ارزیابی دریامانی یک شناور با فرم سینه مورب به روش آزمایش مدل

مجید عسکری سیار[۱*]، ابوالفتح عسکریان خوب[۲]، کریم اکبری وکیل آبادی[3]، حسن قاسمی[۴]

[۱] کارشناسی ارشد هیدرومکانیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)- نوشهر، majidaskary1363@gmail.com
[۲] استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)- نوشهر، askariankhoob@gmail.com
[۳] استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)- نوشهر، akbari.karim@gmail.com
[۴] استاد دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، hmaaa2002@gmail.com

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۶

کلمات کلیدی:
دریامانی
شناور با فرم سینه مورب
تست مدل
حرکات هیو و پیچ
رائو (RAO)

چکیده

این مقاله به بررسی حرکات هیو و پیچ یک شناور با فرم سینه معکوس می پردازد. نتایج تجربی از طریق آزمایش دریامانی با دو مدل از سری مدل‌های رفرنس NA8-14 BSRA بدست آمده است که یک شناور صیادی تحت استاندارد مرکز تحقیقات کشتی بریتانیا است. فرم سینه مدل ها بصورت سینه معکوس با دو زاویه معکوس ۴۵ و ۶۰ درجه باز طراحی شده است. آزمایش‌های متفاوت در سرعت‌های ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ متر بر ثانیه بر روی مدل انجام شده است. امواج تولید شده در حوضچه برای انجام آزمایش‌ها، امواج منظم با طول موج های بین ۰/۶ تا ۱/۶ طول مدل به فواصل ۰/۲ طول مدل با دامنه موج ۳۵ میلی متر می‌باشد. رائوی هیو و پیچ شناور در مقابل فرکانس‌های بی‌بعد ارائه گردیده است. نتایج نشان داد که با کاهش زاویه سینه مدل به ۴۵ حرکات مدل بهبود پیدا می کند. نتایج همچنین نشان داد اندرکنش حرکات مدل با یکدیگر باعث ایجاد نقاط ماکزیمم و مینیمم محلی بر روی پاسخ‌ها می‌شود.

The Seakeeping Investigation of an Inverted Bow Hull by Experimental Method

Majid Askary Sayar [1*], Abolfath Askarian Khoob [2], Karim Akbari Vakilabadi[3], Hassan Ghassemi [4]

[1] Ms., Marine Faculty of Imam Khomeini Maritime University, Nowshahr; majidaskary1363@gmail.com
[2] Assistant Professor, Marine Faculty of Imam Khomeini Maritime University, Nowshahr; askariankhoob@gmail.com
[3] Assistant Professor, Marine Faculty of Imam Khomeini Maritime University, Nowshahr; akbari. karim@gmail.com
[4] Professor, Department of Marine Technology, Amirkabir University of Technology; hmaaa2002@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 03 Sep. 2019
Accepted: 26 May. 2020

Keywords:
Seakeeping
Inverted bow hull
Model test
Heave and Pitch motions
RAO

ABSTRACT

This paper investigates the heave and pitch motion responses of an inverted bow hull. The experimental data were obtained from seakeeping tests with two scaled models of reference fishing vessel NA8-14 BSRA. The bow shape of the models is redesigned by inverted shape in two angles of 45 and 60 degrees. Several tests were conducted on the models at different speeds of 0.6, 0.9, and 1.2.m/s. Generated waves in the towing tank are of the regular type with the wavelength changing from 0.6L to 1.6L by an increment of 0.2L m. The amplitude of the waves was equal to either 35 mm. The heave and pitch response amplitude operator (RAO) versus no dimensional frequencies are presented. The investigations demonstrated that by decreasing inversion angle of bow to 45 degrees motions of the model improved. The results also showed that the interactions between the motions responses leads to the frequent appearance of "Kinks" in a coupled form with the responses of other motions.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]

۱ – مقدمه

عملکرد دریامانی شناور در یک ناحیه دریایی مشخص از اهمیت خاصی برخوردار بوده و تابعی از مشخصات هندسی فرم بدنه می‌باشد. دریامانی قابلیت یک شناور جهت داشتن شناوری مطلوب در شرایط مختلف دریا تعریف می شود. بهبود بخشیدن به عملکرد دریامانی در شناورهای نظامی، برای کارائی پرسنل، ماشین‌آلات و سلاح‌های نصب‌شده بر روی شناور حائز اهمیت می‌باشد که این عملکردها به شکل بدنه، حرکات، نیروهای اعمالی، شتاب‌های عمودی محدود می‌گردند. رفتار دریامانی مطلوب همچنین باعث آرامش بیشتر پرسنل شده و باعث افزایش توان عملیاتی کارکنان خواهد شد.

حرکات شناورها در امواج به عنوان یکی از پیچیده‌ترین مباحث هیدرودینامیکی مطرح است. از آنجائیکه این حرکات توام با پدیده‌های غیرخطی می باشند مدل‌سازی آنها با پیچیدگی‌های فراوانی همراه است. هنگامی که شناور توسط موج در معرض دوران حول محور طولی و عرضی قرار می‌گیرد، شتاب حرکات هیو، پیچ و رول شناور تشدید می‌شود که این امر باعث ایجاد دریازدگی مسافران و خدمه کشتی می‌گردد[۱]. بنابراین تا جایی که ممکن است برای افزایش راحتی و ایمنی مسافران باید حرکات شناور را کاهش داد. فرم هندسی سینه شناور تاثیر مهمی بر روی دریامانی آن در شرایط دریای مواج دارد. تغییر در فرم هندسی بدنه شناور به ویژه فرم سینه می‌تواند در عملکرد هیدرودینامیکی و دریامانی موثر باشد. سینه کشتی اولین قسمت از بدنه آن است که در مواجهه با آب قرار می‌گیرد. بنابراین باید با توجه به ماموریت و کارایی شناور از بین طرح‌های متعارف، فرم سینه متناسب انتخاب گردد [۲].

