

(مقاله پژوهشی)

**بررسی تجربی فشار وارده بر بدنه‌های شناور تریماران از نگاه پدیده کوبش**روح اله میرزاآقانسب گردودبازی<sup>۱</sup>، محمد رضا خدمتی<sup>۲</sup>، کریم اکبری وکیل آبادی<sup>۳</sup>، ابوالفتح عسکریان خوب<sup>۴</sup>[khedmati@aut.ac.ir](mailto:khedmati@aut.ac.ir)

۱- کارشناس ارشد دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)

۲- استاد دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)

۴- استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)

**چکیده**

کوبش بطور معمول ترکیبی از بارهای مختلفی است که بر بدنه شناور وارد می‌شود و یکی از عوامل اساسی ایجاد خرابی و شکست در سازه شناورها است. تاثیر ناشی از کوبش در مقایسه با سایر بارگذاری‌های حاصل از امواج دریا، قابل ملاحظه بوده بطوریکه در برخی از مواقع بصورت محلی شناورها را دچار آسیب‌های سازه‌ای جدی می‌کنند. عدم تخمین صحیح بارهای ناشی از کوبش، باعث طراحی نامناسب سازه کشتی، و در نتیجه تضعیف ایمنی کشتی می‌گردد. در شناورهای سه بدنه نیروی سیالی که به بدنه کناری شناور اعمال می‌شود توسط عرشه عرضی به بدنه اصلی منتقل می‌گردد. در نتیجه یکی از مهمترین بخش‌های سازه این شناور، سازه عرشه عرضی است که طراحی آن نیاز به محاسبه نیروهای موج وارد بر آن دارد. در این مقاله پدیده کوبش بر روی بدنه کناری و عرشه عرضی شناور سه بدنه از طریق اندازه‌گیری فشار ایجاد شده ناشی از برخورد بدنه مدل شناور با سطح آب به صورت تجربی بررسی گردیده است. نتایج نشان داد که در شناورهای سه‌بدنه در قسمت‌های کف شناور از سینه به سمت پاشنه فشار وارده به کف افزایش می‌یابد. همچنین فشار وارد بر عرشه عرضی از بدنه اصلی به سمت بدنه‌های کناری افزایش می‌یابد. در موقعیت محور سکان و خروجی شافت از بدنه اصلی بدلیل برخورد زودتر پاشنه بدنه اصلی با سطح آب نسبت به بدنه‌های کناری فشار وارده نسبت به سایر موقعیت‌ها بیشتر است.

**واژگان کلیدی: کوبش، شناور سه‌بدنه، بیشینه فشار، توزیع فشار، عرشه عرضی**

DOI: 10.22034/ijmt.2022.129494.1622

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰

تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۲۴

صص ۲۵-۳۵

## ۱- مقدمه

هنگامی که یک جسم از ارتفاعی به داخل آب سقوط می کند، با یک سرعت نسبی با سطح آب برخورد کرده و وارد آن می گردد. از آنجایی که زمان برخورد خیلی کوتاه می باشد، بارهای هیدرودینامیکی بوجود آمده، قابل ملاحظه بوده و بر سطح برخورد جسم اعمال می شوند. وقتی کشتی در آب حرکت می کند همواره این برخورد بین سطح بدنه کشتی و سطح آب در اثر وجود امواج بوجود می آید که به آن کوبش گفته می شود. وقتی کف شناور با سرعت معین به سطح آب برخورد می کند شتابی از طرف آب به جسم وارد شده و باعث کاهش سرعت و همزمان با آن اعمال نیروهایی به شناور می شود. این شتاب که در کسری از میلی ثانیه اتفاق می افتد باعث ایجاد ضربه به اجزاء و تجهیزات داخلی شناور شده که در صورت عدم پیش بینی آن می توان در لحظه برخورد باعث آسیب جدی و چه بسا از کارافتادگی و غرق شدن شناور گردد. مجموعه این نیروها باعث ایجاد تنش در طول بدنه شناور شده که نباید این تنش از میزان تنش تسلیم بیشتر گردد چرا که در این صورت شناور دچار صدمات جدی خواهد شد. بنابراین اهمیت موضوع چگونگی رفتار شناور در دریا و مشخص شدن پارامترهای مهم می تواند در طراحی های اولیه اثرگذار باشد. جهت پیش بینی نیروهای کوبش و کاهش خسارات ناشی از آن تاکنون تحقیقات بسیاری انجام شده که استفاده از مدل آزمایشگاهی در بین روش های دیگر بسیار پر هزینه خواهد بود چرا که نیاز به تجهیزاتی نظیر کانال موج طویل و مدل متحرک دارد ولیکن روش بسیار مفیدی است. اولین مطالعات مقدماتی تحلیلی را در این زمینه ون کارمن<sup>۱</sup> انجام داد که به صورت ورود سطح مقطع سازه بدنه شناور به آب و یافتن نتایج حاصل از آن بود. در این تئوری نیروی وارد بر سطح مقطع شناورها در اثر اعمال ضربه از طرف سطح آب به دست می آید که اساس این ایده پردازی بر مبنای اندازه حرکت آنها بوده است [۱].

واگنر<sup>۲</sup> در سال ۱۹۳۲ تئوری ون کارمن را توسعه داده و بصورت واقعی تری در نظر گرفت و راه حل مناسب جهت رفتار شناور ارائه کرد. ایشان به این نتیجه رسید که

تحلیل شناور در امواج دریا باعث می شود مسائل بدون محاسبات دینامیکی حل شوند. ضمن آنکه در تحقیقات ایشان از تاثیر نیروی شناوری، درگ و لزجت دینامیکی نیز صرف نظر شده است [۲].

ژائو<sup>۳</sup> و همکارانش در سال ۱۹۹۳ با استفاده از روش توسعه یافته تری به محاسبه فرکانس و رزونانس امواج ناشی از ارتعاش بدنه کشتی پرداختند. بر اساس این نظریه، اثر طول موج و سرعت رو به جلو و موج تولید شده بر روی فرکانس طبیعی بررسی شده بود [۳].

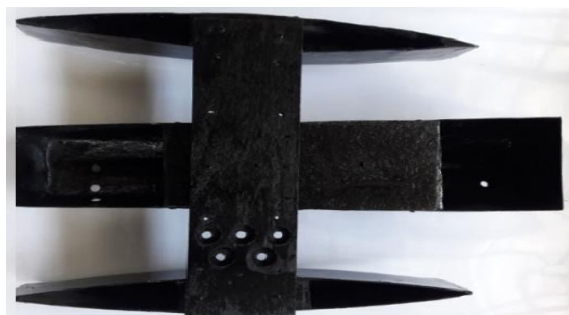
در سال ۱۹۹۶ کاروپیکن<sup>۴</sup> [۴] تئوری های دو بعدی را با لحاظ نمودن تراکم پذیری و تغییر شکل سطح آزاد توسعه داد و تئوری خود را برای اجسام سهمی شکل که روی سطح آب آرام سقوط می کردند ارائه نمود.

