

دراسة تأثير بعض وسائط الفرملة على تخفيض سرعة السفينة خلال المرحلة الرابعة من مراحل الإنزال الطولي للسفن إلى الماء

الدكتور ميشيل بريهان*

إيهاب صالح**

(تاريخ الإيداع 10 / 2 / 2014. قُبِلَ للنشر في 26 / 6 / 2014)

□ ملخص □

يُعدُّ الإنزال الطولي للسفن من أهم طرق الإنزال إلى الماء بعد الانتهاء من البناء أو القيام بعمليات الإصلاح والصيانة. وهذه الطريقة من الإنزال خطيرة جداً، ولا يمكن التحكم بها بعد بدء عملية الإنزال؛ لأنها تمثل انتقالاً تلقائياً لكتلة كبيرة جداً. لهذا السبب ينبغي التحضير لهذه العملية بعناية فائقة مع أخذ أدق التفاصيل الممكنة بالحسبان. فعندما تبدأ السفينة بالحركة (بالانزلاق) يصبح العنصر البشري مراقباً عديم التأثير في مسار آلية الإنزال. ومن هنا تأتي أهمية إنجاز الحسابات بدقة عالية لضمان إنزال السفينة بشكل آمن إلى الماء، والسفينة في أثناء الإنزال تغادر المزلق المائل عادة بسرعة كبيرة، فإذا كان عرض الحوض المائي غير كاف، تكون السفينة عرضة للاصطدام بالرصيف المقابل لهذا الحوض ولتجنب حدوث ذلك تستخدم وسائط خاصة تهدف إلى إنقاص سرعة السفينة أثناء إنزالها. يتناول هذا البحث دراسة فرملة حركة السفينة بطريقتي الصفائح والجنازير وباستخدام الطريقتين كليهما معاً كوسيلة فرملة واحدة خلال المرحلة الرابعة من عملية الإنزال الطولي بعد مغادرتها المزلق المائل. لقد أظهرت النتائج فعالية كبيرة لطريقة الفرملة بالجنازير بالمقارنة مع طريقة الفرملة بالصفائح.

الكلمات المفتاحية: سفينة، الإنزال الطولي، الفرملة.

*أستاذ - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
**قائم بالأعمال/ معاون - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Study the effect of some braking modes on reduce the speed of the ship during the fourth stage of the longitudinal launching of the ships to the water

Dr. Michel Barbahan*
Ehab Saleh**

(Received 10 / 2 / 2014. Accepted 26 / 6 / 2014)

□ ABSTRACT □

The longitudinal launching of ships is the most important ways for landing to the water after completion of construction or doing repair and maintenance processes. This way of launching is very dangerous, and can not be controlled after the start of the process of landing, because it represents the transition automatically a very large mass. For this reason they should be preparing for this process very carefully, taking into account the smallest details possible. When the ship starts moving (sliding), the human factor become an observer and useless on influence the course of launching mechanism. Hence, the importance of accurate calculation came to ensure the launching ship into the water in safe way. The ship usually leaves the leaning slip with high velocity during the launching. If the width of the dock isn't enough, the ship is subjected to clash with the pavement that is opposite to the dock. So, to avoid this, we usually use special modes that purpose to reduce the speed of the ship during launching. This research discuss studying braking the movement of the ship using the plates and chains and also when used together as a single braking way during the fourth stage of launching process after it leaves the leaning slip. The results showed significant efficacy in a method braking by chains compared with method braking by plates.

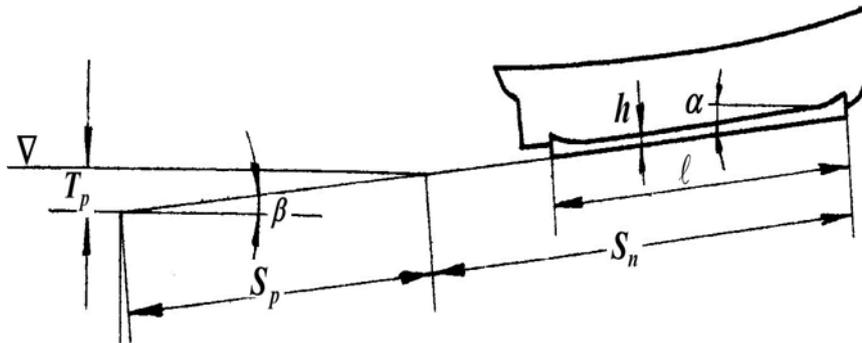
Key Words: ship, longitudinal launching, braking.

*Professor, Marine Engineering Department Mechanical & Electrical Engineering Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Academic Assistant, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

إن عملية إنزال السفينة إلى الماء هي إحدى العمليات التكنولوجية المهمة جداً في بناء السفينة وتتطلب التحضير الدقيق جداً خاصة وأن إعادة هذه العملية غير ممكنة، ولا يمكن إيقافها في لحظة معينة. ومن الممكن إنزال السفينة إلى الماء بشكل مبكر بعد الانتهاء من كل أعمال البدن التي تحقق العوم والتي تؤمن المقاومة الطولية والموضعية المناسبة لبدن السفينة [1]. عند إنزال السفينة عن طريق زلقها نحو الماء من مزلق مائل ينبغي إجراء الحسابات بدقة عالية. وتُجرى هذه الحسابات قبل وضع أول جزء، أو قطاع من بدن السفينة على المزلق. إن هذه الطريقة من الإنزال خطيرة جداً، ولا يمكن التحكم بها بعد بدء عملية الإنزال؛ لأنها تمثل انتقالاً تلقائياً لكتلة كبيرة جداً. لهذا السبب ينبغي التحضير لهذه العملية بعناية فائقة مع أخذ أدق التفاصيل بالحسبان. فعندما تبدأ السفينة بالحركة (بالانزلاق) يصبح العنصر البشري مراقباً عديم التأثير في مسار آلية الإنزال. الإنزال غير الناجح يؤدي إلى خسائر كبيرة جداً، ففي كثير من الحالات تم قص أبدان السفن غير المكتملة، وتحويلها إلى خردة نتيجة التضرر الكبير الذي لحق بها بفعل الإنزال غير الناجح [2]، [3]. والطريقة الأكثر انتشاراً واستخداماً هي طريقة الإنزال الطولي؛ وفيها يكون مستوى تناظر السفينة موازياً لسكك الإنزال. وتُعدُّ الطريقة الأسهل ضمن اعتبارات وهي الأكثر أماناً. يوضح الشكل (1) العناصر المميزة للإنزال الطولي التي سيتم ذكرها لاحقاً.



الشكل (1) العناصر المميزة للإنزال الطولي

طريقة الإنزال الطولي بعض المساوئ نذكر منها [4]:

- التكاليف المرتفعة الناتجة عن ضرورة تقوية المزلق المائل وتدعيمه، خاصة في أجزائه السفلية، والتكاليف العالية المتعلقة ببناء الجزء العاطس من هذا المزلق، وحمايته.
- نشوء إجهادات كبيرة في الأربطة الإنشائية للسفينة، نتيجة تعرض السفينة أثناء عملية الإنزال لعزوم انعطاف شديدة.

- يجب أن يكون للحوض المائي الواقع أمام المنزلق المائل عرضاً كبيراً يصل حتى (2,5 ÷ 2) من طول السفينة حتى تستطيع السفينة التوقف بحرية بعد نزولها إلى الماء، وهذا الشرط لا يمكن تأمينه في العديد من ترسانات البناء والإصلاح للسفن.
- يجب أن يتم بناء السفينة بميلٍ معينٍ للقرينة بالنسبة للمستوى الأفقي، وهذا يزيد في تعقيد عملية البناء، ورفع نسب تكاليف البناء.

ولأن العرض والعمق لحوض الماء المجاور لرصيف البناء محدود غالباً، لذلك يجب إيقاف السفينة بعد أن تصل إلى حالة الطفو الكلي عند مسافة محددة حتى لا تصطدم مؤخرة السفينة بالضفة الأخرى لحوض الماء، أو أن

تتعرض لشحط في المياه الضحلة عند الضفة الأخرى. وإذا كان حوض الماء ضيقاً جداً تستدعي الضرورة عندئذ إيقاف السفينة في مكانٍ محددٍ بدقة. وفي هذه الحالة يجب إيجاد التجهيزات المناسبة التي يمكنها أن تقوم بفرملة حركة السفينة حتى التوقف النهائي، وهناك سلسلة كبيرة من أجهزة إيقاف السفن المتميزة بالبساطة وموثوقية العمل. إن استخدام الأجهزة المعقدة غير مفيد لأنها تتعطل بسهولة. واختيار جهازٍ محددٍ يتعلق بالشروط السائدة على الرصيف وبطول مسار الإنزال المسموح به، كما يمكن استخدام جهازين أو أكثر في الوقت نفسه؛ وذلك عند إنزال السفن الكبيرة في ظروف صعبة. وتقسيم هذه التجهيزات حسب نوع المقاومة إلى [1]:

-مقاومة الاحتكاك.

-مقاومة الماء.

