



ارزیابی دقت تست مدل در حوضچه کشش

مجید کریمی راد^۱، مهدی عسگری^۲، محمدسعید سیف^۳

دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مکانیک، آزمایشگاه دریا

karimirad@mech.sharif.ir

چکیده

در حوضچه‌های کشش کوچک به دلیل محدودیت ابعادی حوضچه و به تبع آن مدل، آزمایش‌ها اغلب در اعداد رینولدز پایین و رژیم جریان لایه‌ای انجام می‌شود. در چنین شرایطی ممنوم جریان کم بوده و احتمال وقوع جدایش در جریان زیاد است. که این مسأله باعث تفاوت رفتار جریان اطراف مدل با کشتی واقعی خواهد شد. بنابراین مسأله اجتناب ناپذیر در آزمایش مدل اثر مقیاس (scale effect) است که این تأثیر در حوضچه‌های کوچک ممکن است بیشتر باشد. برای تصحیح نتایج در تمامی حوضچه‌های کشش از ضرایب اصلاح اثر مقیاس استفاده می‌شود و مقاله حاضر نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده روی مدل یک شناور فرآورده‌بر (Product Carrier) ۳۵۰۰۰ تنی است که به سفارش شرکت ملی نفتکش ایران NIOC با طراحی شرکت کره‌ای (KOMAC) و توسط شرکت ایزوایکو (ISOICO) در حال ساخت می‌باشد. آزمایش‌ها با استفاده از مغشوش کننده (Turbulence Simulator) جریان و بدون آن انجام گردیده و روشهایی برای تصحیح نتایج تست مدل ارائه شده است.

کلمات کلیدی: آزمایش مدل، مقاومت هیدرودینامیکی، اثر مقیاس، مغشوش کننده جریان

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد



علائم قراردادی

C_{FO} : ضریب مقاومت اصطکاکی صفحه دو بعدی	C_w : ضریب مقاومت موج سازی (Wave Making Resistance)
S_{BK} : مساحت سطح بیلج کیل	Fn : عدد فرود (سرعت بی بعد)
ρ : چگالی آب	R : نیروی مقاومت هیدرودینامیکی
V : سرعت حرکت	C_V : ضریب مقاومت ویسکوز کل
C_r : ضریب نیروی مقاومت باقیمانده	S : مساحت خیس شده شناور
Re : عدد رینولدز	C_T : ضریب نیروی مقاومت کل
R_F : نیروی مقاومت اصطکاک	A_{VT} : مساحت عرضی تصویر شده بالای سطح آبخور
C_{AA} : ضریب مقاومت هوا	L_{WL} : طول صفحه آبخور

۱. مقدمه

اگرچه چندین دهه از ابداع و گسترش روش‌های عددی در تخمین مقاومت هیدرودینامیکی شناورها می‌گذرد ولی هنوز آزمایش مدل به عنوان مطمئن‌ترین راه تخمین مقاومت شناور مطرح می‌باشد. البته این روش نیز پیچیدگی‌های خاص خود را دارد. به عنوان نمونه عدم برقراری تشابه کامل دینامیکی بین مدل و نمونه اصلی سبب بروز خطا در تخمین مقاومت هیدرودینامیکی شناور می‌گردد. پدیده‌هایی مانند اثر دیواره ها و کف (Blockage) و اثر مقیاس (Scale effect) و رفتارها و اثرات موضعی هیدرودینامیکی نیز بر دقت نتایج آزمایش تأثیر گذارند [۱]. این مسأله در حوضچه‌های کوچک مشهودتر است و اثر عدم تشابه کامل بیشتر خواهد بود. در حوضچه‌های صنعتی با توجه به اطلاعات موجود از کشتی‌های ساخته شده، ضرایب تصحیح خطاهای آزمایش قابل حصول است. در مقاله حاضر با استفاده از نتایج تست کشش مدل در حوضچه SSPA سوئد و مبنا قرار دادن نتایج حاصل شده از این آزمایشها و مقایسه نتایج تست مدل در حوضچه آزمایشگاه مهندسی دریایی دانشگاه صنعتی شریف ضرایب اصلاح مقاومت حوضچه دانشگاه شریف به دست آمده است. در قسمت‌های بعد روش ساخت مدل، تست کشش در حوضچه و روشهای محاسبه مقاومت تشریح شده و سپس با مقایسه نتایج حاصله و اطلاعات موجود از SSPA روش‌هایی برای اصلاح و بهبود نتایج ارائه گردیده است.



