدنه از شناورها تحقیقات فراوانی بر روی آن انجام شده است. چاپمن و همکارانش [۱]به بهینه سازی شناور سواث بر اساس محاسبات مقاومت موج سازی پرداختند. تیلور و همکارانش[۲] استفاده از فین های تعادلی در شناور سواث رو مورد مطالعه قرار دادند. راجی و همکارش [۳] با استفاده از روش تحلیلی به بررسی بارهای وارده به شناور سواث از طرف امواج پرداختند. کامپانا و همکارانش[۴]عملکرد هیدرودینامیکی میان شناور سواث و کاتاماران رو مورد ارزیابی قراردادند. بینا و همکارانش[۵] بررسی ماندگاری شناورهای سواث در امواج رو مورد مطالعه قرار دادند. فرولیش و همکارانش[۶] به بررسی ماندگاری شناور سواث در امواج را به منظور استفاده در شناورهای نظامی پرداختند. تایلی و همکارانش[۷] به ارائه خطوط بدنه بهینه برای داشتن حداکثر سرعت و پایداری مناسب در امواج پرداختند.نجفی و همکارانش[۸] تاثیر فاصله بر مقاومت هیدرودینامیک شناور رو به صورت تجربی بررسی کردند. فکوری و همکارانش [۹] به بررسی اثر تغییر پارامترهای ابعادی بر پایداری شناور سواث پرداختند.



شکل ۱: نمایش شناور سواث

تعریف مسئله

در تحقیقات انجام شده سال های اخیر بر روی شناور ها سواث عمدتا به ارائه روش کلی طراحی بدنه جهت حفظ پایداری بهتر شناور پرداخته شده و کمتر بر روی بهینه سازی اجزا شناور به منظور کاهش نیروی مقاومت در این شناور ها پرداخته شده است. در شناورهای سواث سهم اساسی در افزایش نیروی مقاومت مربوط به بدنه های زیرین می باشد. لذا در پژوهش حاضر به بررسی تجربی تاثیر مارپیچ کردن بدنه های زیرین در کاهش نیروی مقاومت پرداخته شده است. بدین منظور یک جفت بدنه ساده و مارپیچ ساخته شده و بر روی شناور نصب گردید. پس از نصب بدنه ها، شناور در چهار حالت کلی در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است در ساخت بدنه ها از قوانین و روابط ITTC بهره گرفته شده است.

بررسی تجربی

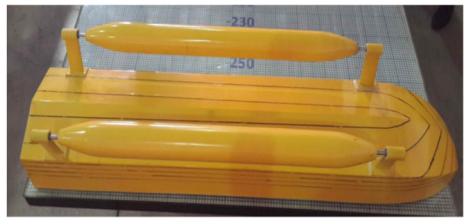
ساخت مدل

جهت بررسی تجربی تاثیر روش پیشنهادی یک جفت بدنه ساده و مارپیچ ساخته و بر روی شناور نصب شد. مشخصات شناور و همچنین مشخصات بدنه ها در جدول ۱ گزارش شده است. در ساخت مدل و انجام تست ها در حوضچه تمامی استانداردهای ITTC رعایت شده است. درشکل نه مدل ساخته شده شناور همراه با بدنه های ساده و مارپیچ نمایش داده شده است. پس از ساخت شناور و بدنه ها آماده سازی مدل شامل تنظیم مرکز ثقل، آبخور سینه و پاشنه انجام گرفته و مدل آماده برای انجام تست می گردد. درشکل نه مدل ساخته شده شناور همراه با بدنه های ساده و مارپیچ نمایش داده شده است.

جدول ۱: مشخصات اجزاء شناور

مشخصات شناور اصلی	
طول کلی	۴۰۰
بیش ترین عرض	۱۰۶
ارتفاع	۵۰

وزن	۱۳۰ تن
مشخصات شناور مدل	
طول کلی	۱,۵ متر
بیش ترین عرض	۰,۴ متر
ارتفاع	۰,۱۸۷۵ متر
وزن	۶,۹۴ کیلوگرم
مشخصات بدنه ساده	
طول	۱ متر
وزن	۲,۵۶ کیلوگرم
مشخصات بدنه چرخان	
طول	۱ متر
وزن	۲,۶۸ کیلوگرم
مشخصات استراتر	
ارتفاع	۰,۱۵ متر
وزن	۳۴۰ گرم
نوع مقطع	Naca0016