تتنمي الأجهزة المستفيدة من مقاومة الاحتكاك إلى مجموعة أجهزة الإيقاف بمساعدة:

1. المراسي التي تنزل من السفينة أثناء الإنزال.

2. المراسي الغاطسة في قعر الحوض.

3. حزم السلاسل (الجنازير) الممتدة على الرصيف.

4. الفرامل الاحتكاكية.

تتكون المجموعة الثانية من أجهزة الإيقاف التي تستخدم مقاومة الماء من الأجهزة الآتية:

1. ديسكات الإيقاف (صفائح الفرملة).

2. خزانات إيقاف عائمة.

3. أطواف الإيقاف (جسر إيقاف) وهي سلسلة من العوامات المسطحة الموضول بعضها ببعض.

4. البيكون العائم الذي يتركب من حزمة عيدان طويلة مربوطة تعوم على سطح الماء.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمُن أهمية هذا البحث في معالجته لظاهرة مهمة تحظى بعناية مراكز الأبحاث وترسانات بناء السفن في العالم، وذلك بالاعتماد على النموذج الرياضي الخاص بالاختيار الأمثل لبارامترات المعدات والأجهزة للفرملة، بحيث تؤمن فرملة السفينة بسلاسة دون أية تعقيدات وذلك ضمن مسافة محددة.

وتتخصر أهداف البحث بما يأتي:

1. إعداد برنامج حاسوبي بلغة Visual Basic6 لتنفيذ الحسابات وفق النموذج الرياضي الخاص بعملية الإنزال

الطولي بما في ذلك الفرملة.

2. دراسة تأثير أجهزة الفرملة على إنقاص سرعة السفينة بعد مغادرتها المزلق، حيث تم اختيار نوعين من

أجهزة الفرملة: - النوع الأول: الفرملة باستخدام الصفائح التي تعتمد على مقاومة الماء.

- النوع الثاني: الفرملة باستخدام الجنازير التي تعتمد على مقاومة الاحتكاك.

3. دراسة تأثير تغيير عدد مجموعات الجنازير، بثبات الوزن الإجمالي للجنازير، على فعاليتها أثناء الفرملة.

4. دراسة تأثير الصفائح والجنازير معاً، كوسيلة فرملة، على إنقاص سرعة السفينة.

5. مقارنة الأشكال الثلاثة للفرملة، واختيار الطريقة الأنسب والأقل تعقيداً لإنقاص سرعة السفينة، وإظهار مدى

فعالية هذه الأجهزة بالنسبة للمسافة التي قطعتها السفينة بعد مغادرتها المزلق.

طرائق البحث ومواده:

تغادر السفينة في أثناء الإنزال المزلق المائل عادةً بسرعة كبيرة، فإذا كان عرض الحوض المائي غير كافٍ، تكون السفينة عرضة للاصطدام بالرصيف المقابل لهذا الحوض. ولتجنب حدوث ذلك تُستخدم عادةً وسائط خاصة تهدف إلى إنقاص سرعة السفينة بتبديد طاقتها الحركية ليتم إيقافها عند مسافة محددة. ويمكن تحديد سرعة السفينة خلال الإنزال الطولي عند أخذ قوة مقاومة المياه بالحسبان (دونت وجود أجهزة الفرملة)، بدلالة سرعتها عند موقع سابق من الطريق المسلوك انطلاقاً من مبدأ الطاقة الحركية وفقاً للعلاقة الآتية [3]، [5]:

$$S_{i2}^2 = \frac{S_{i1}^2 \cdot (n \cdot P - k \cdot g \cdot \Delta S_i) + 2 \cdot g \cdot R \cdot (\beta - \mu_d) \cdot \Delta S_i}{n \cdot P + k \cdot g \cdot \Delta S_i} \quad (1)$$

حيث إن:

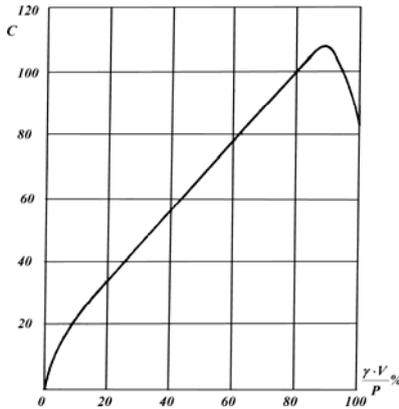
S_{i1}^2 ، S_{i2}^2 - سرعة السفينة عند مواضع متتالية من الطريق المسلوك $[m/s]$.
 n - معامل يأخذ تأثير تيار أو أثر المخز بالحسبان. القيمة التقريبية لهذا المعامل $n = 1.1 \div 1.2$.
 ΔS_i - الطريق المسلوك بين الموضعين المدروسين.
 P - الوزن المراد إنزاله: يتألف هذا الوزن من وزن السفينة المراد إنزالها P إضافة إلى وزن المزالج p ، وتعد قيمة هذا الوزن - بصورة تقريبية - مساوية $P \cdot (0.03 \div 0.05)$.
 β - زاوية ميلان المزلق المائل الطولي. وتتغير قيمة هذه الزاوية عادةً وفقاً للوظيفة الخاصة بكل مزلق.
 g - تسارع الجاذبية الأرضية $[m/s^2]$.
 R - رد فعل المزلق المائل ويساوي $R = P - \gamma \cdot V$ ، حيث γ : الوزن النوعي للماء $[t/m^3]$ ، V : حجم الجزء الغاطس الحالي من بدن السفينة في الموقع المدروس للسفينة $[m^3]$.
 μ_d - معامل الاحتكاك الديناميكي.

k - معامل مقاومة المياه لبدن السفينة، يعطى بالعلاقة الآتية:

$$k = \frac{D^{2/3}}{C} \quad (2)$$

حيث إن:

D - قوة الطفو الحالية في الموضع المدروس للسفينة.
 C - معامل يحدد من المنحنى البياني المبين في الشكل (2) بوصفه تابعاً للتغير المثوي لقوة الطفو بالنسبة للوزن المراد إنزاله.



الشكل (2) حساب قيمة المعامل C

تُحدّد سرعة السفينة خلال الإنزال إلى الماء عند أخذ تأثير أجهزة الفرملة بالحسبان وفقاً للعلاقة الآتية [3]، [5]:

$$S_f^2 = \frac{S_{f_i}^2 \cdot (n \cdot p - k \cdot g \cdot \Delta S_f) + 2 \cdot g \cdot R \cdot (\beta - \mu_a) \cdot \Delta S_f - 2 \cdot g \cdot F_f \cdot \Delta S_f}{n \cdot p + k \cdot g \cdot \Delta S_f} \quad (3)$$

تمثل F_f قوة المقاومة بفعل أجهزة الفرملة.

إذا بدأت أجهزة الفرملة العمل بعد مغادرة السفينة المنزلّة للمزلق المائل تأخذ العلاقة (3) الشكل الآتي مع الأخذ

بالحسبان أن $R=0$:

$$S_f^2 = \frac{S_{f_i}^2 \cdot (n \cdot p - k \cdot g \cdot \Delta S_f) - 2 \cdot g \cdot F_f \cdot \Delta S_f}{n \cdot p + k \cdot g \cdot \Delta S_f} \quad (4)$$

سيتم في هذا البحث دراسة تأثير ثلاثة أشكال من الفرملة: الفرملة باستخدام الصفائح وتعتمد على مقاومة المياه،

الفرملة باستخدام الجنازير وتعتمد على مقاومة الاحتكاك، والفرملة باستخدام الصفائح مع الجنازير.

• الفرملة باستخدام الصفائح:

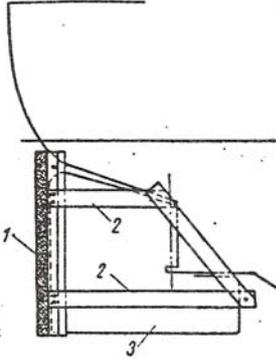
تعتمد هذه الطريقة على تشكيل سطوح إضافية مستقرة بشكل ناظمي على مسار السفينة. ويتم إجراء ذلك

باستخدام ما يسمى ((صفائح الفرملة))، أو دروعها. البنية الإنشائية للصفائح يجب أن تكون مناسبة لتحمل مقاومة

الماء، فهي مصنوعة من الخشب أو الفولاذ. تتركز صفائح المؤخرة على الدفة وتثبت

على إطار المؤخر كما هو مبين بالشكل (3)، أما الصفائح الجانبية فيجب أن تزود

بتقوية كبيرة مناسبة لتحمل عزوم القوى التي تظهر على الصفائح.

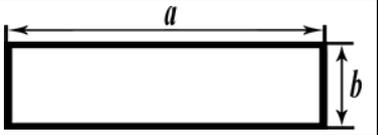


تحدد قوة المقاومة الناتجة عن هذه الصفائح كما يأتي [3]، [5]:

الشكل (3) يظهر صفيحة فرملة مثبتة على الدفة

1- صفيحة الفرملة، 2- ركيزة مائلة، 3- الدفة

الجدول (1) يبين قيم معاملات K'

	k'
$a/b = 1$	0,0560
$a/b = 2$	0,0580
$a/b = 4$	0,0607
$a/b = 10$	0,0658

$$F = k' \cdot S \cdot S'^2 \quad (5)$$

حيث إن:

F - قوة مقاومة الماء بفعل الصفائح، أو الدروع $[ton]$.