۲. مشخصات شناور

مدل استفاده شده مربوط به شناور فرآورده بر ۳۵۰۰۰ تنی است که به سفارش شرکت نفتکش ملی ایران National Iranian Tanker Company (NITC) با طراحی شرکت مشاورین دریایی کره‌ای Korea Maritime Consultants (KOMAC) هم‌اکنون در داخل کشور توسط شرکت ایزوایکو Iranian ship Building & Offshore Industry Complex (ISOICO) در حال ساخت می‌باشد. مشخصات این شناور در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات شناور فرآورده بر ۳۵۰۰۰ تنی

۱۷۶ m	طول کل (Length overall)
۱۶۸ m	طول بین عمود سینه و پاشنه (Length between perpendiculars)
۳۱ m	عرض (Breadth)
۱۷ m	ارتفاع (Depth)
۹ m	آبخور (Draft)
۰/۸۰۲۵	ضریب ظرافت بدنه (Block coefficient)
۳۸۵۵۵/۱ tones	وزن کل (آب شور) (Displacement (S.W))
۷۱۱۹ m ²	سطح خیس شده (Wetted surface)
۶۴/۳ m ²	مساحت بیلج کیل (Bilge keel)
۵۵۲/۲ m ²	مساحت عرضی تصویر شده بالای خط آبخور (Projected area above waterline)
۱۵۰ μm	زبری فرضی سطح بدنه (Hull surface roughness)

۳. ساخت و آزمایش مدل

مواد قابل استفاده برای ساخت مدل عبارتند از چوب، فایبرگلاس، فوم، یونولیت و مواد پلیمری مانند پلی یورتان [۲]. در این میان استفاده از چوب به دلیل سادگی کار با آن برای ساخت نمونه اولیه انتخاب گردید. با توجه به محدودیتهای ابعاد حوضچه، مدل به طول کل ۱ متر انتخاب شد. زیرا بهتر است تا در هنگام آزمایش سعی شود تا از بروز اثر دیواره‌ها و کف (Channel or Blockage effect) اجتناب گردد. برای این منظور باید نسبت سطح مقطع میانی مدل به سطح مقطع حوضچه کمتر از ۱٪ باشد. البته به پیشنهاد ITTC بهتر است که کمتر از ۰/۴٪ باشد که برای مدل آزمایش شده حدود ۰/۳٪ است. البته استفاده از مدل کوچک سبب بروز خطای بیشتر به خاطر به کارگیری ضریب تصحیح مقیاس بزرگ‌تر از مدل به کشتی، می‌گردد. در صورت انتخاب مدل بزرگ‌تر اثر دیواره‌ها و کف بروز خواهد کرد، بدین صورت که



افزایش سرعت نسبی آب اطراف مدل هنگام حرکت آن در حوضچه رخ خواهد داد. به عبارت دیگر نیاز خواهد شد تا افزایش اندکی برای سرعت اندازه‌گیری شده مدل اعمال شود تا سرعت مؤثر مدل مشخص گردد. چرا که نیروی مقاومت هیدرودینامیکی تقریباً با مرتبه ۲ سرعت تغییر می‌کند، بنابراین تعیین دقیق سرعت بسیار مهم است. برای شناورهای جابجایی (Displacement) که تغییرات منحنی مقاومت با سرعت قابل توجه است تصحیح سرعت برای تحلیل و بسط مناسب نتایج آزمایش به نمونه اصلی مهم‌تر از گونه‌های دیگر شناورها است [۳].

با توجه به پیچیدگی‌های شکل بدنه شناور فرآورده بر مذکور و نواحی خاص بدنه در دو انتهای شناور (شکل ۱) مقاطع در ارتفاع در نظر گرفته شده‌اند. در واقع سطوح آبخور در فاصله کف شناور تا خط آبخور طراحی شناور به پنج قسمت مساوی تقسیم شده و پنج صفحه آبخور به تبع آن تهیه گشته است.

بدنه شناور در زیر خط آبخور توسط صفحات افقی برش زده شده و سپس صفحات آبخور شناور در فواصل منظم رسم گردیده‌اند. این صفحات آبخور مبنای تهیه صفحات آبخور مدل در مقیاس مورد نظر می‌باشد. پس از تهیه نقشه‌های لازم، صفحات برش خورده چوب روی هم چسبانده شده و سمباده‌کاری و پرداخت نهایی می‌شود (شکل ۲). با توجه به امکان نفوذ آب به درون مدل چوبی، مدل فایبرگلاس از روی مدل چوبی تهیه گردیده (شکل ۳) و آزمایش‌های اصلی روی مدل فایبرگلاس روی آن انجام شده است.

حوضچه کشش آزمایشگاه مهندسی دریای دانشگاه صنعتی شریف دارای ابعاد $1/2 \times 2/5 \times 23/5$ متر می‌باشد. آب درون حوض آب معمولی با چگالی حدود $1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ است. و سیستم کشش از نوع کابل و پولی است. طول جابجایی مدل بر حسب زمان در نرم افزار دستگاه ثبت می‌شود و نمودار نیرو بر حسب موقعیت در سرعت‌های کشش مختلف رسم می‌شود.

