

بررسی تجربی نیروی پسا در نیم مخروط ناقص توخالی شناور در سطح آب

محمد کلکتی^۱

دانشجوی کارشناسی ارشد

منوچهر راد^۲

استاد

فرزاد جعفر کاظمی^۳

استادیار

در مقاله حاضر نتایج آزمایشها روی مدل نیم مخروط ناقص هواخوردار^۴ شناور بررسی شده است. هدف از آزمایشها ارائه فرم بدنه جدیدی برای شناورهای کاتاماران، بمنظور کاهش پسای اصطکاکی این شناورها توسط کاهش سطح تماس بدنه و آب می باشد. در آزمایشها دو مدل که یکی دارای سطح صیقلی و دیگری زیر می باشد، در حوضچه کشش آزمایشگاه مهندسی دریای دانشگاه صنعتی شریف آزمایش شدند. هر مدل در دو جهت، یعنی یکبار دهانه بزرگتر به سمت بالادست جریان و یکبار دهانه کوچکتر به سمت بالادست جریان و در هر جهت در سرعتهای مختلف آزمایش شدند. در آخر از مقایسه نتایج مشاهده شد که نیروی پسا در حرکت مدل با سطح صیقلی و دهانه بزرگتر بطرف بالادست جریان از سایر حالتها کمتر است.

واژه های راهنما: نیروی پسا، نیم مخروط ناقص هواخوردار، شناور کاتاماران

۱- مقدمه

امروزه شناورهای با سرعت بالا، باعث تحولات چشمگیری در صنعت حمل و نقل دریایی شده اند. تقاضا برای شناورهای تندرو در سالهای اخیر بشدت افزایش یافته است. بطور مثال انواع مختلفی از شناورها برای جابجایی مسافران استفاده شده اند. Moraes و همکاران [۱]. نیاز این شناورها به قدرت بالا سبب شده است تا برای رسیدن به طراحی های بهتر، بررسی های کاملی بر روی مشخصه های آنها صورت گیرد. کاهش پسای شناور می تواند باعث کاهش هزینه اولیه ساخت شناور شود. چون با کاهش پسا، به سیستم رانش کوچکتر و ارزانتری نیاز خواهد بود. همچنین مصرف سوخت شناور کمتر شده و می تواند در طولانی مدت مصرف انرژی و هزینه های جاری را تا حد زیادی کاهش دهد و باعث کاهش آلودگی محیط نیز می شود. به همین علت همواره مسئله کاهش پسای شناورها مورد توجه محققان بوده است. ابراهیمی و همکاران [۲].

پسای کل یک شناور را می توان به دو قسمت اصلی تقسیم کرد، که عبارتند از: ۱- پسای اصطکاکی، که مؤلفه ای از پسا است که با انتگرالگیری تنش های مماسی وارد بر کل سطح خیس شده کشتی، در جهت

^۱ نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب m.kalkati@yahoo.com

^۲ استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف و تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

^۳ استادیار، تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

^۴ Air-ventilated

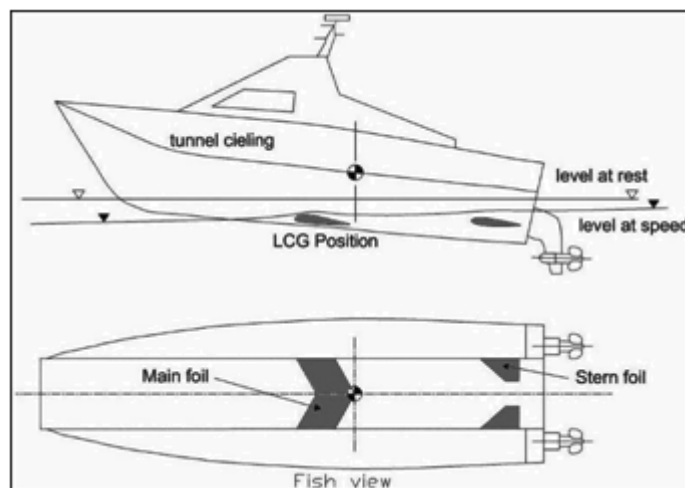
حرکت آن، بدست می آید. سیف [۳]. پسای اصطکاکی بزرگترین بخش پسای شناور است که اکثر تمهیدات برای کاهش پسا در این قسمت انجام می شود. ۲- پسای باقیمانده : که حاصل تفاضل پسای اصطکاکی از پسای کل شناور می باشد که ترکیبی از پسای موج سازی، پسای شکلی یا پسای فشاری ویسکوز است. موسوی راد [۴].

به منظور دست یافتن به روش هایی برای کاهش هر چه بیشتر پسای شناورها، تحقیقات بسیاری چه بصورت تجربی و چه بصورت عددی بر روی نیروهای هیدرودینامیکی وارد بر شناورها و شکل بدنه شناورها و روش های مختلف کاهش پسای آنها انجام شده است که برخی از آنها عبارتند از : بررسی بهینه سازی شکل کشتی از نظر هیدرودینامیکی با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی که توسط Campana و همکارانش [۵]، صورت گرفته است. Broglia و همکارانش [۶]، بازده هیدرودینامیکی شناورهای کاتاماران تندرو را مورد مطالعه قرار داده اند. Tarafder and Suzuki [۷]، محاسبه پسای موج سازی یک شناور کاتاماران در آبهای عمیق را مطالعه نموده اند. جریان حباب های هوا در زیر مدل ساده شده ای از بدنه به منظور بررسی کاهش پسای کشتی توسط Matveev و همکارانش [۸] با استفاده از آزمایش های تجربی در حوضچه کشش و حل عددی مورد مطالعه قرار گرفته است.