الف

ب

پ

شکل ۲: شناور سواث ساخته شده، الف) با بدنه ساده، ب) بدون بدنه ها، پ) با بدنه چرخان

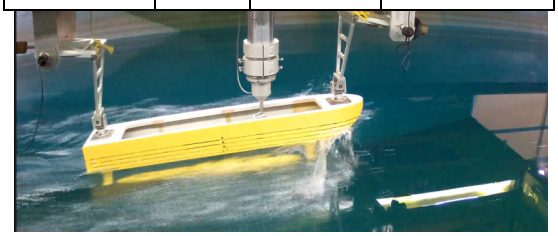
تست شناور

تست شناور با بدنه ساده

در مرحله اول تست مقاومت برای شناور با بدنه ساده بر اساس سناریوی تست که در جدول ۲گزارش شده است انجام گرفت. در شکل ۳ تصویری از مدل در حین انجام تست کشش نشان داده شده است.

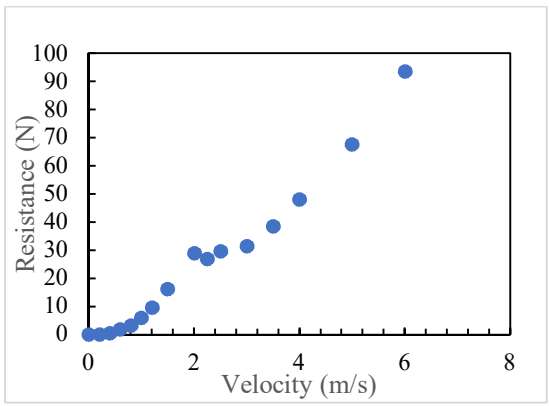
جدول ۲ – سناریوی تست برای شاور با بدنه ساده

وزن شناور(کیلوگرم)	آبخور (میلی متر)	تریم اولیه	محدوده سرعت (متر بر ثانیه)
۲۰,۶	۵۰	۰	۰ – ۶



شکل ۳: شناور با بدنه ساده در سرعت ۶ متر بر ثانیه

پس از انجام تست و ثبت نتایج نمودار نیروی مقاومت در سرعت های مختلف برای شناور با بدنه ساده در شکل گزارش شده است.



شکل ۴: نمودار نیروی مقاومت برای شناور با بدنه ساده

تست شناور با بدنه چرخان

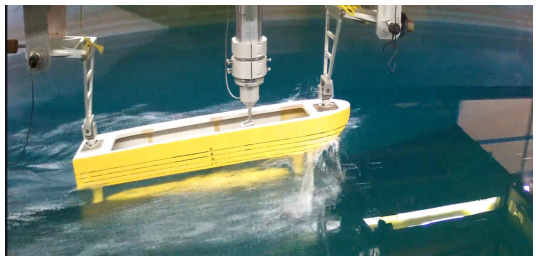
در این مرحله شناور با بدنه مارپیچ در چهار حالت مختلف مورد تست واقع گردید. سناریوی تست در این مرحله در جدول گزارش۳ شده است.

جدول ۳ – سناریوی تست برای شاور با بدنه ساده

حالت تست	تناژ (کیلوگرم)	تریم اولیه	محدوده سرعت (متر بر ثانیه)
اول	۱۷,۲	۰	۰–۶
دوم	۱۷,۲	۰	۰–۶
سوم	۲۰,۶	۰	۰–۶
چهارم	۲۰,۶	۰	۰–۶

پس از آماده سازی شناور بر اساس سناریوی تست گزارش شده در جدول ۳ به انجام تست در حالت های مختلف که در

ادامه درباره تفاوت های آن ها توضیح داده می شود پرداخته شد. در شکل ۵ نمایی از شناور در هنگام تست کشش در حالت اول نمایش داده شده است.