یکی از فرم‌های سینه، فرم سینه مورب یا معکوس است که در این تحقیق تاثیر آن در حرکت هیو و پیچ شناور بررسی می‌گردد. این نوع فرم سینه بصورت تقریبا عمود با زاویه نزدیک ۹۰ درجه از ۱۸۰سال پیش مطرح گردید ولی بعد از مدتی به دلایل فنی محبوبیت خود را از دست داد و عملاً چندین دهه در صنعت کشتی سازی مورد استفاده قرار نگرفت. نخستین طرح این نوع شناورها به اواسط قرن ۱۹ برمی‌گردد که در آن زمان بیشتر شناورها با این فرم بدنه ساخته می‌شدند. معمولاً در این نوع شناورها طول خط آبخور افزایش پیدا می کرد که باعث بهبود عملکرد هیدرودینامیکی شناور می شد. در اوایل قرن بیست نیز بیشتر ناوهای جنگی با این فرم سینه ساخته می‌شدند ولی به تدریج به علت افزایش خیسی شناور در سرعت‌های بالا، ورود آب به روی دک و عدم ماندگاری مناسب در دریای خراب از محبوبیت آنها کاسته شد. این فرم سینه در سال‌های اخیر مجددا مورد توجه صنایع کشتی‌سازی قرار گرفته است.

شکل ۱ نمونه‌ای منحصر به فرد از این نوع فرم سینه را نشان می‌دهد که در رزمناوهای کلاس زوم والت ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفته است. کیونیک[1] و همکاران(۱۹۹۵)، در خصوص تاثیر تغییر فرم سینه در عملکرد دریامانی یک شناور تک بدنه تحقیقاتی انجام دادند. نتایج نشان داد تغییر در فرم سینه از حالت معمولی به حالت مورب باعث کاهش چشمگیر در شتاب عمودی شناور شده و باعث بهبود عملیات پذیری آن می گردد. البته افزایش اندک در حرکات هیو[2]و پیچ[3] مربوط به این نوع شناور در مقایسه با سایر شناورها در بهبود وضعیت دریامانی مؤثر است. اگر چه در ابتدا هدف از این نوع اصلاح در فرم سینه کاهش نیروهای هیدرودینامیکی غیرخطی به طور ویژه در قسمت جلوی شناور بود ولی به تدریج قسمت ۲۵ درصدی از طول جلویی را در بر گرفت[۳]. ساریوز و همکارانش(۱۹۹۵) به بررسی تجربی دریامانی شناور با سینه مورب پرداختند. تحقیقات آنها عمدتا درباره نوع حرکات و همچنین شتاب‌های عمودی و جانبی تمرکز داشت[۴]. نیروی دریایی آمریکا (۲۰۰۱) ، طرحی را برای ساخت شناور سطحی جدید با فرم سینه معکوس برنامه‌ریزی کرد که در نوع خود دارای طراحی ویژه‌ای است[۵].



شکل۱ – نمونه از شناور با فرم سینه مورب (رزمناو کلاس زوموالت) [۵].

با مرور مطالعات انجام شده مشخص است که در خصوص تاثیر فرم سینه معکوس بر روی رفتار هیدرودینامیکی شناورها مطالعات اندکی صورت گرفته است. لذا در این مطالعه رفتار دریامانی شناور با تغییر فرم هندسی سینه به صورت سینه معکوس در دو زاویه ۴۵ و ۶۰ درجه مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیق شامل مدل‌سازی و تغییر فرم سینه معکوس در یک شناور الگو، ساخت مدل فیزیکی و انجام آزمایش در حوضچه کشش در شرایط موج منظم در فرکانس‌های مختلف، سرعت‌های متفاوت در دامنه موج ثابت می‌باشد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]

۲- تجهیزات آزمایشگاهی و ابزارها

حوضچه مورد استفاده جهت آزمایشات، حوضچه دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر بود که مشخصات فنی آن در جدول ۱ ذکر شده است. دمای آب حوضچه با توجه به زمان آزمایش(فصل تابستان-شهریورماه) بین ۱۹ تا ۲۶ درجه سانتی گراد اندازه‌گیری شد. برای ایجاد موج منظم در حوضچه کشش، دو مشخصه فرکانس و طول کورس موجساز[۴] بر روی موج ساز تنظیم می شود که در هر مرحله از آزمایش‌ها این دو مشخصه تغییر می‌کند. قبل از شروع آزمایش موج ساز کالیبره می شود تا کیفیت و میزان صحت در امواج تولیدی مشخص گردد. مدل لودسل H3-C3-B3-D55 و شرکت سازنده آن زمیک[۵] است. لودسل توانایی حمل مدل تا بیست و پنج کیلوگرم را دارد و می‌تواند حرکات هیو و پیچ، نیروی‌های درگ و اسوی وگشتاورهای رول و یاو را اندازه‌گیری کند.

جدول ۱ - مشخصات حوضچه دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره).