در سال های اخیر آزمایش های زیادی بر روی مدل های مختلفی از شناورها انجام شد که با اندازه گیری دقیق سرعت برخورد و همچنین ارتفاع برخورد شناور با سطح آب نتایج خوبی بدست آمده که در مقایسه با نتایج عددی آن قابل قبول می باشد. از نمونه این آزمایش های می توان به آزمایش انجام شده توسط راموس<sup>۵</sup> و همکارانش در سال ۲۰۰۰ اشاره کرد که بر روی مدل یک شناور کانتینر برداشته شد [۵]. در سال ۲۰۰۸ جان لی<sup>۶</sup> و همکارانش توزیع فشار ناشی از کوبش را برای یک قایق تندرو به روش تجربی از طریق یک مدل با

مقیاس ۷:۱ مورد مطالعه قرار دادند. تمرکز آنها بر روی یافتن دقیق نیروهای وارده در جهت بهینه نمودن وزن شناور و افزایش سرعت شناور بود. آنها همچنین ارتباط فرکانس طبیعی شناور و پدیده کوبش را بررسی نمودند [۶]. در سال ۲۰۰۸ تی تونیس<sup>۷</sup> و همکارانش مطالعات تجربی بر روی گوه با بدنه صلب انجام داده آنها مشاهده کردند که پس از ورود شکستگی بدنه در آب، جرم افزوده تغییر کرده و میزان این تغییر بر اساس ارتفاع مغروق شدن ناحیه شکستگی تا ۸۰ درصد نیز می باشد [۷]. در سال ۲۰۱۴ ان سانتور<sup>۸</sup> و همکارانش بر روی یک قایق سرعت بالای تک بدنه آزمایش های کوبش کف را

<sup>۳</sup> Zhao<sup>۴</sup> Korobki<sup>۵</sup> Ramos<sup>۶</sup> June lee<sup>۷</sup> T.Tveitnes<sup>۸</sup> N.Santor<sup>۱</sup> Von Karman<sup>۲</sup> Wagner

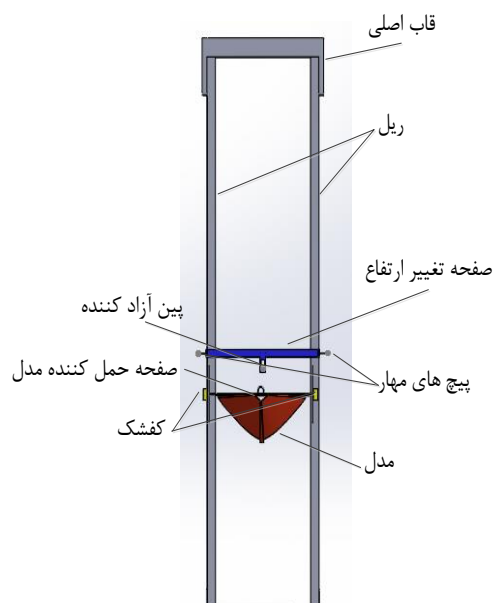
۱۵/۸	۷/۹	ارتفاع بدنه کناری
۱۹/۴	۹/۷	فاصله بین خط وسط بدنه اصلی با بدنه کناری



شکل (۱) مدل فایبرگلاس شناور سه‌بدنه

### ۳- تجهیزات آزمایشگاهی

سازه آزمایش از دو پروفیل آهنی T شکل تشکیل شده است که مدل به یک صفحه حمل کننده با قابلیت دوران حول محور مربوطه، متصل شده است. صفحه تغییر ارتفاع، پروفیل‌های T شکل را احاطه کرده و بوسیله پیچ‌های مهار در هر طرف مکانیزم کشویی، بر روی پروفیل‌های T تثبیت می‌گردد. صفحه و مدل به وسیله پین آزاد کننده بر روی صفحه تغییر ارتفاع ثابت می‌گردد. با کشیدن پین، صفحه حمل کننده و مدل به صورت سقوط آزاد بر روی سطح آب رها می‌گردد [۱۲]. ارتفاع مفید برای انجام آزمایش از طریق این مکانیزم از ۴۰ تا ۱۴۰ سانتیمتر متغیر باشد. اجزای تشکیل دهنده مکانیزم آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است.



انجام دادند. آنها نتایج خود را با تئوری فالتینسن و ژائو مقایسه نمودند. در آزمایش با سرعت ۵/۷۵ متر بر ثانیه اختلاف نتایج ۰/۸ بود [۸]. در سال ۲۰۱۴ یوسف نژاد و همکارانش تجزیه و تحلیل پدیده کوبش را بر روی یک شناور دو بدنه با ثابت نگه داشتن سرعت عمودی و افزایش زاویه برخورد در فواصل مختلف بین بدنه‌ها را انجام دادند [۹]. در سال ۲۰۱۷ یونگ یانگ شین<sup>۱</sup> و همکارانش به بررسی تجربی پدیده کوبش بر روی یک بدنه مسطح فلزی و غیر قابل نفوذ در حوضچه کشش در ارتفاع‌های مختلف بین ۱ تا ۲ متر و بصورت سقوط آزاد انجام دادند [۱۰].

### ۲- شناور مورد بررسی

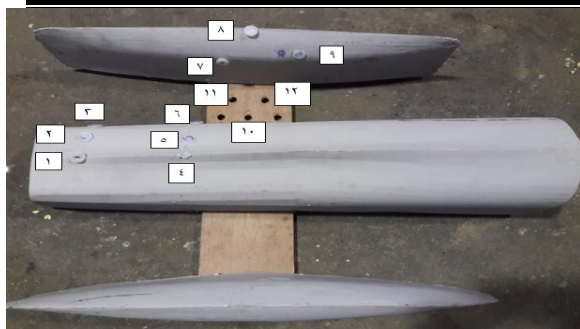
کاهش یک سازه پیچیده بدون از بین بردن خصوصیت مهم در رفتار نمونه اصلی، به طوری که نمونه اصلی به یک سازه ساده معنی‌دار تبدیل شود را مدل کردن می‌گویند. هدف آزمایش و محدودیت‌های موجود در راستای مدل کردن به مانند منابع موجود در آزمایشگاه و مشکل‌های ساخت مدل، مقیاس مدل کردن را تعیین می‌کند [۱۱].