برای دستیابی به سرعت های بالا فرم بدنه های مختلفی پیشنهاد، طراحی و ساخته شده اند. یکی از متداول ترین آنها کاتاماران می باشد. این نوع شناور با دو بدنه جدا از هم که هریک از آنها نیم بدنه نامیده می شود و عرشه ای که این دو را به هم متصل می کند شناخته می شود. در فعالیتهایی از قبیل جابجایی مسافر، گشتهای نظامی و شیلات، فعالیتهای تحقیقاتی و تفریحی و... یکی از بهترین انتخابها کاتامارانها هستند. کاتامارانها دارای مساحت عرشه بزرگی بوده و پایداری عرضی مناسبی دارند و همچنین هنگام حرکت در امواج، نسبتاً دچار حرکات کمتری می شوند. امینی و سیف [۹].

با توجه به اینکه در چند دهه اخیر استفاده از شناورهای تندرو گسترش زیادی پیدا کرده است، با گذشت زمان و استفاده از این نوع شناورها، نقاط ضعف و قوت هر یک مشخص و اصلاحاتی برای بر طرف کردن عیوب آنها ارائه شده است. اصلاحات صورت گرفته در نهایت موجب پیدایش شناورهای ترکیبی شده اند. این شناورها از ترکیب دو یا چند نوع نیرو برای خنثی کردن وزن خود استفاده می کنند. استفاده از این ترکیب موجب دستیابی به مزایای چند نوع شناور بطور یکجا و کاهش نواقص و عیوب شناورهای مذکور می شود. به عنوان مثال شناور هیسوکت یکی از انواع شناورهای ترکیبی است که با به کارگیری هیدروفویل در فضای (تونل) بین دو بدنه کاتاماران ابداع شده است. استفاده از هیدروفویل موجب افزایش بازده کلی شناور و بهبود عملکرد آن می شود. نمای کلی شناور هیسوکت در شکل (۱) نشان داده شده است. عسگری و سیف [۱۰].

در پروژه حاضر، بهبود عملکرد شناورهای کاتاماران از طریق کاهش پسای اصطکاکی این شناورها که در نهایت منجر به کاهش پسای کل شناور می شود از طریق کاهش سطح تماس بدنه و آب مورد نظر می باشد. برای رسیدن به این هدف استفاده از فرم جدیدی از بدنه مربوط به این نوع شناورها که در واقع اصلاحی برای شکل فضای بین دو نیم بدنه شناور کاتاماران می باشد مورد نظر است، که به همین سبب آزمایش های تجربی روی نیم مخروط ناقص توخالی که مدلی از این فرم جدید بدنه است، انجام شده است.



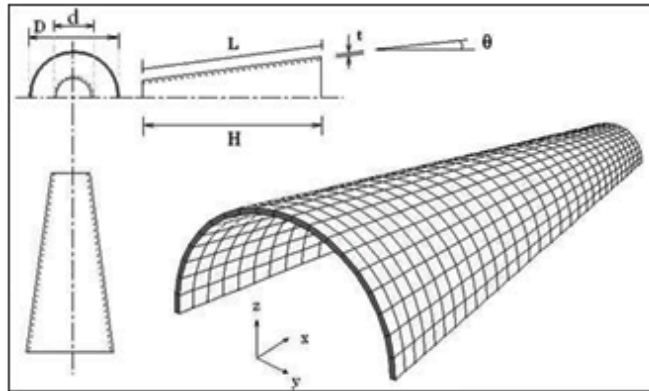
شکل ۱- نمای کلی شناور هیسوکت [۱۰]

۲- هندسه و ابعاد مدل

بمنظور مطالعه و بررسی هیدرودینامیک کشتی به علت عدم اعتماد، بجای استفاده از مدل های ریاضی اغلب از مدل های فیزیکی استفاده می شود. استفاده از مدل های فیزیکی کوچک یک روش با صرفه اقتصادی است که به منظور پیش بینی رفتار یک سیستم پیچیده به جای تحلیل کامل آن که توسط مدل های ریاضی غیر ممکن است، استفاده می شود. به علت طبیعت پیچیده نیروی پسا در شناورها کمک گرفتن از مدل های فیزیکی و آزمایش مدل روش بسیار مناسبی می باشد.

ابعاد مدل همواره دارای اهمیت زیادی می باشند. مدل ساخته شده نباید خیلی کوچک باشد زیرا در غیر این صورت اثر مقیاس، نتایج را دچار خطا می کند. هر چه اندازه مدل نسبت بزرگتری از اندازه شناور واقعی باشد نتایج با دقت بهتری قابل تعمیم به شناور واقعی خواهد بود. اما چون آزمایش مدل معمولاً در حوضچه کشش انجام می شود، به دلیل تأثیرات دیواره و اجزای متصل به مدل، همواره برای اندازه مدل محدودیت‌هایی وجود دارد. محدودیت دیگر برای ساخت مدل های بزرگ، هزینه بالا و لزوم صرف زمان زیاد می باشد.

