

Computation of the Floating Dock k-n Curves by the Calculation of Buoyancy Center Coordinates

Dr. Rami Hawa*
Dr. Haiham Issa**
Bushra Nizar Nasif***

(Received 2 / 11 / 2022. Accepted 5 / 1 / 2023)

□ ABSTRACT □

This paper presents new equations enables to calculating floating Docks buoyancy center coordinates. The k-n value is directly calculated as a function of buoyancy center coordinates.

The floating dock is a structure that can be submerged to allow the ship to enter and dock, and then raise it to raise the ship from the water for repair or maintenance. The floating dock system is a simple way to lift ships to speed up maintenance and repair

The buoyancy center of the dock is calculated for a fixed value of the heel angle, and by scanning over successive displacement values.

As we scanned for different displacement values many cases of the Dock geometry were distinguished.

For each case we calculate the displacement and the buoyancy center coordinates.

In this paper, we developed a very accurate floating Docks equilibrium calculation because we formulated precise mathematical equations and not use numerical integrals.

The results obtained are essential and indispensable while assessing the equilibrium of the floating basin, especially in emergencies.

Keywords: floating Docks, KN curves, Bonjean curves, hydrostatic curves, buoyancy center.

* Professor, Maritime Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

** Associate. Professor, Maritime Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

*** Master Student, Department of Maritime Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

الحسابات المتعلقة بمنحنيات ذراع عزم الدفع k-n عن طريق حساب إحداثيات مركز الدفع للحوض العائم

د. رامي حوا*

د. هيثم عيسى**

بشرى نزار ناصيف***

(تاريخ الإيداع 2 / 11 / 2022. قُبِلَ للنشر في 5 / 1 / 2023)

□ ملخص □

تقدم في هذه الورقة مجموعة من المعادلات الرياضية الجديدة التي تمكننا من حساب إحداثيات مركز الدفع للحوض العائم. حيث أن الحوض العائم عبارة عن هيكل يمكن غمره للسماح بدخول السفينة ورسوها، ثم رفعه لرفع السفينة من الماء بقصد الإصلاح أو الصيانة ويرتكز على عوامات ويكون حرًا في الارتفاع والنزول تبعًا لتغير مستوى المياه داخله. ويعتبر نظام الحوض العائم طريقة بسيطة لرفع السفن لتسريع عملية الصيانة والإصلاح. قيمة ذراع عزم الدفع للحوض يحسب مباشرة بدلالة إحداثيات مركز الدفع لها. تم حساب قيمة إحداثيات مركز الدفع للحوض من أجل حالة ميلان عرضي ثابتة ومسح متتالي لحجوم الإزاحة للحوض. عند المسح على حجوم إزاحة متوالية يمكن تمييز عدة حالات للشكل الهندسي لحجوم الإزاحة المدروسة. من أجل كل حالة يتم حساب حجم الإزاحة وإحداثيات مركز الدفع للحوض. قمنا في هذه الورقة بتطوير طريقة لحساب اتزان الحوض العائم بصورة دقيقة جدًا نتيجة لصياغتنا لعلاقات رياضية دقيقة ولم نعلم باستخدام تكاملات رقمية. إن النتائج التي تم الحصول عليها هي أساسية ولا غنى عنها أثناء تقييم اتزان الحوض العائم وخاصة في حالات الطوارئ وحالات القطر وتجنب الحالات الخطرة التي قد تؤدي إلى خسائر كبيرة في الحوض والسفينة التي يتم تحويضها

الكلمات المفتاحية: ذراع عزم الدفع، منحنيات بونجان، المنحنيات الهيدروستاتيكية، إحداثيات مركز الدفع للحوض.

* أستاذ - قسم الهندسة البحرية - جامعة تشرين - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - اللاذقية - سورية.

**أستاذ مساعد- قسم الهندسة البحرية - جامعة تشرين - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - اللاذقية - سورية.

*** طالبة ماجستير - قسم الهندسة البحرية-جامعة تشرين- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-اللاذقية- سورية.

مقدمة:

تعتبر الأحواض العائمة وبمسمى أحر الأحواض الجافة العائمة عنصر أساسي في الصناعة البحرية حيث يتم بناء السفن عليها كما تتم بواسطتها الصيانات الدورية أو الإستثنائية للسفن.

إن اتزان هذه الوحدات العائمة أمر ضروري ومهم كما هي الحالة في كل الوحدات العائمة وخاصة في حالات الطوارئ وعندما يتم نقله من مكان إلى آخر، أما في حالة التحويل فلا يسمح بالميل ولو درجة واحدة.

في البحث [1] تم تحليل قابلية الطفو واستقرار نظام تحويل السفينة في الحوض العائم حيث تم أخذ هذه الخصائص في الاعتبار بالنسبة لحوض عائم مكعب الشكل صندوقي تكون أبعاده قريبة (تقريباً) من تلك الموجودة في الحوض من طراز SINE 212 CD المصمم من قبل مكتب تصميم Sinus .

يهدف التحليل أولاً وقبل كل شيء إلى تحديد الخصائص الهيدروميكانيكية المذكورة في ضوء متطلبات PRS التي تتعامل مع الحد الأدنى من حد الطفو للحوض وارتفاع الميتاستنر الأولي. استنتج البحث أن الحوض الذي تم تحليله يكشف عن قدرة تحويل تصميمية لا تقيدها متطلبات PRS ولقد تم إثبات أن تقييم الاستقرار العرضي للحوض وكذلك للسفينة الراسية (الجسم العائم) عن طريق عامل الاستقرار بدلاً من الارتفاع المركزي أمر ممكن.

أما البحث [2] ركز على تصميم وتحليل حوض جاف عائم يتوافق مع قواعد DNV-GL مع التركيز على التصميم الهيكلي والاستقرار. حيث تم التركيز على هذا النوع من الأحواض حيث تستخدم الأحواض العائمة على نطاق واسع لبناء السفن وتحويل السفن للكشف والإصلاح وأيضاً لإنزال السفن. وبينت أن إحدى المزايا الرئيسية للأحواض العائمة من الاحواض الجافة والمزلقانات هي التنقل. ولا يتطلب الحوض العائم أي مساحة أرض.

وقد طورت هيئات التصنيف المختلفة قواعد لتصميم الأحواض العائمة فيما يتعلق بالتصميم الهيكلي، والاستقرار، والآلات وأنظمة السلامة والحماية الأخرى. واعتمد العمل على القواعد التي طورتها DNV-GL مع فحص الإلتزان على أساس الأوزان التقريبية المتاحة، ويتضمن التصميم الهيكلي أيضاً، مع وصلات كافية بين الوحدات المختلفة. حيث تم حساب الأوزان الفعلية للهيكل تقريباً.

بينت الدراسة [3] أن النقطة الحرجة في عملية التحويل العائمة هي تعويض الانحراف الناتج عن الحمولة الثقيلة عن طريق ضبط مستوى الماء في نظام الصابورة ضمن خطة موازنة مناسبة تضمن بناء آمن ودقيق على حوض عائم. كما قام الباحث بتطوير طريقة لحساب خطة النقل المثلى لبناء دقيق على حوض عائم . حيث تم استخدام طريقة العناصر المنتهية للنظر في مرونة الاحواض العائم وكذلك الكتل الإنشائية. من خلال حساب خطة الموازنة المثلى لظروف التحويل.

نقدم في هذه الورقة طريقة حساب قيمة ذراع عزم الدفع من أجل إزاحة ما وميلان عرضي معطى لحوض عائم مؤلف من البانتون أو الهيكل الأساسي ومجموعة من الأجنحة المتوضعة فوق الهيكل الأساسي.