شکل ۵: شناور با بدنه چرخان در سرعت ۶ متر بر ثانیه

بررسی تاثیر نحوه چرخش (ساعتگرد – پادساعتگرد) بدنه های مارپیچ

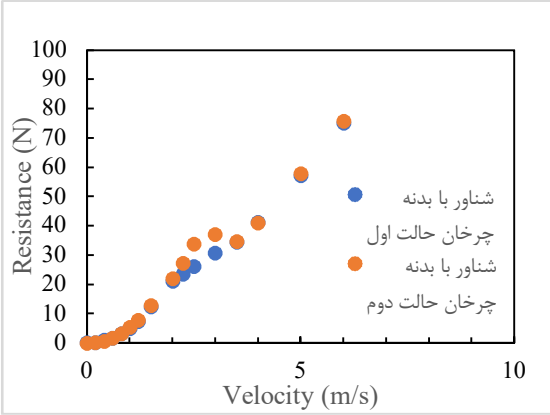
در شناور با بدنه مارپیچ با توجه به اینکه نحوه چرخش بدنه های مارپیچ ممکن است بر روی نیروی مقاومت تاثیر بگذارد لذا در حالت اول بدنه سمت راست ساعتگرد و بدنه سمت چپ پادساعتگرد امکان چرخش داشتند. درحالت دوم عکس حالت اول اتفاق می افتد. از لحاظ تئوری با توجه به اینکه در حالت دوم چون بدنه ها آب را به سمت پایین هدایت می کنند لذا نیروی عکس العمل آن که به بدنه ها وارد می شود رو به بالا بوده و این سبب افزایش نیروی لیفت و کاهش نیروی مقاومت می شود. درشکل ۶ نحوه چرخش بدنه های مارپیچ در حالت اول و دوم نمایش داده شده است.

الف

ب

شکل ۶: نمایش نحوه چرخش

پس از انجام تست برای هر دو حالت شناور با بدنه مارپیچ نمودار نیروی مقاومت بر حسب سرعت در شکل ۷ نمایش داده شده است.

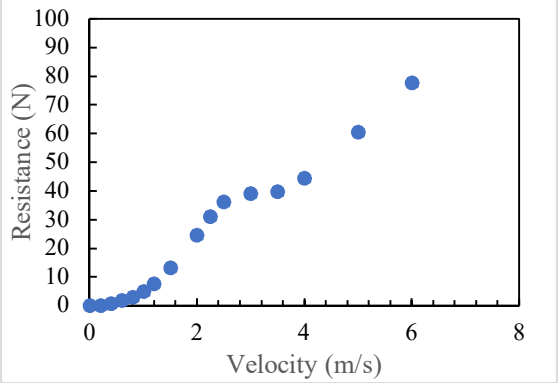


شکل ۷: نمودار نیروی مقاومت برای حالات چرخش مختلف

بررسی شناور با بدنه مارپیچ در تناژ ۲۰,۶ کیلوگرم

در حالت سوم نیز بدنه ها همانند حالت دوم نصب شده اند با این تفاوت که در این حالت تناژ شناور برابر با حالت شناور با بدنه ساده است. سناریوی تست در این مرحله نیز در جدول ۳ گزارش شده است. هدف از انجام این مرحله از آزمایش مقایسه نتایج برای شناور با بدنه مارپیچ و شناور با بدنه ساده در یک تناژ یکسان می باشد.

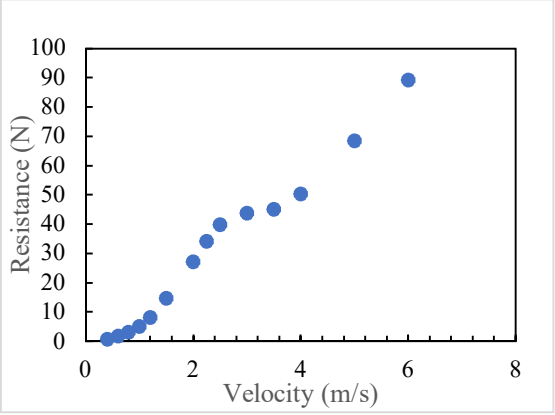
پس از تغییر مقدار تناژ شناور و انجام تست بر اساس سناریوی جدول ۳ نتایج استخراج شده در قالب نمودار در شکل ۸ گزارش شده است.



شکل ۸: نمودار نیروی مقاومت برای شناور با بدنه چرخان در تناژ ۲۰,۶ کیلوگرم

بررسی تاثیر چرخش بدنه مارپیچ

در این مرحله تناژ شناور با بدنه مارپیچ مشابه با حالت سوم می باشد با این تفاوت که در این حالت امکان چرخش از بدنه های مارپیچ گرفته شد. هدف از انجام این مرحله بررسی تاثیر یا عدم تاثیر چرخش در بدنه مارپیچ بر روی نیروی مقاومت می باشد. نتایج این مرحله از آزمایش نیز در شکل ۹گزارش گردیده است.