همانطور که مشخص است جریان اطراف شناور اصلی کاملاً مغشوش است چرا که عدد رینولدز برای آن در سرعت ۱۶ گره حدود $1/17 \times 10^9$ است و عدد رینولدز دارای مقداری بسیار بالاتر از عدد رینولدز بحرانی است. لذا برای ایجاد تشابه جریان در اطراف مدل و جریان در اطراف شناور اصلی باید جریان اطراف مدل مغشوش گردد [۴]. راه حل پیشنهادی این است که علاوه بر بیشتر بودن عدد رینولدز مدل، از عدد رینولدز بحرانی - با انتخاب طول مدل بزرگتر- از مغشوش کننده‌های جریان (Turbulence Simulator) استفاده شود. یکی از روش‌های پیشنهادی ITTC برای ایجاد اغتشاش استفاده از میخ کوچک در جلوی شناور و حدود ۵٪ طول آن است (شکل ۴) [۲].



۴. بررسی نتایج آزمایش

در این بخش نتایج مربوط به آزمایشهای کشش مدل برای هر یک از حالت‌های مدل بدون اغتشاش ساز و مدل با استفاده از اغتشاش ساز ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از آزمایش کشش مدل در حوضچه کشش در سرعت‌های مناسب چندین بار برای هر سرعت تکرار شده است. در شکل ۱ تصویری از آزمایش کشش مدل در حوضچه دانشگاه شریف مشاهده می‌شود. برای بررسی دقت کارکرد دستگاه و سیستم اندازه‌گیری تکرار پذیری آزمایش ارزیابی شده است، نتایج مربوط به چند آزمایش با سرعت مساوی در شکل ۶ قابل مشاهده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود تکرار پذیری نتایج قابل قبول است.

با انجام آزمایش در سرعت‌های مختلف منحنی مقاومت مدل شناور بر حسب سرعت قابل رسم خواهد بود. در شکل ۷ نتایج حالت‌های بدون مغشوش کننده، مغشوش کننده میخ کوچک و مغشوش کننده شن رسم شده است. همانطور که در شکل ۷ دیده می‌شود، در مورد استفاده از شن‌ها به دلیل افزایش قطر بیش اندازه با توجه به این موضوع که این افزایش قطر با تغییر شدید رژیم جریان اطراف مدل سبب می‌گردد که نوسانها و رفتار غیر قابل پیش بینی را در نمودار مقاومت بر حسب سرعت داشته باشیم. البته این کار طبق پیشنهاد ITTC نبوده و در بررسی‌های اولیه استفاده شده است. مغشوش کننده میخ کوچک طبق پیشنهاد ITTC استفاده شده که نتایج آن نوسانات کمتری دارد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقاومت بدست آمده در حالت‌های فوق دارای اختلاف قابل توجه می‌باشد و لذا تأثیر رژیم جریان اطراف بدنه در نتایج نهایی تخمین مقاومت کشتی تأثیرگذار خواهد بود.

۵. تخمین مقاومت کشتی

از آنجا که تشابه همزمان اعداد رینولدز و فرود در آزمایش مدل کشتی امکان‌پذیر نیست، پیچیدگی‌های مختلفی در تعیین مقاومت کشتی وجود خواهد داشت. در این قسمت روش استفاده شده برای انجام محاسبات مقاومت شناور ITTC78 می‌باشد [۴]. بر اساس این روش ضریب مقاومت کل شناور را به صورت مجموع زیر نشان داده می‌شود [۵].

$$C_{TS} = (1 + K)C_{FS} + C_R + C_A + C_{AA} \quad (1)$$

و C_{TS} عبارت است از:



$$C_{TS} = \frac{R_{TS}}{\frac{1}{2}\rho S v^2} \quad (2)$$

K : ضریب فرم است که از آزمایش مقاومت در حوضچه محاسبه می‌شود.

C_{FS} : ضریب مقاومت اصطکاکی شناور است که از *ITTC57* به دست می‌آید و عبارت است از:

$$C_{FS} = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (3)$$

C_R : ضریب مقاومت باقیمانده است که از مقاومت کل و اصطکاکی مدل در آزمایش حوضچه کشش به دست می‌آید.

$$C_R = C_{TM} - (1 + K)C_{FM} \quad (4)$$

C_{FM} : ضریب مقاومت اصطکاکی مدل است که از *ITTC57* به دست می‌آید:

$$C_{FM} = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (5)$$

C_A نیز ضریب تصحیح در نظر گرفته شده برای اختلاف زبری و شرایط سطح مدل و کشتی واقعی است. در این مقاله C_A از رابطه زیر محاسبه شده است [4]:

$$C_A = [105(\frac{k_s}{L_{WL}})^{1/3} - 0.64] \times 10^{-3} \quad (6)$$

k_s : مقدار متوسط زبری بدنه می‌باشد که به صورت متوسط $150 \times 10^{-6} m$ در نظر گرفته می‌شود.

