الأبحاث المنشورة (1974-1998)

فى مجال تصميم واقتصاديات السفن

للأستاذ الدكتور محمد عبد الفتاح شامة

Published Papers (1974-1998)

on Ship Design and Economics

by

Prof. Dr. M. A. Shama

1- "Structural and Economical Consequences of Ship Deflection", Seminar on the Application of Science & Technology in Marine Transport, A.M.T.A., J. Res. and Consultation Centre, July. (Egypt-1974), Shama, M. A.,

2- "Optimizing Hull Steel Weight for Overall Economic Transportation", Marine Week, May 2, (UK-1975), Shama, M. A.,

3- "The Cost of Irrationality in Ship Structural Design", PRADS. Int. Conference on Practical Design in Shipbuilding, SNAJ, Tokyo Oct. (Japan-1977), Shama, M. A.,

4- "Computer Design of Ships", Bull. Collage of Engineering, Basra University, (Iraq-1977), Shama, M. A.,

5- " Economical Consequences of Irrational Structural Design of Ships", Bull. Of Collage of Eng., Basra University, Vol.2, No.1, March, (Iraq-1977), Shama, M. A.,

6- "On the Rationalization of ship Structural Design", Schiff und Hafen, March, (Germany-1979), Shama, M. A.

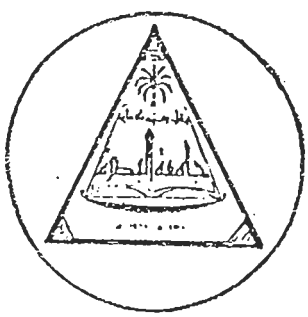
7- "ON the Economics of Safety Assurance" Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Glasgow University, (UK-1979) Shama, M. A.,

8- "CADSUCS, the Creative CASD for the Concept Design of Container Ships", AEJ, Dec. (Egypt-1995), Shama. M. A., Eliraki, A. M. Leheta, H. W. and Hafez, K. A.,

9- "On the CASD of Container Ship; State of the Art", AEJ, Dec., (Egypt-1995) Shama, M. A., Eliraki, A. M. Leheta, H. W. and Hafez, K. A.,

10- "Assessment of Uncertainties of the Sea Margin", Maritime Research Journal, Sept., (Egypt-1998), Shama. M. A., Moniem, A. F. A. and Eweda, S.,

المجلة العلمية



كلية الهندسة - جامعة البصرة

العراق

المجلد الثاني - العدد الأول

آذار ١٩٧٧

طبعت بمطبعة جامعة البصره

استخدام الحاسبات الالكترونية في تصميم السفن

اعداد : دكتور / محمد عبد الفتاح شامه
استاذ مساعد بقسم الهندسة البحرية — كلية الهندسة
جامعة البصرة

++++++++++++++++

أ — مقدمة :

من اهم ميزات الحاسب الالي انه يمتلك قدرة هائلة في تخزين المعلومات وسرعة فائقة في اجراء العمليات الحسابية بدقة متناهية . هاتان الخاصيتان لهما فوائد جمه في اجراء الحسابات والدراسات المطلوبة في تصميم وبناء السفن . كما انه يساعد في اجراء الدراسات الهادفة الى تحسين الكفاءة الاقتصادية في تشغيل وادارة اساطيل النقل البحرى .

ففي مجال تصميم السفن فان استخدام الحاسب الالي يساعد على اختصار الوقت اللازم لاجراء حسابات التصميم . واهم من ذلك فانه سوف يمكن مهندس عمارة السفن من دراسة عدد من التصميمات المختلفة للسفينة المطلوبة في وقت قصير جدا . وبذلك يستطيع اختيار افضل التصميمات التي تحقق الغرض المطلوب من السفينة . هذا طبعا بالاضافة الى زيادة الدقة في اجراء الحسابات الخاصة بالتصميم وكذلك امكانية الحصول على اكبر قدر ممكن من المعلومات التي تحتاجها الترسانات البحرية في المراحل المختلفة لبناء السفينة .

وفي مجال بناء السفن فانه يمكن استخدام الحاسب الالي في تخطيط عمليات الانتاج — والتحكم في وسائل الانتاج مما يزيد من الكفاءة الاقتصادية للترسانة .