شکل ۹: نمودار نیروی مقاومت برای شناور با بدنه چرخان ثابت

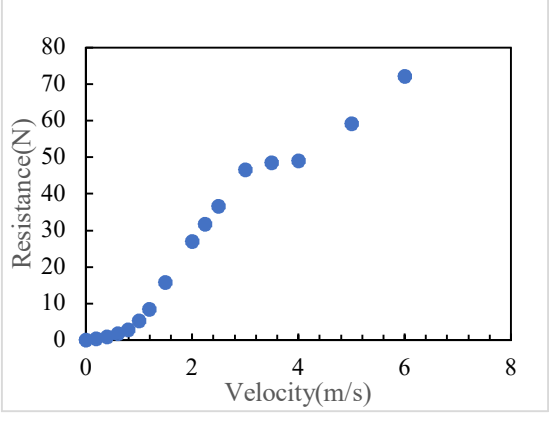
تست شناور بدون بدنه ها

در این مرحله شناور همراه با استراتر ها و بدون حضور بدنه مورد تست قرارگرفت. سناریوی تست در این مرحله در جدول ۴ گزارش شده است.

جدول ۴ – سناریوی تست برای شناور بدون بدنه ها

مقدار تناژ (کیلو گرم)	آبخور (میلی متر)	تریم اولیه	محدوده سرعت (متر بر ثانیه)
۲۰,۶	۵۰	۰	۰ – ۶

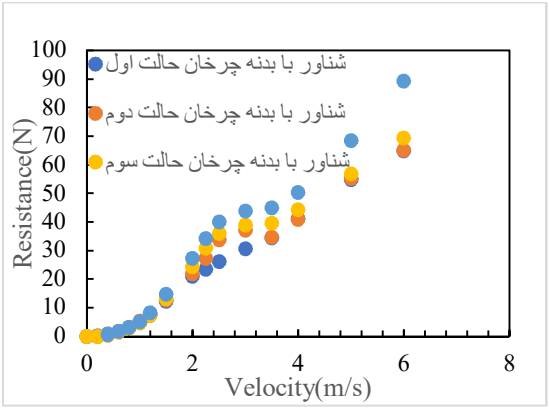
پس از انجام آزمایش و ثبت نتایج، نمودار نیروی مقاومت بر حسب سرعت در این حالت نیز در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰: نمودار نیروی مقاومت برای شناور بدون بدنه ها

نتیجه گیری

تست های تجربی در سه مرحله کلی انجام شد. در مرحله اول شناور با بدنه ساده در مرحله دوم شناور با بدنه مارپیچ در حالت های مختلف و در مرحله آخر شناور بدون بدنه ها مورد تست قرار گرفتند. جهت مقایسه نتایج در شناور با بدنه مارپیچ در حالت های مختلف نمودار نیروی مقاومت بر حسب سرعت در تمامی حالات در شکل نمایش داده شده است.

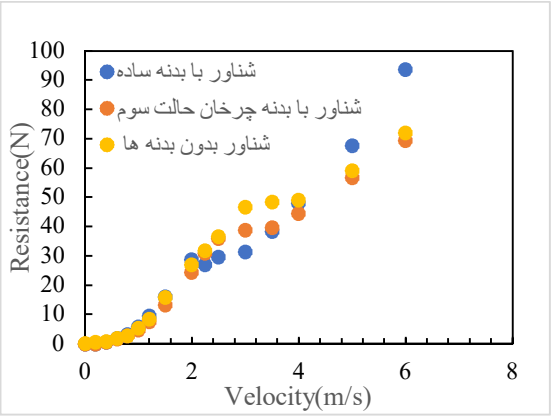


شکل ۱۱ – نمودار نیروی مقاومت بر حسب سرعت برای شناور با بدنه مارپیچ در تمامی حالات

از شکل ۱۱ می توان دریافت که مقدار نیروی مقاومت در حالت اول و دوم در بیشتر سرعت ها تفاوت چندانی نداشته و لذا می توان دریافت که نحوه نصب بدنه های مارپیچ بر روی شناور تاثیر چندانی بر روی نیروی مقاومت ندارد. دلیل این امر را می توان به کوچک بودن بدنه ها و حجم کم جابه جایی آب توسط بدنه ها مرتبط دانست. با افزایش تناژ شناور (حالت سوم) مقدار نیروی مقاومت در تمامی سرعت ها بیشتر از حالت اول و دوم می باشد. دلیل این امر افزایش سطح تماس آب با بدنه شناور و در نتیجه آن افزایش نیروی مقاومت است. مقدار اختلاف میان حالت سوم و دوم در بیشینه سرعت ۶ درصد می باشد.