S - مساحة سطح هذه الصفائح $[m^2]$.

S' - سرعة السفينة $[m/s]$.

k' - معامل يتعلق بنسبة أبعاد الصفائح. قيم هذا المعامل مبينة في الجدول (1).

وتحدد سرعة السفينة عند الأخذ بعين الاعتبار الصفائح كوسيط فرملة بالعلاقة [3]، [5]:

$$S_i'^2 = \frac{S_{i-1}'^2 \cdot (n \cdot p - k \cdot g \cdot \Delta S_i) + 2 \cdot g \cdot R \cdot (\beta - \mu_a) \cdot \Delta S_i - 2 \cdot g \cdot k' \cdot S \cdot S_{i-1}'^2 \cdot \Delta S_i}{n \cdot p + k \cdot g \cdot \Delta S_i}$$

ومادامت معظم حالات الفرملة تبدأ بعد انتهاء المرحلة الثالثة، فهذا يعني أن الحد $2 \cdot g \cdot R \cdot (\beta - \mu_a) \cdot \Delta S_i$ يعد

مساوياً للصفر. ومنه فإن العلاقة السابقة تأخذ الشكل الآتي:

$$S_i'^2 = \frac{S_{i-1}'^2 \cdot (n \cdot p - k \cdot g \cdot \Delta S_i) - 2 \cdot g \cdot k' \cdot S \cdot S_{i-1}'^2 \cdot \Delta S_i}{n \cdot p + k \cdot g \cdot \Delta S_i} \quad (6)$$

• الفرملة باستخدام كوم السلاسل (الجانازير):

تستخدم طريقة إيقاف السفن باستخدام كوم السلاسل (الجانازير) منذ

زمن بعيد. توضع الجنازير على الرصيف بكوم على شكل كعب الفرس على

جانبي السفينة بشكل متناظر بحيث يواجه القسم الدائري للكومة جهة المقدمة

للسفينة عندها القسم الأمامي للكومة سيمر فوق الباقي من السلسلة حتى يبدأ

ما تبقى من الكومة بالتحرك على الرصيف كما هو موضح بالشكل (4)،

يحقق هذا النوع من النظام زيادة القوة بشكل ناعم ولس دون أية إعاقات

كالتالي يمكن أن تظهر فيما لو أن الكومة كلها تحركت بنفس اللحظة [1].

تسحب السفينة هذه الجنازير أثناء إنزالها إلى الماء بواسطة حبال فولاذية التي

ذات المقاومة والقطر المناسبين لتحمل الحمولات الناتجة عن عملية الجر.

تبدأ السفينة خلال عملية الإنزال بجر مجموعات من حزم الجنازير بصورة متتالية بدءاً من موضع معين، لذلك

يتم اختيار توزع الجنازير وطول الحبال بحيث تصبح الجنازير موجهة للعمل على التسلسل وليس الكل في وقت واحد،

حتى لا تسبب المرور المتبادل بعضها فوق بعض؛ لذلك فمن الضروري القيام بعملية فحص دقيقة على الرصيف قبل

عملية الإنزال. يتعلق وزن الجنازير بالوزن الكامل للسفينة ومع مع المزالج وأكبر سرعة يمكن أن تصلها السفينة في

أثناء الإنزال ويتعلق بطول المسار المسموح به أيضاً [2].

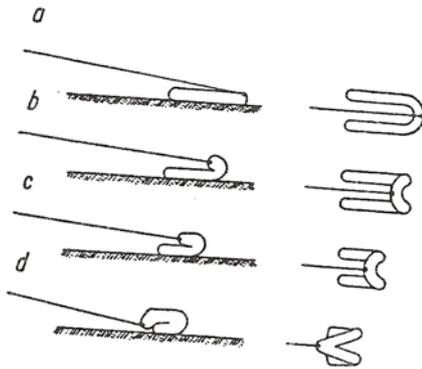
تُحدد سرعة السفينة في هذه الحالة وفقاً للعلاقة الآتية [6]، [7]:

$$S_i'^2 = \frac{S_{i-1}'^2 \cdot (n \cdot p + Q_i - k \cdot g \cdot \Delta S_i) + 2 \cdot g \cdot R \cdot (\beta - \mu_a) \cdot \Delta S_i - 2 \cdot g \cdot f \cdot Q_i \cdot \Delta S_i}{n \cdot p + Q_i + k \cdot g \cdot \Delta S_i + q_i} \quad (7)$$

حيث إن:

f - معامل احتكاك الجنازير بالأرضية. القيمة الوسطية لهذا المعامل $f \approx 0,7$.

Q_i - وزن مجموعات حزم الجنازير المجرورة مسافة معينة، بين موضعين متتاليين من الطريق المسلوك $[ton]$.



الشكل (4) يوضح نظام عمل الجنازير خلال المرحلة

q_i - وزن مجموعات حزم الجنازير التي يبدأ تأثيرها عند نهاية إحدى مراحل الفرملة الممتدة مسافة مقدارها ΔS .
مادامت معظم حالات الفرملة تبدأ بعد انتهاء المرحلة الثالثة، فهذا يعني أن الحد $2.g.R.(\beta - \mu_d).\Delta S_i$ يعد مساوياً للصفر. ومنه فإن العلاقة (7) تأخذ الشكل الآتي:

$$S_i'^2 = \frac{S_{i-1}'^2 \cdot (n.p + Q_i - k.g.\Delta S) - 2.g.f.Q_i.\Delta S}{n.p + Q_i + k.g.\Delta S + q_i} \quad (8)$$

يُفترض في هذه الحالة أن معامل مقاومة المياه k ، ومعامل الاحتكاك f لهما قيم ثابتة خلال فترة الفرملة كلها. ويتم تأمين السلسلة في عملية الفرملة من خلال الزيادة التدريجية لأوزان الجنازير الخاضعة للجر بواسطة الحبال الفولاذية خلال فترة الفرملة.

و تحديد الوزن الإجمالي للجنازير المستخدمة في عملية الفرملة يتم باستخدام إحدى العلاقتين [6]، [7]:

$$Q = 0.05.P \quad (9)$$

$$Q = k.\sqrt{P.h_p} \quad (10)$$

حيث إن:

Q - الوزن الإجمالي للجنازير [ton].

P - الوزن المراد إنزاله [ton].

k - معامل تساوي قيمته $(0.8 + 0.9)$.

h_p - المسافة الشاقولية الفاصلة بين بداية الطريق المسلوك، وعتبة المزلق [m]. تحدد بالعلاقة:

$$h_p = (S_n + S_p).\beta \quad (11)$$

حيث إن:

S_n - طول الجزء الطافي من المزلق.

S_p - طول الجزء الغاطس من المزلق، ويحدد بالعلاقة: $S_p = T_p/\beta$ ، حيث T_p : غاطس عتبة المزلق.

• الفرملة باستخدام الصفائح والجنازير معاً:

يمكن استخدام أكثر من وسيط فرملة في الوقت نفسه، لإنقاص سرعة السفينة ويتبع وهذا الأسلوب يتبع في حالة يكون فيها المسار المسلوك قصيراً، أو في حالة السفن الكبيرة، أو عند مغادرة السفينة للمزلق بسرعة كبيرة نسبياً. ويمكن استخدام الصفائح والجنازير معاً كوسيلة فرملة، على اعتبار أن لكل منهما نظام عملٍ مختلفٍ عن الآخر ولا يتأثر أي منهما بوجود الآخر.

تحدد سرعة السفينة عند استخدام الجنازير والصفائح معاً كوسيلتي فرملة بالعلاقة الآتية:

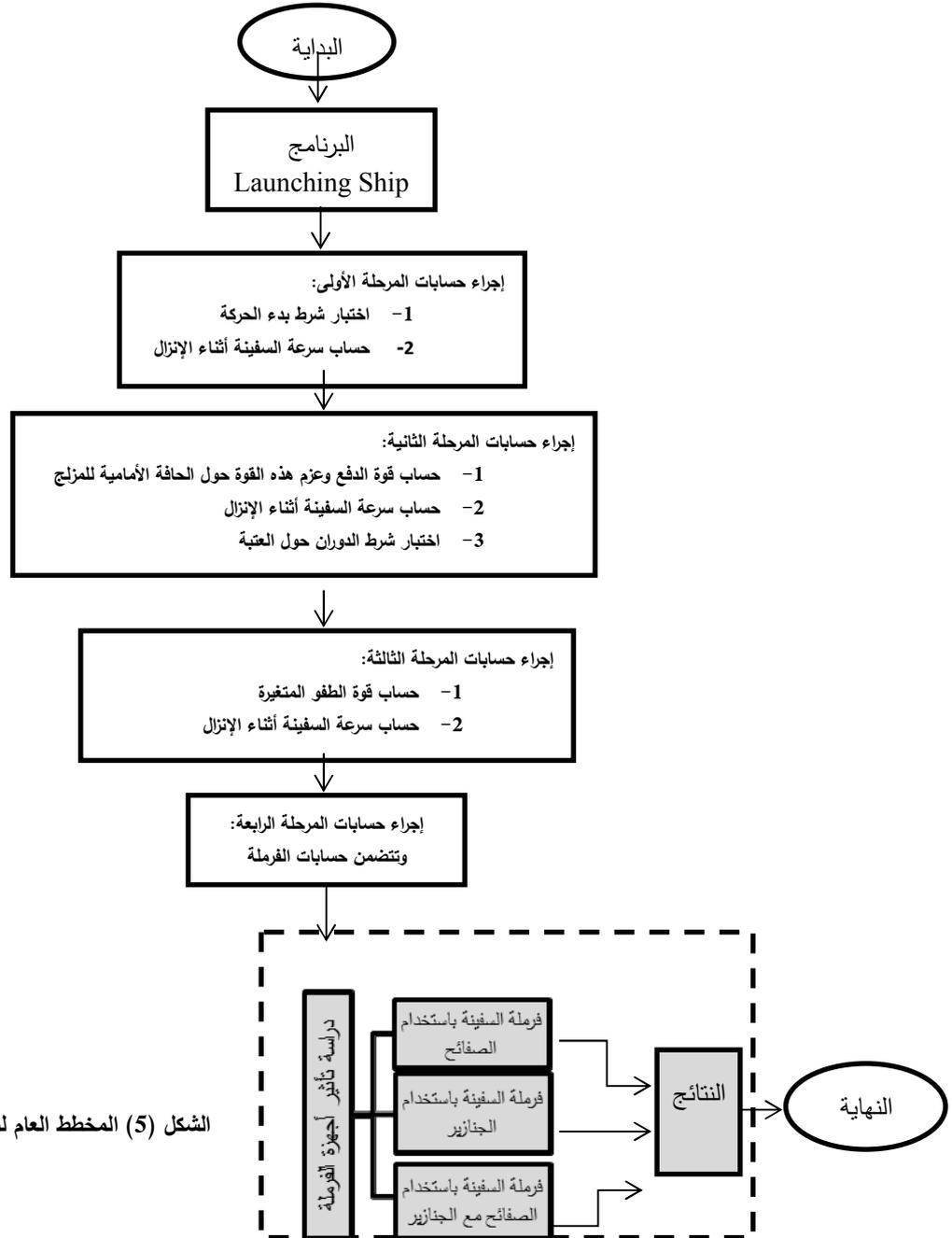
$$S_i'^2 = \frac{S_{i-1}'^2 \cdot (n.p + Q_i - k.g.\Delta S) + 2.g.R.(\beta - \mu_d).\Delta S_i - 2.g.f.Q_i.\Delta S_i - 2.g.k'.S.S_{i-1}'^2.\Delta S_i}{n.p + Q_i + k.g.\Delta S_i + q_i}$$

وباعتبار أن رد فعل المزلق معدوم خلال المرحلة الرابعة فتصبح العلاقة السابقة على الشكل الآتي:

$$S_i'^2 = \frac{S_{i-1}'^2 \cdot (n.p + Q_i - k.g.\Delta S) - 2.g.f.Q_i.\Delta S_i - 2.g.k'.S.S_{i-1}'^2.\Delta S_i}{n.p + Q_i + k.g.\Delta S_i + q_i} \quad (12)$$

النتائج والمناقشة:

استناداً إلى النموذج الرياضي المقترح لدراسة طرق الفرملة أثناء الإنزال الطولي للسفن تم إعداد برنامج حاسوبي (لكامل عملية الإنزال الطولي) بلغة Visual Basic6. يقوم هذا البرنامج بإجراء حسابات عملية الإنزال الطولي بمراحلها الأربعة ويضيف تلقائياً ما يحتاجه من نتائج مرحلة سابقة إلى المرحلة التي تليها. بالنسبة للمرحلة الرابعة التي تشمل فرملة السفينة يقوم البرنامج بالحسابات لثلاثة أنواع من الفرملة وهي: الصفائح، والجنائز، والصفائح مع الجنائز. وقد تم اعتماد العلاقات (6) و (8) و (12) لإنجاز هذه الدراسة. وهذا البرنامج مزود بواجهة رسومية كما في الشكل (6)، ويظهر النتائج على شكل ملف Excel جاهز للطباعة. يوضح الشكل (5) المخطط العامل لبرنامج.



الشكل (5) المخطط العام لبرنامج حساب الإنزال الطولي

Longitudinal Launching Ship

المرحلة الأولى
المرحلة الثانية
المرحلة الثالثة
المرحلة الرابعة

معامل المخر $n = 1.2$
الوزن المنزل $P_o = 19230.77$ [ton]
معامل مقاومة المياه $K = 6.57$
المسافة المقطوعة $S = 10$ [m]

$K' = 0.058$ $f = 0.7$ Calculate
 $Q_i = 961.538$ Diagram
 $a.b = 60$ $i = 2$

	A	B	C	D	E	F	G
	S	K'	Fi	f	Qi	qi	S'
2	355.268						6.8038127
3	365.268	0.058	161.096	0.7	480.769	480.769	6.2
4	375.268	0.058	133.771	0.7	961.538	480.769	5.384
5	385.268	0.058	100.876	0.7	961.538	0	4.537
6	395.268	0.058	71.634	0.7	961.538	0	3.62
7	405.268	0.058	45.603	0.7	961.538	0	2.539
8	415.268	0.058	22.434	0.7	961.538	0	0.723
9	425.268	0.058	30.203	0.7	961.538	0	1.594
10	429.268	0.058	8.842	0.7	961.538	0	0.524

تتضمن هذه المخرجات الحسابات التالية

1. الفرملة بالصفائح
2. الفرملة بالجننازير
3. الفرملة بالجننازير والصفائح

Cut

REPORT

الشكل (6) واجهة إدخال المعطيات إلى البرنامج الحاسوبي

تمت في هذا البحث دراسة فرملة السفينة بعد الانتهاء من المرحلة الثالثة حيث تصل السفينة إلى حالة "الطفو الحر"، ومن ثمَّ يصبح رد فعل المزلق المائل $R=0$.
يبين الجدول (2) البارامترات الأساسية للسفينة المستخدمة (ناقلة نفط)، وللمزلق المائل.

الجدول (2) البارامترات الأساسية للسفينة وللمزلق المائل

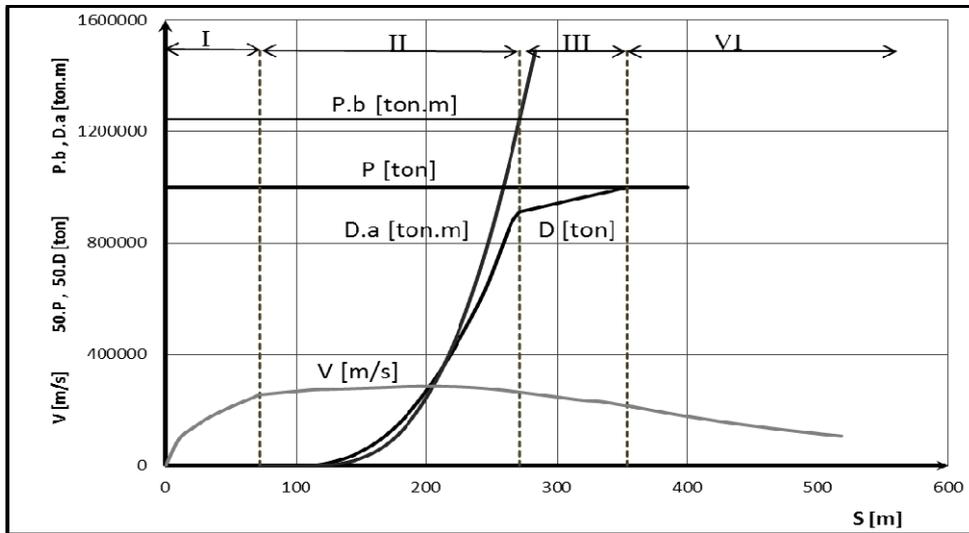
$P_o = 19230.769 \text{ ton}$	وزن السفينة المنزلة
$LBP = 192 \text{ m}$	الطول بين المتعامدين
$LOA = 201 \text{ m}$	الطول الكلي للسفينة
$p = 0.04P_o = 769.231 \text{ ton}$	وزن المزلج
$q = 44.645 \text{ ton/m}^2 = 4.465 \text{ kgf/cm}^2$	الضغط الواحد المسموح به
$\mu_d = \frac{0.05}{\sqrt{q}} = 0.0237$	معامل الاحتكاك الديناميكي
$\mu_s = 0.03$	معامل الاحتكاك السكوني
$l = 0.8 LBP = 153.6 \text{ m}$	طول المزلج
$\beta_o = \beta = 0.0524 \text{ rad}$	زاوية ميلان المزلق
$m \frac{P}{2 \times LBP \times q} = 1.458 \text{ b}' =$	عرض المزلج الانزلاقي
$h = 1.5 \text{ m}$	ارتفاع المستوي الأساسي للسفينة عن المزلق
$S_n = 226 \text{ m}$	طول الجزء الطافي من المزلق
$x_G = 5 \text{ m}$	الاحداثي الطولي لموضع مركز ثقل السفينة
$b = 62.2 \text{ m}$	المسافة بين الحافة الأمامية للمزلج و G

ويبين الجدول (3) القيم المعتمدة عند إجراء الحسابات لعملية الفرملة.