ففي مجال تخطيط عمليات الانتاج فانه يمكن اختزال الوقت والعمالة اللازمة لبناء السفينة . وفي مجال التحكم في وسائل الانتاج فانه يمكن زيادة الدقة والسرعة في عمليات قطع وتشكيل عدان والواح السفن وذلك باستخدام طريقة التحكم العددى (numerical control) في وسائل الانتاج . هذا بالاضافة الى انه في حالة الاستخدام الشامل للحاسب الالي في الترسانات البحرية فانه يمكن الاستغناء عن بهو الرسم (mould loft) الذى يشغل مساحة كبيرة بالترسانة نظرا لان جميع المعلومات اللازمة لعمليات الانتاج والتي يتم الحصول عليها من بهو الرسم يمكن الحصول عليها مباشرة من مكتب التصميم بالترسانة .

اما في مجالَ تشغيل وادارة السفن فانه يمكن استخدام الحاسب الالي في الدراسات الخاصة بتحسين الكفاءة الاقتصادية لاساطيل النقل البحرى وذلك بدراسة توزيع سفن الاسطول على خطوط الملاحة المختلفة وتحديد افضل توزيع للاسطول لكي يعطي اكبر عائد باقل المصاريف. هذا بالاضافة الى انه يمكن تحديد افضل سرعة لكل سفينة لتحسين كفاءتها الاقتصادية خصوصا بعد زيادة اسعار زيت الوقود في الاونة الاخيرة .

ان استخدام الحاسب الالي في هذا المجال له فوائد بعيدة الاثر في رفع الكفاءة الاقتصادية لشركات النقل البحرى.

ونظرا لتعدد مجالات استخدام الحاسب الالي فان الحديث في هذه المقالة سوف يتركز على استخدام الحاسب الالي في تصميم السفن.

٢ـ استخدام الحاسب الالي في تصميم السفن :

ينقسم استخدام الحاسب الالي في هذا المجال الى قسمين رئيسين : ـ

ـ تصميم السفن بمساعدة الحاسب الالي (computer aided design of ships)

ـ تصميم السفن باستخدام الحاسب الالي (computer design of ships)

في الحالة الاولى يكون الحاسب الالي عبارة عن الة حاسبة سريعة ودقيقة يمكنها تخزين المعلومات واستخدامها في المراحل المختلفة لتصميم السفينة .

اما في الحالة الثانية فانه بالاضافة الى ماسبق فان الحاسب الالي يستخدم كذلك في اتخاذ القرارات وتكوين وتوليد معلومات اضافية اساسية مطلوبة في مراحل تصميم وبناء السفينة .

اولا : تصميم السفن بمساعدة الحاسب الالي :

ينقسم استخدام الحاسب الالي في هذا المجال الى عدة اقسام منها : ـ

١ـ تحديد ابعاد السفينة الرئيسية ومعاملات البدن .

٢ـ تحديد شكل بدن السفينة .

٣ـ اجراء حسابات التصميم المختلفة.

٤ـ التصميم الانشائي لبدن السفينة.

٥ـ ..... الخ .

وفيما يلي نقدم بعض الطرق المتبعة في اجراء الحسابات الخاصة ببعض هذه المراحل مع ايضاح دور الحاسب الالي في كل منها .

١- تحديد ابعاد السفينة الرئيسية ومعاملات البدن

يتم تحديد ابعاد السفينة الرئيسية (الطول - العرض - العمق - الغاطس) ومعاملات البدن (معامل الحجم - المعامل المنشوري - معامل مقطع منتصف السفينة) بناء على المعلومات التي يقدمها صاحب السفينة وهي : نوع السفينة - الحمولة التقريبية - خط السير - السرعة - واحيانا بعض القيود على الابعاد مثل اكبر غاطس مسموح به - اكبر طول - اكبر عرض ..... الخ .

على ضوء هذه المعلومات يقوم مهندس عمارة السفن بتحديد ابعاد السفينة التي تحقق مطالب ورغبات صاحبها وفي نفس الوقت لا تتعارض مع امكانيات الترسانة التي ستقوم ببنائها . ويمكن تحقيق ذلك بالاستعانة بعدد من منحنيات التصميم لسفن مماثلة للسفينة المراد بنائها او بعلاقات رياضية تربط متغيرات تصميم السفينة بعضها ببعض.