قمنا باستخدام طريقة المسح المتتالي المقدمة من قبل د. هيثم عيسى في الورقة [1] والتي تعتمد على حساب حجم الإزاحة لسفينة في حالة الميلان وحساب إحدائيات مركز الدفع لها في هذه الحالة.

يتم تثبيت قيمة زاوية الميلان العرضي للحوض وتغريقتها تدريجياً من قيم صغيرة جداً وحتى التغريق الكلي لها بعدد معلوم من خطوات التغريق.

عند كل حالة تغريق يتم حساب إحدائيات مركز الدفع للحوض ونحسب بدالتها قيمة ذراع عزم الدفع للحوض بحيث عند نهاية جميع خطوات التغريق نحصل على منحني ذراع عزم الدفع بدلالة حجم الإزاحة عند زاوية الميلان العرضي المدروسة.

تغير زاوية الميلان العرضي للحوض ونكرر الخطوات المذكورة أعلاه لنحصل على منحنى آخر لعزم الدفع من أجل زاوية الميلان العرضي الجديدة المدروسة.

بعد مسح المجال الزاوي بخطوة زاوية معلومة نحصل في نهاية الأمر على حزمة منحنيات تكون هي الغاية المنشودة من البحث. في دراسة الحوض يتم اعتماد نفس الخطوات المتبعة لحساب عزم الدفع للحوض العائم بحيث يكون لدينا حالات خاصة فقط بالأحواض العائمة في كل حالة نستخدم معادلات مميزة لحساب حجم الإزاحة وإحداثيات مركز الدفع للحوض. تتميز الأحواض العائمة بأنها تعمل في ظروف جوية مناسبة ومياه هادئة وبالتالي زوايا الميلان العرضي للحوض تكون قليلة جدا ولكن تتبع أهمية الدراسة في الحالات الطارئة وحالة جر الحوض لمسافات بعيدة.

أهمية البحث وأهدافه:

عند إنشاء حوض عائم من المحتم إنشاء حزمة منحنيات ذراع عزم الدفع لأنها هي التي يمكننا من دراسة اتزان الحوض ومعرفة درجة الأمان التي يتمتع بها الحوض، حيث أن اتزان هذه الوحدات العائمة أمر ضروري ومهم كما هي الحالة في كل الوحدات العائمة وخاصة في حالات الطوارئ وعندما يتم نقله من مكان إلى آخر، أما في حالة التحويص فلا يسمح بالميل ولو درجة واحدة.

طرائق البحث ومواده:

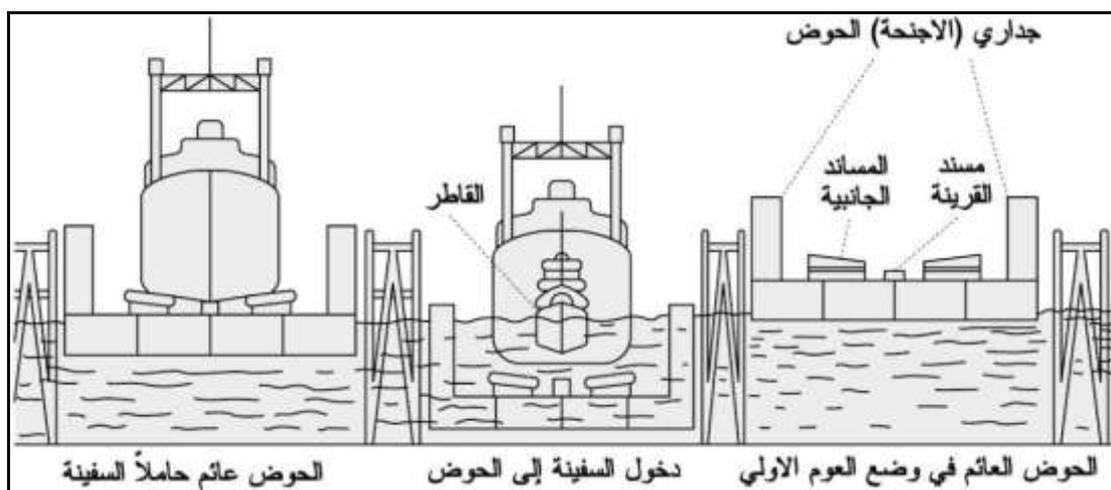
الدراسة في هذا البحث تعتمد على استنباط علاقات رياضية تحليلية واستخدامها في إجراء الحسابات.

ما هو الحوض العائم؟

كانت القوارب والسفن الصغيرة تبنى وترمم على الشواطئ مباشرةً قريباً من خط الماء، وتدفع إلى البحر دفعاً بعد أن تصبح جاهزة، ومع ازدياد حجم السفن وأوزانها اضطر صانعوها إلى وضع أعمدة أسطوانية تحتها لتسهيل دفعها إلى الماء. واستُعمل المد والجزر في المناطق البحرية التي يرتفع فيها المد بضعة أمتار لهذه الغاية، وخاصة في دول الشمال البحرية وكذلك مصبات الأنهار في بعض الحالات، وقد تُمِل السفينة على أحد جانبيها للعناية بالجانِب الآخر وصيانته. ومع تطور بناء السفن وزيادة حجمها استخدمت المزالق والأسرة (القزقات) ثم المنصات المعدنية الثابتة التي تمتد مائلة من اليابسة إلى داخل الماء، وتطورت طرائق استقبال السفن على المنصات مع تطور المضخات والضواغط وأجهزة الرفع والوسائط الكهربائية والميكانيكية والإلكترونية، فتتوَعَد أحواض البناء والصيانة وزاد تخصصها وأصبحت منطقة الأحواض تدرس بدقة أكثر، لأنها تحتاج إلى تجهيزات بناء السفن وحاجتها إلى الموانئ البحرية، ويراعى في اختيار منطقة الأحواض الطبيعية الجغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية للشواطئ والقاع. ويجب أن تكون في مناطق مائية جيدة مناسبة لرفع السفن وإنزالها بين اليابسة والماء، وتسمح أعماقها بالعمل بكل حرية، وفقاً لحجم السفن وأنواعها، ويسمح انحدار قيعانها واتساع مجالها البري للعمل والحماية من العواصف والأنواء والتأثيرات الأخرى

الحوض العائم عبارة عن هيكل يمكن غمره للسماح بدخول السفينة ورسوها، ثم رفعه لرفع السفينة من الماء بقصد الإصلاح أو الصيانة ويرتكز على عوامات ويكون حرّاً في الارتفاع والنزول تبعاً لتغير مستوى المياه داخله. ويعتبر نظام الحوض العائم طريقة بسيطة لرفع السفن لتسريع عملية الصيانة والإصلاح حيث تغمر المياه الحوض بدرجة كافية للسماح للسفينة بالإبحار داخله، وبعد ذلك، يتم ضخ المياه من الخزانات ليرتفع الحوض العائم، مما يرفع السفينة من الماء، الشكل رقم-1 وبهذه الطريقة يمكن تنفيذ العمل تحت بدن السفينة. في معظم الحالات، بعد التحويص، يمكن

للمشغل تثبيت السفينة على قاعدة الحوض وجر الحوض مع السفينة إلى المرفأ، أو مرفق خدمة أو مكان المسح، أو القيام بالعمل عليه مباشرة. مما يقلل من وقت انتظار في الطابور، ويعتبر الحوض العائم نظام إنتاج يمكن استخدامه لرفع ونقل السفن، أو أي عناصر أخرى من المعدات في البيئة البحرية. وتكون الأحواض الجافة العائمة بشكل عام على شكل حرف U ويتألف الهيكل من قناة عائمة وجدران واجنحة تحوي غرف كتيمة للمياه وتوجد أنواع مختلفة من الأحواض الجافة العائمة تختلف بحسب الانشاء الهيكلي حيث تكون الجدران والأجنحة والقناة متصلة، أو تكون القناة مؤلفة من مقاطع متعددة اما جدران الجناح متصلة. كما يمكن أن يكون هيكل الحوض مصنوعاً من مواد مثل الفولاذ والخرسانة والأخشاب وغيرها [5].