در این پروژه با توجه به شکل مدل که یک نیم مخروط ناقص تو خالی می باشد و با در نظر گرفتن این موارد که نسبت قطر بزرگ مدل (D) به قطر کوچک مدل (d) برابر ۲/۵ و شیب کناره مدل ۵ درجه و ضخامت بدنه مدل (t=1mm) باید باشد و در حین آزمایش باید به عدد رینولدز طولی ($Re_H \geq 6 \times 10^5$) و عدد رینولدز عرضی ($Re_D \geq 2 \times 10^5$) برسیم، ابعاد مدل تعیین شدند. ابعاد مدل عبارتند از: (H=34.29cm, $\theta = 5^\circ$, D=10cm, d=4cm) که در شکل (۲) شماتیکی از مدل و ابعاد آن نمایش داده شده است. لازم بذکر است که برای تشابه دینامیکی اجسام شناور معمولاً از عدد بدون بعد فرود FR استفاده می شود و در تحقیقاتی که به منظور بررسی پسای موج سازی است تغییرات پارامترهای مختلف را بر حسب عدد فرود در نظر می گیرند، اما از آنجا که در پروژه حاضر ضخامت بدنه مدل بسیار کم است و در نتیجه پسای موج سازی قابل صرف نظر کردن است و هدف ما بررسی پسای اصطکاکی است از عدد رینولدز طولی Re_H برای در نظر گرفتن تغییرات استفاده شده است. لازم به ذکر است برای بررسی پسای فشاری از Re_D استفاده می شود، و با توجه به توضیحات فوق از Re_D در محاسبات استفاده نمودیم.



شکل ۲- شماتیک مدل نیم مخروط ناقص توخالی

به علت اینکه باید در این پروژه، دو مدل نیم مخروط ناقص توخالی که یکی دارای سطح صیقلی و دیگری دارای سطح کاملاً زبر به منظور بررسی تأثیر زبری می باشد، مورد آزمایش قرار گیرند، برای انجام آزمایشات دو مدل نیم مخروط ناقص توخالی از جنس برنج یکی با سطح صیقلی (برای بررسی معیار صیقلی بودن به مرجع [۱۱] صفحه ۹۱ و ۹۲ مراجعه شود) و دیگری با روکش زبر یکنواخت به طوریکه سطح در منطقه کاملاً زبر جریان قرار گیرد ساخته شد، ارتفاع زبری معادل متوسط (با توجه به صفحه ۹۳ مرجع [۱۱]) $1/2$ میلی متر در نظر گرفته شد. که به ترتیب در شکل های (۳) و (۴) نمایش داده شده اند، برای ایجاد زبری از پودر سنگ با چسب خاصی برای پوشش استفاده شد [۱۱].



شکل ۳- مدل نیم مخروط ناقص توخالی با سطح صیقلی



شکل ۴- مدل نیم مخروط ناقص توخالی با سطح زبر

۳- حوضچه کشش

آزمایش مدل کشتی یا شناور معمولاً در حوضچه کشش انجام می شود. اگرچه در بعضی موارد این آزمایشها در آبهای آزاد و یا دریاچه نیز انجام می شوند. حوضچه های کشش در ابعاد مختلفی ساخته و استفاده می-شوند. هر چه حوضچه کشش بزرگتر باشد، می توان مدل های بزرگتری را در آن آزمایش کرد و نتایج را با دقت بالاتری بدست آورد. در این پروژه آزمایش مدل شناور در حوضچه کشش آزمایشگاه مهندسی دریای دانشگاه صنعتی شریف انجام شده است. این حوضچه برای آزمایش مدل هایی با طول حداکثر ۱/۵ متر مناسب است. که در شکل (۵) این حوضچه نشان داده شده است و مشخصات این حوضچه کشش در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل ۵- حوضچه کشش آزمایشگاه مهندسی دریای دانشگاه صنعتی

شریف

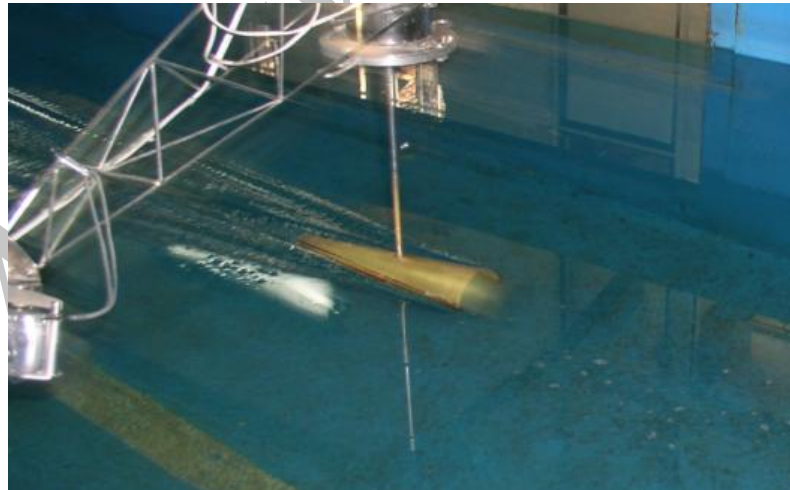
جدول ۱- مشخصات حوضچه کشش آزمایشگاه مهندسی دریای دانشگاه صنعتی شریف

23.5m	طول حوضچه (متر)
2.5m	عرض حوضچه (متر)
1.2m	عمق معمول آب (متر)
Carriage+Electro Motor	نوع سیستم کشش