C_{AA} نیز ضریب در نظر گرفته شده برای مقاومت ناشی از جریان هوا خواهد بود و به صورت تقریبی عبارت است از:

$$C_{AA} = 0.001(\frac{A_{VT}}{S}) \quad (7)$$

اگر شناور دارای بیلج کیل باشد ضریب مقاومت کل به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$C_{TS} = \frac{S + S_{BK}}{S} [(1 + K)C_{FS} + C_A] + C_R + C_{AA} \quad (8)$$

در راستای تعیین ضریب فرم برای شناورهای معمولی از روش پروهاسکا استفاده می‌شود. به دلیل عدم دقت محاسبه مقاومت در سرعت‌های پایین، پیشنهاد می‌شود که تنها نتایج مقاومت مربوط به اعداد فرود در بازه $0.12 - 0.2$ برای تعیین ضریب فرم استفاده شود [5]. بر این اساس برای تعیین اثرات فرم بدنه بر



مقاومت ویسکوز و به عبارتی روشی برای تخمین ضریب فرم سه بعدی با استفاده از نتایج دو بعدی ضریبی به صورت زیر تعریف شد:

$$K = \frac{C_V - C_{FO}}{C_{FO}} \quad (9)$$

هنگامی که هیچ جدایشی رخ ندهد می توان ضریب مقاومت کل را به صورت زیر تعریف کرد:

$$C_T = C_W + (1+K)C_{FO} \quad (10)$$

با تقسیم دو طرف به C_{FO} ، معادله به صورت زیر در خواهد آمد:

$$\frac{C_T}{C_{FO}} = (1+K) + \frac{\alpha.Fn^4}{C_{FO}} \quad (11)$$

که در آن فرض شده است:

$$C_W = \alpha.Fn^4$$

خط فوق را رسم کرده و بنابراین ضریب فرم $(1+K)$ محاسبه می شود. $1+K$ ارتفاع از مبدا خط و α شیب خط است. به کمک روش فوق و نتایج آزمایش نمودار مقاومت کشتی بر حسب سرعت در حالت با مغشوش کننده و بدون آن بدست می آید. در این محاسبات مقادیر جدول ۲ برای ضرایب زبری، مقاومت هوا و فرم در نظر گرفته شده است:

جدول ۲- مقادیر ضرایب زبری، مقاومت هوا و فرم با توجه به روابط ۵-۶ و ۵-۷ و شکل ۸

C_A	$3/65 \times 10^{-4}$
C_{AA}	$7/757 \times 10^{-5}$
K	0/23

شکل ۵-۲ نمودار مقایسه مقاومت شناور برای سه حالت نتایج حاصله از آزمایش کشش در حوضچه کشش SSPA در سوئد، نتایج حاصله از آزمایش کشش در حوضچه دانشگاه شریف بدون مغشوش کننده و نتایج حاصل از آزمایش کشش در حوضچه دانشگاه شریف با استفاده مغشوش کننده جریان را نمایش می دهد. با توجه به شکل ۹ می توان عنوان کرد که نتایج خوبی در سرعت های بالا، با استفاده مغشوش کننده جریان به دست آمده است و اختلاف مقاومت در سرعت طراحی شناور که ۱۵ گره دریایی است بین نتایج SSPA و نتایج آزمایشگاه دانشگاه شریف بسیار کوچک و کمتر از ۱٪ است.



۶. تعیین ضریب تصحیح

به دلیل اثرات مقیاس، خطاهای ناشی از آزمایش (خطاهای اندازه گیری دستگاه) و کلیه پدیده‌های موضعی هیدرودینامیکی که در تست مدل تاثیر می‌گذارند، تعیین مقاومت شناور با استفاده از تست مدل در حوضچه‌های کشش کوچک دارای خطاهایی می‌باشد که این خطاها را می‌توان با یک ضریب اصلاح نمود. در این تحقیق سعی شده است با داشتن مقاومت مدل و محاسبه مقاومت توسط روش ITTC78 در حوضچه کشش و در نهایت مقایسه این مقاومت با نتایج آزمایشگاه‌های بزرگ‌تر (SSPA) ضریب اصلاح را برای حوضچه موجود به دست آورد. این موضوع در دنیا نیز متداول است و اکثر آزمایشگاه‌ها ضریب اصلاح مقاومت مربوط به حوضچه خود را بر اساس شرایط و نوع شناورها و مقایسه نتایج به دست آمده با وضعیت کشتی واقعی مشخص می‌کنند. از آنجا که برای حوضچه کشش آزمایشگاه دریا دانشگاه شریف تا کنون چنین کاری انجام نشده است، در این تحقیق با توجه به وجود نتایج دقیق آزمایش مدل در حوضچه SSPA سوئد و نتایج به دست آمده در حوضچه دانشگاه شریف سعی می‌شود این ضریب اصلاح به دست آید. اختلاف مقاومت کل شناور برای حالت‌های استفاده از مغشوش کننده جریان و عدم استفاده از آن و مقاومت کل حاصل شده از نتایج SSPA در شکل ۱۰ و ۱۱ نمایش داده شده است.