يبين شكل (١) بعض منحنيات التصميم المذكورة .

ان دور الحاسب الالي في هذا المجال يكمن في الحصول على العلاقات الرياضية التي تربط متغيرات السفينة بعضها ببعض وذلك باستخدام مواصفات السفن التي اثبتت كفائتها وجدارتها بالابحار.كذلك يمكن استخدام الحاسب الالي في تحديد مواصفات السفينة المطلوبة باستخدام العلاقات المستنبطة .

وهنا يجب الاشارة الى ان هذه الطريقة تفترض مقدما ان المعلومات المستخدمة في تكوين منحنيات التصميم تمثل افضل التصميمات لهذا النوع من السفن وهذا طبعا ليس من السهل التحقق منه .

وفي حالة بناء سفينة من نوع أو حجم غير مألوف فان استخدام هذه المنحنيات سوف يؤدي بالضرورة الى نتائج خاطئة لها اثار سيئة على اقتصاديات تشغيل السفينة .

ومما هو جدير بالذكر فان تكوين منحنيات التصميم المذكورة يعتمد اعتمادا كليا على العامل الشخصي في اختيار المتغيرات المختلفة . ولذلك فانه لا توجد طريقة واحدة اساسية يمكن

استخدامها في تحديد ابعاد وشكل بدن السفينة • ومن ثم فان استخدام مصادر مختلفة لمتحليات التصميم ربما يعطي اطوالا تختلف فيما بينها بما يزيد عن ١٠٪ ومعاملات حجم تختلف فيما بينها بما يزيد عن ٥٪

من هذا يتضح انه من المرغوب فيه عمل طريقة عامة لتحديد ابعاد ومعاملات السفن بدون الاعتماد الكلى على المعلومات المستنبطة من سفن مماثلة • ويمكن تحقيق ذلك بتكوين عدد من المعادلات الرياضية التي تربط أبعاد السفينة بخصائصها المطلوبة مثل السرعة ـ الحجم ـ الغاطس ••• الخ وذلك على النحو التالي :

أ ـ معادلة الوزن

وزن المحمول الساكن = وزن السفينة المحملة ـ وزن السفينة الفارغة

$$DWT = \Delta - \Delta_L$$

حيث : DWT = المحمول الساكن

Δ = الازاحة الكلية للسفينة

Δ_L = ازاحة السفينة وهي فارغة

تحدد هذه المعادلة العلاقة بين حمولة السفينة وازاحتها •

ب ـ معادلة السعة : ـ

سعة العنابر = حجم السفينة ـ حجم غرفة الالات

$$V_c = V_t - V_m$$

حيث : V_c = الحجم المطلوب للبضاعة

V_t = حجم السفينة

V_m = حجم غرفة الالات

تحدد هذه المعادلة العلاقة بين حجم السفينة المطلوب للبضاعة والحجم الكلي للسفينة •

جـ ـ معادلة الازاحة :

وزن السفينة = الطول × الغاطس × العرض × معامل الحجم × كثافة الماء

$$\Delta = L.B.T.\rho.C_b$$

حيث : L = طول السفينة بين العمودين (L.B.P.)

B = عرض السفينة

T = غاطس السفينة

C_b = معامل حجم السفينة

ρ = كثافة الماء

د ــ معادلة الاستقرار :

$$GM = f(B,T,KG)$$

حيث : KG = ارتفاع مركز ثقل السفينة عن الخط القاعدى

GM = ارتفاع المركز البيني

ل ــ معادلة السـرعة :

$$C_b = a + b.\frac{V}{\sqrt{L}}$$

حيث : V = سرعة السفينة

a & b = معاملات تعتمد على نوع السفينة وسرعتها

م ــ معادلة المتانـة :

$$Z = \frac{I}{y} = f(L,B,D,C_b)$$

حيث Z = معامل مقطع منتصف السفينة

D = عمـق السـفينة

ن ــ معادلة الطـفو الاحتياطـي :

الظاهر الحر = دالة (الطول)

$$h = f(L) = D - T$$

حيث: h = الظاهـر الحـر

هـ ــ علاقات اخرى تربط ابعاد السفينة ومعاملاتها بعضها ببعض ويمكن تكوين هـذه العلاقات باستخدام بعض المعلومات عن سفن مماثلة .