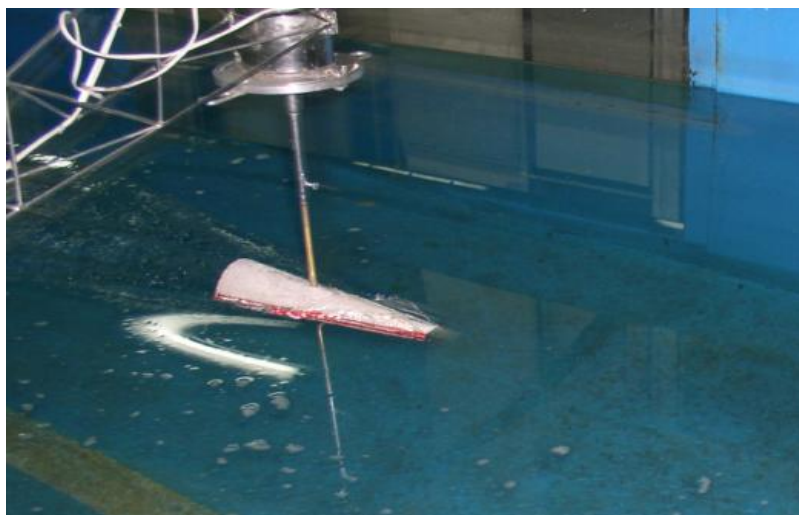
۴- شرح انجام آزمایش ها

مدل ها در حوضچه کشش آزمایشگاه دریای دانشگاه صنعتی شریف مورد آزمایش قرار گرفتند. در این آزمایش ها، عمق شناوری مدل ها را، $1/8$ سانتی متر در نظر گرفتیم. گفته شد که یکی از این دو مدل دارای سطح صیقلی و دیگری دارای سطح زبر می باشد، که برای هر یک از این دو مدل در دو جهت حرکت، یعنی یکبار دهانه بزرگتر به سمت بالادست جریان و یکبار دهانه کوچکتر به سمت بالادست جریان و در هر جهت حرکت در سرعتهای $1/4$ و $1/7$ و 2 و $2/3$ و $2/6$ و $2/9$ متر بر ثانیه آزمایشها انجام شدند، به عبارت دیگر در چهار حالت و در هر حالت با شش سرعت که در مجموع ۲۴ حالت می شوند آزمایش ها صورت گرفتند و نیروی پسای وارد بر مدل ها در هر آزمایش اندازه گیری شد.

مدل نیم مخروط ناقص توخالی با سطح صیقلی و دهانه بزرگتر به سمت بالادست جریان در حال آزمایش با سرعت $2/6$ متر بر ثانیه، در شکل (۶) و مدل نیم مخروط ناقص توخالی با سطح زبر و دهانه کوچکتر به سمت بالادست جریان در حال آزمایش با سرعت $1/7$ متر بر ثانیه در شکل (۷) نشان داده شده اند.



شکل ۶- نیم مخروط ناقص توخالی با سطح صیقلی و دهانه بزرگ به سمت بالادست جریان در حال آزمایش با سرعت $2/6$ متر بر ثانیه



شکل ۷- مدل نیم مخروط ناقص توخالی با سطح زبر و دهانه کوچک به سمت بالادست جریان در حال آزمایش با سرعت ۱/۷ متر بر ثانیه

۵- نتایج آزمایش ها

نتایج حاصل از آزمایش های انجام شده بوسیله سیستم کشش کالسکه (ارابه ریلی)، در هر چهار حالت آزمایش ها و سرعتهای مختلف در این حالتها، از نرم افزار این سیستم استخراج شده است و در جداول (۲) تا (۵)، این نتایج ارائه شده است. در شکل (۸) برای مقایسه بهتر، نتایج تمام آزمایش ها در کنار هم بصورت نمودار ارائه شده است و در شکل (۹) ضریب پسای مربوط به تمام آزمایش ها بصورت نمودار ارائه شده است. لازم بذکر است که در این آزمایش ها چون هدف ما بررسی تغییرات پسای اصطکاکی می باشد، نمودارهای نیرو، برحسب عدد رینولدز رسم شده اند و سطح استفاده شده برای محاسبه ضریب پسا، مساحت سطح تر شده است.

جدول ۲- نتایج آزمایشات مدل با سطح صیقلی و دهانه بزرگ به سمت بالادست جریان (حالت اول)

سرعت (متر بر ثانیه)	عدد رینولدز $\left(\frac{\rho v H}{\mu}\right)$	نیروی پسا (نیوتن)	ضریب پسا	عدد فرود $\left(\frac{v}{\sqrt{gH}}\right)$
۱/۴	$4/78 * 10^5$	۰/۲۵۵۰۶	۰/۰۰۹۹۸۷	۰/۷۶۳۳۲۵۵
۱/۷	$5/80 * 10^5$	۰/۳۹۲۴	۰/۰۱۰۴۱	۰/۹۲۶۸۹۵۳
۲	$6/82 * 10^5$	۰/۵۵۴۲۶۵	۰/۰۱۰۶۲۴	۱/۰۹۰۴۶۵
۲/۳	$7/85 * 10^5$	۰/۷۵۰۴۶۵	۰/۰۱۰۸۷۷	۱/۲۵۴۰۳۴۸
۲/۶	$8/87 * 10^5$	۰/۸۵۰۵۲۷	۰/۰۰۹۶۴۷	۱/۴۱۷۶۰۴۶
۲/۹	$9/89 * 10^5$	۱/۰۸۴۰۰۵	۰/۰۰۹۸۸۳	۱/۵۸۱۱۷۴۳

جدول ۳- نتایج آزمایشات مدل با سطح صیقلی و دهانه کوچک به سمت بالادست جریان (حالت دوم)