همانطور که ملاحظه می‌شود در حالتی که مغشوش کننده استفاده نشده اختلاف مقاومت بدست آمده در دانشگاه با مرجع SSPA مقادیر قابل توجهی در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد دارد ولی در حالتی که مغشوش کننده استفاده شده است و رینولدز جریان بیشتر از رینولدز بحرانی (5×10^5) است - معادل عدد فرود بزرگتر از ۰/۱۶- اختلاف فوق بسیار جزئی و در سرعت طراحی شناور فوق که معادل عدد فرود ۰/۱۹ است، ۱ درصد می‌باشد. در سرعت‌های کمتر یعنی رینولدز کمتر از رینولدز بحرانی نوسانات در مقاومت مدل زیاد است و امکان استفاده از نتایج وجود ندارد. با توجه به تغییرات اختلاف فوق می‌توان از آن به عنوان یک ضریب اصلاح در سرعت‌های مختلف برای شناورهای مشابه استفاده کرد. برای این منظور می‌توان پس از محاسبه مقاومت کشتی بر اساس نتایج آزمایشگاه، مقدار تصحیحات به دست آمده در شکل ۱۱ را در آن اعمال نمود. به دلیل محدودیت ابعادی در حوضچه کشش دانشگاه صنعتی شریف، رژیم جریان اطراف مدل برای شناورهای جابجایی (Displacement) در سرعت‌های پایین، کاملاً آرام است و در محدوده کاری این شناورها نیز قسمت عمده ای از جریان روی بدنه آرام باقی می‌ماند. به کارگیری مغشوش کننده های جریان



در چنین رژیمهای جریانی دشوار و حساس است. چرا که اغتشاش ایجاد شده ممکن است به صورت ناپایداری پدیدار گردد و جدایش در حالت آرام زودتر اتفاق افتد که به معنی افزایش مؤلفه فشاری لزجی (Viscous Pressure) مقاومت هیدرودینامیکی است.

۷. نتیجه گیری

نتایج ارائه شده در این مقاله نشان می‌دهد در صورتی که آزمایش مدل بدون استفاده از مغشوش کننده جریان انجام شود می‌توان در صد خطای ناشی از آن را به صورت تابعی تقریباً خطی در نظر گرفت و آزمایش را در محدوده ای وسیع‌تر انجام داد، در صورت استفاده از مغشوش کننده جریان در محدوده سرعت‌های پایین به دلیل ناپایداری ایجاد شده نمی‌توان از نتایج استفاده کرد ولی در محدوده سرعت‌های بالا ($Re > 5 \times 10^5$ و $Fr > 0/15$) نتایج حاصل نشان می‌دهد که دقت آزمایش قابل قبول است و خطای آن نسبت به نتایج آزمایشگاه‌های بزرگ بسیار کم بوده و می‌توان با دقت خوبی نتایج تست مدل در حوضچه‌های کشتی کوچک را تصحیح و مورد استفاده قرار داد.

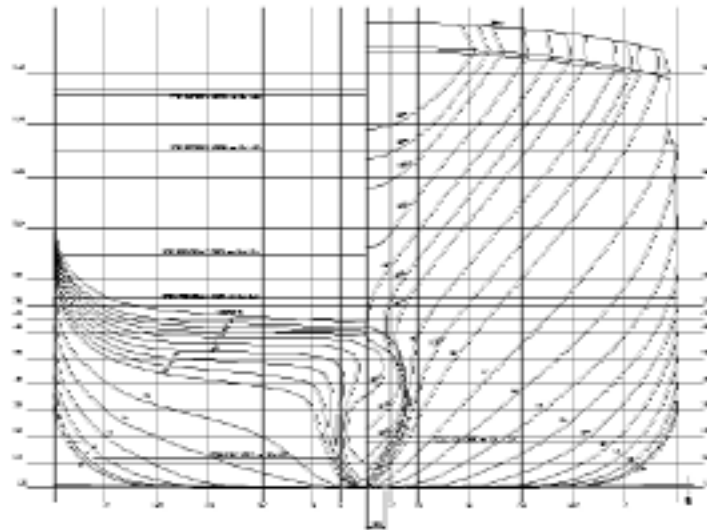
۸. تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله وظیفه خود می‌دانند از گروه طراحی ایزوایکو (ISOICO) به ویژه آقایان دکتر کوبکی، مهندس خسرو پناهی، مهندس سلمان زاده و مهندس بیری به لحاظ مشاوره‌های علمی تشکر نمایند.