الشكل (1) آلية الحوض العائم في رفع السفينة [5].

حساب ذراع عزم الدفع:

يتكون الحوض العائم من البانتون أو بدن الجزء السفلي الأساسي من بدن الحوض وهو عادة على شكل متوازي مستطيلات يعلوه الأجنحة القابلة للتغريق والموزعة إلى يمين ويسار الحوض. نفرض لدينا n2 جناح على الجانب الأيمن و n2 بطول موحد l لكل منها إذا كان الطول الكلي للحوض L يتم الحساب انطلاقاً من العلاقة العامة لحساب مركز الثقل [6].

$$y_B = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \times v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \times s_i \times l_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

$$z_B = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \times v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \times s_i \times l_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

يتم حساب ذراع عزم الدفع من العلاقة التالية: $l_k = y_B \cos \phi + z_B \sin \phi$

المعطيات الثابتة:

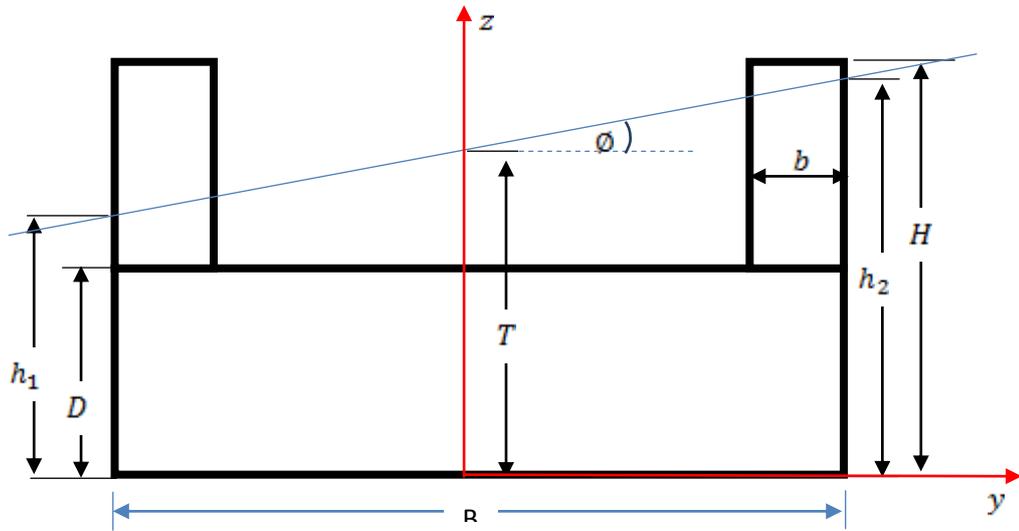
البانتون أو الجزء السفلي من الحوض أبعاده $L \times B \times D$ كما هو موضح في الشكل 2-

الأجنحة لكل جناح الأبعاد التالية:

الطول: l

العرض: b

الارتفاع: H-D



الشكل (2): رسم توضيحي لمقطع عرضي للحوض العائم

إحداثيات مركز ثقل سطح الطفو لكل منها x_{ci}, y_{ci}

إحداثيات مركز الدفع لكل منها $x_{ci}, y_{ci}, z_{ci} = \frac{H-D}{2}$

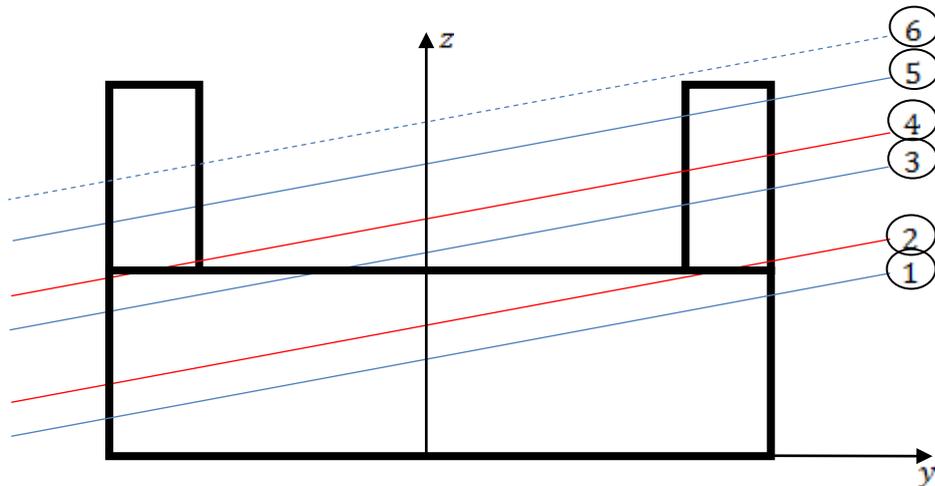
المعطيات المتعلقة بسطح الطفو المائل: z, ϕ

سيتم التعامل بدل من T مع h_1 و h_2 مع:

$$h_2 = T + \frac{B}{2} \tan \phi$$

$$h_1 = T - \frac{B}{2} \tan \phi$$

بناء عليه ستنتم كل الحالات الممكنة لسطح الطفو وفق المخطط الآتي الشكل رقم 3- وهي حالات تغريق تتعلق بدرجة ملء الحوض والغطاس الذي نحصل عليه أثناء عملية التغريق مفترضين تغريق متتالي كامل عند درجة ميلان عرضي للحوض ثابتة ومفروضة.



الشكل (3): حالات تقاطع خط الماء مع الحوض العائم

إحداثيات نقطة تقاطع سطح الطفو مع البانتون:

معادلة مستقيم خط الماء:

$$z = T + y \cdot \tan\theta$$

معادلة سطح البانتون:

$$z = D$$

عند نقطة التقاطع يكون:

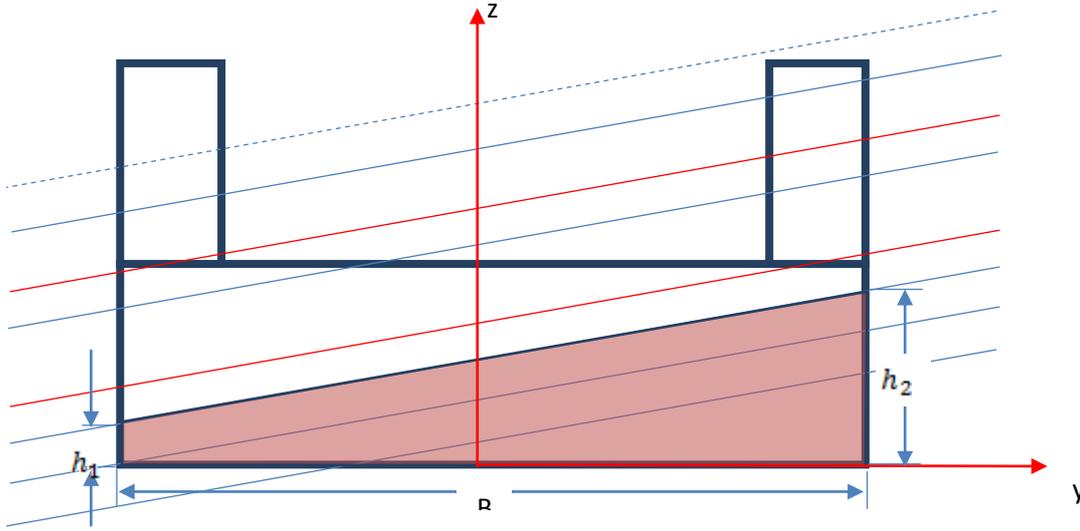
$$D = T + y \cdot \tan\theta \Rightarrow y = \frac{D - T}{\tan\theta}$$