شناور مورد بررسی در این پروژه یک شناور سه‌بدنه می‌باشد که جهت بدست آوردن فشار وارده بر بدنه‌های کناری، شناور با رعایت تشابه هندسی با مقیاس ۱:۵۰ بصورت چوبی مدل شده است و از آنجاییکه هدف در این پروژه بدست آوردن فشار وارده بر قسمت‌های مختلف بدنه شناور می‌باشد، شناور بصورت فایبرگلاس مدل شده تا امکان نصب سنسور در نقاط مختلف بدنه وجود داشته باشد. مشخصات هندسی شناور و مدل مربوطه در جدول ۱ آورده شده است. همچنین شکل ۱ مدل فایبرگلاس شناور سه‌بدنه مورد نظر را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مشخصات شناور و مدل مورد بررسی

مشخصه	شناور واقعی (متر)	مدل (سانتی‌متر)
طول شناور	۱۲۴	۲۴۸
عرض شناور	۲۱/۷	۴۳/۴
ارتفاع شناور	۱۱/۷	۲۳/۴
طول بدنه کناری	۳۶	۷۲
عرض بدنه کناری	۳/۷	۷/۴

<sup>۱</sup> Hyunkyung Shin



شکل (۳) محل قرارگیری حسگرها بر روی مدل

تمامی آزمایش‌ها در چهار ارتفاع سقوط متفاوت (۰,۶، ۰,۸، ۱,۰ و ۱,۲ متر) صورت گرفته است. آزمایش‌ها در حالتی انجام شده که فاصله بین خط مرکزی بدنه اصلی و بدنه کناری به اندازه ۱۹/۴ سانتیمتر قرار گرفته و انتهای بدنه کناری به فاصله ۱۰ سانتیمتر جلوتر از انتهای بدنه اصلی می‌باشد. آزمایش‌ها در چهار ارتفاع مجزا (سرعت برخورد متناظر) انجام گرفته و نمودارهای فشار بر حسب بازه زمانی در همه موقعیت‌ها (خروجی شافت از بدنه اصلی، راستای محور سکان، بدنه کناری و عرشه عرضی) و در ارتفاع‌های مختلف در شکل‌های ۴ الی ۷ نشان داده شده است. در همه نمودارها در راستای محور سکان و خروجی شافت از بدنه اصلی، سنسور C در کف، سنسور B در قسمت وسط و سنسور A در قسمت بالای بدنه قرار گرفته است. در بدنه‌های کناری سنسور B در کف، سنسور A در قسمت جلو و سنسور C در قسمت عقب بدنه می‌باشد. همچنین مقادیر بیشینه فشار ناشی از آزمایش‌ها در موقعیت و ارتفاع سقوط متفاوت در جدول ۲ نشان داده شده است.

شکل (۲) اجزای اصلی مکانیزم آزمایش

به منظور اندازه‌گیری فشار وارد بر بدنه شناور از حسگرهای پیزوالکتریک استفاده شده که قابلیت اندازه‌گیری فشار لحظه‌ای ۰-۴ بار را دارا می‌باشد [۱۳]. [۱۴]. مقادیر فشار اندازه‌گیری شده که بصورت سیگنال‌های آنالوگ ولتاژی می‌باشد به واحد داده‌برداری که قابلیت تفکیک‌پذیری ورودی و خروجی آنالوگ به اندازه ۱۲bit را دارند ارسال می‌گردد. در آزمایش‌های مشابه که توسط روست<sup>۱</sup> و همکارانش [۱۵]، تنوبر<sup>۲</sup> و همکارانش [۱۶] و شان وانگ<sup>۳</sup> و همکارانش [۱۷] انجام شده است، حداقل فرکانس ۵KHZ برای تجهیزات داده‌برداری پیشنهاد گردیده است.

برای اعتبارسنجی مقادیر خروجی از حسگرها، از یک دستگاه درجه‌بندی حسگر استفاده گردیده است که حسگرهای فشار به ترتیب به دستگاه متصل شده و با اعمال فشارهای مختلف، مقادیر ولتاژ خروجی از حسگرها بر حسب ولت از طریق واحد داده‌برداری ضبط و ثبت می‌گردد.