الجدول(3) القيم المستخدمة عند إجراء الحسابات

$S=355.27\text{ m}$ (البرنامج)	المسافة التي قطعها السفينة منذ بدء الحركة
$P=19230.769\text{ ton}$	الوزن الكلي
$R=0\text{ ton}$	رد فعل المزلق
$S'=6.804\text{ m/s}$ (البرنامج)	سرعة السفينة عند انتهاء المرحلة الثالثة
$k=6.57$ من العلاقة (2)	معامل مقاومة المياه
$n=1.2$	معامل المخر
$\Delta S_i = 10\text{ m}$ (تحدد من قبل المستخدم)	الطريق المسلك بين الموضعين المدروسين
$k'=0.058$ من الجدول (1)	معامل يتعلق بنسبة أبعاد الصفائح
$\rho=961.538\text{ ton}$ من العلاقة (9)	الوزن الإجمالي للجنازير

يبين الشكل (7) مخططاً عاماً لمنحنيات تغير البارامترات الأساسية لعملية الإنزال الطولي (دون الدخول في التفاصيل) كتابع للطريق المسلك خلال مراحل الإنزال المتتالية، واستناداً للبرنامج الحاسوبي المذكور أعلاه. وهذا الشكل يتضمن منحنيات تغير الوزن P ، وقوة الدفع D ، وعزم قوة الثقالة، وعزم قوة الطفو - بالنسبة للحافة الأمامية للمزلج - بوصفها تابعاً للطريق المسلك.

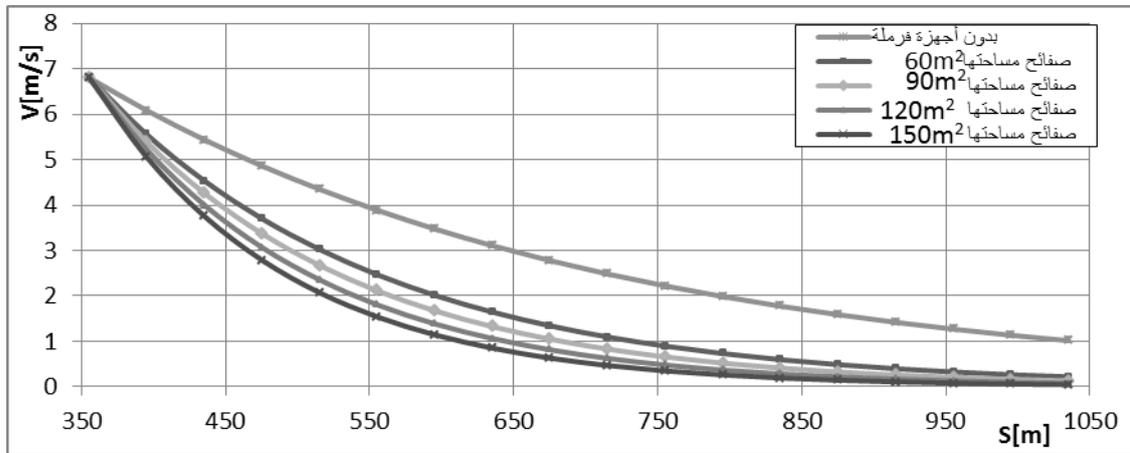


الشكل (7) المخطط العام لتغير البارامترات الأساسية لعملية الإنزال الطولي كتابع للطريق المسلك

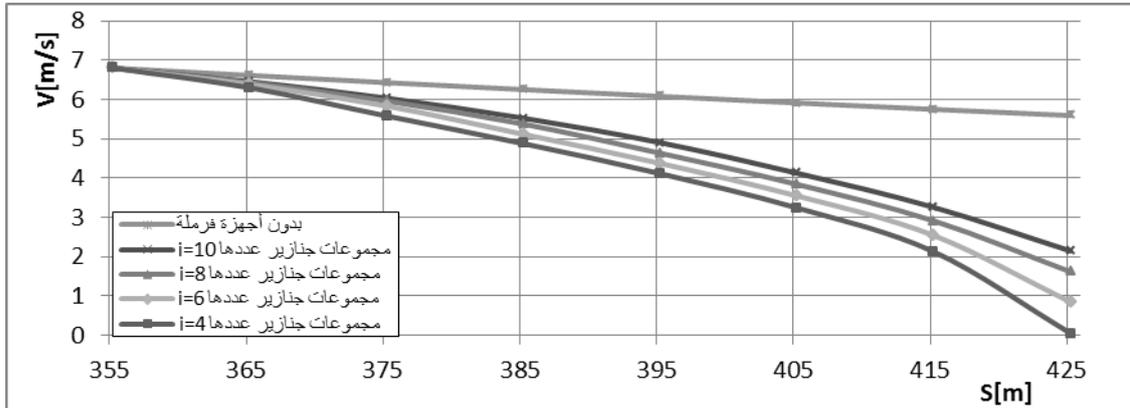
يبين الشكل (8) مقارنة منحنيات تناقص سرعة السفينة المدروسة كتابع للمسافة المقطوعة عند استخدام الصفائح أو الدروع كوسيلة فرملة مع منحنى تناقص سرعة السفينة دون استخدام أجهزة فرملة. وعند دراسة تأثير الفرملة باستخدام الصفائح تم اعتماد أربع قيم لمساحات الصفائح، مع افتراض قيمة ثابتة لمعامل مقاومة المياه k خلال فترة الفرملة المعتمدة.

يبين الشكل (9) مقارنة منحنيات تناقص سرعة السفينة المدروسة كتابع للمسافة المقطوعة عند استخدام الجنازير كوسيلة فرملة مع منحنى تناقص سرعة السفينة دون استخدام أجهزة فرملة. وعند دراسة تأثير الفرملة باستخدام الجنازير تم اعتماد أربع حالات لتوزيع مجموعات الجنازير على جانبي السفينة، مع افتراض قيم ثابتة لمعامل مقاومة المياه K ، و معامل الاحتكاك f خلال فترة الفرملة المعتمدة.

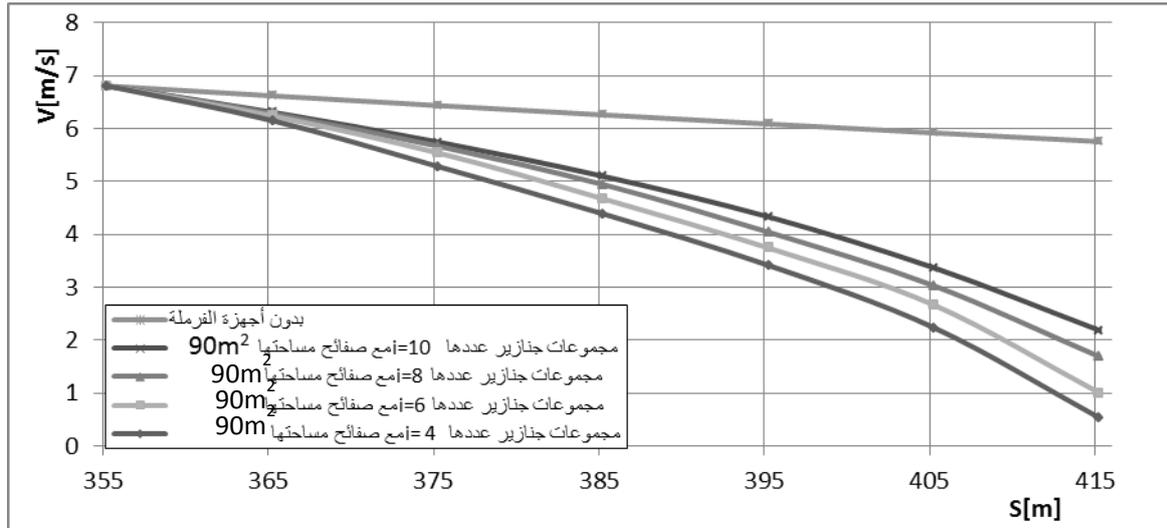
يبين الشكل (10) مقارنة منحنيات تناقص سرعة السفينة المدروسة كتابع للمسافة المقطوعة عند استخدام الصفائح مع الجنازير كوسيلة فرملة مع منحنى تناقص سرعة السفينة دون استخدام أجهزة فرملة. وعند دراسة تأثير الفرملة باستخدام الصفائح مع الجنازير تم استخدام أربع حالات لتوزيع مجموعات الجنازير على جانبي السفينة (كما في الحالة السابقة) مع صفائح ذات مساحة ثابتة مقدارها $90m^2$. مع اعتماد باقي الفرضيات المذكورة أعلاه كما في الحالات السابقة.