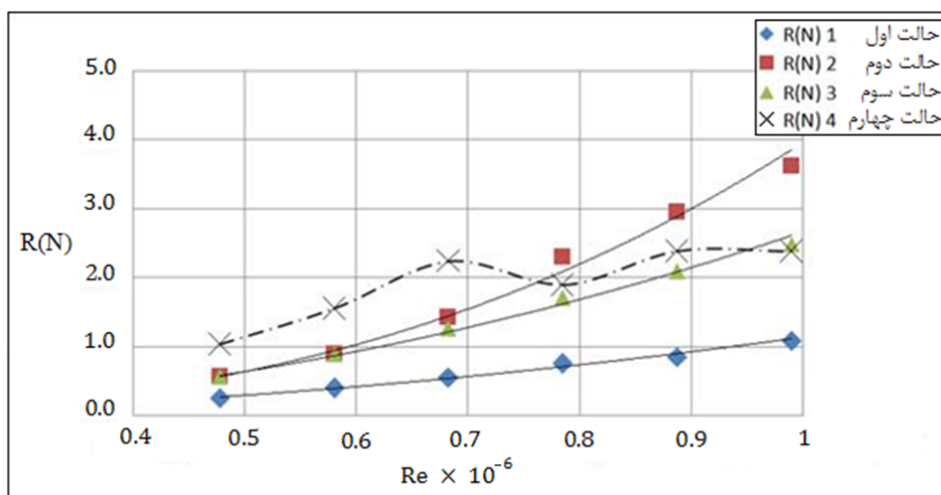
سرعت (متر بر ثانیه)	عدد رینولدز $\left(\frac{\rho v H}{\mu}\right)$	نیروی پسا (نیوتن)	ضریب پسا	عدد فرود $\left(\frac{v}{\sqrt{gH}}\right)$
۱/۴	$4/78 * 10^5$	۰/۵۶۸۹۸	۰/۰۲۲۲۵۸	۰/۷۶۳۳۲۵۵
۱/۷	$5/80 * 10^5$	۰/۸۸۲۹	۰/۰۲۳۴۲۳	۰/۹۲۶۸۹۵۳
۲	$6/82 * 10^5$	۱/۴۲۲۴۵	۰/۰۲۷۲۶۶	۱/۰۹۰۴۶۵
۲/۳	$7/85 * 10^5$	۲/۲۹۵۵۴	۰/۰۳۳۲۷۱	۱/۲۵۴۰۳۴۸
۲/۶	$8/87 * 10^5$	۲/۹۵۲۸۱	۰/۰۳۳۴۹۱	۱/۴۱۷۶۰۴۶
۲/۹	$9/89 * 10^5$	۳/۶۱۹۸۹	۰/۰۳۳۰۰۲	۱/۵۸۱۱۷۴۳

جدول ۴- نتایج آزمایشات مدل با سطح زبر و دهانه بزرگ به سمت بالادست جریان (حالت سوم)

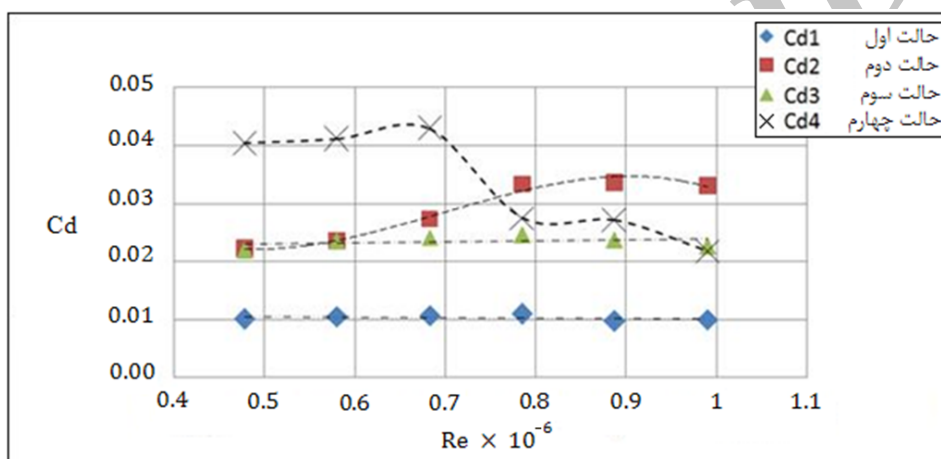
سرعت (متر بر ثانیه)	عدد رینولدز $\left(\frac{\rho v H}{\mu}\right)$	نیروی پسا (نیوتن)	ضریب پسا	عدد فرود $\left(\frac{v}{\sqrt{gH}}\right)$
۱/۴	$4/78 * 10^5$	۰/۵۵۹۱۷	۰/۰۲۱۸۴۷	۰/۷۶۳۳۲۵۵
۱/۷	$5/80 * 10^5$	۰/۸۸۲۹	۰/۰۲۳۴۲۳	۰/۹۲۶۸۹۵۳
۲	$6/82 * 10^5$	۱/۲۵۵۶۸	۰/۰۲۴۰۶۹	۱/۰۹۰۴۶۵
۲/۳	$7/85 * 10^5$	۱/۶۹۷۱۳	۰/۰۲۴۵۹۸	۱/۲۵۴۰۳۴۸
۲/۶	$8/87 * 10^5$	۲/۰۸۹۵۳	۰/۰۲۳۷	۱/۴۱۷۶۰۴۶
۲/۹	$9/89 * 10^5$	۲/۴۸۱۹۳	۰/۰۲۲۶۲۷	۱/۵۸۱۱۷۴۳