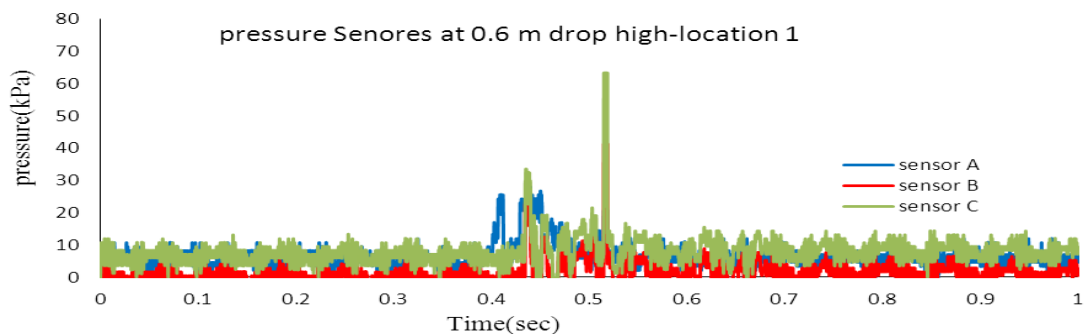
#### ۴- انجام تست‌های تجربی

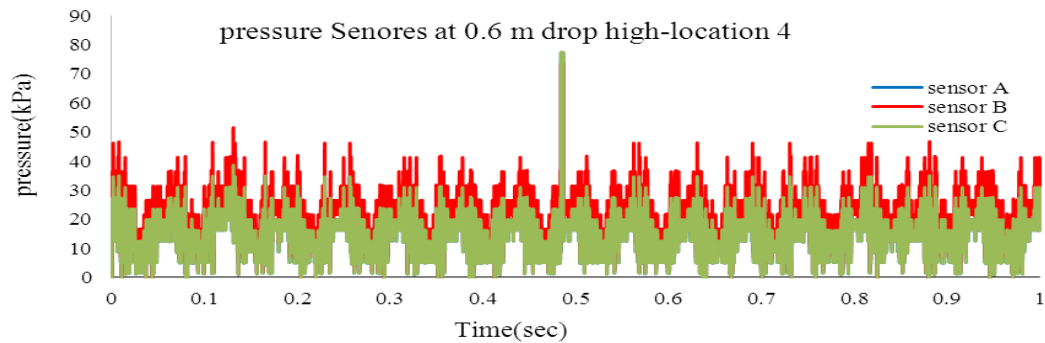
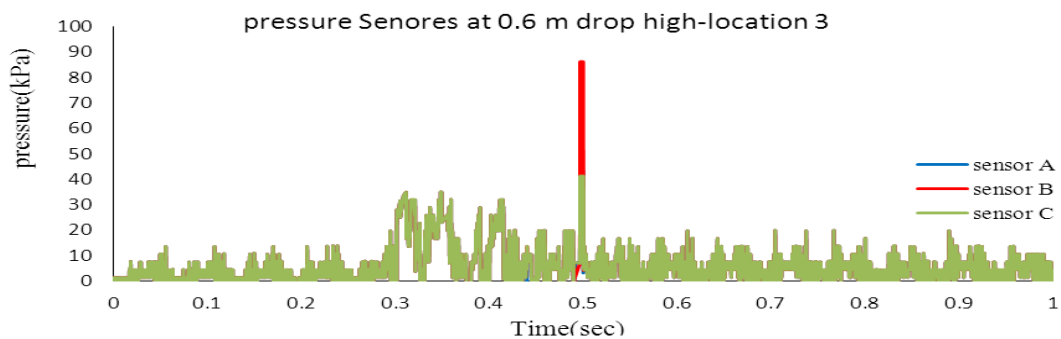
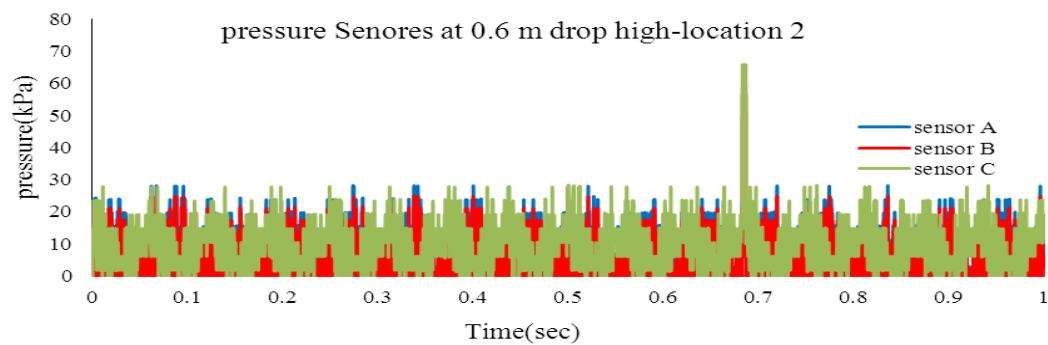
آزمایش‌های انجام شده برای اندازه‌گیری فشار حاصل از برخورد با سطح آب در نواحی مختلف مدل شناور، از طریق شبیه‌سازی پدیده کوبش، بوسیله سقوط آزاد مدل در ارتفاع‌های مختلف انجام گرفته است. در این پژوهش چهار ایستگاه برای اندازه‌گیری فشار بر روی مدل در نظر گرفته شده که یک ایستگاه بر روی بدنه اصلی در قسمت خروجی شافت از بدنه اصلی، ایستگاه دیگر در راستای محور سکان، یک ایستگاه روی عرشه عرضی و ایستگاه دیگر در بدنه کناری در نظر گرفته شده است. در هر ایستگاه در ۳ نقطه مختلف فشار اندازه‌گیری شده است. بر روی عرشه عرضی و همچنین بدنه کناری نیز در ۳ نقطه مختلف آزمایش تست انجام شده است. موقعیت قرارگیری حسگرها در نقاط مختلف مدل در تصویر ۳ نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> Rousset  
<sup>۲</sup> Tanvir  
<sup>۳</sup> Shan Wang

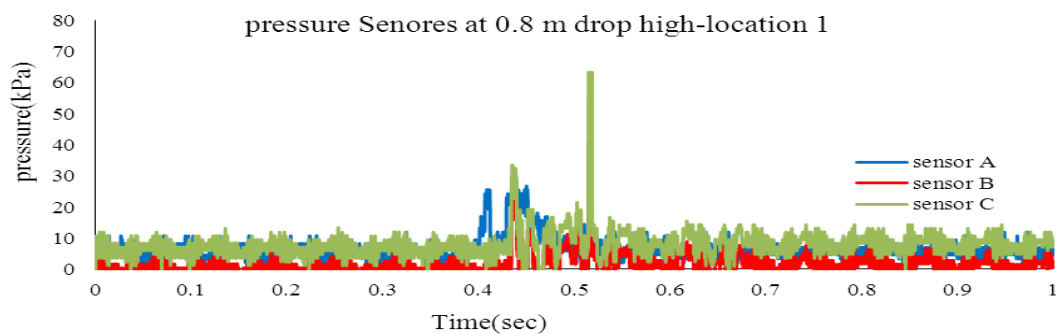
جدول (۲) بیشینه فشار ناشی از آزمایش ها در موقعیت ها و ارتفاع سقوط متفاوت

