مجله علوم وفنون دریایی، فصل نامه ی علمی پژوهشی

دوره ۲۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۱۱۸ تا ۱۲۹

مقاله پژوهشی
Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

# بررسی پدیده اسکوات در کانالهای باریک کشتیرانی با استفاده از مدل سازی فیزیکی

**محمد احمد نژاد *، عباس فاضلی نیا**

گروه مهندسی دریا، دانشکده مکانیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)، نوشهر، ایران.

*** نویسنده مسئول، پست الکترونیک:** ahmadnejad.amin@gmail.com

**تاریخ دریافت:** ۱۳۹۱/۱۱/۲۴ **تاریخ بازنگری:**۱۳۹۴/۰۴/۰۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۴/۰۹/۲۹

**شناسه دیجیتال (DOI):** 10.22113/JMST.2015.12028

## چکیده

به دلیل وجود اثرات هیدرولیکی و هیدرو دینامیکی در کانال‌ها و آبراهه‌های قابل کشتیرانی, بایستی رفتار کشتی را در ارتباط با عرض کانال،سرعت و آبخور شناور مورد مطالعه قرار داد. مهم‌ترین پارامتری که طراح باید مد نظر قرار دهد پدیده اسکوات، می‌باشد. پیش‌بینی صحیح پارامترهای هیدرودینامیک برای کشتی‌های عملیاتی در مناطق کم عمق برای جلوگیری از به گل نشستن کشتی ضروری است.در این پروژه سعی شده پارامتر هیدرودینامیک برای شناورهای با بدنه سری ۶۰ , در آبهای کم عمق به روش آزمایش مدل برای بدنه با ضریب ظرافت بدنه $C_B = 0.8$ در حوضچه کشش در وضعیت‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد و بنابر نتایج حاصله می‌توان بهترین وضعیت را برای افزایش کارایی‌کشتی ها و رسیدن به بهینه ترین سرعت وآبخور در کانال‌ها معرفی نمود. پس از استخراج داده ها, نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از روابط تجربی, مقایسه شده است. در ضمن برای انجام آزمایشات پس از ساخت مدل شناور، دیواره‌های کاذب کانال طراحی و اجرا گردید. خصوصیت اصلی این جداره‌های کاذب این بود که بوسیله آن می‌توانستیم عرض کانال را تغییر دهیم. سپس با استفاده از برنامه نویسی پی ال سی(plc) داده ها را از سنسورها دریافت و ثبت می‌کنیم. در حین آزمایش کنترل تمام مکانیزم به شکل اتوماتیک در اختیار فردی است که آزمایش را انجام می‌دهد .

**واژگان کلیدی:** اسکوات،کانال کشتیرانی،آب کم عمق،تست مدل،کانال باریک

**Copyrights:**

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## ۱.مقدمه

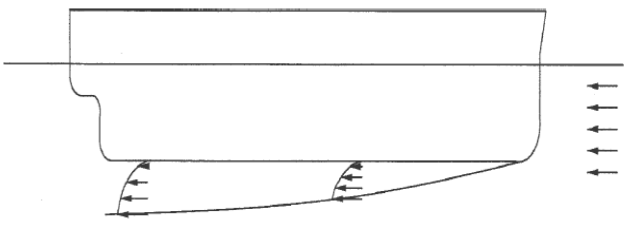
اقتصاد در حال رشد است و به موازات آن ارتباطات و معاملات اقتصادی بین کشورها روز به روز افزون‌تر بوده و تقاضای بازار جهانی برای حمل ونقل کالا مخصوصاً از طریق دریا در حال افزایش است. حمل و نقل کالا از طریق آبراهه‌ها دارای مزایایی از قبیل ایمنی بیشتر، ظرفیت بیشتر و انرژی مصرفی کمتر و راندمان بالاتر می‌باشد. سرعت حمل ونقل در آبراهه‌ها یکی از معایب بوده که راهکارهایی برای افزایش آن ارائه شده است.

یکی از مسائل مهم در شاخه هیدرولیک، تئوری حاکم بر کانال‌های باز است که مهمترین آنها کانال‌های کشتیرانی می‌باشد. به علت وجود پدیده‌های پیچیده سه‌بعدی و وابسته به زمان استفاده از روش تست مدل فیزیکی، برای ساخت و یا اصلاح طراحی کانال‌ها، اجتناب ناپذیر است. در مدلسازی هیدرولیکی برای دستیابی به نتایج قابل قبول باید تشابه مکانیکی بین مدل و نمونه واقعی برقرار باشد. عمق کانال که مهمترین پارامتر در تعیین هزینه ساخت آن می‌باشد، باید به عنوان فاکتور اساسی در کلیه روش‌های طراحی در نظر گرفته شود. برای اینکه بتوان از کانال ساخته شده بیشترین سود اقتصادی را بدست آورد بایستی بزرگترین کشتی را با حداکثر سرعت مجاز بدون اینکه خسارتی به شناور و کانال وارد شود از آن عبور داد. در هنگام حرکت کشتی از کانال، به علت وجود بعضی محدودیت‌ها مانند کم عمق و باریک بودن کانال؛ در اثر اعمال عوامل هیدرودینامیکی جریان برگشتی در زیر کشتی به وجود می‌آید. اثرات کناره ، ضریب منظری کانال، سرعت شناور و ابعاد مدل را می‌توان به عنوان مهمترین عوامل در آب‌های کم عمق نام برد که سرعت شناور از اهمیت بالاتری برخوردار است.

به علت افزایش سرعت در زیر کشتی، بنابر معادله برنولی حاکم بر جریان عبوری از کانال‌ها؛ فشار افت کرده و نیروی اعمالی، از طرف سیال، بر شناور کاهش می‌یابد. در نتیجه آبخور شناور تا موقعی که نیروی شناوری با نیروی وزن برابر شود؛ افزایش می‌یابد. به این افزایش آبخور " اسکوات (Squat) می‌گویند. اسکوات در آب‌های کم عمق به روش‌های آزمایشگاهی، عددی، تحلیلی و تجربی اندازه گیری می‌شود که به علت وجود جریان‌های سه بعدی و پیچیده روش آزمایشگاهی جایگاه خاص خود را دارد.بررسی پدیده اسکوات کشتی‌ها ابتدا در سال ۱۹۳۹ توسط آقای هیولاک آغاز گردید و در این زمینه تحقیقات زیادی تا سال ۲۰۰۹ انجام پذیرفت و نهایتا آقای مونت کارلو آخرین محقق در زمینه جریان زیر کشتی و اسکوات بود اما در کشور اولین مدل سازی فیزیکی برای بررسی اسکوات توسط آقای اکبری صورت گرفت اما نهایتا برای رسیدن به داده های دقیق تر ومبتنی بر مدل واقعی و بر اساس مانیتورینگ و سیستمهای بسیار حساس ساز وکاری مهیا گردید و نتایج آن در این مقاله درج شد.