فتكون نقطة التقاطع:

$$\left(\frac{D - T}{\tan\theta}, D\right)$$

تصبح العلاقات التي تعطي الحالات المختلفة كالتالي:

- الحالة الأولى للتغريق : حالة تغريق يكون حجم الإزاحة قاطعا للبانتون فقط دون أن يتقاطع مع الأجنحة الشكل رقم 4 -



الشكل (4): حالة خط ماء غامر للبانتون والأجنحة

$$y_B = \frac{0 \times S_1 + \left(\left(\frac{2}{3} \times B\right) - \frac{B}{2}\right) \times S_2}{S_1 + S_2}$$

$$z_B = \frac{\frac{h_1}{2} \times S_1 + \left(\left(\frac{1}{3} \times (h_2 - h_1)\right)\right) \times S_2}{S_1 + S_2}$$

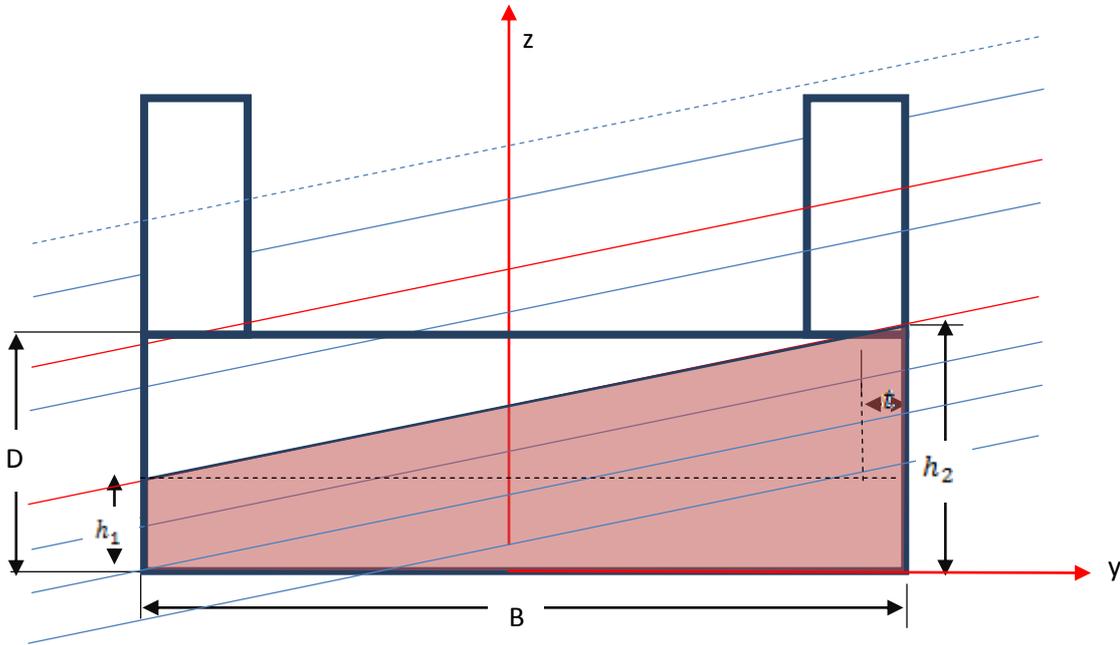
$$s_1 = B \times h_1$$

$$s_2 = \frac{1}{2} B (h_2 - h_1)$$

$$y_B = \frac{0 \times v_1 + \left(\left(\frac{2}{3} \times (B - t) \right) - \frac{B}{2} \right) \times v_2 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}t \right) v_3 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{3}t \right) \cdot v_4}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}$$

$$z_B = \frac{\frac{h_1}{2} \times v_1 + \left(\left(\frac{1}{3} \times (D - h_1) \right) \right) \times v_2 + \left(h_1 + \frac{1}{2}(D - h_1) \right) v_3 + \left(D + \frac{1}{3}(h_2 - D) \right) v_4}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}$$

- حالة التفريق الثانية : يتقاطع في هذه الحالة خط الماء مع الجناح اليميني للحوض من جهة واحدة، الشكل رقم-5، نستطيع حساب حجم الإزاحة وإحداثيات مركز الدفع بأخذ مجموع حجوم الأشكال الهندسية الخاضعة للتفريق ومتوسط مراكز ثقلها يمثل مركز الدفع.



الشكل (5): حالة خط ماء يقطع أحد الأجنحة والبانتون

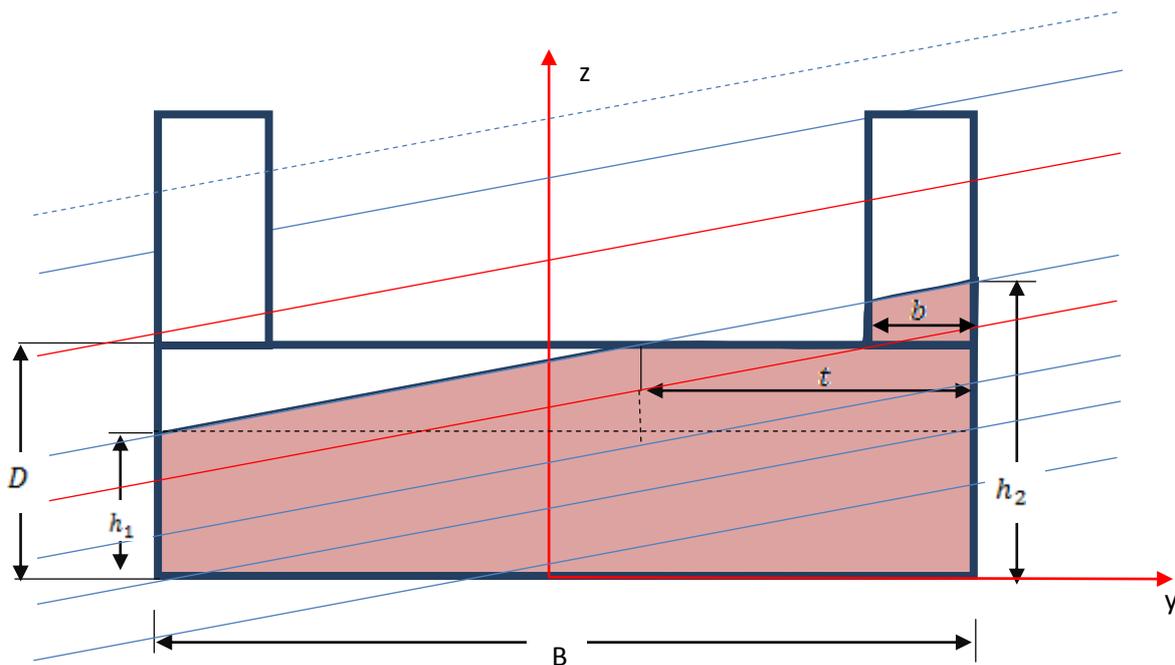
$$v_1 = B \times h_1 \times L$$

$$v_2 = \frac{1}{2}(B - t)(D - h_1) \times L$$

$$v_3 = t(D - h_1) \times L$$

$$v_4 = \frac{1}{2}t(h_2 - D) \times n_1 \times l$$

- حالة التفريق الثالثة : خط الماء يقطع البانتون والجناح الأيمن من الجهتين، الشكل رقم-6