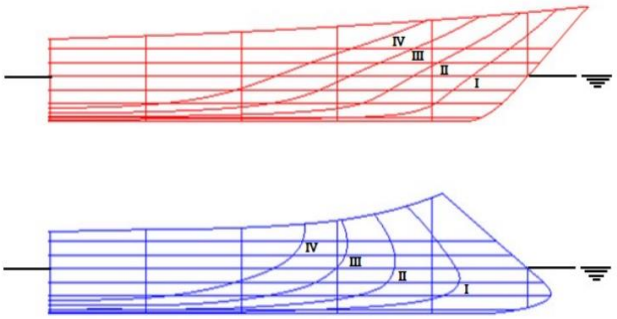
مشخصات حوضچه	مقدار(متر)
طول	۳۷
عرض	۳
عمق	۰/۸
حداکثر طول موج	۴/۸

۳- شرح مدل

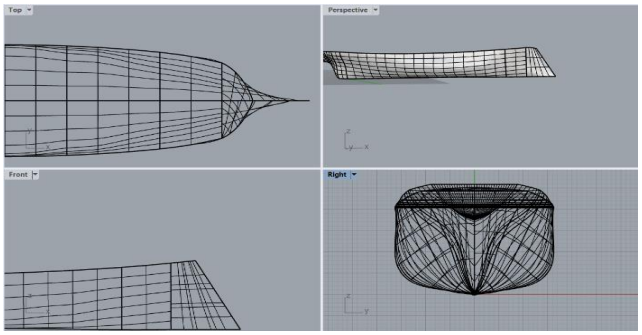
شناور مدل (NA8-14) یک شناور صیادی است که به عنوان شناور مرجع در مرکز تحقیقات کشتی بریتانیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق مدلی از این شناور جهت انجام تغییرات سینه، مورد اسکن سه بعدی قرار گرفت و نتیجه آن به نرم افزار راینو منتقل شد. پس از طراحی شناور با فرم‌های سینه مورد نظر در محیط نرم افزار راینو[۶] فرم هندسی به محیط نرم افزار سالید ورکز[۷] منتقل شده و مدل فیزیکی از شناور با ضریب مقیاس ۱ :۵۸/۶ با استفاده از دستگاه پرینتر سه بعدی ساخته شد. جدول۲ مشخصات شناور اصلی و مدل را ارائه می‌کند. شکل ۲ فرم هندسی سینه شناور را در حالت اصلی و تغییر یافته نشان می دهد. در شکل ۳ طرحی از کل شناور قبل از ساخت نمایش داده شده است.

جدول ۲ - مشخصات شناور اصلی و مدل.

کمیت	مشخصات شناور اصلی	مشخصات مدل شناور با سینه مورب
طول	۴۵/۷ (متر)	۷۹(سانتیمتر)
آبخور	۴/۰۶ (متر)	۴-۶(سانتیمتر)
عرض	۸/۰۳ (متر)	۱۳/۷۵ (سانتیمتر)
جابجایی حجمی	۸۳۹/۵(مترمکعب)	۰/۰۰۴۵۳۳ (مترمکعب)



شکل۲ - طرحی از شناور اصلی با فرم سینه معمولی و تغییر یافته.

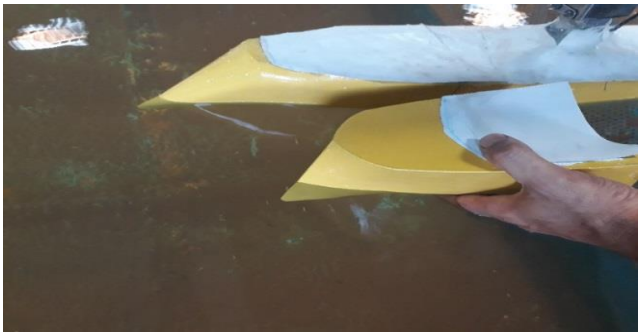


شکل ۳ - طرحی از شناور با فرم سینه مورب آماده جهت ساخت.

شکل ۴ و ۵ قطعات ساخته شده مدل بوسیله پرینتر سه بعدی و آماده سازی آنها، بتونه کاری و رنگ آمیزی را نشان می‌دهد.



شکل۴ - آماده سازی قطعات مختلف مدل.



شکل۵ – نمایش فرم هندسی سینه شناور با زوایای ۴۵ و ۶۰ درجه.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]

۴ - برنامه آزمایش و محاسبات

برای انجام آزمایشات با دقت قابل قبول، ابعاد مدل باید با حوضچه همخوانی داشته باشد تا مواردی نظیراثر دیواره[۸] و پدیده انسداد[۹] به وجود نیاید. رابطه فرود بین مدل و شناور واقعی بصورت زیر برقرار است.

$$F_{n_{ship}} = F_{n_{model}} \qquad (۱)$$

طول شناور واقعی ۴۵/۷ متر بوده و طول مدل ساخته شده ۷۸سانتی متر است بنابراین مقیاس برابر است با:

$$\lambda = \frac{L_{ship}}{L_{model}} = \frac{45.7}{0.78} = 58.6 \qquad (۲)$$

با فرض سرعت اقتصادی ۱۵نات برای شناور واقعی ، سرعت مدل طبق روش فرود به صورت زیر بدست می آید:

$$\frac{V_s}{\sqrt{L_s g}} = \frac{V_m}{\sqrt{L_m g}} \Rightarrow \frac{V_s}{V_m} = \sqrt{\frac{L_s}{L_m}} = \sqrt{\lambda} \qquad (۳)$$

$$V_{model} = \frac{V_{ship}}{\sqrt{\lambda}} = \frac{15}{\sqrt{58.6}} = 1.96\ knot \qquad (۴)$$