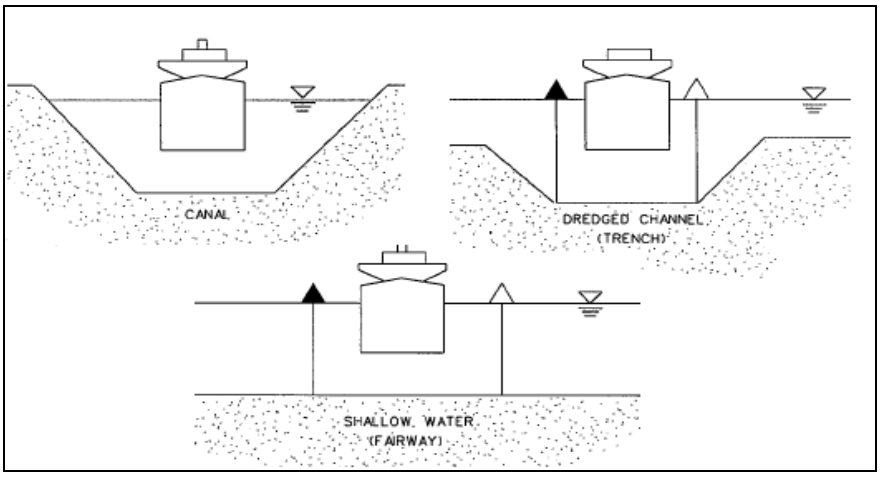
هنگامی‌که کشتی در آب حرکت می‌کند، آب را به جلو می‌راند (هل می‌دهد)، نه برای اینکه حفره‌ای ایجاد نماید، بلکه این حجم آب بایستی از کناره‌ها و زیر کف کشتی برگشت داده شوند که به واسطه آن سرعت خطوط جریان برگشتی در زیر کشتی زیاد شده و سبب افت فشار می‌گردد. این پدیده سبب پایین رفتن کشتی بصورت عمودی می‌گردد. هنگامی‌که شناور به پائین حرکت می‌کند، کشتی معمولاً به پاشنه یا سینه اسکوات می‌کند. مقدار فرورفتگی دینامیکی شناور (افزایش آبخور) در آب کم عمق و یا کانال را اسکوات می‌نامند (Gourlay, 2006). در کشتی‌های با $C_B$ (Full-form ships) بزرگ، از قبیل تانکرها و کشتی‌های حمل زغال سنگ/بار فله (Fine-form ships)، پدیده به گل‌نشستن اغلب در سینه و در کشتی‌های با $C_B$ کوچک (Even keel)، از قبیل کشتی‌های مسافری و کانتینربر، پدیده مذکور معمولاً در پاشنه اتفاق می‌افتد. قابل ذکر است موارد ذکر شده با فرض این‌که شناور در حالت سکون بدون هیل و تریم (fairway) است بیان شده است ( Gourlay, 2006).

روش‌هایی که برای محاسبه اسکوات به کار برده می‌شود به دسته‌های تجربی، تحلیلی، آزمایشگاهی و عددی تقسیم بندی می‌گردند. چندین روش معمول از روش‌های تجربی برای محاسبه اسکوات در زیر آورده شده است. روشهای ساده شده موجود برای تخمین اسکوات؛ این روش بر مبنای معادلات برای اسکوات در کانال‌های با هندسه فروی (Canal) وکانال می‌باشد که می توان با درون‌یابی برای کانال‌های با مقطع ترنچ نیز استفاده نمود (Ankudinov , 2000; Varyani, 2006).



**شکل ۱- عبور جریان زیر شناور (Gourlay, 2006).**

Fig. 1- Submersible current passage (Gourlay, 2006).




**شکل ۲- انواع مقاطع کانال کشتیرانی (July, 2003)**

**Fig. 2- Different sections of the shipping channel (July, 2003)**

اسکوات در فروی را می‌توان به وسیله فرمول نوربین norrbin (1986) از رابطه (۱) که در آن V بر حسب گره دریایی و Z برحسب فوت است و رابطه (۲) که این رابطه برای اعداد فرود کمتر از ۰/۴ معتبر می‌باشد و در آن V برحسب گره دریایی، Z برحسب متر، h عمق آب، T آبخور کشتی، Z ماکزیمم اسکوات کشتی، V سرعت کشتی، L طول کشتی و B عرض کشتی در وسط است، بدست آورد.

اسکوات درکانال مستطیلی را می‌توان با توجه به عدد فرود حدی شیف (که متناسب با سرعت حدی شیف می باشد) بدست آورد.

عدد فرود حدی از رابطه (۳) بد ست می‌آید. در این رابطه FL عدد فرود حدی شیف ، VL سرعت حدی شیف و BR ضریب انسداد می باشد.

ماکزیمم اسکوات کشتی در عدد فرود حدی شیف به صورت رابطه (۴) بدست می‌آید. $Z_L$ ماکزیمم اسکوات در عدد فرود حدی شیف است.

چنانچه عمق متوسط کانال‌های غیر مستطیلی را در این رابطه قرار دهیم، اسکوات متوسط بدست می‌آید.

برای محاسبه اسکوات در کانال‌های با مقطع ترنچ، می‌توان با میان‌یابی از دو مورد قبلی (رابطه ۵) مقدار اسکوات را بصورت تقریبی بدست آورد. در این رابطه $Z_T$: ماکزیمم اسکوات در کانال ترنچ و $h_1$و$h_2$: عمق کناره ها هستند.