۹. مراجع

- [1] J, S, Carlton. Marine Propellers and Propulsion .Oxford:Butterworth-Heinemann Ltd,1994
- [2] 23rd ITTC Proceedings –final release . <http://itc-2002.insean.it>
- [3] Marine Performance Technology Exchange March, 2004, HydroComp, Inc., <http://www.hydrocompinc.com>
- [4] K,J,Rawson & E,C,Tupper. Basic Ship Theory , Volume 2 ,Third Edition. England : Longman Scientific & Technical,1988
- [5] SV,AA,Harvald. Resistance and Propulsion of Ships. Denmark: John Weiley & Sons ,1983

۱۰. اشکال



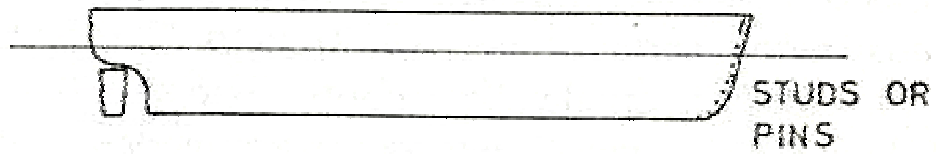
شکل ۱- شکل خطوط بدنه شناور فرآورده بر



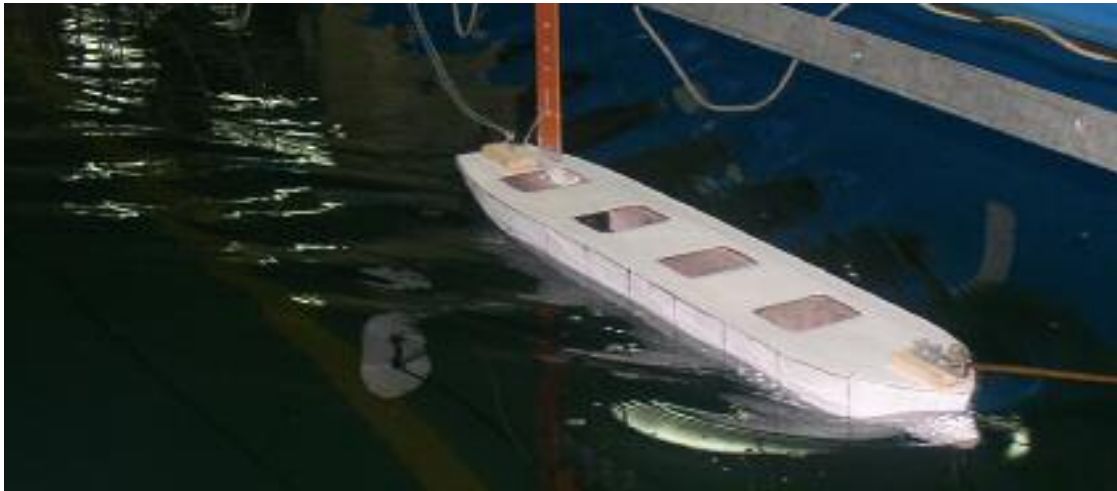
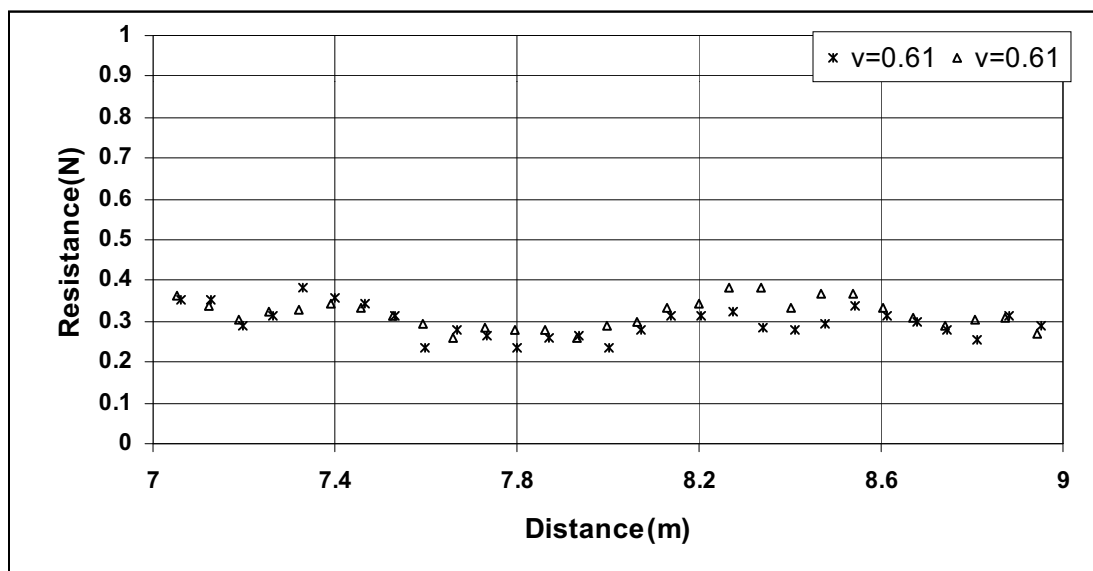
شکل ۲- مدل چوبی ساخته شده پس از پرداخت نهایی