بنابراین سرعت مدل جهت تست در حوضچه به صورت زیر است:

$$V_{model} = (1.96) \times (0.5144) = 1.00 \frac{m}{s} \qquad (۵)$$

و با توجه به شاخص قراردادن سرعت بدست آمده، سرعت‌های پیشنهادی برای مدل جهت تست در حوضچه عبارتند از:

$$u = 0.6\frac{m}{s} \quad u = 0.9\frac{m}{s} \quad u = 1.2\frac{m}{s}$$

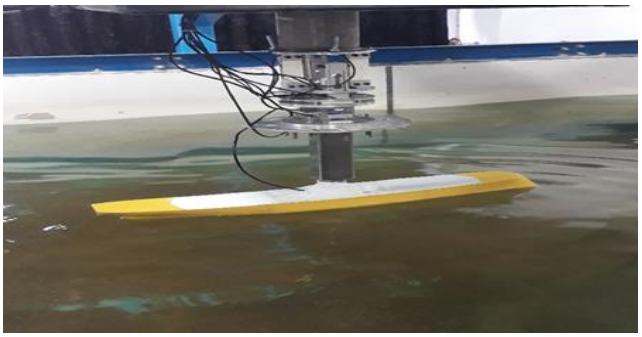
با توجه به منطقه ماموریت شناور و مشخصات امواج خلیج فارس و دریای عمان که در ۷۵ درصد اوقات امواج با ارتفاع کمتر از ۱ متر وجود دارد جهت ارزیابی عملکرد سینه های مورب ارتفاع موج یک متر درنظر گرفته شد[۲].

$$\mathrm{A} = \frac{H}{\lambda} = \frac{1}{58.6} = 0.017m \approx 17.00mm \qquad (۶)$$

مدل در سه سرعت مختلف، ۶ طول موج و دو دامنه موج برای هر فرم سینه جمعا ۳۶ راند در حوضچه کشیده شده است. جدول ۴ طول موج و فرکانس متناظر را نشان می دهد.

جدول۳ - ورودی های فرکانس و طول موج.

$\omega\ \sqrt{(L/g}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{2\pi kL}}$	$\lambda = kL$ Wavelength (m)
۳/۹۴۳	۱/۸۲۷	۰/۶L=۰/۴۶۸
۳/۴۰	۱/۵۷۷	۰/۸L=۰/۶۲۴
۳/۰۵	۱/۴۱۵	۱L=۰/۷۸
۲/۷۷	۱/۲۵۸	۱/۲L=۰/۹۴۸
۲/۵۸	۱/۱۹۶	۱/۴L=۱/۰۹۲
۲/۴۱	۱/۱۱۸	۱/۶L=۱/۲۴۸



شکل ۵ - مدل در حال تست آزمایشگاهی در حوضچه کشش.

برای اتصال بازو به مدل ابتدا باید مرکز ثقل مدل تعیین گردد. برای این کار مدل بر روی تیغه قرار داده شده و یا از دستگاه تعیین مرکز ثقل استفاده می شود. در مرحله بعد با قرار دادن مدل در حوضچه، میزان آبخور آن تنظیم می‌گردد تا مدل به آبخور طراحی برسد. در غیر این صورت با جابجایی وزنه های تعادلی مرکز ثقل و آبخور را تنظیم کرده و در نهایت مدل به دینامومتر متصل می گردد. محل اتصال به صورت فلنچ با پیچ و مهره آماده می‌شود. انجام کالیبراسیون اولیه با دقت زیاد و به کمک وزنه در هر مرحله از تست مطابق شکل ۶ انجام گردیده است.

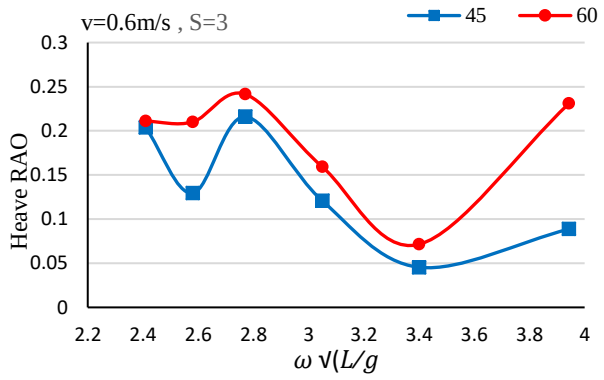


شکل۶ - کالیبراسیون مدل در حوضچه.

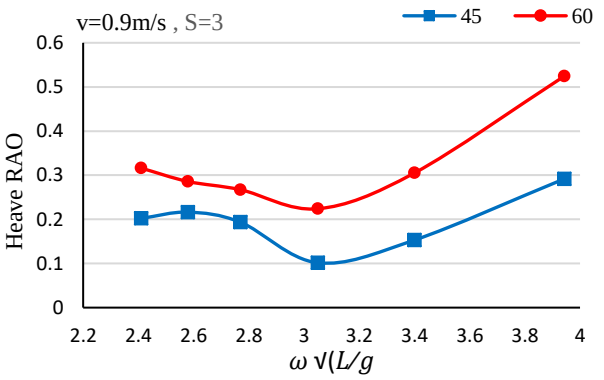
[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]