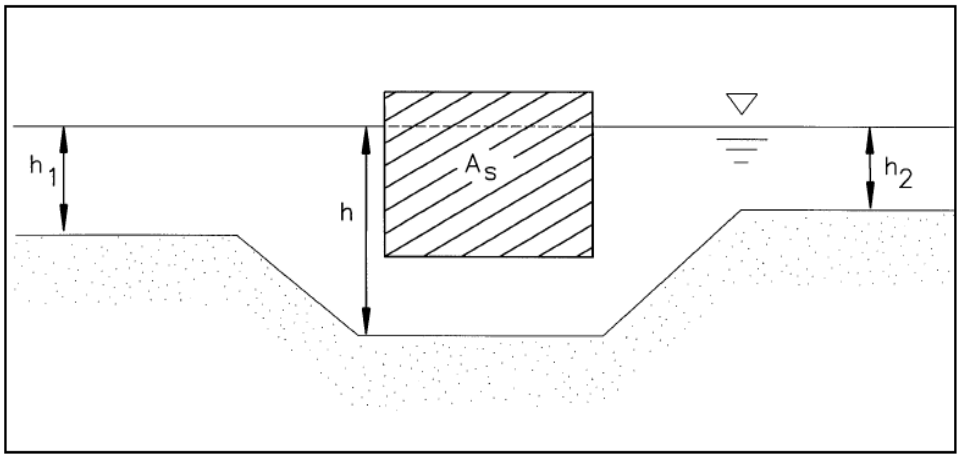
رابطه (۱)
$$z = 0/2125 C_B \frac{B}{L}\frac{T}{h} V^2$$

رابطه (۲)
$$Z = 0/01888\, C_B \frac{B}{L}\frac{T}{h} V^2$$

رابطه (۳)
$$F_L = \frac{VL}{\sqrt{gh}} = \left\{8Cos^3\left[\frac{\pi}{3} + \frac{1}{3}\cos^{-1}\left(1 - \frac{1}{B_R}\right)\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$$

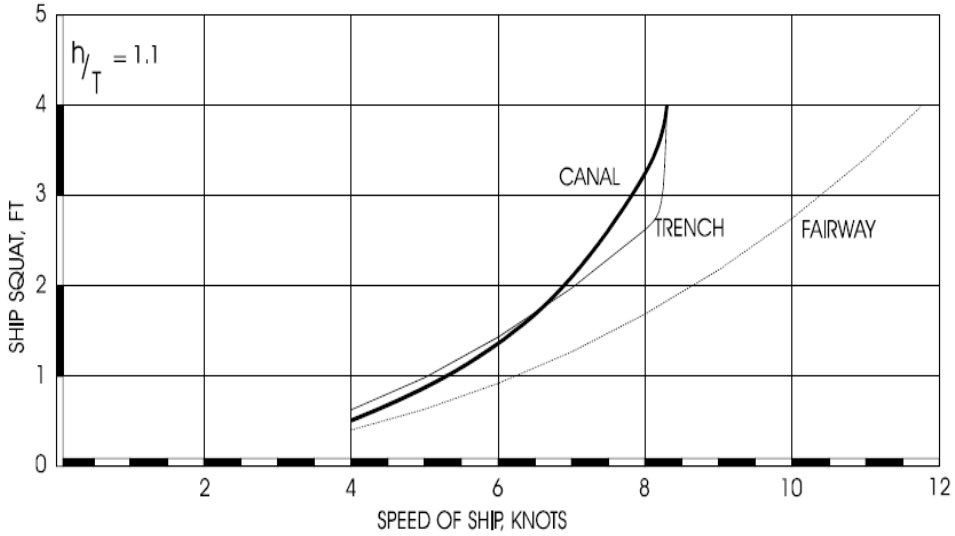
رابطه (۴)
$$Z_L = h\left[\frac{F_L^2}{2}\left(F_L^{\frac{1}{3}} - 1\right)\right]$$

رابطه (۵)
$$Z_T = \left(\frac{h_1+h_2}{2h}\right)Z + \left(1 - \frac{h_1+h_2}{2h}\right)Z_L \quad (Trenc$$




**شکل ۳- کانال با مقطع trench (Peloquin, 2015)**

**Fig. 3- Channel with trench section (Peloquin, 2015)**




**شکل ٤- مقایسه اسکوات در کانال‌های با مقاطع مختلف (Peloquin, 2015)**

**Fig. 4- Comparison of squat in channels with different sections (Peloquin, 2015)**

در تشابه ابعادی نمونه واقعی و مدل باید تشابه هندسی، سینماتیکی و دینامیکی داشته باشند. مفهوم کلی تشابه از این قرار است که در صورتی‌که مدل و نمونه واقعی تشابه هندسی و سینماتیکی داشته باشند دارای ضرایب هیدرودینامیکی یکسان خواهند بود.

در تشابه هندسی، ابعاد واقعی به نسبت مشخص $M$ کاهش یافته و ابعاد مدل محاسبه می‌گردد. در این نوع تشابه، شکل هندسی و مرزهای بین دو سیستم دارای یک نسبت ثابت خواهند بود. ابعاد هندسی مدل نسبت به نمونه واقعی کوچک می‌گردد. این نسبت عدد تشابه نامیده شده و بوسیله $M$ *نمایش* داده می‌شود. به عنوان مثال تشابه طولی یک مدل با تشابه هندسی با رابطه (۶) نشلن داده می‌شود(Novák and Čabelka, 1981, Sharp, 1981). در این رابطه Lp طول نمونهٔ واقعی و Lm طول مدل است.

در برخی از موارد رعایت تشابه هندسی در تمام جهات امکان پذیر نمی‌باشد. بعنوان مثال در مدل‌های هیدرولیکی رودخانه‌ها و خلیج‌ها که ارتفاع در مقایسه با طول و عرض بسیار کوچک می‌باشد، مقیاس قائم را با مقیاس افقی متفاوت می‌گیرند. این نوع مدل‌ها را که در پلان از لحاظ هندسی مشابه نمونه واقعی بوده ولی در عمق

تشابه ندارند را مدل‌های کج (Distorted Models) می‌نامند. نسبت بین مقیاس قائم و افقی را درجه اعوجاج ( Distortion Degree ) گویند.

تشابه سینماتیکی زمانی برقرار می‌شود که رویدادهای وابسته به زمان از قبیل سرعت، شتاب و دبی در مدل و واقعیت با یک نسبت ثابت کاهش یابد. پارامتر زمان در مسائلی که مربوط به جریان غیر دائمی می‌باشد نظیر حرکت امواج دارای اهمیت ویژه‌ای است.