الشكل (8) منحنيات تناقص سرعة السفينة عند الفرملة باستخدام الصفائح



الشكل (9) منحنيات تناقص سرعة السفينة عند الفرملة باستخدام الجنازير



الشكل (10) منحنيات تناقص سرعة السفينة عند الفرملة باستخدام الصفائح مع الجنازير

يُلاحظ من هذه الأشكال الآتي:

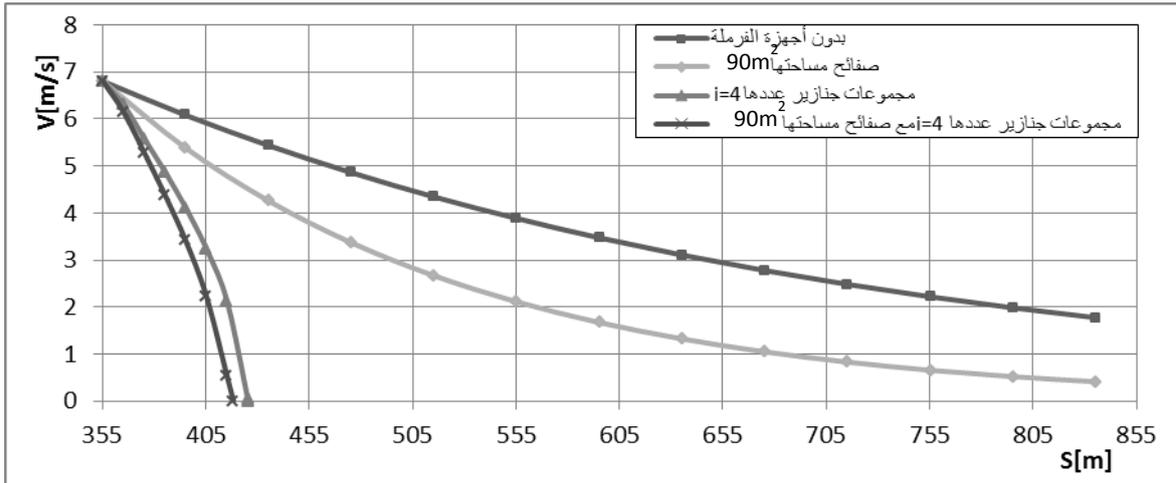
- تؤدي زيادة مساحة الصفائح إلى زيادة قدرتها على فرملة حركة السفينة.
- إن تأثير الصفائح كوسيلة فرملة غير فعال، نظراً لكبر المسافة التي قطعها السفينة بعد مغادرتها المزلق.
- إن تأثير الجنازير كوسيلة فرملة أكثر فعالية، نظراً لصغر المسافة المقطوعة من قبل السفينة بالمقارنة مع حالة الفرملة بالصفائح.

• عند إنقاص عدد مجموعات الجنازير - بثبات الوزن الإجمالي للجنازير - تزداد فعاليتها نسبياً على فرملة حركة السفينة، ولكن قد تصبح عملية الفرملة غير سلسة، وقد يسبب ذلك انقطاع الحبال الفولاذية الجارة للجنازير، وتضرر أماكن تثبيتها المؤقتة على السفينة بفعل ازدياد قوى الشد المطبقة عليها.

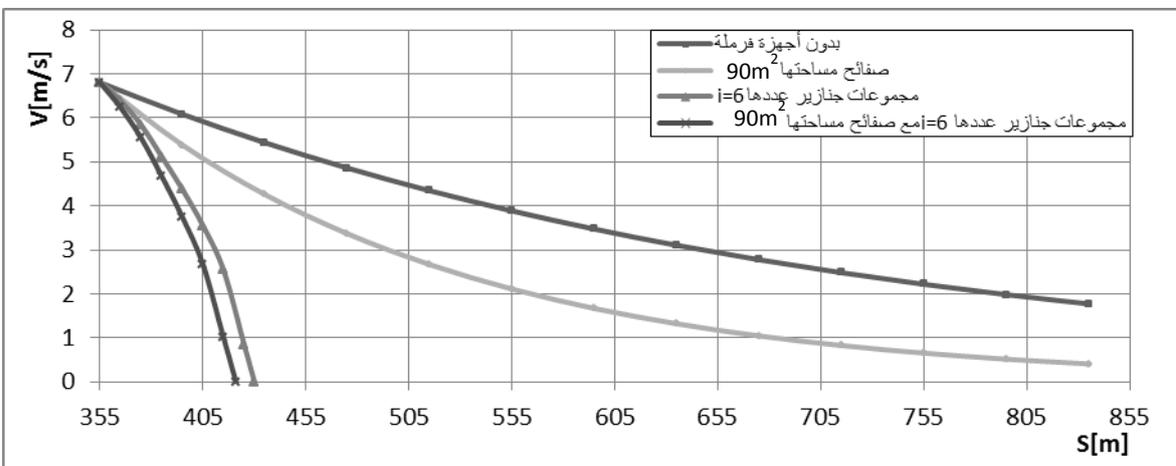
• تعطي الفرملة بالصفائح مع الجنازير فعالية عالية مع الاستفادة من ميزات كل منهما.

تبين الأشكال (11)، و(12)، و(13)، و(14) مقارنةً بين منحنيات تناقص سرعة السفينة عند استخدام أنظمة فرملة مختلفة (فرملة بالصفائح أو الدروع - فرملة باستخدام حزم الجنازير - فرملة باستخدام حزم الجنازير مع الصفائح) وبين منحنى تناقص سرعة السفينة عند إنزال السفينة دون استخدام أجهزة فرملة. تم تثبيت مساحة الصفائح نظراً لتأثيرها الضعيف. وتختلف الأشكال المذكورة أعلاه بعضها عن بعضٍ بعدد مجموعات الجنازير المستخدمة بالنسبة لنظام الفرملة بالجنازير ونظام الفرملة المختلط.

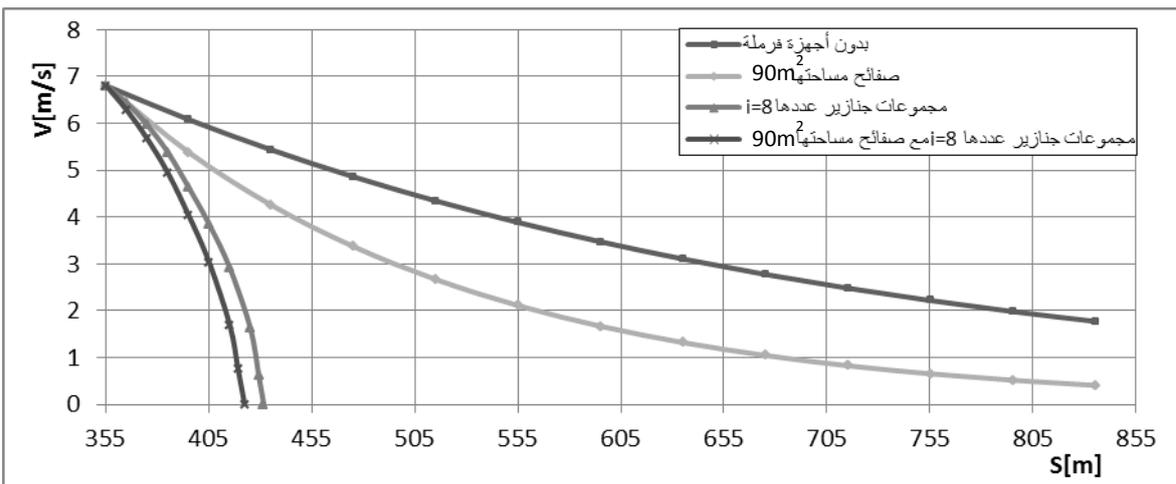
يُلاحظ من هذه الأشكال الفرق الكبير بين أداء الصفائح كوسيلة فرملة وأداء الجنازير أو الجنازير مع الصفائح كوسيلة للفرملة، حيث تحتاج السفينة خلال الفرملة بالصفائح أكثر من ضعف المسافة المقطوعة عند الفرملة بالجنازير أو بالجنازير مع الصفائح. كما يُلاحظ أن التأثير محدود الفعالية عند تغيير (إنقاص) عدد مجموعات الجنازير على المسافة المقطوعة خلال عملية الفرملة بعد وصول السفينة إلى حالة الطفو الكلي خلال عملية الإنزال.