۵- بررسی نتایج حرکت هیو

در شکل های ۷ الی ۱۰رائوی هیو مدل برای دو فرم سینه نشان داده شده است. محور قائم نمودارها رائوی هیو و محور افقی فرکانس بی بعد، را نشان می دهد. همانطور که در شکل ۷ دیده می شود در سرعت ۰/۶ متر برثانیه در سرتاسر بازه فرکانسی، فرم سینه ۶۰ درجه دارای رائوی هیو بیشتری بوده است البته هر دو فرم سینه در فرکانس بی بعد ۳/۴ کمترین رائوی هیو را دارند و در فرکانس ۲/۷۷ ماکزیمم رائوی هیو را مدل ۶۰ درجه ای تجربه می‌کند. حداکثر رائوی فرم بدنه ۴۵ درجه نیز در همین فرکانس بی‌بعد دیده می‌شود. بعد از این فرکانس روند نزولی پاسخ‌ها شروع می شود که تا فرکانس ۳/۴ ادامه دارد. بعد از این فرکانس روند صعودی در نمودار رائوی هیو مشاهده می‌شود. نتایج مربوط به آزمایش مدل در سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطوریکه دیده می‌شود در کل بازه فرکانسی فرم بدنه ۴۵ درجه از مقادیر پاسخ کمتری برخوردار است. در این سرعت تغییرات قابل توجهی در پاسخ‌های دو مدل دیده نمی‌شود. مقادیر پاسخ‌ها تا فرکانس ۳/۰۵ روند کاهشی دارد که در این فرکانس به کمترین مقدار خود رسیده و سپس شروع به افزایش پیدا می‌کنند و در انتهای بازه فرکانسی به بیشترین مقدار خود می‌رسند.

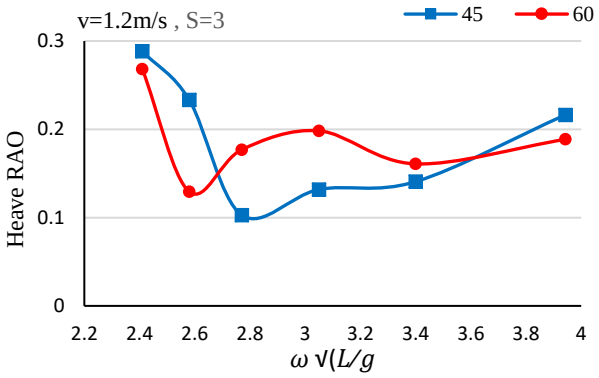


شکل ۷-مقایسه رائوی هیو شناور در سرعت ۶/ متر بر ثانیه.



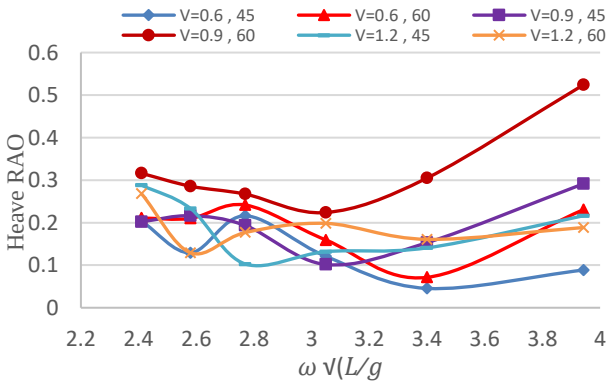
شکل ۸- مقایسه رائوی هیو شناور در سرعت ۹/ متر بر ثانیه.

شکل ۹ نتایج آزمایش برای سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه را نشان می دهد. در ابتدای بازه فرکانسی فرم سینه ۶۰ از مقادیر کمتری برخوردار است. در ادامه فرم سینه ۴۵ عملکرد بهتری از خود نشان داده و از مقادیر پاسخ کمتری برخوردار است. حداکثر پاسخ در فرکانس بی‌بعد ۲/۴ برای هر دو فرم بدنه دیده می‌شود. کمترین مقدار پاسخ برای فرم سینه ۶۰ درجه در فرکانس ۲/۵۸ و برای فرم ۴۵ درجه در فرکانس ۲/۷۷ رخ می‌دهد.



شکل ۹- مقایسه رائوی هیو شناور در سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه.

در شکل ۱۰ در سه سرعت مختلف و طول کورس۳، میزان رائوی هیو دو فرم سینه را مورد بررسی قرار گرفته است. بیشترین مقادیر مربوط به فرم سینه ۶۰ درجه در سرعت ۱/۲ متر برثانیه است. کمترین پاسخ مربوط به فرم سینه ۴۵ درجه در سرعت ۰/۶ است.



شکل۱۰- رائوی هیو شناور با دو فرم سینه ۴۵ و ۶۰ درجه در سرعت‌های مختلف.

در جدول ۴ مقایسه میانگین تغییرات رائوی حرکت هیو فرم سینه مورب ۶۰ درجه با فرم سینه معمولی ارائه شده است. مقادیر نشان می‌دهند فرم سینه مورب در ابتدا به طور میانگین ۴۳/۴۵ درصد رائوی هیو کمتری دارد که این نشان دهنده عملکرد مطلوب این نوع فرم سینه است. در ادامه فرم سینه معمولی ۱۹/۸۸درصد به طور میانگین رائوی هیو کمتری داشته است که نشان دهنده عملکرد

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]

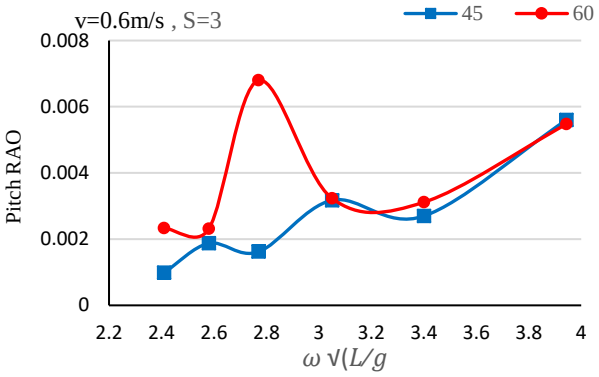
نامطلوب فرم سینه مورب در این بازه است. در جدول درصد منفی رائوی هیو کمتر فرم سینه مورب را نشان می دهد.