در ساخت مدل، تشابه سینماتیکی و تشابه هندسی ایجاد می‌شود و در نتیجه تشابه دینامیکی برقرار خواهد بود. هدف از مدل‌سازی استفاده از نتایج تشابه دینامیکی می‌باشد.

در صورت برقراری تشابه هندسی، سینماتیکی و دینامیکی به‌طور همزمان، تشابه مکانیکی با تشابه هیدرولیکی برقرار خواهد بود. در ساخت مدل شناور علاوه بر موارد فوق نکات مهم‌تری مثل خطوط بدنه،کامپارتمنتها، تعادل،و...مهم می‌باشد که باید به هنگام ساخت مدل پیش‌بینی گردد.

نیروهای وارد بر یک جسم از جانب سیال می‌تواند عمود بر سطح جسم و یا مماس بر سطح باشد یکی دیگر از نیروهای وارد بر شناور نیروی مماسی یا نیروی اصطکاکی بروی یک المان از سطح بدنه کشتی می‌باشد از جمله نیروهای دیگر نیروی ثقل و نیروی کشش سطحی می‌باشد که نیروی کشش سطحی به سه حالت در جریان‌های آرام، متلاطم، و انتقالی دیده می‌شود که روابط محاسباتی آن نیز به‌طور مختصر در روابط (۷)، (۸)، (۹) و (۱۰) اعلام شده است.

نیروی ثقل $F_G$، نیروی فشار $F_P$، نیروی لزجت $F_v$ و نیروی الاستیسیته $F_E$، اگر پدیده در فصل مشترک گاز و مایع باشد، نیروهای ناشی از کشش سطحی $F_T$ نیز وجود خواهد داشت.

اثر نیروی لزجت و نیروی ثقل بسیار حائز اهمیت است تحت تاثیر نیروی لزجت نسبت به نیروی شتاب دهنده سه حالت متفاوت جریان در کانال‌های باز مشاهده می شود:

الف) جریان آرام

ب) جریان آشفته

ج) جریان انتقالی

معیار طبقه بندی این سه وضعیت پارامتر بدون بعدی بنام رینولدز میباشد. نیروی لزجت/ نیروی شتاب دهنده از طریق رابطه (۱۱) محاسبه می شود.

Re< 500 جریان آرام

500≤Re≤2 جریان انتقالی

Re>2000 جریان آشفته

اصولاً وضعیت جریان در کانال‌های باز از نوع آشفته می‌باشد

تاثیر نیروی ثقل: تاثیر نیروی ثقل در قالب پارامتر دینامیکی بدون بعدی بنام عدد فرود مورد بررسی قرارمی‌گیرد. این عدد در هر مقطع به صورت رابطه (۱۲) تعریف می‌شود. که در کانال‌های باز طول مشخصه برابر عمق هیدرولیکی (D) (رابطه۱۳) می باشد.

Fr<1جریان زیر بحرانی
Fr>1جریان فوق بحرانی
Fr=1جریان بحرانی

سیستم نیرویی مشابه فوق را می‌توان با اضافه کردن نیروی اینرسی که اندازه آن برابر و جهت مخالف برآیند نیروی $"R"$ می‌باشد؛ به یک سیستم متعادل تبدیل نمود (رابطه ۱۴).

رابطه (۶) $M_L = \frac{L_P}{L_M}$

رابطه (۷) $F_1 = 1/2\,\rho U^2 A$ (نیروهای فشاری)

رابطه(۸) $F_2 = \mu \frac{U}{L} A$ (نیروهای برشی)

رابطه (۹) $F_3 = \rho LAg$ (نیروهای ثقلی)

رابطه (۱۰) $F_4 = \tau Ly$ (نیروی کشش سطحی)

رابطه (۱۱) $Re = \frac{\rho VL}{\mu}$ (نیروی لزجت/ نیروی شتاب دهنده))

رابطه(۱۲) $Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}}$

رابطه(۱۳) $$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

رابطه (۱۴) $$F_1 = -R$$

رابطه (۱۵) $$\frac{\partial U}{\partial} + u\frac{\partial U}{\partial x} + v\frac{\partial U}{\partial y} + w\frac{\partial U}{\partial y} = F\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 U}{\partial^2 y} + \frac{\partial^2 U}{\partial^2 z}\right)$$

دو سیستم از لحاظ مکانیکی وقتی متشابه هستند که نیروهای وارد بر آنها با هم متناسب باشند.

برای بدست آوردن قانون تشابه مکانیکی در هیدرولیک کانال‌های باز دو روش موجود است:

- روش تحلیل ابعادی
- روش استفاده از معادلات ناویر–استوکس (NavierStokes).

محور مختصاتی به‌کار رفته در روابط مطابق شکل (۵) می‌باشد. در اینجا به بررسی روش دوم پرداخته می‌شود.

معادلات دیفرانسیل ناویر– استوکس عمومی‌ترین معادلات حرکت سه بعدی یک سیال حقیقی یعنی لزج و تراکم ناپذیر می‌باشد و بیانگر تعادل بین نیروهای اینرسی و نیروهای حجمی و نیروهای فشاری که با مؤلفه نیروهای ناشی از ویسکوزیته سیال تغییر می‌یابد، می‌باشد (رابطه ۱۵) (Varyani, 2006).

برای حل مسأله باید شرایط مرزی به معادلات دیفرانسیل اعمال شود.

در جریانات متلاطم تغییرات سریعی در مقدار و جهت سرعت بوجود می‌آید. بنابراین نمی‌توان از معادله اصلی ناویر– استوکس استفاده نمود. برای رفع این مشکل می‌توان از معادله تغییر شکل یافته ناویر استوکس با استفاده از مقادیر متوسط متغیرها کمک گرفت، که $U = \overline{U} + U'$ بوده و $\overline{U}$ مقدار متوسط اولیه سرعت می‌باشد (Varyani, 2006).