بجل هذه المعادلات فانه يمكن الحصول على ابعاد السفينة المطلوبة والتي تحقق اكبر قدر من مطالب صاحبها . ونظرا لان العامل الاقتصادى لم يؤخذ في الاعتبـار فان استخدام هذه الطريقة لا يعطى بالضرورة افضل التصميمات للسفينة المطلوبـة علما بان هذه الطريقة تحقق جميع النواحي الفنية المرتبطة بعمل السفينة .

ان استخدام الحاسب الالي في هذا المجال ينحصر في تحديد ابعاد السفينة وبعض خصائصها وذلك بحل المعادلات المذكورة .

٢ــ تحديد شكل بدن السفينة (hull form) :

يتم تحديد شكل بدن السفينة باستخدام احدى الطرق الاتية :

أ ــ بالاستعانة بنتائج التجارب التي اجريت على العديد من نماذج السفن في احـواض

تجارب السفن (testing tanks) • تستخدم هذه الطريقة عندما تكون نسب ابعاد ومعاملات السفينة المطلوبة في حدود نسب ابعاد ومعاملات النماذج المختبرة بحيث يتم اجراء الاستكمال من الداخل (interpolation) وليس من الخارج (extrapolation) •

ب — برسم وتخليق منحنيات السفينة المطلوبة بالاستعانة بمنحنى مساحة المقطع (sectional area curve) الذى يمكن الحصول عليه بتعديل منحنى مساحة المقطع لسفينة مماثلة •

جـ — باستخدام ابعاد ومعاملات السفينة مباشرة •

في هذه الحالة يتطلب الامر الاستعانة بالحاسب الالي في الحصول على المعادلات الرياضية التي تمثل شكل بدن السفينة او في الحصول على جدول ابعاد السفينة (table of offsets) الذى يكتب في صورة مصفوفة على النحو المبين في شكل (٢) • .

يستخدم هذا الجدول في اجراء حسابات التصميم المختلفة •

ان استخدام الحاسب الالي في تحديد شكل بدن السفينة يشمل :

اولا :

استعدال منحنيات السفينة (fairing of ship lines)

لازالة الاخطاء الناجمة عن رسم هذه المنحنيات بمقياس رسم ١ : ٥٠ او ١ : ١٠٠

ثانيا :

تمثيل سطح بدن السفينة رياضيا على النحو التالي كما هو موضح في شكل (٣) :

— معادلات منحنيات سطح الماء $y = f(x)$

— معادلات منحنيات مقاطع السفينة $y = F(z)$

— معادلات سطح بدن السفينة $y = G(x,z)$

ثالثا :

الحصول على المعلومات اللازمة لتشكيل عدان والواح السفن مما يساعد على تحسين الدقة والسرعة في المراحل المختلفة لبناء السفينة .

ومما هو جدير بالذكر فان تمثيل سطح بدن السفينة رياضيا سوف يؤدى الى :

١— زيادة الدقة في تحديد شكل بدن السفينة

٢— الحصول على سطح منتظم ومستمر لبدن السفينة

٣— تسهيل اجراء الدراسات الهيدروستاتيكية والهيدروديناميكية وحساب القوى التي

تتعرض لها السفينة نتيجة حركتها في الماء •

٤ ــ الاستغناء عن بهو الرسم الذى يتم فيه رسم منحنيات السفينة بمقياس رسم ١ : ١ او بمقياس رسم ١ : ١٠ حسب طبيعة الترسانة •

٥ــ الحصول على معلومات اضافية تساعد على زيادة الدقة والسرعة في المراحل المختلفة لبناء السفينة •

٦ــ استخدام وسائل الانتاج الاتوماتيكية والتي تعتمد على معلومات عددية (numerical data) ولا تحتاج الى رسومات او جباريات (templates) •