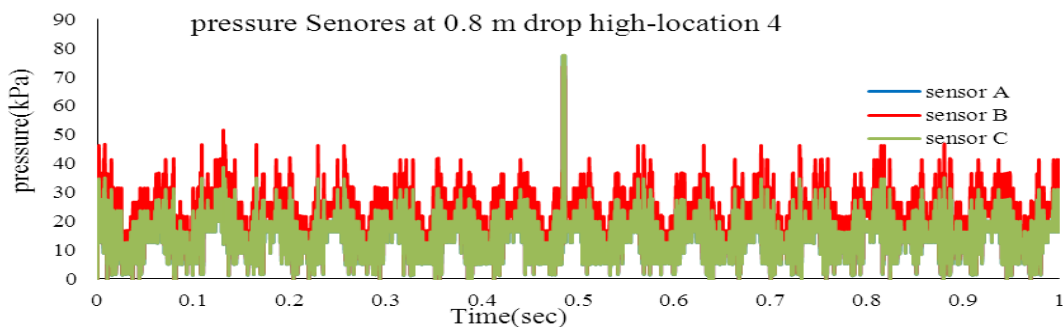
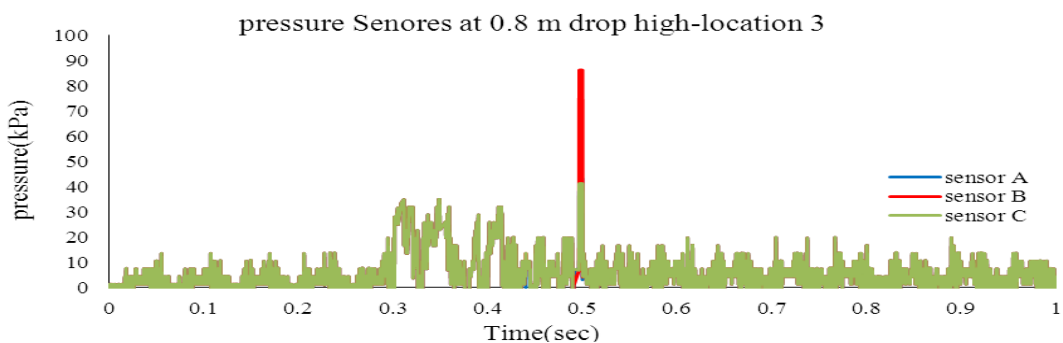
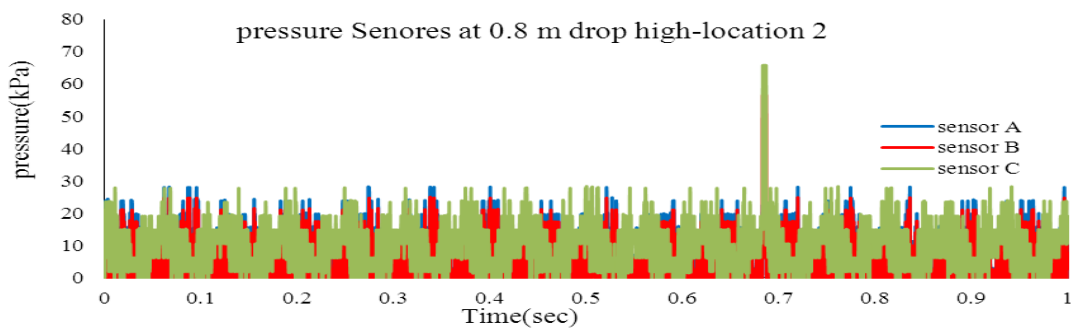
Location No	Drop high (m)	Contact speed(m/s)	Peak pressure (K pa)		
			Sensor A	Sensor B	Sensor C
خروجی شافت از بدنه	۰/۶	۳/۴	۲۱/۷	۶۰/۰۷	۶۸/۲
	۰/۸	۳/۹۶	۲۸/۱	۸۵/۱	۸۴/۷
	۱/۰	۴/۴۲	۳۶/۱	۹۸/۸	۱۰۷/۶
	۱/۲	۴/۸۵	۴۴/۱۳	۱۰۸/۸	۱۲۷/۵
محور سکان	۰/۶	۳/۴	۲۴/۳	۵۸/۵	۶۸/۱
	۰/۸	۳/۹۶	۳۱/۸	۷۹/۲	۸۵/۱۲
	۱/۰	۴/۴۲	۳۷/۷	۹۶/۲۴	۱۱۳/۱۴
	۱/۲	۴/۸۵	۴۶/۵	۱۱۸/۰۹	۱۳۱/۲۱
بدنه کناری	۰/۶	۳/۴	۳۴/۲۱	۶۳/۰۴	۳۴/۲۳
	۰/۸	۳/۹۶	۳۵/۰۲	۷۱/۱	۳۷/۲۵
	۱/۰	۴/۴۲	۳۸/۰۶	۷۷/۱۴	۳۸/۱۹
	۱/۲	۴/۸۵	۴۳/۱۸	۸۶/۲۵	۴۱/۰۷
عرشه عرضی	۰/۶	۳/۴	۷۳/۴	۷۰/۵	۷۲/۲
	۰/۸	۳/۹۶	۷۹/۵	۷۷/۱	۸۰/۴
	۱/۰	۴/۴۲	۹۴/۱	۸۷/۸	۹۳/۱
	۱/۲	۴/۸۵	۹۷/۶	۹۱/۶	۹۶/۸