قوانین استفاده از مدل به اینگونه است که با برابر قرار دادن هر یک از اعداد بی‌بعد در مدل و نمونه واقعی می‌توان به قوانین تشابه و روابط معینی بین مشخصه های هیدرولیکی مدل و نمونه واقعی دست یافت. قوانینی که برای مدل نمودن استفاده می‌شود را می‌توان این‌گونه تعریف نمود:

۱– قانون تشابه اویلر (Euler Model Low) جریان‌هایی که منحصراً تحت تأثیر نیروهای فشاری و اینرسی قرار گرفته و تأثیر ویسکوزیته و نیروی وزن در حرکت آنها ناچیز می‌باشد؛ بوسیله پارامتر هندسی جریان یعنی عدد اویلر (که منحصراً تابعی از شکل مرزهای جریان می‌باشد) مشخص می‌گردند.

۲– قانون تشابه رینولدز (Reynolds)،در جریان‌هایی که در آنها اثر نیروی لزجت قابل توجه است، ارضاء قانون رینولدز الزامی می‌باشد.

۳– قانون تشابه فرود؛ برای شبیه‌سازی جریان‌هایی که اثر نیروی ثقل بر نیروهای وارده بر نمونه واقعی، نیروهای غالب می‌باشد (یعنی جریان‌های با سطح باز) عدد فرود در مدل و نمونه واقعی باید برابر باشند. بنابر عدد فرود می‌توان به نتایج زیر رسید.

۴– قانون تشابه وبر (Weber Model Law)در حالتی که سطح تماس مایع با هوا زیاد باشد و سرعت سیال خیلی کم باشد آنگاه نیروهای کشش سطحی نیروهای غالب بوده و بر روی دبی عبوری تأثیر گذار می‌باشد. این کشش سطحی خود را روی هر دو فصل مشترک گاز مایع و روی فصل مشترک بین دو مایع مختلف بوسیله تشکیل یک نوع غشاء ناشی از اثرات نیروهای مولکولی آشکار می‌کند. از قانون وبر برای مدل نمودن امواج سطحی کوچک استفاده می‌شود ولی با بزرگ شدن امواج نیروی ثقل بر کشش سطحی غالب می‌گردد.

۵–نتایج حاصل از آزمایش مدل فیزیکی(بر اساس نمودارهای خروجی دستگاه)

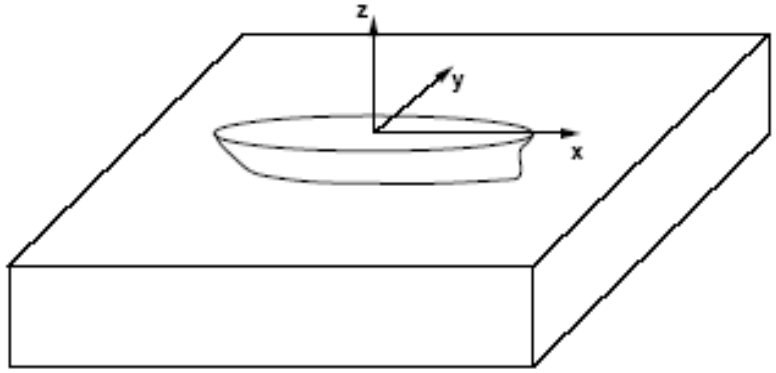
با عنایت به نصب سنسور اسکوات در کف شناور نمودارهای ذیل میزان فشار کف شناور را متناسب با زمان حرکت شناور نشان می‌دهد کاهش فشار ناگهانی باعث افزایش آبخور شناور خواهد شد

۶–.بررسی پدیده اسکوات در کانال‌های باریک ونتایج اولیه این موارد بررسی می‌شوند. سرعت برروی اسکوات تاثیر مستقیم داشته و هرچه قدر سرعت بیشتر شود فشار در زیر شناور کمتر می‌شود و اسکوات افزایش می‌یابد

همان‌طور که از نمودارهای فوق نیز مشخص است میزان کاهش فشار یا به تعبیری دیگر افزایش اسکوات با عرض کانال نسبت مستقیم دارد .در این آزمایش میزان اسکوات انجام شده در کانال عرض ۶۰ سانتی‌متری بیشتر از میزان اسکوات برداشت شده در کانال با عرض ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد

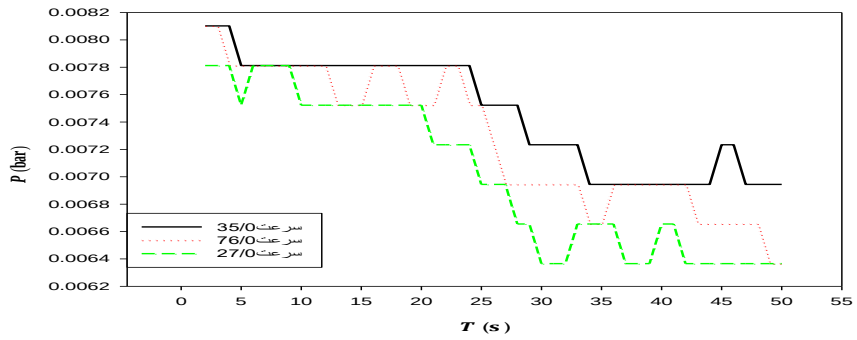
در این آزمایش مشخص شد هرچه قدر شناور سنگین‌تر باشد کمتر تحت تاثیر اسکوات قرار می‌گیرد یا به تعبیری دیگر باکاهش ابخور اسکوات شناور نیز افزایش می‌یابد.

مقایسه روابط تجربی با آزمایش مدل در میزان اسکوات از طریق رابطه (۱۶) انجام می‌شود.