مما سبق يتضح ان استخدام الحاسب الالي في تحديد وتمثيل واستعدال منحنيات بدن السفينة سيؤدى الى زيادة الدقة واختصار الوقت اللازم لتصميم وبناء السفينة مما سيكون له اثر مباشر على اقتصاديات تصميم السفينة و بنائها •

٢ــ حسابات تصميم السفينة

تهدف هذه الحسابات الى دراسة خصائص السفينة الهيدروستاتيكية والهيدرودناميكية وحالة استقرارها بين الامواج وقدرتها على تحمل القوى والعزوم الناشئة عن توزيع الحمولة وتاثير الامواج وسرعة السفينة وكذلك قدرتها على عدم الغرق في حالة اصابة احد العنابر بعطب وتتسم هذه الحسابات بتكرارها وطول الوقت اللازم لاجرائها بالوسائل والطرق التقليدية مما يعطى اهمية خاصة للحاسب الالي في هذا المجال لانه سوف يعفى مهندس عمارة السفن من اجراء هذه الحسابات واتاحة الفرصة له للتفرغ لدراسة المشاكل الاخرى التي لها تاثير مباشر على اقتصاديات بناء وتشغيل السفينة هذا بالاضافة الى ان استخدام الحاسب الالي سوف يؤدى الى زيادة الدقة في نتائج هذه الحسابات وكذلك اختزال الوقت اللازم لاجرائها •

تشمل حسابات التصميم مايلي : ــ

ــ خصائص السفينة الهيدروستاتيكية	hydrostatic curves
ــ منحنيات بون جين	Bonjean curves
ــ منحنيات استقرار السفينة	cross-curves of stability
ــ منحنيات تدشين السفينة	launching curves

ـ منحنيات تقسيم السفينة floodable length curves

ـ منحنيات سعة السفينة capacity curves

ـ طفو واستقرار السفينة في حالة العطب damage stability

ـ القدرة اللازمة لدفع السفينة powering calculations

ـ المتانة الطولية longitudinal strength calculations

ولتوضيح دور الحاسب الالي في هذا المجال نعرض في مرفق رقم (١) طريقة لحساب منحنيات استقرار السفينة وفي مرفق رقم (٢) نقدم طريقة لحساب مساحة السطح الخارجي لبدن السفينة

٤ـ التصميم الانشائي لبدن السفينة

تنقسم مراحل التصميم الانشائي لبدن السفينة الى :

أ ـ التركيب الانشائي ship construction

ب ـ التحليل الانشائي structural analysis

جـ ـ التصميم الانشائي structural design

وفيما يلي نقدم الخطوات الرئيسية التي تتم في كل مرحلة من هذه المراحل .

أ ـ التركيب الانشائي لبدن السفينة

يتم في هذه المرحلة تحديد ابعاد وتخانات الالواح والعيدان والمقويات ..... الخ . (scantlings) لجميع الاجزاء التي تكون بدن السفينة وذلك حسب قواعد التصميم التي تصدرها هيئات تسجيل وتصنيف السفن (Classification Societies) . وهنا يجدر بالذكر ان التركيب الانشائي الناتج عن استخدام قواعد التصميم التي تصدرها هيئات تسجيل السفن لا يعطى بالضرورة افضل تصميم انشائي لبدن السفينة خصوصا من حيث وزن البدن وتوزيع الالواح والمقويات على مقطع السفينة .

ب ـ التحليل الانشائي

يتم في هذه المرحلة تحديد قوى القص وعزوم الانحناء واللي التي تؤثر على بدن السفينة ككل وكذلك على مكونات البدن . تستخدم هذه القوى والعزوم في حساب الاجهادات المختلفة الناشئة عنها وذلك لتحديد الاجزاء المحملة اكثر من اللازم بهدف اعادة تصميمها .