جدول ۴-درصد تغییرات هیو برای دو فرم بدنه(معمولی و مورب۶۰ درجه)

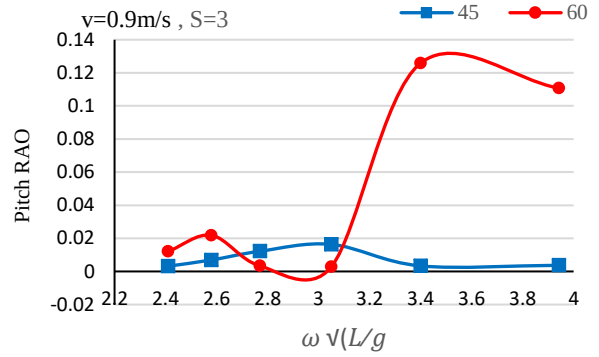
درصد تغییرات هیو از نقطه حداکثر تا انتهای بازه	درصد تغییرات هیو از ابتدا تا نقطه حداکثر	سرعت (متر بر ثانیه)
۱۷/۲۷	-۲۸/۱۲	۰/۶
۲۰/۹۳	-۴۹/۳۹	۰/۹
۲۱/۴۴	-۵۲/۸۵	۱/۲
۱۹/۸۸	-۴۳/۴۵	میانگین کلی تغییر درصد ها

۶- بررسی نتایج حرکت پیچ

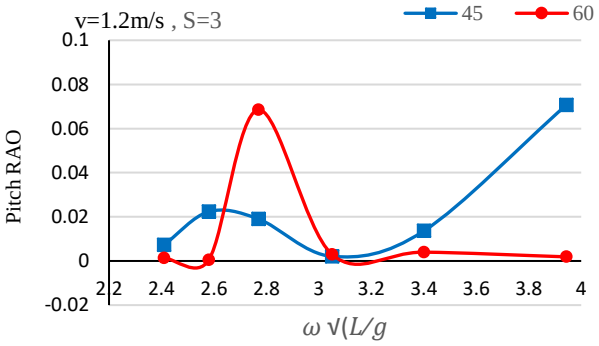
در شکل‌های ۱۱ الی ۱۴ نتایج رائوی پیچ مدل برای دو فرم سینه در سرعت‌های مختلف نشان داده شده است. محور قائم نمودارها رائوی پیچ و محور افقی فرکانس بی بعد، را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۱۱ دیده می‌شود در سرعت ۰/۶ متر برثانیه در بیشتر بازه فرکانسی، فرم سینه ۶۰ درجه دارای رائوی پیچ بیشتری بوده است به جز در بازه فرکانسی ۳/۰۵ تا ۳/۲ که فرم سینه ۴۵ درجه دارای رائوی پیچ بیشتری دارد. هر دو فرم سینه در فرکانس بی بعد ۲/۵۸ کمترین رائوی پیچ را دارند و در فرکانس ۲/۷۷ مدل ۶۰ درجه ماکزیمم رائوی پیچ را تجربه می‌کند. بعد از این فرکانس روند نزولی پاسخ‌ها برای فرم ۶۰ درجه شروع می‌شود که تا فرکانس ۳/۲ ادامه دارد. نتایج مربوط به آزمایش مدل در سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همانطوریکه دیده می‌شود در کل بازه فرکانسی فرم بدنه ۴۵ درجه از مقادیر پاسخ کمتری برخوردار است به جز در بازه فرکانسی۲/۷ تا ۳/۱ که فرم سینه ۴۵ درجه دارای رائوی پیچ بیشتری دارد. در این سرعت تغییرات قابل توجهی در پاسخ‌های دو مدل دیده می‌شود. مقادیر پاسخ‌ها تا فرکانس ۲/۹۹ برای فرم ۶۰ درجه روند کاهشی دارد که در این فرکانس به کمترین مقدار خود رسیده و سپس شروع به افزایش پیدا می‌کنند و در انتهای بازه فرکانسی به بیشترین مقدار خود می‌رسند. شکل ۱۳ نتایج آزمایش برای سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد. در ابتدای بازه فرکانسی فرم سینه ۶۰ از مقادیر کمتری برخوردار است. در ادامه فرم سینه ۴۵ عملکرد بهتری از خود نشان داده و از مقادیر پاسخ کمتری برخوردار است و در بازه فرکانسی یک سوم انتهایی مجددا فرم ۶۰ درجه عملکرد مطلوب تری دارد. حداکثر پاسخ در فرکانس بی‌بعد ۲/۷۶ برای فرم بدنه ۶۰ درجه دیده می‌شود. کمترین مقدار پاسخ برای فرم سینه ۶۰ درجه در فرکانس ۲/۵۵ و برای فرم ۴۵ درجه در فرکانس ۲/۴ رخ می‌دهد.



شکل ۱۱-مقایسه رائوی پیچ شناور در سرعت ۶/ متر بر ثانیه.



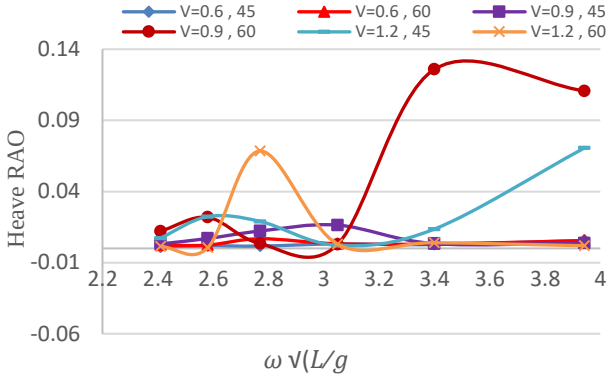
شکل ۱۲-مقایسه رائوی پیچ شناور در سرعت۰/۹ متر بر ثانیه.