الشكل (6): حالة خط ماء قاطع للبانتون ولأحد الأجنحة من الطرفين

$$y_B = \frac{0 \times v_1 + \left(\left(\frac{2}{3} \times (B - t) \right) - \frac{B}{2} \right) \times v_2 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}t \right) v_3 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}b \right) \cdot v_4 + \left(\frac{B}{2} - \frac{2}{3}b \right) \cdot v_5}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5}$$

$$z_{BL} = \frac{\frac{h_1}{2} \times v_1 + \left(\left(\frac{1}{3} \times (D - h_1) + h_1 \right) \right) \times v_2 + \left(h_1 + \frac{1}{2}(D - h_1) \right) v_3}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5} +$$

$$+ \frac{\frac{h_1}{2} \times v_1 + \left(\left(\frac{1}{3} \times (D - h_1) + h_1 \right) \right) \times v_2 + \left(h_1 + \frac{1}{2}(D - h_1) \right) v_3}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5}$$

$$v_1 = B \times h_1 \times L$$

$$v_2 = \frac{1}{2}(B - t)(D - h_1) \times L$$

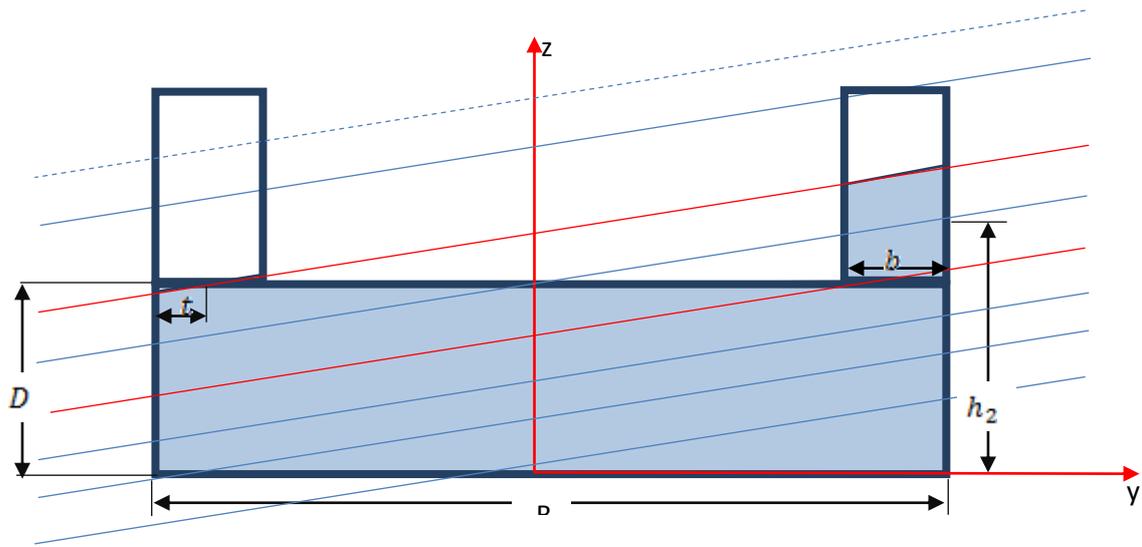
$$v_3 = t(D - h_1) \times L$$

$$v_4 = t \left(h_2 - D - \frac{1}{2} \times b \times \tan \theta \right) \times n_1 \times l$$

$$v_5 = \frac{1}{2} b^2 \times \tan \theta \times n_1 \times l$$

• حالة التفريق الرابعة : يتقاطع فيها خط الماء مع الجناحين ولكنه يقطع الجانب الأيسر من جهة واحدة مع غمر

كامل للبانتون، الشكل-7



الشكل (7): حالة خط ماء يقطع الجناحين إحداهما من طرف واحد

$$y_B = \frac{0 \times v_1 - \left(-\left(\frac{B}{2} - \frac{2}{3}t\right)\right) \times v_2 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}b\right) \cdot v_3 + \left(\frac{B}{2} - \frac{2}{3}b\right) \cdot v_4}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}$$

$$z_B = \frac{\frac{T}{2} \times v_1 - \left(D - \left(\frac{1}{3} \times t \times \tan\theta\right)\right) \times v_2 + \left(D + \frac{1}{2}\left(h_2 - D - \frac{1}{2} \times b \times \tan\theta\right)\right) v_3 + \left(h_2 - \frac{2}{3} \times b \times \tan\theta\right) v_4}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}$$

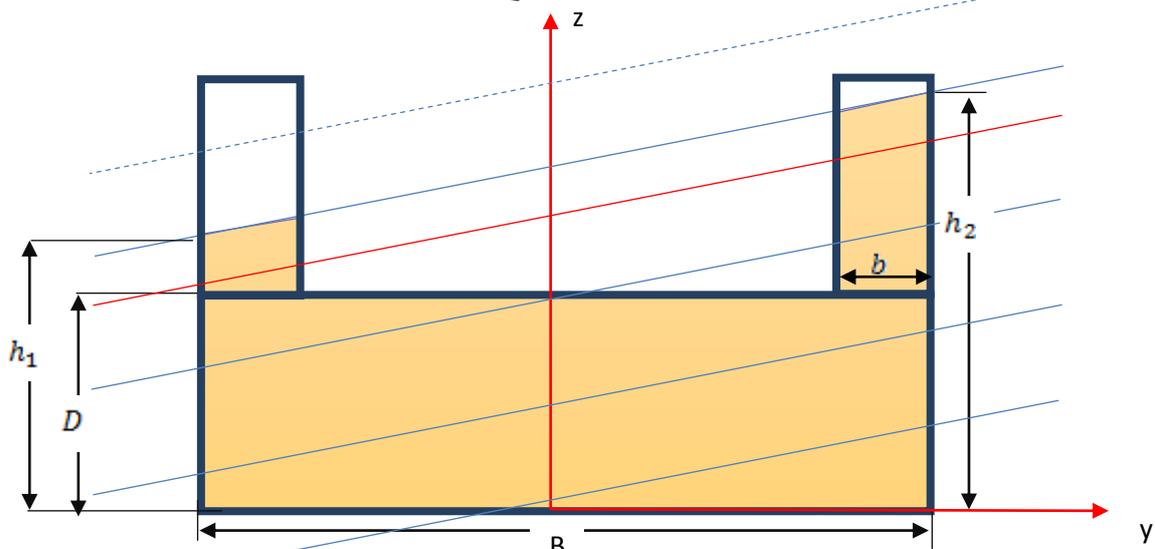
$$v_1 = B \times D \times L$$

$$v_2 = \frac{1}{2} b^2 \tan\theta \times n_2 \times l$$

$$v_3 = t \left(h_2 - D - \frac{1}{2} \times b \times \tan\theta \right) \times n_1 \times l$$

$$v_4 = \frac{1}{2} b^2 \tan\theta \times n_1 \times l$$

- حالة التفريق الخامسة : تفريق كامل للبانتون وخط الماء يقطع الجناحين من الجهتين الشكل-8