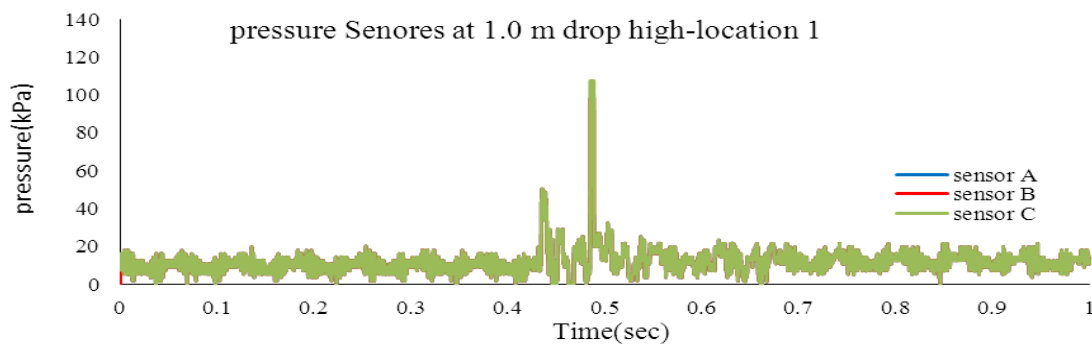


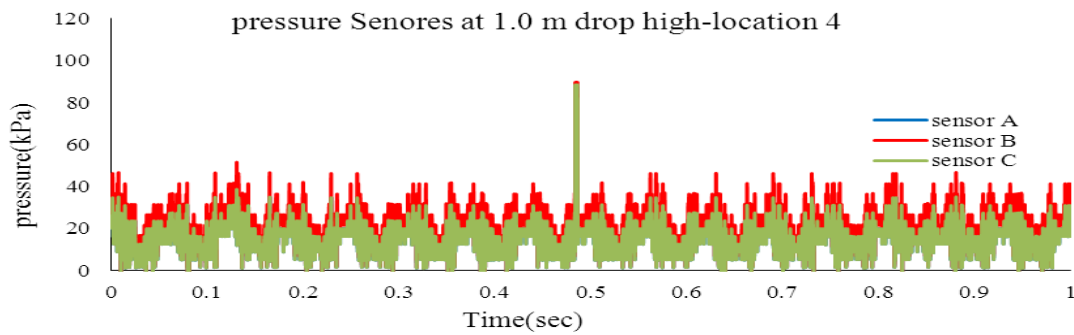
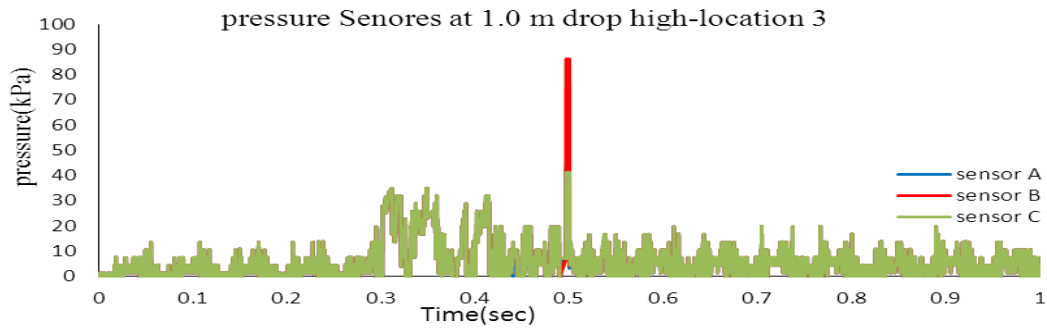
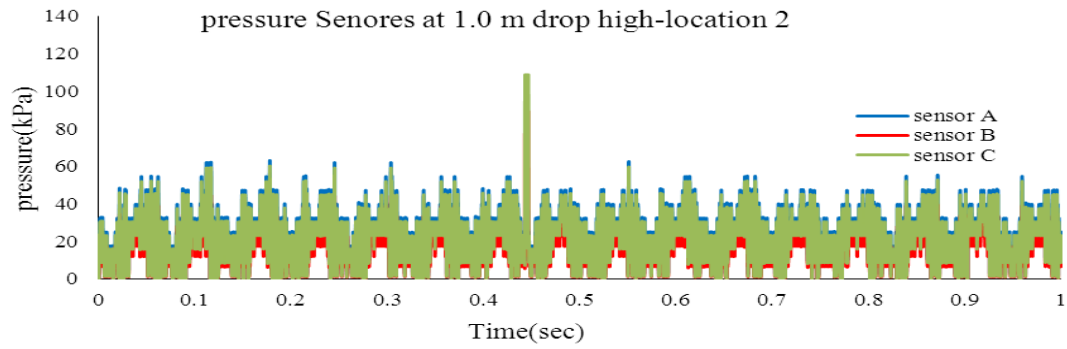
شکل (۴) نمودار فشار- زمان در ۴ موقعیت و ارتفاع سقوط ۰/۶ متر