همانطور که از شکل ۱۱ نیز مشخص است مقدار نیروی مقاومت در شناور با بدنه مارپیچ در حالتی که بدنه ها امکان چرخش ندارند بسیار بیشتر از سایر حالات است به طوریکه مقدار این اختلاف در بیشینه سرعت تست به ۲۳,۵ درصد می رسد. دلیل این امر به افزایش نیروی مقاومت فشاری و اصطکاکی در بدنه مارپیچ و همچنین آشفتگی جریان حول بدنه مارپیچ بر می گردد.

برای اینکه بتوانیم نتایج در شناور با بدنه مارپیچ با بدنه ساده و بدون بدنه ها را مقایسه نماییم در شکل ۱۲ نمودار نیروی مقاومت بر حسب سرعت برای شناور با بدنه ساده، بدنه مارپیچ در حالت سوم و شناور بدون بدنه ها نمایش داده شده است.



شکل ۱۲ – نمودار نیروی مقاومت بر حسب سرعت برای شناور با بدنه مارپیچ، بدنه ساده و شناور بدون بدنه ها

از شکل ۱۲ می توان دریافت که در سرعت های پایین (کمتر از۲,۵ متر بر ثانیه) مقدار نیروی مقاومت در هر سه حالت تقریبا یکسان است این در حالی است که با افزایش سرعت مقدار نیروی مقاومت در شناور با بدنه مارپیچ از شناور با بدنه ساده و شناور بدون بدنه ها کمتر است. مقدار کاهش نیروی مقاومت در شناور با بدنه مارپیچ در مقایسه با شناور با بدنه ساده و شناور بدون بدنه ها در بیشینه سرعت ۴ و ۲۵ درصد می باشد که این مقدار با توجه به الگوی نمودار در سرعت های بالاتر افزایش پیدا میکند.

مقدار نیروی مقاومت در شناور بدون بدنه ها در سرعت های بالاتر کمتر از شناور با بدنه ساده است به طوریکه مقدار آن در بیشینه سرعت تست به ۲۳ درصد می رسد. البته در شناور با بدنه ساده پایداری طولی بیشتری نسبت به شناور بدون بدنه ها داریم. دلیل این امر نیز به وجود بدنه ها در زیر آب که سبب افزایش سطح تماس آب با بدنه و در نتیجه آن افزایش پایداری می شود مرتبط می گردد.

مراجع

[1] Gibson, Harry R., and D. W. Chapman. "Effects of Zectran insecticide on aquatic organisms in Bear Valley Creek, Idaho." *Transactions of the American Fisheries Society* 101.2 (1972): 330-344.

[2] Wu, G. X., and R. Eatock Taylor. "The hydrodynamic force on an oscillating ship with low forward speed." Journal of Fluid Mechanics 211 (1990): 333-353.

[3] Rathje, H., T. E. Schellin, and Germanischer Lloyd. "Dependence of SWATH ship response in waves on choice of viscous coefficients." 11th International Workshop of Water Waves and Floating Bodies, Hamburg. 1996

[4] Campana, Emilio F. "Hydrodynamic performance comparison between twin hulls." Proceedings of the NAV 2000 International Conference on Ship and Shipping Research, Volume I, Venice, Italy. Paper: P2000-9 Proceedings. 2000.

[5] Beena, V. I., and V. Anantha Subramanian. "Parametric studies on seaworthiness of SWATH ships." *Ocean Engineering* 30.9 (2003): 1077-1106.

[6] Fröhlich, Ing Matthias, et al. "Investigations to Improve the Seakeeping Behaviour of a High Speed SWATH (HSS)."

[7] Li, T. & Lin, Y. & Ji, Z.. (2005). Optimized SWATH form design with high speed and seakeeping performance. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2005. 785-792.

[۸] نجفی، سعید و جوانمردی، نسرین و عسگری، مهدی و سیف، محمدسعید،۱۳۸۴،بررسی شناورهای SWATH و تاثیر تغییر عرض بر مقاومت هیدرودینامیکی این شناورها،هفتمین همایش ملی صنایع دریایی ایران،تهران

[۹] فکوری، مهدی و رضائی سنگتابی، محمد و قاسمی، حسن و یزدخواستی، اکبر،۱۳۸۶، بررسی اثر تغییر پارامترهای ابعادی بر پایداری شناور SWATH،همایش ملی فناوری و صنعت دریایی کشور