الشكل (8): حالة تقاطع خط الماء مع الجناحين وغمر كامل للبانتون

$$y_B = \frac{0 \times v_1 + \left(-\left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}b\right)\right) \times v_2 + \left(-\left(\frac{B}{2} - \frac{2}{3}b\right)\right) \cdot v_3 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}b\right) \cdot v_4 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{3}b\right) \cdot v_5}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5}$$

$$z_B = \frac{\frac{D}{2} \times v_1 + \left(T + \left(\frac{1}{2} \times (h_1 - D)\right)\right) \times v_2 + \left(h_1 + \frac{1}{3} \times b \times \tan\theta\right) v_3}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5} + \frac{\left(D + \frac{1}{2}(h_2 - D - \frac{1}{2} \times b \times \tan\theta)\right) v_4 + \left(h_2 - \frac{2}{3} \times b \times \tan\theta\right) v_5}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5}$$

$$v_1 = B \times D \times L$$

$$v_2 = (h_1 - D) \times b \times n_2 \times l$$

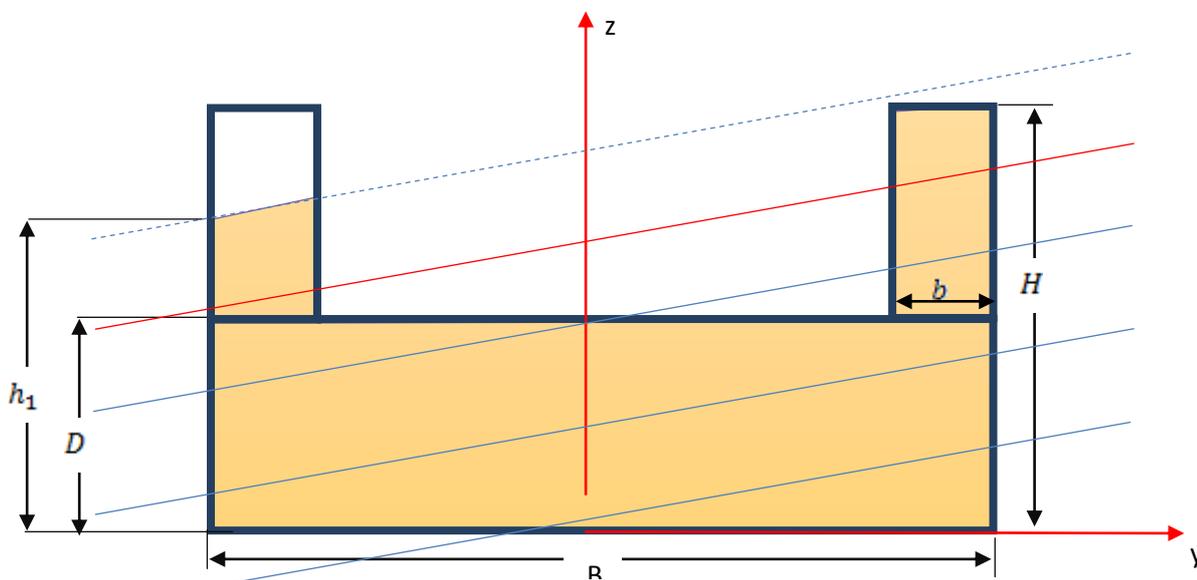
$$v_3 = \frac{1}{2} b^2 \tan\theta \times n_2 \times l$$

$$v_4 = b \times \left(h_2 - D - \frac{1}{2} \times b \times \tan\theta\right) \times n_1 \times l$$

$$v_5 = \frac{1}{2} b^2 \tan\theta \times n_1 \times l$$

$$y_B = \frac{0 \times v_1 + \left(-\left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}b\right)\right) \times v_2 + \left(-\left(\frac{B}{2} - \frac{2}{3}b\right)\right) \cdot v_3 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2}b\right) \cdot v_4}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}$$

- حالة التفريق السادسة : الماء يغمر البانتون والجناح الأيمن ويتقاطع مع الجناح الأيسر، الشكل-9



الشكل (9) : حالة غمر شبه كلي للحوض وتقاطع خط الماء مع أحد أجنحة الحوض

$$z_B = \frac{\frac{D}{2} \times v_1 + \left(D + \left(\frac{1}{2} \times (h_1 - D) \right) \right) \times v_2 + \left(h_1 + \frac{1}{3} \times b \times \tan \theta \right) v_3 + \left(D + \frac{1}{2} (H - D) \right) v_4}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}$$

$$v_1 = B \times D \times L$$

$$v_2 = (h_1 - D) \times b \times n_2 \times l$$

$$v_3 = \frac{1}{2} b^2 \tan \theta \times n_2 \times l$$

$$v_4 = b(H - D) \times n_1 \times l$$

$$y_B = \frac{0 \times v_1 + \left(-\left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2} b \right) \right) \times v_2 + \left(\frac{B}{2} - \frac{1}{2} b \right) \cdot v_3}{v_1 + v_2 + v_3}$$

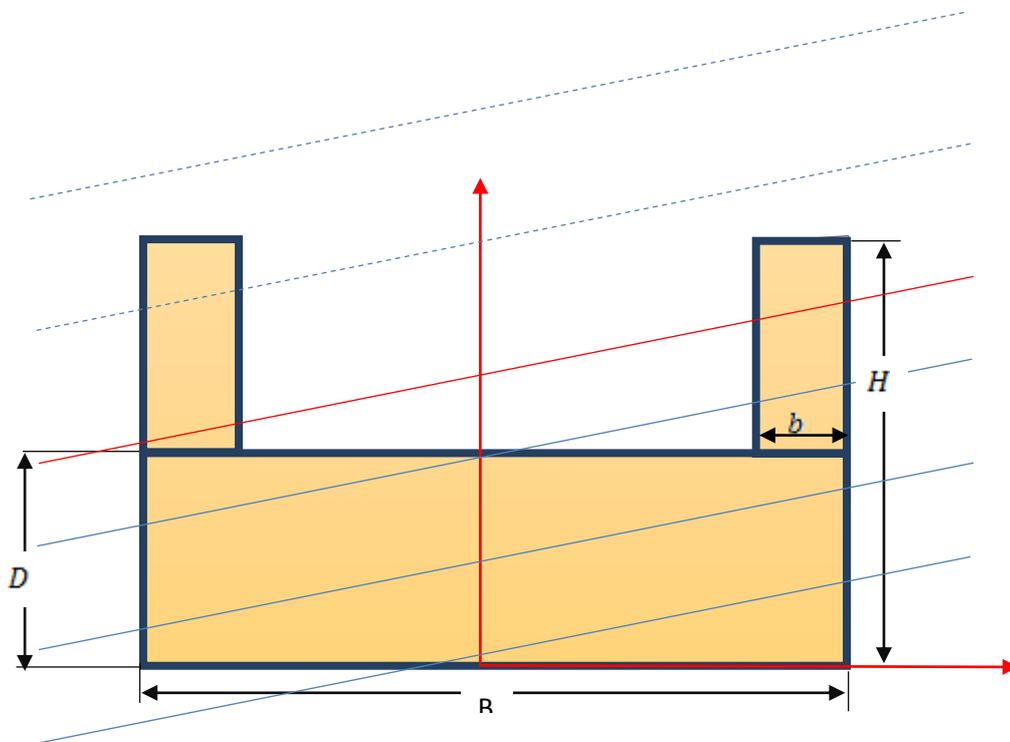
$$z_B = \frac{\frac{D}{2} \times v_1 + \left(T + \left(\frac{1}{2} \times (H - D) \right) \right) \times v_2 + \left(T + \frac{1}{2} (H - D) \right) v_3}{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}$$

$$v_1 = B \times D \times L$$

$$v_2 = (H - D) \times b \times n_2 \times l$$

$$v_3 = b(H - D) \times n_1 \times l$$

- حالة التفريق السابعة والأخيرة : حالة الغمر الكلي للحوض، الشكل-10



الشكل (10): حالة الغرق أو الغمر الكلي

تم إجراء الحسابات وتصميم برنامج بلغة الفيجوال بيزك دوت نت Vb.net يتم من خلاله التزويد بمعطيات الحوض وإجراء الحسابات من أجل زوايا ميلان عرضي.