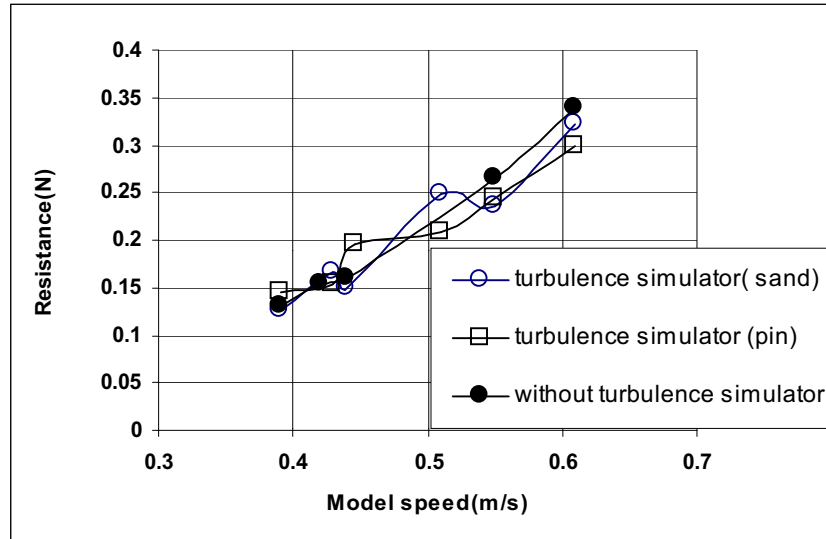


شکل ۳- مدل فایبرگلاس ساخته شده از روی مدل چوبی

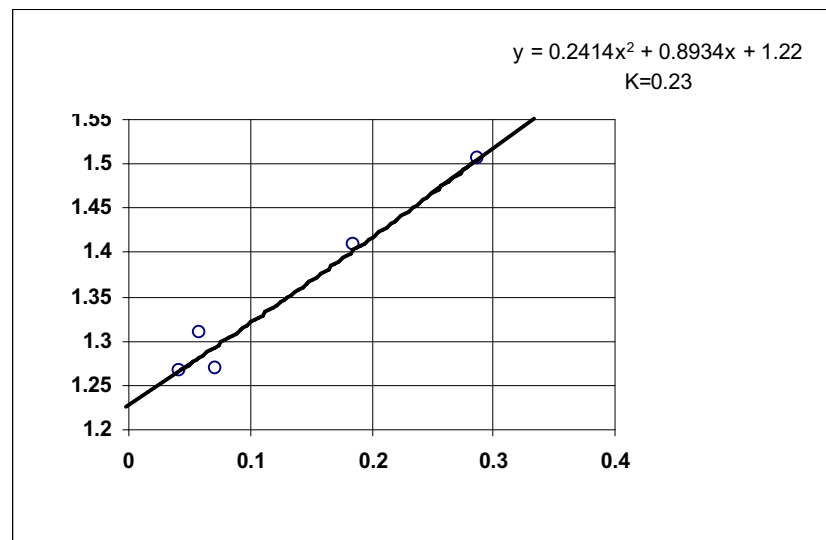


شکل ۴- محل نصب مغشوش کننده جریان

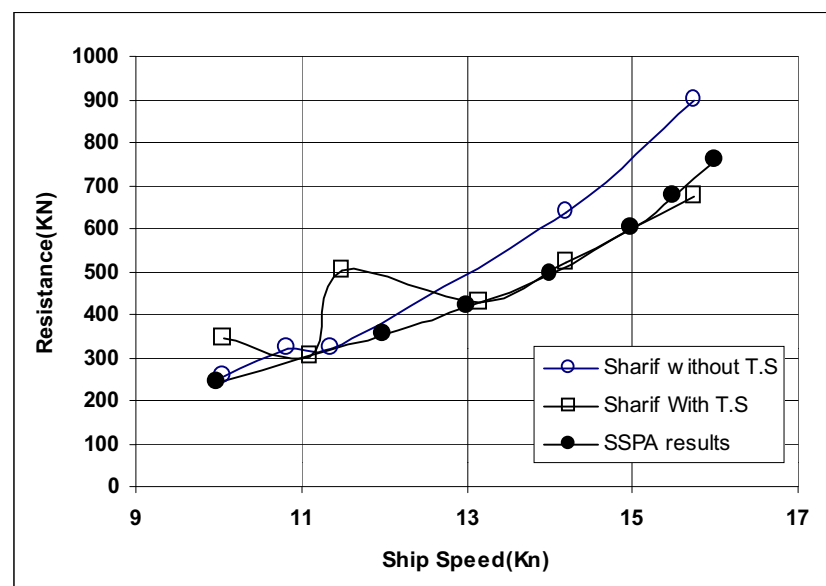
شکل ۵- کشش مدل در حوضچه با سرعت $V_m(m/s) = 0.61$ شکل ۶- نتایج دو تست کشش مدل در سرعت 0.61 (متر بر ثانیه)