جدول ۵- نتایج آزمایشات مدل با سطح زبر و دهانه کوچک به سمت بالادست جریان (حالت چهارم)

سرعت (متر بر ثانیه)	عدد رینولدز $\left(\frac{\rho v H}{\mu}\right)$	نیروی پسا (نیوتن)	ضریب پسا	عدد فرود $\left(\frac{v}{\sqrt{gH}}\right)$
۱/۴	$4/78 * 10^5$	۱/۰۳۰۰۵	۰/۰۴۰۲۹۴	۰/۷۶۳۳۲۵۵
۱/۷	$5/80 * 10^5$	۱/۵۴۹۹۸	۰/۰۴۱۱۲۱	۰/۹۲۶۸۹۵۳
۲	$6/82 * 10^5$	۲/۲۳۶۶۸	۰/۰۴۲۸۷۳	۱/۰۹۰۴۶۵
۲/۳	$7/85 * 10^5$	۱/۸۹۳۳۳	۰/۰۲۷۴۴۲	۱/۲۵۴۰۳۴۸
۲/۶	$8/87 * 10^5$	۲/۳۸۲۸۳	۰/۰۲۷۰۳۷	۱/۴۱۷۶۰۴۶
۲/۹	$9/89 * 10^5$	۲/۳۸۲۸۳	۰/۰۲۱۷۳۳	۱/۵۸۱۱۷۴۳



شکل ۸- نمودار نیروی پسا (نیوتن) بر حسب عدد رینولدز در هر چهار حالت



شکل ۹- نمودار مقایسه ضریب پسای هر چهار حالت بر حسب عدد رینولدز

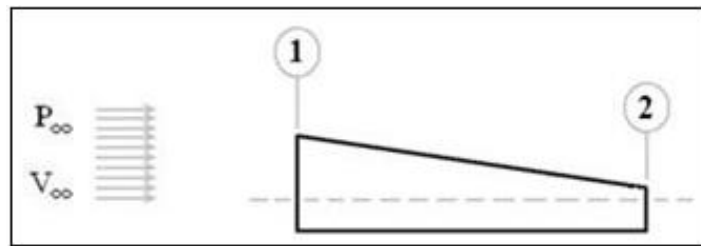
۶- بررسی و مقایسه نتایج آزمایش ها

به سبب این که در آزمایشهای تجربی تفکیک مؤلفه های پسا از یکدیگر ممکن نیست، نمی توان با قاطعیت در مورد علت کاهش یا افزایش پسا در هر یک از حالتها و سرعتهای مختلف آزمایش، صحبت کرد و به همین دلیل، عللی که امکان درستی آنها بیشتر است، ارائه شده اند. با توجه به نمودارهای شکلهای (۸) و (۹) چنانچه نتایج مربوط به آزمایش های مدل با سطح صیقلی و دهانه بزرگتر به سمت بالادست جریان (حالت اول) را با نتایج آزمایش های مدل با سطح صیقلی و دهانه کوچک به سمت بالادست جریان (حالت دوم) مقایسه کنیم، مشاهده می کنیم که در حالت اول به مراتب نیروی درگ کمتری داریم. برای تحلیل این نتیجه، ابتدا از رابطه برنولی برای دو حالت حرکت مدل یعنی (حالت اول) و (حالت دوم) کمک می گیریم. از آنجا که فشار خروجی نیم مخروط ناقص توخالی (فشار در نقطه ۲) در هر دو حالت برابر فشار بی نهایت (P_{∞}) می باشد، در حالت اول با توجه به شکل (۱۰)، از رابطه برنولی بین جریان بی نهایت (∞) در بالادست مدل و نقطه ۲، نتیجه می گیریم که سرعت در نقطه ۲ برابر V_{∞} سرعت بی نهایت است و از رابطه پیوستگی برای جریان هوای داخل مدل بین نقاط ۱ و ۲ داریم:

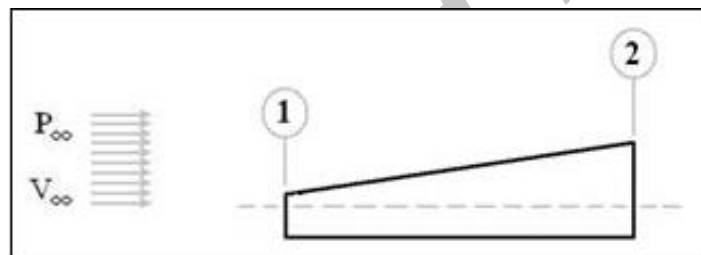
$$V_1 = \frac{A_2}{A_1} V_2 \quad \& \quad A_2 < A_1 \Rightarrow V_1 < V_2 = V_\infty \quad (1)$$

در حرکت مدل با دهانه کوچک نیز می توان با توجه به شکل (۱۱)، از رابطه برنولی بین جریان بی نهایت (∞) در بالادست مدل و نقطه ۲، نتیجه گرفت که سرعت در نقطه ۲ برابر V_∞ است و از رابطه پیوستگی برای جریان هوای داخل مدل داریم :

$$V_1 = \frac{A_2}{A_1} V_2 \quad \& \quad A_2 > A_1 \Rightarrow V_1 > V_2 = V_\infty \quad (2)$$



شکل ۱۰- نیم مخروط ناقص توخالی در حرکت با دهانه بزرگتر.