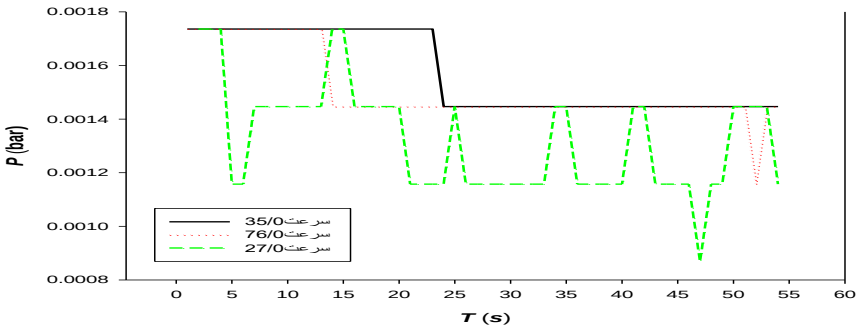



**شکل۵- محور مختصات بکار رفته**
**Fig. 5- Coordinate axis used**

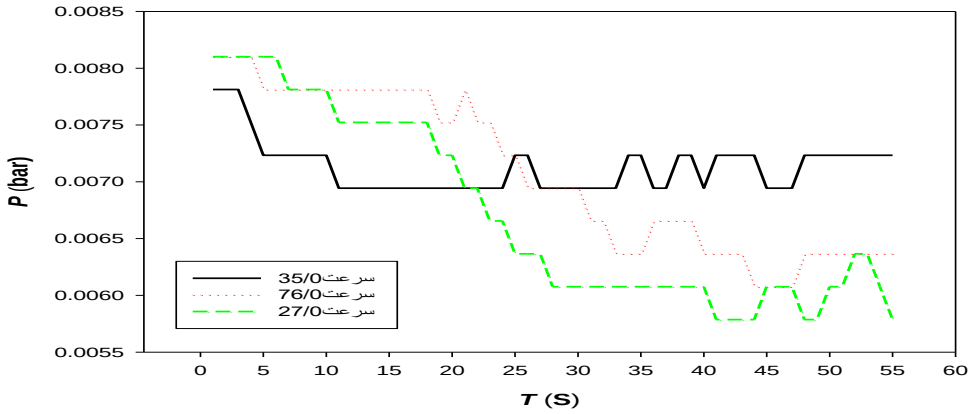
$$C_P = \frac{P}{1/2\rho u^2}$$ رابطه (۱۶)




**شکل ٦- نمودار میزان ا سکوات برای شناور با آبخور ۸ سانتی متر و عرض کانال ٦۰ سانتی متر.**
**Fig. 6- The diagram of the amount of squatting for a float with a water inlet of 8 cm and a channel width of 60cm**

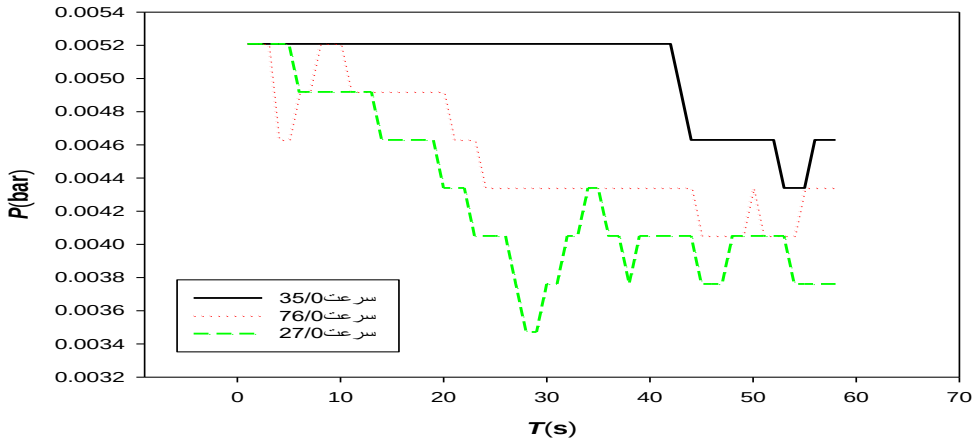



**شکل ۷- نمودار میزان ا سکوات برای شناور با آبخور ٤ سانتی متر و عرض کانال ٦۰ سانتی متر**
**Fig. 7- The diagram of the amount of anchorage for a float with a 4 cm water inlet and a channel width of 60 cm**



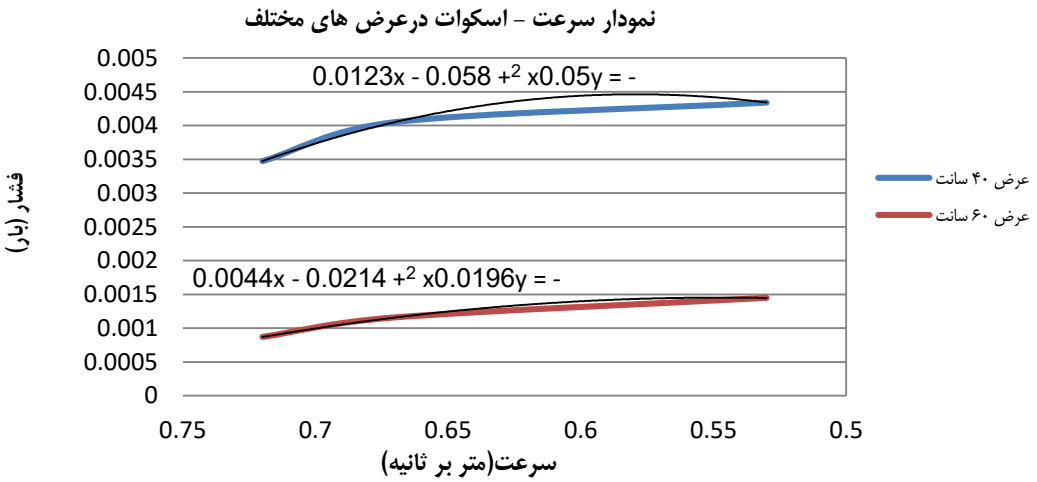

شکل ۸- نمودار میزان ا سکوات برای شناور با آبخور ۸ سانتی متر و عرض کانال ٤٠ سانتی متر

**Fig. 8- The diagram of the amount of squat for a float with a water inlet of 8 cm and a channel width of 40 cm.**



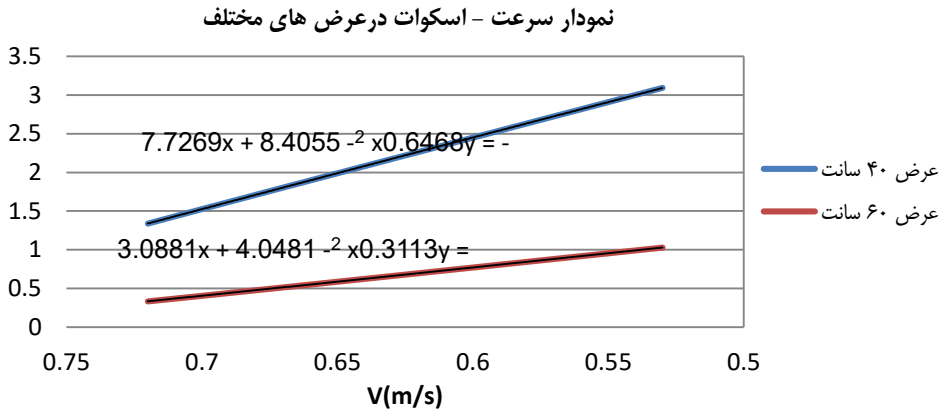

شکل ۹- نمودار میزان ا سکوات برای شناور با آبخور ٦ سانتی متر و عرض کانال ٤٠ سانتی متر