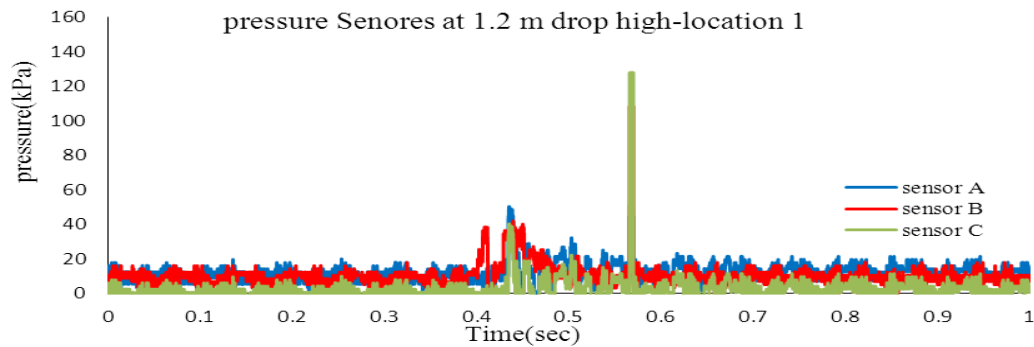


شکل (۵) نمودار فشار- زمان در ۴ موقعیت و ارتفاع سقوط ۰/۸ متر

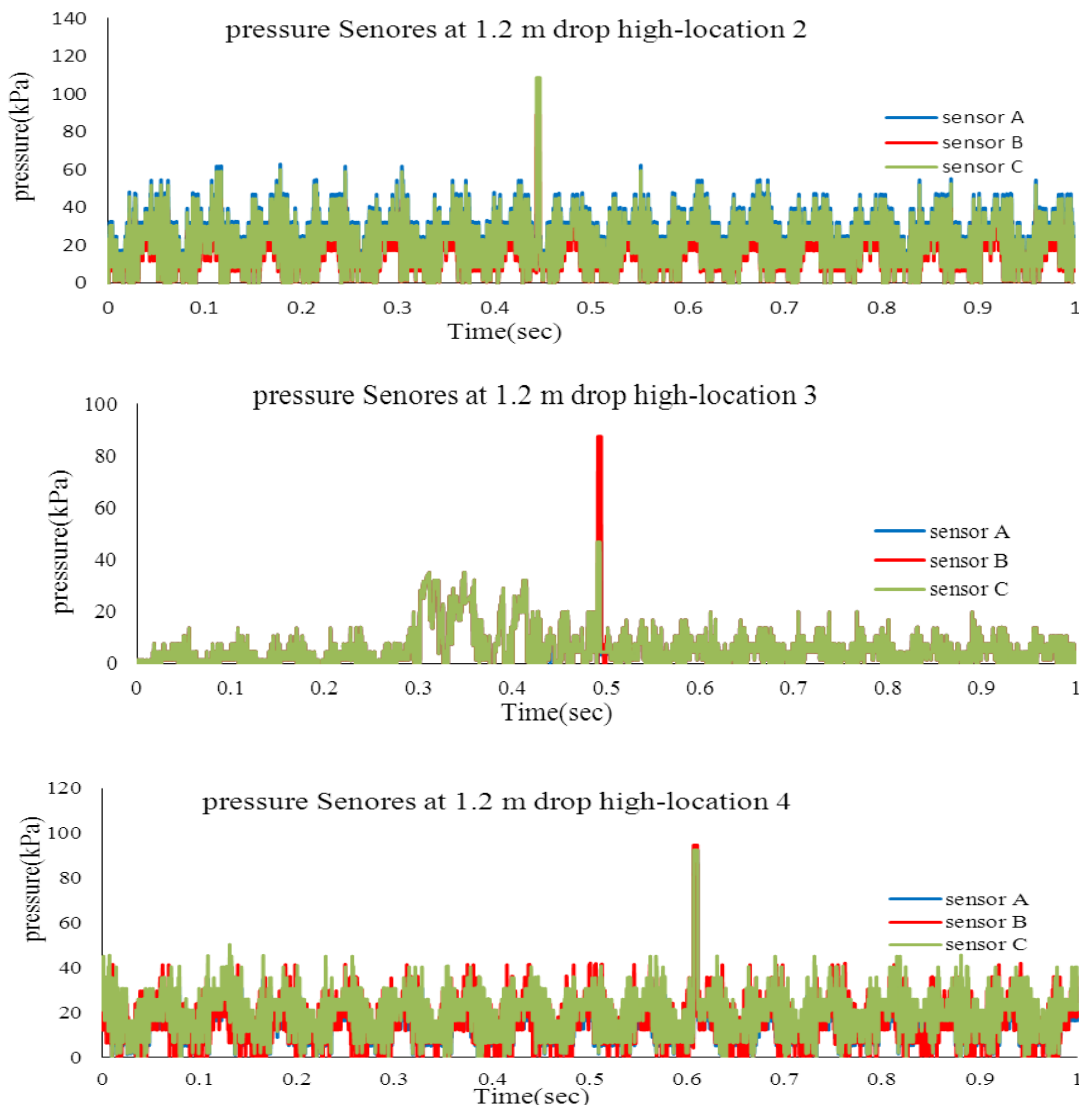




شکل (۶) نمودار فشار- زمان در ۴ موقعیت و ارتفاع سقوط ۱/۰ متر







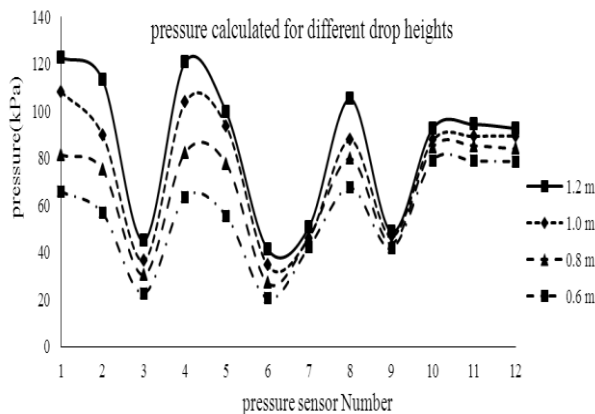
شکل (۷) نمودار فشار- زمان در ۴ موقعیت و ارتفاع سقوط ۱/۲ متر

### ۵- اعتبار سنجی نتایج تجربی

واگنر با فرض یک میدان پتانسیل سرعت پیرامون یک صفحه تخت برخورد کننده به سطح آب و بدست آوردن مقدار فشار آب بر اساس لحاظ نمودن توزیع سطح واقعی آب و استفاده از رابطه برنولی، فشار در نقاط مختلف به استثناء لبه‌های صفحه را تخمین زد. رابطه (۱) معادله فشار بر مبنای تئوری واگنر را نشان می‌دهد [۱۸].

$$\begin{cases} \frac{P(x)}{\rho} = \sqrt{c^2 - x^2} \frac{dv}{dt} + V \frac{c}{\sqrt{c^2 - x^2}} \frac{dc}{dt} - \frac{1}{2} \frac{v^2 x^2}{c^2 - x^2} \\ \frac{dc}{dt} = V \cot \beta \end{cases} \quad (1)$$

در این معادله P بیشینه فشار وارده بر قسمت های مختلف بدنه، C فاصله عرضی خط مرکزی تا بدنه در صفحه آبخور، X فاصله عرضی خط مرکزی تا بدنه در محل نصب سنسور، V سرعت برخورد مدل با سطح آب،  $\beta$  زاویه خط مماس بر بدنه اصلی با سطح آب در محل نصب سنسور می باشد.



شکل (۱۰) بیشینه فشار وارد بر نقاط مختلف بدنه در ارتفاع های مختلف

### ۶- نتیجه گیری

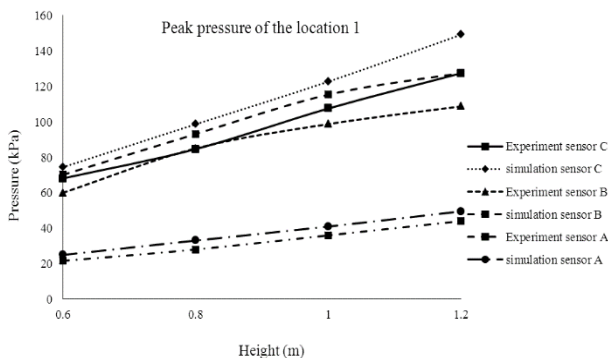
در این مطالعه مقدار بیشینه فشار ناشی از برخورد مدل با سطح آب در موقعیت های متفاوت و در هر چهار ارتفاع سقوط اندازه گیری شده است. با افزایش ارتفاع در هر موقعیت و برای همه حسگرها، فشار افزایش پیدا می کند. بیشینه فشار وارد بر بدنه شناور در همه موقعیت ها و در همه حالت ها در ارتفاع ۱/۲ و مینیمم فشار در ارتفاع ۰/۶ اتفاق می افتد.

در تمام موقعیت ها هر چقدر زاویه بین سطح آب و خط مماس سطح شناور، در مکانی که حسگر واقع شده، کمتر باشد فشار وارد بر بدنه شناور در آن قسمت بیشتر است. به عنوان نمونه در موقعیت راستای محور سکان، حسگر C که تقریباً در کف شناور واقع شده است بیشترین فشار را نسبت به حسگرهای دیگر داراست. به همین ترتیب حسگر B نیز فشار بیشتری را نسبت به حسگر A نشان می دهد.

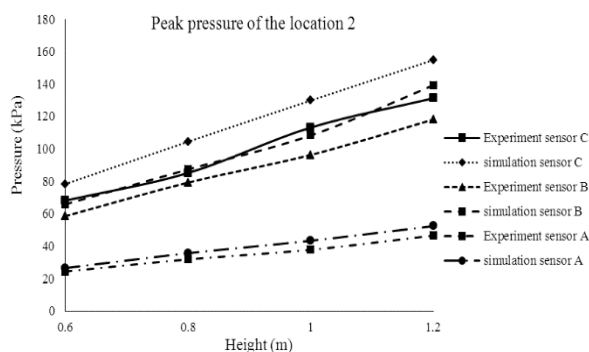
در همه حالت ها فشار وارد در راستای محور سکان در قسمت کف بیشترین مقدار را نشان می دهد. پس از آن نیز فشار وارد بر قسمت خروجی شافت از بدنه در قسمت کف از بقیه موقعیت ها بیشتر است. آنچه که مشخص است اینست- که در شناورهای سه بدنه هر چه به سمت پاشنه پیش می رویم در قسمت های کف شناور فشار بیشتری وارد می شود بنابراین لازم است که سازه شناور در این قسمت ها از استحکام بیشتری برخوردار باشد.

فشار وارد بر روی عرشه عرضی شناور در هر سه حسگر تقریباً شبیه به هم بوده و همان طوری که از نمودارها

نتایج بدست آمده از آزمایش با نتایج تئوری حاصل از فرمول واگنر در موقعیت های راستای محور سکان و خروجی شافت از بدنه اصلی با هم مقایسه شده که در شکل های ۸ و ۹ نشان داده شده است.