شکل ۱۱- نیم مخروط ناقص توخالی در حرکت با دهانه کوچکتر

از روابط فوق می توان نتیجه گرفت از آنجاکه سرعت جریان هوا در خروجی مدل در هر دو حالت برابر V_∞ می باشد، در حرکت مدل با دهانه کوچک به سمت بالادست، دبی بیشتری از هوا داخل مدل عبور می کند (بدلیل سطح بزرگتر در خروجی) و با توجه به رابطه (۲) ملاحظه می شود که سرعت در ورودی افزایش یافته و در نتیجه یک کاهش فشار در ورودی مدل خواهیم داشت که این افزایش سرعت و کاهش فشار هوا در ورودی مدل باعث بالا آمدن سطح آب و افزایش سطح تر شده می شود و این می تواند علت اصلی برای پسای اصطکاکی بیشتر در این حالت باشد. اما در حرکت مدل با دهانه بزرگ به سمت بالادست، مشاهده می شود که دبی کمتری از هوا داخل مدل عبور می کند (بدلیل سطح کوچکتر در خروجی) و با توجه به رابطه (۱) ملاحظه می شود که سرعت جریان در ورودی کاهش خواهد داشت و به طبع آن افزایش فشار در ورودی خواهیم داشت و چون ارتفاع مدل ثابت است و در جهت عمود بر جریان حرکت نمی کند، افزایش فشار هوا باعث می شود که هوا به سطح آب فشار وارد کرده و آب را به پائین براند و متعاقب آن سطح تماس آب و جدار مدل (سطح تر شده) کمتر شده و در نتیجه پسای اصطکاکی کاهش پیدا کرده که در نهایت باعث کاهش پسای کل شده است. می توان گفت درحالتیکه امکان حرکت مدل در راستای عمود بر حرکت مدل

وجود داشته باشد افزایش فشار هوا در فضای هواخور مدل، آنرا بیشتر از آب بیرون آورده و سطح تر شده را کم می کند و در حرکت با دهانه کوچک به سمت بالادست جریان، مدل بیشتر در آب فرو می رود و سطح تر شده و به طبع آن نیروی پسای اصطکاکی بیشتر می شود.

از مقایسه نتایج آزمایشهای حالت دوم و نتایج آزمایشهای مدل با سطح زبر و دهانه کوچکتر به سمت بالادست (حالت چهارم)، مشاهده می شود که در رینولدزهای $(4/78 \times 10^5)$ و $(5/8 \times 10^5)$ و $(6/82 \times 10^5)$ نیروی پسا در حالت چهارم از نیروی پسا در حالت دوم بیشتر است، اما در رینولدز $(7/85 \times 10^5)$ نیروی پسا در حالت چهارم ناگهان کاهش یافته و در این رینولدز و رینولدزهای بعدی، $(8/87 \times 10^5)$ و $(9/89 \times 10^5)$ نیروی پسا در حالت چهارم از نیروی پسا در حالت دوم کمتر می باشد، که این پدیده احتمالاً می تواند دلایل مختلفی همچون اثر زبری بر ناحیه تبدیل جریان لایه ای (آرام) به درهم (مغشوش) در محدوده عدد رینولدزهای این آزمایش و متعاقب آن جابجایی نقطه جدایش و یا تغییرات سطح تماس با آب (سطح تر شده مدل) در حین حرکت داشته باشد. البته لازم بذکر است که پسای فشاری ناشی از جریان هوا در هر دو حالت اثر دارد. اگر نتایج آزمایشهای حالت اول را با نتایج آزمایشهای مدل با سطح زبر و دهانه بزرگتر به سمت بالادست (حالت سوم) مقایسه کنیم، مشاهده می شود که زبری باعث افزایش پسا شده است، اما حتی در حالت سوم هم نیروی پسا از نیروی پسای مربوط به حالت دوم کمتر است، که این نشان دهنده اثر مثبت به سمت بالادست بودن دهانه بزرگتر، بر کاهش پسا می باشد.

نتیجه گیری

در آخر از مقایسه نیروی پسا میان چهار حالت مذکور مشاهده می کنیم پسای مربوط به حالت اول که نیم مخروط ناقص با سطح صاف و دهانه بزرگتر به سمت بالادست جریان است از سایر حالت ها کمتر می باشد. زبری در آزمایش مدل با دهانه کوچک به سمت بالادست جریان در محدوده اعداد رینولدز بزرگتر در این آزمایش باعث کاهش پسا شده است اما برای آزمایش دهانه بزرگ به سمت بالادست جریان مفید نیست. با توجه به نتایج این آزمایشها می توان گفت که فرم بدنه ای به شکل نیم مخروط ناقص توخالی که دهانه بزرگ به سمت بالادست جریان باشد می تواند برای شناورهای کاتاماران به منظور کاهش پسا به کار گرفته شود. استفاده از ترکیب این فرم بدنه و سایر روشهای کاهش پسا در کاتاماران ها از جمله استفاده از هیدروفویل ها نیز می تواند نتایج جالبی در پی داشته باشد. البته باید تحقیقات بیشتر از جمله بررسی حرکت در راستای عمود بر جریان و نیز بررسی تریم (Trim) ایجاد شده توسط چنین فرم بدنه ای انجام گیرد (هنگامیکه مدل شناور در حوضچه کشیده می شود معمولاً آبخور سینه و پاشنه آن متفاوت خواهد بود که اصطلاحاً به این حالت تریم می گویند).