**Fig. 9- The diagram of the amount of anchorage for a float with a 6 cm water inlet and a channel width of 40 cm**



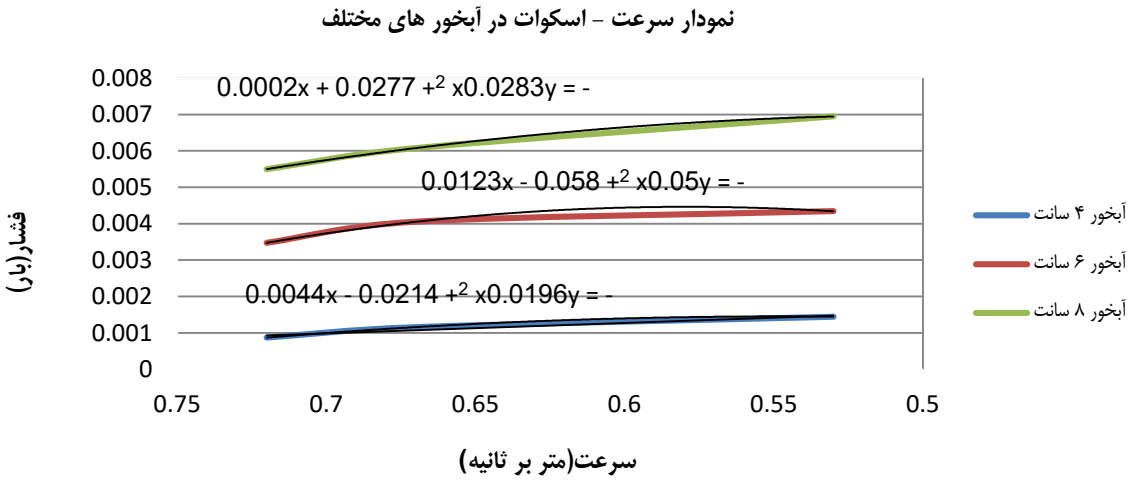

شکل ۱۰- نمودار بی بعد تاثیر عرض کانال در ضریب فشار

**Fig. 10- Dimensionless diagram of the influence of the channel width on the pressure coefficient**




**شکل۱۱– تاثیر آبخور شناور در میزان اسکوات**

**Fig. 11- The effect of the floating through on the amount of squat**



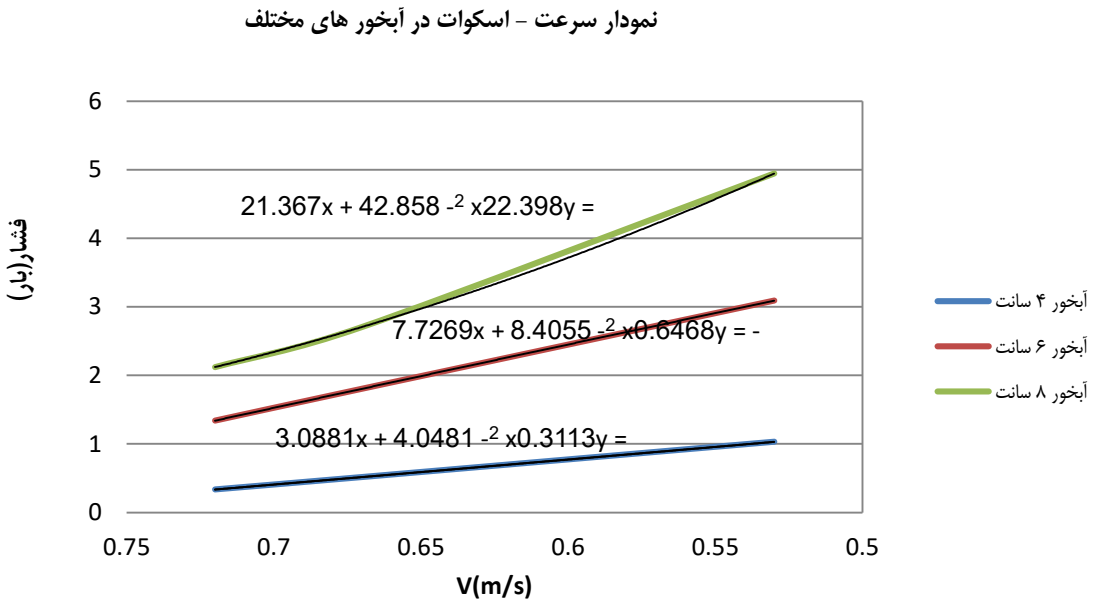

**شکل۱۲– نمودار بی بعد تاثیر آبخوردرضریب فشار**

**Fig. 12- Dimensionless diagram of the influence of water absorption and pressure**

**جدول۱–مقایسه روابط تجربی با آزمایش مدل در میزان اسکوات**

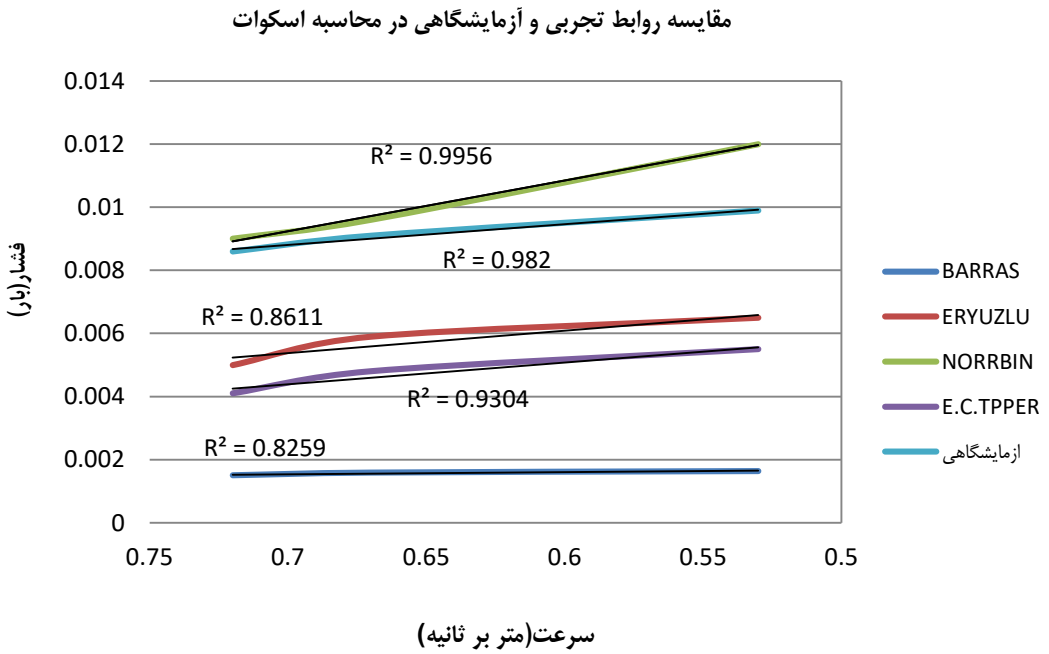
**Table 1- Comparison of empirical relationships with model testing in squat rate**

| مقایسه میزان اسکوات محاسبه شده بر اساس روابط تجربی و آزمایش مدل | | |
|---|---|---|
| ردیف | روابط محاسبه اسکوات | میزان اسکوات محاسبه شده |
| ۱ | Barrass (1981) | 0.001 |
| ۲ | Eryuzlu and Hausser (1978) | 0.005 |
| ۳ | Norrbin (1986) | 0.009 |
| ۴ | E.C.Tpper | 0.0041 |
| ۵ | روش آزمایشگاهی | 0.0086 |




**شکل ۱۳– نمودار سرعت – اسکوات در آبخور های مختلف**

**Fig. 13- Speed chart - squat in different water troughs**




**شکل ۱۴– مقایسه روابط تجربی و روش آزمایشگاهی در محاسبه اسکوات**

**Fig. 14- Comparison of experimental relationships and laboratory method in squat calculation**

## ٤. نتیجه گیری نهایی:

شناورها با آبخور کم بیشتر تحت تاثیر اسکوات قرار گرفته و احتمال به گل نشستن آنها زمانی که شناور سبک است در کانال‌های باریک زیادتر می‌باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل برای ناوبری درکانال‌های باریک در نظر گرفتن تناژ شناور می‌باشد.

در کانال‌های باریک هرچه قدر عرض کانال بیشتر باشد، امکان اسکوات در سرعت‌های بشتر زیادتر می‌باشد

با توجه به روابط تجربی و محاسبات آزمایشگاهی نزدیک‌ترین رابطه فرمول نوربین اعلام می‌گردد .که می‌تواند در محاسبه اسکوات مثمر ثمر باشد.

## Refrences


Ankudinov, V., 2000. Prototype measurement of ship sinkage in confined water. *MARSIM 2000*, pp.233-247.

Barrass, C. B. 1981. Ship squat – A reply. The Naval Architect, November, 1981

Eryuzlu, N.E. and Hausser, R., 1978. Experimental investigation into some aspects of large vessel navigation in restricted waterways. In *Symp Proc on Asp of Nav of Constraint Waterways* (Vol. 2, No. 9).

Gourlay, T., 2006. Flow beneath a ship at small underkeel clearance. *Journal of ship research*, *50*(03), pp.250-258.

Norrbin, N.H., 1986. *MODEL TEST FOR CAORF PANAMA CANAL STUDY, VOLUME 3* (No. 3062-6).