جـ — التصميم الانشائي

يشمل التصميم الانشائي لبدن السفينة المراحل الاتية : —

١— حساب القوى والعزوم التي تؤثر على بدن السفينة •

٢— وضع قواعد ومعايير للحكم على سلامة منشأ البدن من حيث القدرة على تحمل القوى التي يحتمل ان تؤثر على اجزاء البدن المختلفة •

٣— تكوين بدن السفينة باستخدام قواعد التصميم التي تصدرها هيئات تسجيل السفن

٤— تمثيل بدن السفينة بنموذج رياضي (mathematical model)•

هذه المرحلة لها اهمية خاصة لان استخدام نموذج رياضي لا يمثل واقع بدن السفينة سيؤدي بالضرورة الى نتائج خاطئة ربما تنعكس اثارها فيما بعد على سلامة السفينة • لذلك يتم احيانا اجراء تجارب معملية للتأكد من كفاءة النموذج الرياضي ومطابقته لواقع منشأ البدن •.

٥— التحليل الانشائي وحساب الاجهادات والانفعالات

في هذه المرحلة يمكن استخدام طريقة العناصر المحدودة (finite element method) او اى طريقة اخرى تناسب الجزء المراد دراسته •

٦— استخدام اسلوب الترشيد (optimization techniques)

تهدف هذه المرحلة الى ترشيد توزيع الواح الصلب والمقويات على مقطع بدن السفينة لرفع الكفاءة الانشائية للبدن •

يمثل شكل (٤) المراحل المختلفة اللازمة للوصول الى افضل تصميم انشائي لبدن السفينة •

ان استخدام الحاسب الالي في مجال التصميم الانشائي للسفن يكمن في ترشيد توزيع الواح الصلب والمقويات بهدف تقليل وزن الصلب المستخدم مع ضمان سلامة منشأ البدن • ويمكن توضيح ذلك بدراسة توزيع الواح الصلب والمقويات على مقطع ناقلة بترول على وزن بدن السفينة كما هو موضح في شكل (٥) •

ان اختيار ابعاد مقطع السفينة (العرض والعمق) وكذلك اختيار تخانات ومواقع القواطيع الطولية له اثر كبير في تحديد افضل تصميم انشائي لمقطع السفينة • ويمكن

تحقيق ذلك بدراسة توزيع اجهادات الثني والقص على مقطع السفينة للوصول الى افضل توزيع لمكونات المقطع الذى يعطى اقل وزن للبدن مع ضمان سلامة السفينة من ناحية القدرة على تحمل القوى والعزوم التي توثر عليها • مثل هذه الدراسة لا يمكن تحقيقها بدون استخدام الحاسب الالي •

ثانيا : تصميم السفن باستخدام الحاسب الالي

يتقسم دور الحاسب الالي في هذا المجال الى :

أ— تحديد مواصفات السفينة التي تحقق رغبات صاحبها وفي نفس الوقت تعطى أكبر عائد باقل المصاريف•

ب— اجراء تصميم بدن السفينة ومكوناته باستخدام التصميم التخطيطي (interactive graphics) •

وفيما يلي تقدم دور الحاسب الالي في هذين المجالين :

أ— تحديد مواصفات السفينة

يشمل دور الحاسب الالي في هذا المجال تخزين المعلومات واجراء الحسابات واتخاذ القرارات اللازمة للوصول الى افضل تصميم يحقق الغرض المطلوب من السفينة مع اخذ جميع العوامل التي توثر على كفاءة تشغيلها في الاعتبار•

ويمكن صياغة عملية التصميم على النحو التالي :

ايجاد متغيرات التصميم " ص" التي تعطى اكبر قيمة (او اقل قيمة) لمعيار التفضيل " ع " تحت قيود التشغيل " س" كما هو موضح في شكل (٦) •

من هنا يتضح ان تصميم السفينة لا يعتمد فقط على الدراسات الهيدروديناميكية والانشائية ولكن يعتمد كذلك على جميع العوامل التي توثر على استخدام السفينة وتشغيلها يوضح شكل (٧) خطوات تصميم السفينة •

ويمكن تقسيم العوامل التي توثر على تصميم السفينة الى عوامل لها ارتباط مباشر بطبيعة عمل السفينة وعوامل خاصة بالسفينة ومعداتها والآتها وذلك على النحو التالي •

١— العوامل العامة التي توثر على تصميم السفينة

هناك خمسة عوامل عامة لها تاثير مباشر على تصميم السفينة :

- نوع البضاعة وكميتها وقيمتها .
- وسيلة النقل البحرى - نقل عام (general cargo)- نقـــــل نمطـي (unitised cargo) - نقل صـــب (bulk cargo) .
- طول الرحلة وطبيعة الخط الملاحي .
- امكانيات الموانى وحدودها .
- تكاليف بناء وتشغيل وصيانة السفينة .