شکل ۱۳-مقایسه رائوی پیچ شناور در سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه.

در شکل۱۴ در سه سرعت مختلف و طول کورس۳، میزان رائوی پیچ دو فرم سینه ۴۵ و ۶۰ درجه مورد مقایسه قرار گرفته است. بیشترین مقادیر مربوط به فرم سینه ۶۰ درجه در سرعت ۰/۶ و ۱/۲ متر برثانیه است. کمترین پاسخ مربوط به فرم سینه ۴۵ درجه در سرعت ۰/۶ است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]



شکل ۱۴- رائوی پیچ شناور با دو فرم سینه ۴۵ و ۶۰ درجه در سرعت‌های مختلف.

در جدول ۵ مقایسه میانگین تغییرات رائوی حرکت پیچ فرم سینه مورب ۶۰ درجه با فرم سینه معمولی ارائه شده است. مقادیر نشان می‌دهند فرم سینه معمولی در ابتدا به طور میانگین ۳۴/۷۵ درصد رائوی پیچ بیشتری دارد که این نشان دهنده عملکرد مطلوب این نوع فرم سینه است. در ادامه نیز فرم سینه معمولی ۱۴/۹۱درصد به طور میانگین رائوی پیچ کمتری داشته است که نشان دهنده عملکرد نامطلوب فرم سینه مورب در این بازه است. در جدول درصد منفی رائوی پیچ کمتر فرم سینه مورب را نشان می‌دهد.

جدول ۵-درصد تغییرات پیچ برای دو فرم بدنه(معمولی و مورب۶۰ درجه)

درصد تغییرات هیو از نقطه حداکثر تا انتهای بازه	درصد تغییرات هیو از ابتدا تا نقطه حداکثر	سرعت (متر بر ثانیه)
۱۳/۳۵	-۲۵/۸۹	۰/۶
۱۴/۴۰	۳۸/۷۲	۰/۹
۱۷/۰۷	۳۹/۶۵	۱/۲
۱۴/۹۱	۳۴/۷۵	میانگین کلی تغییر درصد ها

در جداول ۶ و ۷ درصد تغییرات حرکات هیو و پیچ در سرعت‌های مختلف نشان داده شده است. با توجه به جدول ۶، در سرعت‌های ۰/۶ و ۰/۹ متر بر ثانیه به طور متوسط به ترتیب ۲۹٪ و ۳۰٪ افزایش در پیچ و در سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه به میزان ۲/۷٪ کاهش در حرکت هیو فرم سینه ۶۰ درجه مشاهده می‌شود. با توجه به جدول ۷، در سرعت‌های ۰/۶ و ۰/۹ متر بر ثانیه به طور متوسط به ترتیب ۲۷٪ و ۴۴٪ افزایش در پیچ و در سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه به میزان ۱۰٪کاهش در حرکت پیچ فرم سینه ۶۰ درجه مشاهده می‌شود.

جدول ۶-درصد تغییرات هیو برای دو فرم بدنه معکوس (۴۵ و ۶۰ درجه).

میزان تغییرات هیو در طول کورس ۳ سانتی متر							فرکانس (هرتز)
۱/۲متر/ثانیه			۰/۹متر/ثانیه			۰/۶متر/ثانیه	
درصد تغییرات	Heave ۶۰درجه(م م)	Heave ۴۵درجه(م م)	درصد تغییرات	Heave ۶۰درجه(م م)	Heave ۴۵درجه(م م)	درصد تغییرات	Heave ۶۰درجه(م م)	Heave ۴۵درجه(م م)	
-۱۴	۴/۱۵	۴/۷۶	۴۴/۵	۱۱/۵۴	۶/۴۲	۶۲/۳	۵/۰۸	۱/۹۵	۱/۱۲
-۵۶	۱/۵۲	۳/۵۲	۳۳/۴	۷/۶۲	۵/۰۸	۳۶/۲	۱/۷۹	۱/۱۴	۱/۲
۳۳/۵	۵/۱۶	۳/۴۲	۷۶	۱۱/۰۲	۲/۶۴	۲۴	۴/۱۴	۳/۱۴	۱/۲۶
۴۱	۴/۷۷	۲/۷۷	-۲۹/۱	۳/۷۰	۵/۲۲	۱۰/۲	۶/۵۲	۵/۸۴	۱/۴۱
-۴۴/۵	۳/۶۲	۳/۵۴	۲۴	۸	۶/۰۵	۳۸/۴	۵/۸۸	۳/۶۲	۱/۵۸
۲۲/۲	۸/۰۵	۶/۲۵	۳۶	۹/۴۸	۶/۰۶	۳	۶/۳۳	۶/۱۱	۱/۸
-۲/۷۴			۳۰/۸۴			۲۹/۰۱			میانگین درصدها

جدول ۷-درصد تغییرات پیچ برای دو فرم بدنه معکوس (۴۵ و ۶۰ درجه).