المثال المدروس:

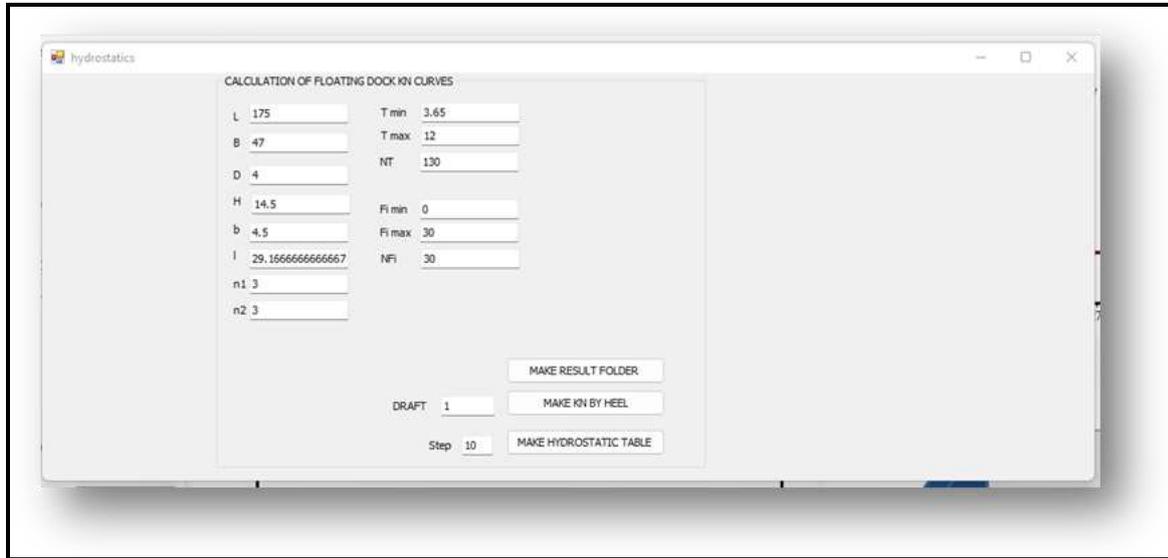
معطيات الحوض:

175 م	:	الطول
47 م	:	العرض
4 م	:	العمق
14.5 م	:	الارتفاع
4 م	:	عرض الجناح
29.16 م	:	طول الجناح
3	:	عدد الأجنحة في الجانب الأيسر
3	:	عدد الأجنحة في الجانب الأيمن

معطيات أكبر سفينة يستقبلها الحوض

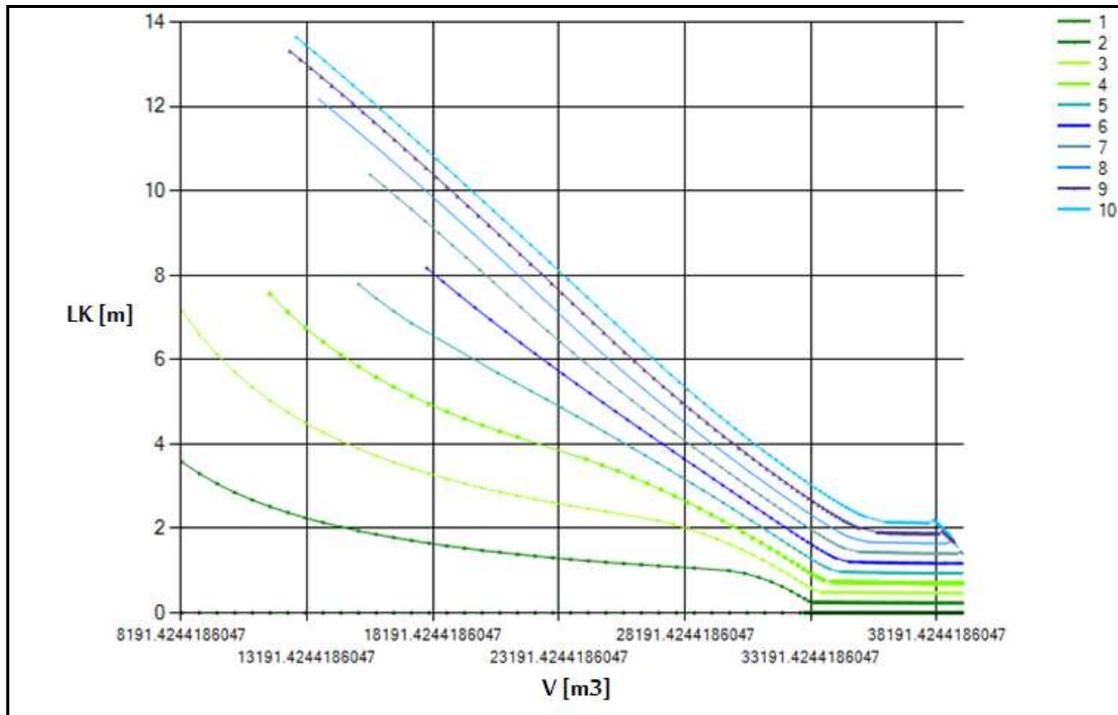
140 م	:	الطول الكلي
22 م	:	العرض
12 م	:	الإرتفاع
8000 طن متري	:	الوزن الفارغ

واجهة البرنامج: الشكل-11



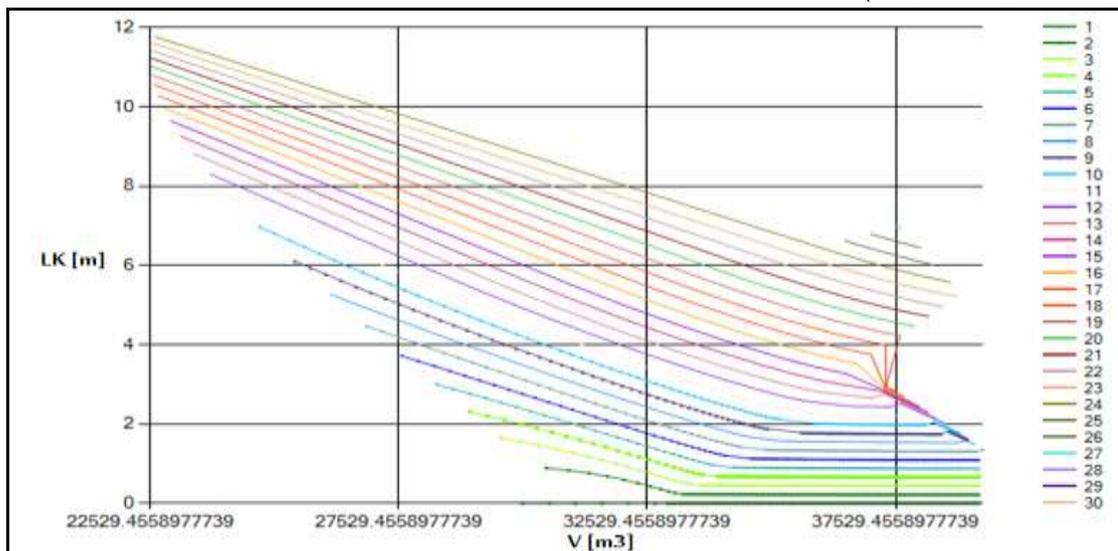
الشكل (11): واجهة البرنامج الذي يقوم بحسابات اتزان الحوض العائم

تم تغطية الحوض من حالة غاطس 3.45 متر حتى 12 متر مع تكرار الحسابات من أجل زوايا من 1 وحتى 10 درجات حيث كل خط على الشكل يمثل درجة ميلان واحدة وكيف يتغير من أجلها ذراع عزم الدفع للحوض عند تغطيته بين القيمة الدنيا والعليا للغاطس المدروسة، الشكل-12.