٢- العوامل الخاصة التي تؤثر على تصميم السفينة

تشمل هذه العوامل مايلي :

- حجم السفينة
- سرعة السفينة
- قدرة الالات الرئيسية
- التغيرات المرتقبة في كميات البضائع
- امكانية التحميل في رحلة العودة
- كثافة البضاعة ومعدلات الشحن والتفريغ
- زمن البقاء بالموانى
- عمر السفينة واجهزتها
- ثمن السفينة
- تكاليف الوقود والتشغيل المباشرة والغير مباشرة
- وسيلة التمويل ومتطلباتها

بعض هذه العوامل له تاثير مباشر وفعال على اقتصاديات النقل والبعض الاخـر له تاثير غير مباشر. فمثلا لونظرنا الي اختيارحجم السفينةوابعادها نجد ان لها تاثير مباشر على اقتصاديات بناء السفينة وتشغيلها . وفي حالة سفن البضائع الصب وناقـلات البترول فانه كلما زاد حجم السفينة كلما قلتتكاليف نقل الطن . وعموما يمكن زيادة حجم السفينة عن طريق زيادة الطول او العرض او الغاطس او معامل الحجم .ونظرا لان زيادة الطول يمـــؤدى الى زيادة تكاليف البناء ويؤثر على فرص اصلاح السفينة وصيانتها وزيادة

معامل الحجم محدودة لارتباط هذا المعامل بسرعة السفينة وزيادة الغاطس مرتبط بخط السير والموانيء التي تزورها السفينة فان زيادة حجم السفينة يتم عادة بزيادة عرض السفينة • ولكن اذا زاد عرض السفينة تزداد بالتبعية المقاومة المحدثة للامواج (wave-making resistance) بسبب صغر نسبة $\frac{\text{الطول}}{\text{العرض}}$ وعموما تكون هذه المقاومة في حدود ١٠ — ١٥ ٪ من المقاومة الكلية للسفن الكبيرة الغير سريعة (مثل ناقلات البترول) • ولذلك فان الزيادة المتوقعة في المقاومة الكلية نتيجة زيادة عرض السفينة ستكون صغيرة جدا خصوصا وان زيادة عرض السفينة بالنسبة لطولها سيؤدى الى تقليل المقاومة الاحتكاكية للسفينة (frictional resist.) وذلك لصغر مساحة السطح المبتل في السفينة بالنسبة للحجم المنصور • هذا بالاضافة الى ان تكاليف بناء البدن القصير والعريض اقل من تكاليف بناء البدن الطويل •

ونظرا لصعوبة بناء السفن ذات العرض الكبير نسبيا في بعض الترسانات البحرية لضيق احواض البناء بها فان بعض شركات نقل البترول تقدم على شراء وبناء ناقلات دون اعتبار ان عرض السفينة يمثل عامل مؤثر على اقتصادياتها • وذلك تحت ضغط زيادة الطلب على النقل البحرى وامكانية تسليم السفينة في وقت مبكر نسبيا حيث تكون معدلات النقل لا زالت مرتفعة وكذلك في حالة العروض المغرية لتكاليف البناء •

من هنا يتضح انه على المدى القصير ربما كانت اقتصاديات السفينة ذات العرض الصغير افضل من اقتصاديات السفينة ذات العرض الكبير لكن على المدى البعيد فان اقتصاديات السفينة الاخيرة ستكون حتما افضل من اقتصاديات السفينة الاولى •

نستنتج من ذلك ان اختيار ابعاد السفينة يجب ان يعتمد بالدرجة الاولى على متغيرات الرحلة والموانيء وتكاليف البناء والتشغيل والصيانة •••• الخ من العوامل التي لها تاثير مباشر وغير مباشر على اقتصاديات النقل البحرى كما هو موضح في شكل (٨) •