میزان تغییرات هیو در طول کورس ۳ سانتی متر							فرکانس (هرتز)
۱/۲متر/ثانیه			۰/۹متر/ثانیه			۰/۶متر/ثانیه	
درصد تغییرات	Heave ۶۰درجه(م م)	Heave ۴۵درجه(م م)	درصد تغییرات	Heave ۶۰درجه(م م)	Heave ۴۵درجه(م م)	درصد تغییرات	Heave ۶۰درجه(م م)	Heave ۴۵درجه(م م)	
-۷۱	۰/۱۱	۰/۳۹	۶۳	۰/۶۲	۰/۲۲	-۳	۰/۰۳۰	۰/۰۳۱	۱/۱۲
۷۷	۰/۰۲۹	۰/۰۹۸	۷۰	۰/۹۱	۰/۲۷	۱۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۹	۱/۲
۳۰	۰/۰۲۶	۰/۰۱۸	-۸۵	۰/۰۲۴	۰/۱۴	۳/۵	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۱/۲۶
۷۲	۰/۷۵	۰/۲۱	۷۶	۰/۰۳۷	۰/۱۳	۷۶	۰/۰۷۴	۰/۰۱۸	۱/۴۱
-۸۳	۰/۰۵۶	۰/۳۲	۷۰	۰/۳۱	۰/۰۹۸	۱۸	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶۴	۱/۵۸
-۸۵	۰/۰۲۸	۰/۱۵	۷۵	۰/۲۴	۰/۰۶۴	۵۹	۰/۰۴۷	۰/۰۱۲	۱/۸
-۱۰			۴۴			۲۷			میانگین درصدها

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]

۷ - نتیجه گیری

در این مطالعه تاثیر فرم سینه مورب بر روی حرکات هیو و پیچ یک مدل مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات با دو فرم سینه ۴۵ و ۶۰ درجه در سه سرعت و شش فرکانس در دامنه موج ۳۵ میلیمتر انجام گرفت. بر اساس نتایج حاصل از حرکات هیو مدل‌ها مشخص گردید بیشترین مقادیر مربوط به فرم سینه ۶۰ درجه در سرعت ۱/۲ متر برثانیه است. کمترین پاسخ مربوط به فرم سینه ۴۵ درجه در سرعت ۰/۶ است. به طور کلی در سرعت ۰/۶ متر برثانیه به طور میانگین ۲۹ درصد در سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه ۳۰/۴۸ و در سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه ۲/۷۴ درصد افزایش در رائوی هیو فرم سینه ۶۰ درجه مشاهده شد.

در خصوص حرکت پیچ بیشترین مقادیر مربوط به فرم سینه ۶۰ درجه در سرعت ۰/۶ و ۱/۲ متر برثانیه است. کمترین پاسخ مربوط به فرم سینه ۴۵ درجه در سرعت ۰/۶ است. به طور کلی در سرعت ۰/۶ متر برثانیه به طور میانگین ۲۷/۵۸ درصد در سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه ۳۰/۸۴ و در سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه ۵/۶ درصد افزایش در رائوی هیو فرم سینه ۶۰ درجه مشاهده شد.

نتایج حاصل نشان داد با کاهش فرم سینه مدل از ۶۰ به ۴۵ درجه عملکرد دریامانی شناور بهبود پیدا می کند. وجود پیچ خوردگی و ایجاد نقاط ماکزیمم و مینیمم محلی بر روی نمودارها نشان دهنده کوپل حرکات هیو و پیچ با یکدیگر است که در فرکانس‌های خاصی این پدیده رخ می دهد.

۹- کلید واژگان

1- Quince
2- Heave motion
3- Pitch motion
4- Stroke
5- ZEMIC
6- Rahino
7- Solid Works
8- Side wall effect
9- Blockage phenomenon

۱۰- منابع و مراجع

[1] Gammon, M., (2011), *Optimization of fishing vessels using a Multi-Objective Genetic Algorithm*, Journal of Ocean Engineering, Vol. 38(10), pp. 1054-1064.

[2] Kukner, A. and Sariöz, K., (1995), *High speed hull form optimization for seakeeping*
.;. Adv. Eng. Software, vol.22, pp. 179–189, *www.elsevier. Com.*

[3]USS Zumvalt Destroyer,(2001), *Ship Handling and Stability in High Seas*, First Published at Internet, *Www.phisical psience.com*.

[4] Keuning, A., Toxopeus, S. and Pinkster, J., (2012), The *Effect of Bow shape On the Seakeeping Performance of a Fast Monohall*, *www.elsevier. Com.*

[5] Boulogouris, E. and Papanikolaou, A., (2011), *Hull form Optimization of a High Speed Wave Piercing Monohull*, *www.elsevier. Com.*

[6] Chang, ZH. and Sang, H., (2004), *investigation of seakeeping of characteristic high speed catamaran in waves*, *www.elsevier. Com*.

[7] Maimeon, A. and Yakoob, O., (2006), *seakeeping analyses of a fishing vessel operating in Malaysian water*.

[8] Keun, J.A. and van, F., (2011), *The comparison of the hydrodynamic behavior of three fast patrol boats with special hull geometries Hydrodynamics*, *www.elsevier. Com.*

[9] Clauss, G.F., (2008), *The Taming of the Shrew: Tailoring Freak Wave Sequences for Seakeeping Tests*, Journal of Ship Research, Volume 52.

[10]Great Britain Royal navy., (2008), *Transactions of the (Royal) Institution of Naval Architects*.

[11] Datta, R. and Roudrigez, J., (2011), *study of the motion of the fishing vessel by a time domain*.

[12] Keuning, J.A., Visch, G.L., Gelling, J. and de Vries L.,(2011), *Development of a new SAR boat for the Royal Netherlands Sea Rescue Institution*. *In* Proceedings of the 11th International Conference on Fast Sea Transportation.

[13] Kulzic, J. and Gornics, T., (2014), The *analysis of motion dynamic and resistance of multipurpose boats in shallow waters*.

[14] Kensett white, J., Brizzolara, S.and Beaver, W. ,(2015),*Effect of Inverted bow on the Hydrodynamic Performance of Navy Combatant Hull form*.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.31.6.5]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.31.123]