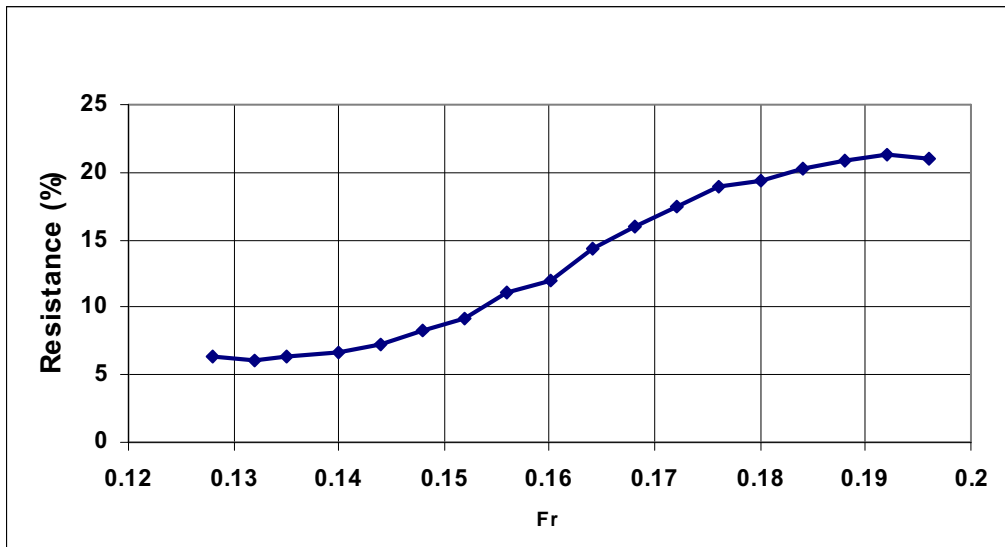
شکل ۷- مقایسه مقاومت مدل



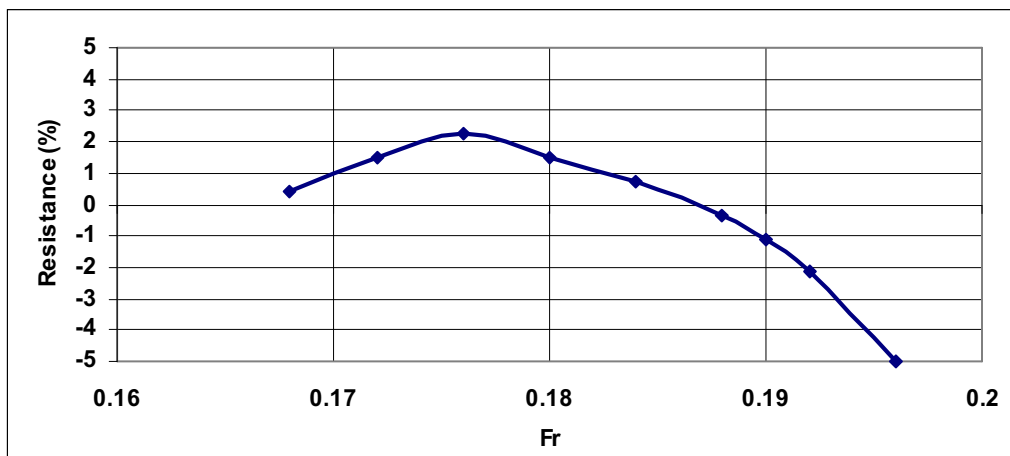
شکل ۸- روش پروهاسکا برای تعیین ضریب فرم بدنه



شکل ۹- مقاومت بدست آمده برای شناور بر اساس آزمایش‌های مختلف



شکل ۱۰- درصد اختلاف مقاومت کل شناور (بر اساس نتایج SSPA و نتایج دانشگاه شریف بدون استفاده از مغشوش کننده جریان)



شکل ۱۱- درصد اختلاف مقاومت کل شناور (بر اساس نتایج SSPA و نتایج دانشگاه شریف با استفاده از مغشوش کننده جریان)