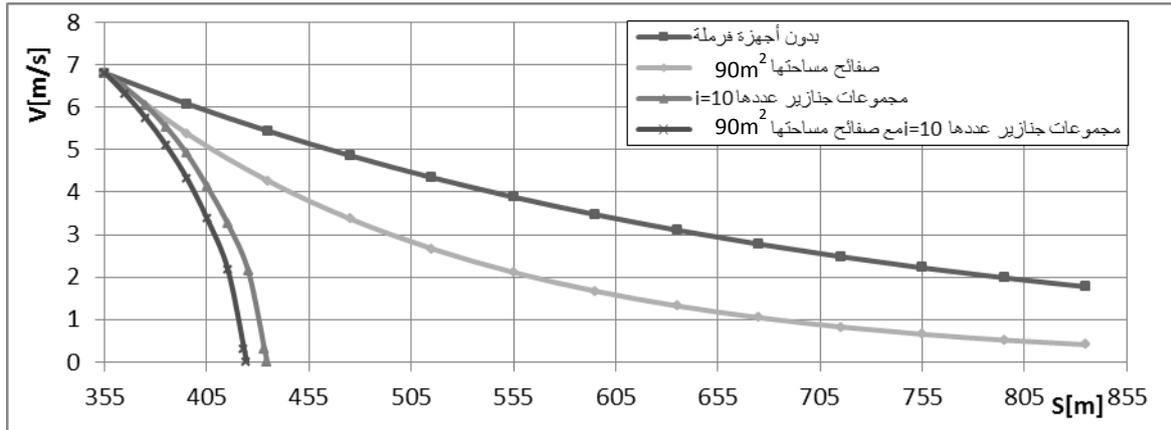
الشكل (11) مقارنة منحنيات تناقص سرعة السفينة باستخدام وسائط فرملة مختلفة -حالة استخدام 4 مجموعات جنازير-



الشكل (12) مقارنة بين منحنيات تناقص سرعة السفينة باستخدام وسائط فرملة مختلفة -حالة استخدام 6 مجموعات جنازير-

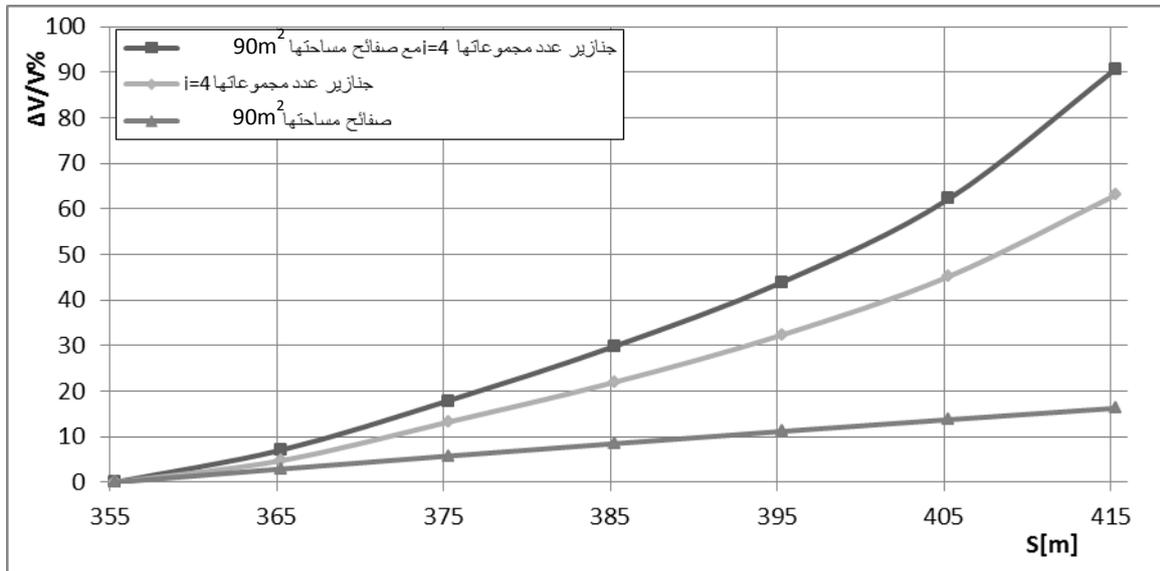


الشكل (13) مقارنة بين منحنيات تناقص سرعة السفينة باستخدام وسائط فرملة مختلفة -حالة استخدام 8 مجموعات جنازير-

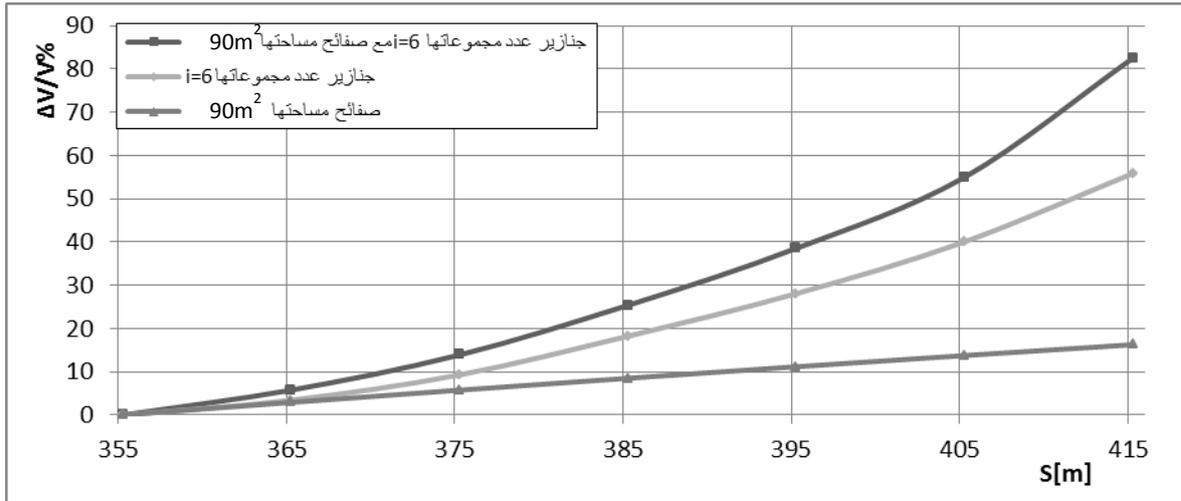


الشكل (14) مقارنة بين منحنيات تناقص سرعة السفينة باستخدام وسائط فرملة مختلفة- حالة استخدام 10 مجموعات جنازير -

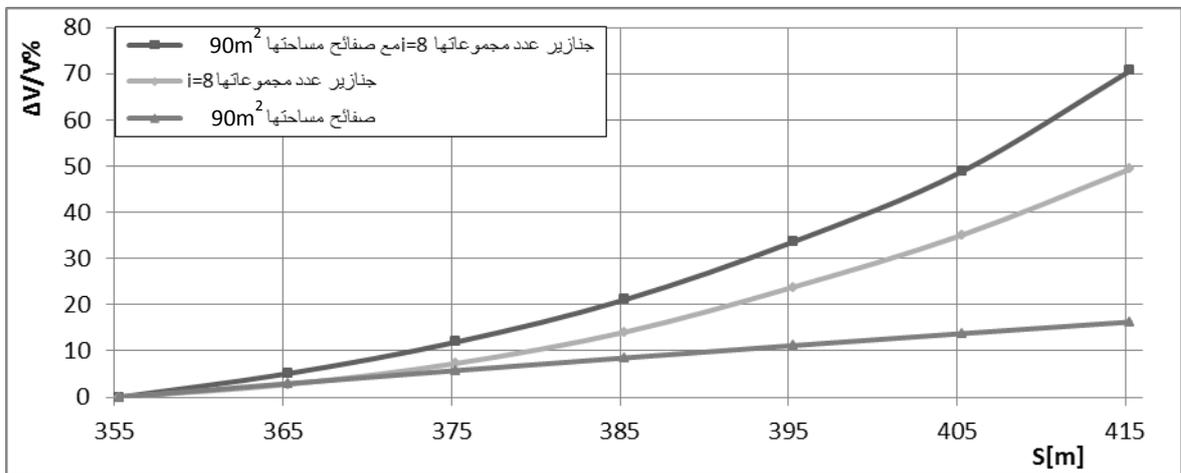
تبين الأشكال (15)، و(16)، و(17)، و(18) منحنيات التغير النسبي المئوي للسرعة $\Delta v/v\%$ كتابع للمسافة المقطوعة $s[m]$. حيث إن: $\Delta v = v - v_1$ ، v - سرعة السفينة دون استخدام أجهزة فرملة $[m/s]$ ، v_1 - سرعة السفينة بوجود جهاز فرملة $[m/s]$. تمت المقارنة بين هذه المنحنيات بتثبيت مساحة الصفايح وتغيير عدد مجموعات الجنازير المشاركة بالفرملة. وتُظهر هذه المنحنيات مدى فعالية أجهزة الفرملة المستخدمة. ويُلاحظ من هذه الأشكال أن الفرملة باستخدام الجنازير مع الصفايح لها الفعالية الأكبر من حيث إنقاص سرعة السفينة، ثم يليها الفرملة بالجنازير، ثم بالصفايح، و تزداد فعالية انقاص سرعة السفينة مع تناقص عدد مجموعات الجنازير المشاركة بالفرملة، ولكن بتأثير محدود علنا المسافة المقطوعة خلال عملية الفرملة، وفقاً لديناميكية حركة السفينة المرتبطة بسلوك المنحنيات المدروسة. وهكذا تزداد قوى العطالة الديناميكية المؤثرة على السفينة، نتيجةً لزيادة التسارع السالب للسفينة (التباطؤ).