شکل (۸) اختلاف نتایج حاصل از آزمایش با فرمول واگنر در موقعیت راستای محور سکان



شکل (۹) اختلاف نتایج حاصل از آزمایش با فرمول واگنر در موقعیت راستای خروجی شافت از بدنه

از مقایسه نمودارها مشخص است که میانگین اختلاف حداکثر فشار ثبت شده در آزمایش ها و مقادیر محاسبه شده برای حسگر C به میزان ۱۳/۵ درصد و برای حسگر B به مقدار ۱۳/۱ درصد و جهت حسگر A به میزان ۱۲/۶ درصد می باشد. در مجموع میانگین اختلاف بین نتایج بدست آمده از تئوری واگنر و فشارهای حاصل از آزمایش ها ۱۳/۱ درصد می باشد که با توجه به تحقیقات انجام شده در سال های قبل [۱۹،۲۰] این مقدار اختلاف قابل قبول می باشد.

craft", Procedia Engineering, Vol.۸۸, pp.۱۸۶-۱۹۳, ۲۰۱۴.

[۹] Yousefnezhad R, Zeraatgar H, "A Parametric Study on Water-Entry of a Twin Wedge by Boundary Element method" J Mar Sci Technol. DOI ۱۰.۱۰۰۷/S۰۰۷۷۳-۰۱۳-۰۲۵۰-۱, ۲۰۱۴.

[۱۰] Hyunkyong Shin, Byoungcheon Seo, Sang-Rai Cho, "Experimental Investigation of Slamming Impact acted on flat Bottom Bodies and Cumulative damage" International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, pp. ۱-۱۳, ۲۰۱۷.

[۱۱] Harris and Sabnis ; "Theory of Structural models", ۱۹۹۹.

[۱۲] شگری، مجتبی. "بررسی تجربی کوبش موثر بر سینه شناور سینا". پایان نامه کارشناسی ارشد. بهار ۹۵

[۱۳] O.H.Hassoon, M. Tarfaoui, A. El Malki Alaoui, A. El Moumen, "Experimental and numerical Investigation on the Dynamic response of sandwich composite panels under Hydrodynamic Slamming Loads" composite Structure, ۲۰۱۷

[۱۴] Ahmad Swiden, Giles Thomas, Dev Ranmuthugala, Walid Amin, Irene Penesis, Tom Allen, Mark Battley, "Experimental drop test Investigation into Wetdeck Slamming Load on a generic Catamaran Hullform" ocean engineering Vol.۱۱۷, pp. ۱۴۳-۱۵۳, ۲۰۱۶.

[۱۵] Rousset J.M, Pettinotti B, Quillard O, Toularastel J.L, Ferrant P, "Slamming experiments on a ship model", Journal of Hydrodynamics, Nantes (France), vol.۱۴, ۲۰۱۲

[۱۶] Tanvir Mehd Sayeed, Heather Peng and Brian Veitch; "Experimental investigation of slamming on a wedge", Proceedings of MARTEC, ۲۰۱۰

[۱۷] Shan Wang, C. Guedes Soares, "Experimental and numerical Study of The Slamming Load on the bow of a Chemical tanker in Irregular Waves" Osean engineering Vol. ۱۱۱, pp. ۳۶۹-۳۸۳, ۲۰۱۶.

[۱۸] J. D. Wagner, "Phenomena Associated With Impact and Sliding on Liquid Surfaces", NACA Library Langley, Aeronautical Laboratory, ۱۹۳۶.

[۱۹] French, B.J., Thomas, G.A., Davis, M.R, "Slam Occurrences and Load of a high speed Wave Piercer Catamaran in Irregular seas. Proc. Inst. Mech. Eng. M: J. Eng. Mar. Environ. Vol. ۲۲۹(۱), pp. ۴۵-۵۷, ۲۰۱۵.

[۲۰] Panciroli, R., Abrate, s., Minak, G., Zucchelli, A., "Hydroelasticity in Water-entry Problem: Comparison Between Experimental and SPH Results. Compos. Struct. Vol. ۹۴(۲), pp. ۵۳۲-۵۳۹, ۲۰۱۲.

مشخص است فشار در حسگر شماره ۱۰ نسبت به بقیه حسگرها در این موقعیت کمتر است در واقع هرچه به سمت بدنه‌های کناری پیش می‌رویم فشار وارد بر عرشه عرضی بیشتر می‌شود. فشار وارده در موقعیت محور سکان و خروجی شافت از بدنه اصلی بدلیل برخورد زودتر پاشنه بدنه اصلی با سطح آب نسبت به بدنه‌های کناری از بقیه موقعیت‌ها بیشتر می‌باشد. فشار وارد بر بدنه‌های کناری بدلیل اینکه جلوتر از بدنه اصلی واقع شده‌اند و پس از برخورد پاشنه بدنه اصلی، به سطح آب می‌رسد نسبت به بقیه موقعیت‌ها در بدنه اصلی کمترین مقدار را داراست. فشار وارده در این موقعیت، در حسگر B که نزدیک به کف بدنه می‌باشد بیشترین مقدار و در حسگر A و C تقریباً یک مقدار را نشان می‌دهد.

#### ۷- منابع

[۱] Von Karman, T., The impact on seaplane floats during landing, National Advisory Committee for Aeronautics: NACATN۳۲۱. pp. ۲-۸, ۱۹۲۹.

[۲] Volker Bertram; "Practical Ship Hydrodynamics", First Published ۲۰۰۰.

[۳] Faltinsen, O. M Water entry of a Wedge With finite dead-rise angle. Journal of Ship Research: Vol. ۴۶(۱), pp. ۳۹-۵۱, ۲۰۰۲

[۴] Korobkin, A. Water impact Problem in Ship Hydrodynamics. Advances in marine Hydrodynamics. Comp. Mech. Pub. pp ۳۲۳-۳۷۱, ۱۹۹۶.

[۵] J. Ramos, A. Incecic, C. Guedes Soares, "Experimental Study of slam- Indused Stresses in a containership", Marine Structures, Vol. ۱۳, pp. ۲۵-۵۱, ۲۰۰۰.

[۶] June Lee, Philip A Wilson, "Experimental study of the hydro-impact of slamming in a modern racing sailboat", Journal of Sailboat Tecnology, Article ۲۰۱۰-۰۱,

[۷] T. Tveitnes, A. c. Fairlie-Clarke, K. Varyani, "An Experimental Investigation into the constant velocity Water entry of Wedge-Shaped Sections, Ocean Engineering, Vol. ۳۵, pp. ۱۴۶۳-۱۴۷۸, ۲۰۰۸.

[۸] N. Santoro, E. Begovic, C. Bertorello, A. Bove, S. De Rosa, F. Franco, E. Fasano, "Experimental study of the water impact pressure on high speed planning