در سرعت های بالا احتمال وقوع کاویتاسیون و سوپرکاویتاسیون روی جدارتر شده، وجود دارد که این مسئله می تواند خود باعث کاهش اصطکاک ناشی از تماس بدنه مدل و سیال و یا در مواردی نیز باعث افزایش نیروی پسا شود. که در اینجا می توان این پیشنهاد را ارائه نمود که با استفاده از مدل های بزرگتر در دریاچه ها، می توان بطور کیفی و تقریبی اثرات کاویتاسیون را نیز مورد مطالعه قرار داد. Jafari and Rad [۱۲] و [۱۳].

سپاسگزاری

در انتها از سرپرست آزمایشگاه مهندسی دریای دانشگاه صنعتی شریف، جناب آقای دکتر سیف و کادر محترم این آزمایشگاه که در انجام آزمایش ها همکاری لازم را داشتند تشکر می نمائیم.

مراجع

- [1] Moraes, H.B., Vasconcellos, J.M., and Latorre, R.G., " Wave Resistance for High-speed Catamarans", *Ocean Engineering*, Vol. 31, pp. 2253–2282, (2004).
- [۲] ابراهیمی، ابوذر. حاجیلوی، علی. راد، منوچهر. "بررسی تجربی و محاسبات شناور کاتاماران با هوا خور قیفی شکل"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گرایش مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی مکانیک، (۱۳۸۶).
- [۳] سیف، محمد سعید. سیف، مهدی. "مقاومت شناورها"، انتشارات دانشگاه هرمزگان، (۱۳۷۴).
- [۴] موسوی راد، سید میثم. "محاسبه مقاومت لزجی شناور به روش عددی". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی مکانیک، (۱۳۸۳).
- [5] Campana, F., Peri, E., Tahara, D., and Stern, F., " Shape Optimization in Ship Hydrodynamics using Computational Fluid Dynamics", *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* Vol. 196, pp. 634–651, (2006).
- [6] Broglia, R., Zaghi, S., and Di Mascio, A., " Analysis of the Hydrodynamic Performances of High-speed Catamarans by Viscous Flow Solver", *Proceedings of the Nineteenth International Offshore and Polar Engineering Conference, Osaka, Japan, June 21-26, Copyright©2009 by the International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE) ISBN 978-1-880653-53-1 (Set); ISSN 1098-618, (2009).*
- [7] Tarafder, M., and Suzuki, K., "Computation of Wave-making Resistance of a Catamaran in Deep Water using a Potential-based Panel Method", *Ocean Engineering*, Vol. 34, pp. 1892–1900, (2007).
- [8] I.Matveev, K., J.Burnett, T., and E.Ockfen, A., "Study of Air-ventilated Cavity under Model Hull on Water Surface", *Ocean Engineering*, Vol. 36, pp. 930–940, (2009).
- [۹] امینی ماندی محله، ابراهیم. سیف، محمد سعید. "محاسبه مقاومت کاتامارانهای تندرو و ارزیابی تأثیر فرم بدنه بر عملکرد آنها"، دانشگاه صنعتی شریف، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۷، شماره ۱، ص ۱۱۲-۱۱۳، خردادماه (۱۳۸۲). www.SID.ir.

- [۱۰] عسگری، مهدی . سیف، محمد سعید. " کاهش مقاومت هیدرودینامیکی شناورهای کاتاماران توسط هیدروفویل"، استقلال، سال ۲۴، شماره یک، جلد دوم، شهریور (۱۳۸۵). www.SID.ir
- [۱۱] کلکتی، محمد. راد، منوچهر. " نیروی پسا (درگ) در نیم مخروط ناقص توخالی شناور در جهات مختلف حرکت در آب و محاسبه تغییرات ضریب پسا و برآ"، پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده فنی، (۱۳۸۹).
- [12] Jafari Gavzan, I., and Rad, M., " Experimental Analysis of Cavitation Effects on Drag Force and BackPressure of Circular Cylinder with Free Turbulence", Scientia Iranica, Transaction B. Int. J. of Sciences Technology, Vol. 16, No. 4, pp. 344-353, July-August-2009.
- [13] Jafari Gavzan, I., and Rad, M., "Influence of After Body and Boundary Layer on Cavitating Flow", International Journal of Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 185-196, August, (2009).

فهرست نمادهای انگلیسی

A : مساحت سطح تصویر شده در جهت عمود بر حرکت

C_f : ضریب پسای اصطکاکی

d : قطر کوچک مدل

D : قطر بزرگ مدل

FR = $\left(\frac{v}{\sqrt{gH}}\right)$: عدد فرود

H : طول مدل

P_∞ : فشار جریان بینهایت

$Re_H = \left(\frac{\rho v H}{\mu}\right)$: عدد رینولدز طولی

$Re_D = \left(\frac{\rho v D}{\mu}\right)$: عدد رینولدز عرضی

t : ضخامت بدنه مدل

V_∞ : سرعت جریان بینهایت

نمادهای یونانی

θ : شیب کناره مدل

Abstract

This paper presents an experimental study of drag force on air-ventilated tubular semi frustum. The aim of the tests is offering a new form of catamaran's vessel for friction drag force reduction by means of reducing the wet surface. Force tests on two similar models were performed in available towing tank of Marine Laboratory at Sharif University of Technology. That one of the models was with smooth surface and the other one was with rough surface. Force tests for each model were performed in two directions with different velocities and totally, twenty four force tests were accomplished. Finally, there is decreasing in drag force in model moving with big diameter in front and smooth surface than other cases.

Archive of SID