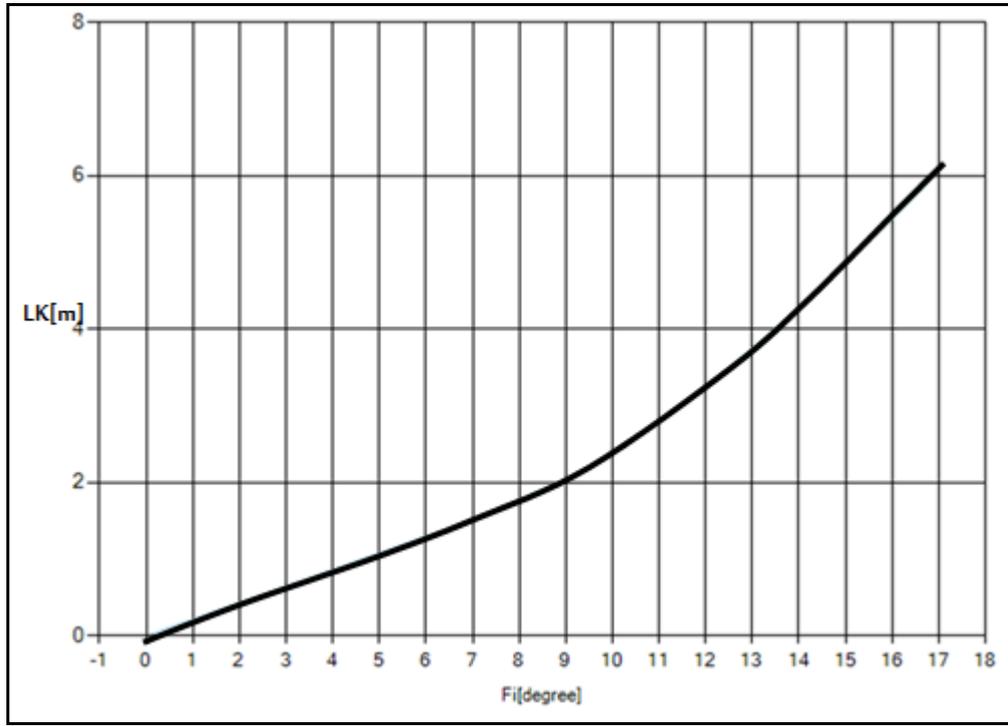
الشكل (12): ذراع عزم الدفع للحوض بدلالة زاوية الميل العرضي (الخطوط المختلفة) والازاحة الحجمية للسفينة (المحور الأفقي)

عند أخذ عدد أكبر من الزوايا حتى 30 درجة تأخذ النتائج الشكل التالي (حالة مشابهة للحالة المدروسة أعلاه مع تكبير مجال الزوايا المدروسة)، الشكل-13 :



الشكل (13): ذراع الاتزان، عزم الدفع للحوض العائم عند زوايا ميلان عرضي للسفينة من 1 حتى 30 درجة المحور الأفقي يمثل الإزاحة الحجمية

يمكننا البرنامج من استخراج قيمة ذراع عزم الدفع عند قيمة واحدة للغاطس بدلالة زوايا الميلان العرضي للحوض كما في الشكل-14 حيث الغاطس يساوي 7م



الشكل (14): قيمة ذراع عزم الدفع بدلالة زاوية الميلان العرضي للحوض عند غاطس سفينة مساو لـ 7م المحور الأفقي يمثل زاوية الميلان العرضي للحوض

الاستنتاجات والتوصيات:

قمنا في هذه الورقة بتطوير طريقة لحساب اتزان الحوض العائم بصورة دقيقة جدا نتيجة لصياغتنا لعلاقات رياضية دقيقة ولم نعلم باستخدام تكاملات رقمية.

إن النتائج التي تم الحصول عليها هي أساسية ولا غنى عنها أثناء تقييم اتزان الحوض العائم وخاصة في حالات الطوارئ وحالات القطر وتجنب الحالات الخطرة التي قد تؤدي إلى خسائر كبيرة في الحوض والسفينة التي يتم تحويضها. إن حزمة المنحنيات التي حصلنا عليها (الشكل 13) تمكننا من التحقق من حالة الاتزان المستقر للحوض.

إن القيمة المرتفعة لذراع عزم الدفع ضمن المجال العملي للاستخدام تملك قيمة دنيا عند الزاوية 30 درجة بحدود 6 متر مما يعطي ذراع عزم استبدال Righting lever للحوض يفوق الـ 4 أمتار مما يوفر ذراع اتزان ديناميكي Dynamic stability lever أكبر من 1 rad.m مما يوفر هامش أمان كبير حيث أن المنظمة البحرية العالمية حددت كقيمة دنيا له 0.055 rad.m.

إن قيمة ذراع عزم الدفع تتناقص مع الغاطس بشكل تناسب خطي تقريبا.

تملك جميع المنحنيات نقطة انكسار تمثل حالة التغريق الكلي للباننون مع بقاء الأجنحة فقط في الهواء وسبب الانخفاض المفاجئ في قيمة ذراع عزم الدفع في هذه الحالة ناجم عن فقدان كبير في عزم عطالة سطح الطفو حول المحور الطولي نتيجة تغريق الباننون.

المنحني الأخير يبدي تشابها ملحوظا لمنحى منحنى عزم الدفع بدلالة زويا الميلان العرضي وهو تقريبا قطع مكافئ وهذا يكافئ حالة السفن ذات الجوانب المتعامدة مع خط الماء.

References:

- [1] **Janusz Stasiak, D.Sc., Eng** Floatability and stability of floating dock-docked ship system, Gdańsk University of Technology POLISH MARITIME RESEARCH, Special Issue/2005.
- [2] **Kodathoor Gangadharan Midhun**, Structural Design and Stability of a 6,000 ton Capacity Floating Dock as per DNV-GL Rules, University of Technology, Szczecin, POLAND, February 2018.
- [3] **Kyungho Yoon-Hyo-Jin Kim**, Ballasting plan optimization for operation of a 2D floating dry dock, Structural Engineering and Mechanics, Vol. 74, No. 4 (2020) 521-532
- [4] **Issa, H.**, 2012. Computation of righting curves by a successive controlling of the heel angle and the drought, issue 13, Tishreen University revue.
- [5] <https://www.marefa.org/> Shipyard.
- [6] **Issa, H.**, 2011. The Computation of Ship's Hydrostatic Curves Using Polygons With Dynamic Coefficients, issue 2, Tishreen University revue.
- [7] **Molland, A. F.**, 2008. Maritime Engineering Reference Book, Butterworth-Heinemann, Oxford Ox2 8DB, UK, 85-98.
- [8] **Press, H. W., Teukolsky, A. S., Vetterling T. W., Flannery P. B.**, 2002. Numerical Recipes in C, Second Edition, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, Cambridge New York Port Chester Melbourne Sydney.