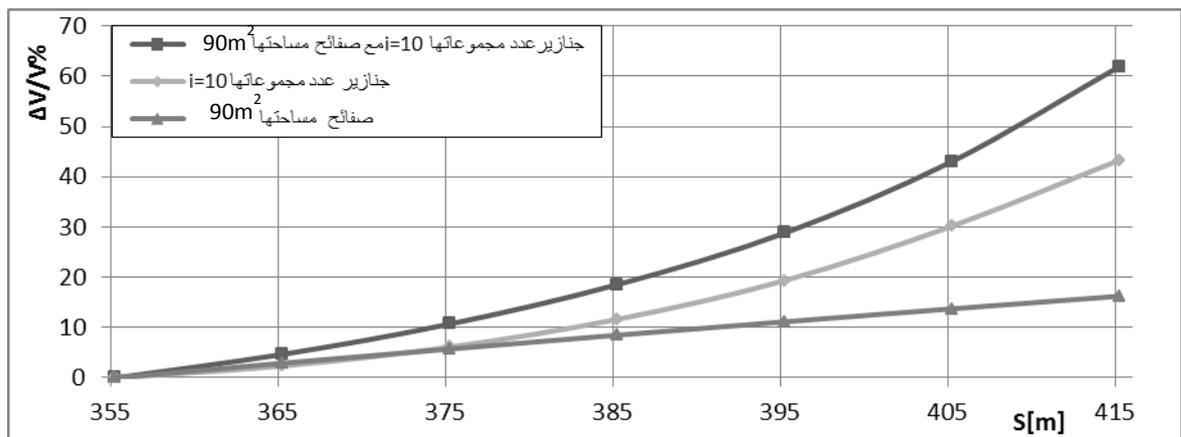
الشكل (15) مقارنة بين منحنيات التغير النسبي المئوي لوسائط الفرملة المختلفة - حالة استخدام 4 مجموعات جنازير -



الشكل (16) مقارنة بين منحنيات التغير النسبي المئوي لوسائط الفرملة المختلفة -حالة استخدام 6 مجموعات جنازير-

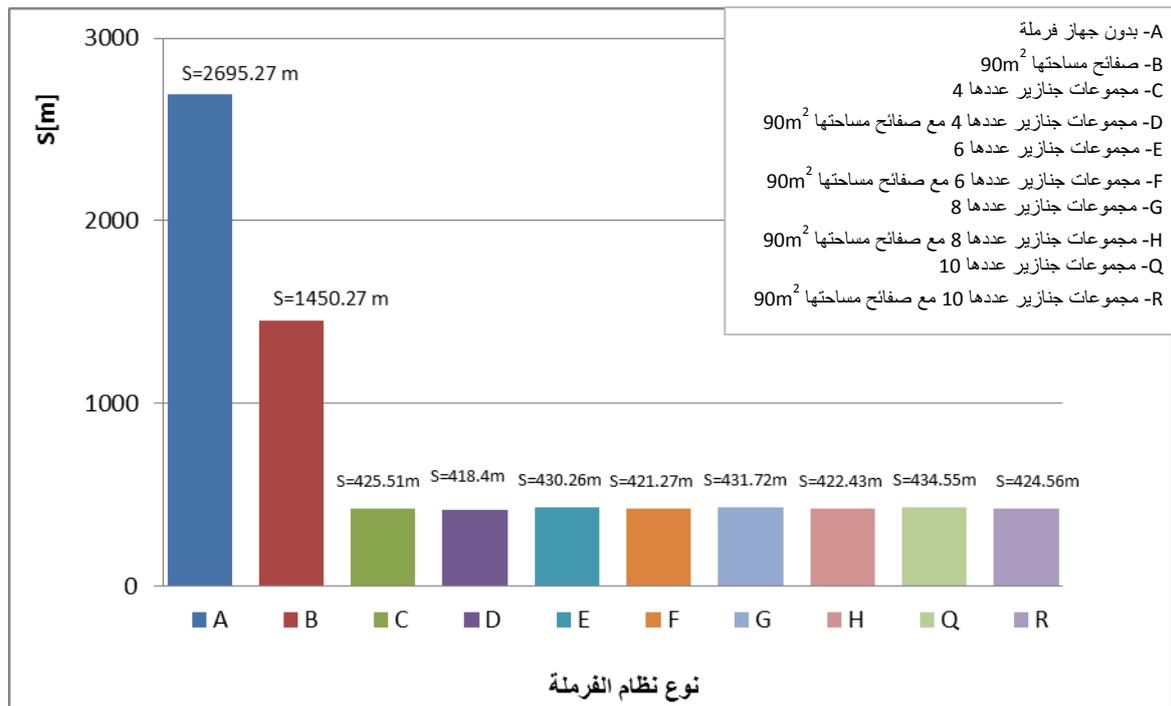


الشكل (17) مقارنة بين منحنيات التغير النسبي المئوي لوسائط الفرملة المختلفة -حالة استخدام 8 مجموعات جنازير-



الشكل (18) مقارنة بين منحنيات التغير النسبي المئوي لوسائط الفرملة المختلفة -حالة استخدام 10 مجموعات جنازير-

يبين الشكل (19) تمثيلاً مباشراً لمقدار المسافة الأعظمية المقطوعة للسفينة حتى الوصول إلى حالة التوقف الكلي نتيجة تأثير وسائط فرملة مختلفة، ويُلاحظ من هذا الشكل أن المسافة المقطوعة تكون أعظمية عند الاعتماد بالفرملة على مقاومة المياه للبدن فقط، كما يُلاحظ أن المسافة المقطوعة من قبل السفينة تكون كبيرة عند استخدام الصفائح فقط كوسيلة فرملة، وهذا يدل على ضعف فعاليتها كما ذكرنا سابقاً. في حين يُلاحظ انخفاض واضح وكبير نسبياً في المسافة المقطوعة عند استخدام الجنازير وحدها أو بالاشتراك مع الصفائح كوسيلة فرملة. ويُلاحظ أيضاً ضعف فعالية تأثير تغيير (إنقاص) عدد مجموعات الجنازير على المسافة المقطوعة خلال عملية الفرملة تأكيداً لما تم ذكره سابقاً.



الشكل (19) المسافة الأعظمية المقطوعة من قبل السفينة حتى الوصول إلى حالة التوقف الكلي عند استخدام وسائط فرملة مختلفة

الاستنتاجات والتوصيات:

- من الدراسة المنفذة في هذا البحث يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية:
- إن الفرملة بالصفائح ذات فعالية ضعيفة عند استخدامها منفردة، وتحسن فعاليتها مع زيادة مساحة الصفائح.
 - إن الفرملة بالجنازير أكثر فعالية، وتزداد فعاليتها من حيث انقاص سرعة السفينة مع تناقص عدد مجموعات الجنازير المشاركة بالفرملة - بثبات الوزن الإجمالي للجنازير -، ولكن بتأثير محدود على المسافة المقطوعة خلال عملية الفرملة، وفقاً لديناميكية حركة السفينة المرتبطة بسلوك المنحنيات المدروسة. وهكذا تزداد قوى العطالة الديناميكية المؤثرة على السفينة، نتيجةً لازدياد التسارع السالب للسفينة (التباطؤ)، وتصبح عملية الفرملة غير سلسة، مع ازدياد القوى المطبقة على الكبال الفولاذية الجارة للجنازير، مما يعرضها لخطر الانقطاع أو تضرر أماكن تثبيتها المؤقتة على السفينة.

- يفضل إجراء الفرملة بسلاسة بزيادة عدد مجموعات الجنازير، مع استخدام الصفائح كوسيلة فرملة مساعدة، بهدف الاستفادة من ميزات كل منهما.
- من المهم استخدام وسائط فرملة إضافية كخزانات إيقاف عائمة أو المراسي (التي تنزل من السفينة أو الغاطسة في الحوض) أثناء الإنزال إذا كان عرض الحوض المائي محدوداً ولا يتناسب مع ضخامة السفينة المنزلة، وأظهرت الحسابات أيضاً عدم كفاية وسائط الفرملة المدروسة، في تحقيق البغية وهي تجنب اصطدام السفينة بالضفة الأخرى للحوض المائي.

المراجع:

1. شيبون، إبراهيم. *تكنولوجيا بناء السفن*، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة تشرين، 2005-2006، 475.
2. بريهان، ميشيل. *هيدروديناميك السفن I*، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة تشرين، 2008-2009، 558.
3. FRĄCKOWIAK, M. *Statyka Okrętu*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1990, 239.
4. STALIŃSKI, J. *Teoria okrętu*, Wydawnictwo Morski, Gdańsk 1969, 507.
5. FRĄCKOWIAK, M., MAKSYMIAK, W. *Zbiór Zadań z Teorii Okrętu*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Poznań 1979, 334.
6. DUDZIAK, J. *Teoria okrętu*, Fundacja Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Gdańsk 2008, 675.
7. SEMYONOV, T. *Statics and Dynamics of the Ship "Theory of Buoyancy, Stability and Launching"*, Moscow 1996, 584.