Novák, P. and Čabelka, J., 1981. Models in hydraulic engineering: Physical principles and design applications. *Monographs & surveys in water resources engineering*.

Peloquin, M. D., 2015. Engineering and design dredging and dredged material management. Department of the army, u.s. army corps of engineers, washington, DC. Available at: https://www.publications.usace.army.mil/portals/76/publications/engineermanuals/em_1110-2-5025.pdf.

Sharp, J.J., 1981. *Hydraulic Modeling.* London: Ed.

Varyani, K.S., 2006. Squat effects on high speed craft in restricted waterways. *Ocean engineering*, *33*(3-4), pp.365-381.

*Journal of Marine Science and Technology*

***Spring 2022, Vol. 21, No. 1, P: 118-129.***

**Available Online:** ***http://jmst.kmsu.ac.ir***
**Original Article**

# The Study of Squat Phenomenon in Ships Narrow Channels Via Physical Modeling

Mohammad Ahmadnejad*, Abbas Fazelinia

Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanics, Imam Khomeini University of Marine Sciences, Nowshahr, Iran.

* **Corresponding Author E-mail:** ahmadnejad.amin@gmail.com

**Received:** 12 February 2013 **Revise Date**28 June 2015 **Accepted:** 20 December 2015

**DOI:** 10.22113/JMST.2015.12028

**Abstract**

The ship behavior should be studied with respect to channel width and depth, because of the existence of hydraulic and hydrodynamic effects in navigable channels and waterway. The most important parameters that designer should consider are Squat, resistance, slamming, bow body force and suction. Accurate prediction of hydrodynamic parameters for operational ships in shallow water are essential to avoid grounding. Hydrodynamic parameters for Series 60 hull Vessel's in shallow waters are experimentally investigated in this thesis using models with coefficient, $C_B$=0.8 and The Experiments were carried out in towing tank in different condition Critical speeds for vessel's can be obtained based on experimental results. This leads to an increase in ship efficiency and reaching the optimal speed and dratht in channels. The results have been compared with those obtained from analytic, numerical and empirical methods. It should be noted that fake walls were designed to carry out this study after designing the floating model. The unique characteristics of the fake walls was adjusting the channel width. It was possible to receive and register the sensors using PLS program. Throughout the experiment all the mechanisms were monitored automatically by the examiner.

**Key words:** Squat, Navigation channel, Shallow water, Model test, Narrow channel

**Copyrights:**

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.