ومما هو جدير بالذكر فان مواصفات السفينة تختلف باختلاف الغرض المطلوب منها فالسفينة المصممة على اساس اختزال تكاليف التشغيل غير السفينة المصممة على اساس تحقيق اكبر عائد غير السفينة المصممة على اساس اختزال تكاليف البناء ••••• الخ •

ويمكن قياس كفاءة التصميم باستخدام معيار منفعة السفينة او معيار التفضيل •

$$\text{Ship Merit Factor, SMF, } = k.\frac{W.V}{C}$$

حيث k = معامل التشغيل ويشمل جميع العوامل التي توثر على كفاءة تشغيل السفينة مثل معدل الاستخدام السنوي ومعدل التحميل ونسبة السرعة الحقيقة الى السرعة التصميمية ونسبة الوقت اللازم للشحن والتفريغ الى وقت الابحار ..... الخ .

W = وزن المحمول الساكن

V = سرعة السفينة

C = المتوسط السنوي للتكاليف

يعتبر هذا المعيار من افضل المعايير الاقتصادية التي يمكن استخدامها في اجراء الدراسات الاقتصادية الخاصة بالنقل البحري لانه لا يعتمد فقط على خصائص السفينة بل يتعداها ليشمل جميع العوامل التي لها تاثير مباشر على كفاءة تشغيل السفينة .

لذلك فانه يمكن اعتبار التصميم الذي يعطي اكبر قيمة لمعيار التفضيل SMF هو التصميم المطلوب ومما هو جدير بالذكر فان وسائل تحسين اقتصاديات النقل البحري تشمل :

أ ـ زيادة الايرادات عن طريق ترشيد توزيع سفن الاسطول على الخطوط الملاحية المختلفة باستخدام البرامج الرياضية .

(linear, nonlinear and dynamic program.) .

مع عمل خطة تشغيل لكل سفينة على خط عملها .

ب ـ خفض المصروفات وذلك بتحليل مصروفات كل سفينة ومحاولة تقليلها مع عدم الاخلال بكفاءة التشغيل .

جـ ـ تحسين كفاءة الماكينات الرئيسية والمساعدة وذلك عن طريق الصيانة المخططة (planned maintenance).

د ـ اختزال فترات التوقف بالموانيء الناجمة عن الشحن والتفريغ ـ الاصلاحات ـ الحمرات الانتظار على المخطاف ـ الانتظار لدخول الحوض للكشف او لاجراء اصلاحات ـ انتظار بضاعة .

ويمكن اختزال فترات التوقف الناجمة عن الشحن والتفريغ برفع كفاءة اوناش السفينة لتحسين معدلات الشحن والتفريغ وذلك لان توقف السفينة يجعلها مخزن عائم باهظ التكاليف .

ومما هو جدير بالذكر ان مصروفات السفينة تنقسم الى :

١- مصروفات ثابتة وتشمل :إهلاك (وتمثل التكلفة الاستثمارية) - تأمينات - اجور مصروفات عمومية .

٢- مصروفات متغيرة وتشمل : وقود وزيت - قطع غيار - شحن وتفريغ - رسوم جمركية ورسوم موانيء - رسوم هيئات تسجيل السفن - مصاريف اصلاحات - مصروفات غير مباشرة (عمولات وسمسرة ..... الخ).

من الواضح ان هنالك مجال واسع لضغط مصروفات السفينة و يمكن تحقيق ذلك باتباع الاساليب الاتية .

- اختيار افضل حجم للسفينة يناسب نوع البضاعة وخط السير الملاحي .
- اختيار افضل ابعاد للسفينة تعطي اقل تكليف بناء وتشغيل وصيانة .
- استخدام اقل وزن صلب في بدن السفينة يعطي اقل تكاليف بناء وصيانة .
- اختيار افضل شكل لبدن السفينة يعطي افضل الخصائص الهيدروديناميكية .
- اختيار افضل خط ملاحي يناسب نوع البضاعة وحجم السفينة وسرعتها .
- استخدام وسائل التحكم الالي في السفينة .
- رفع كفاءة الماكينات الرئيسية والمساعدة .
- اختزال تكاليف الصيانة والابدال .

من الواضح ان اجراء مثل هذه الدراسات الخاصة بتحسين الكفاءة الاقتصادية للسفينة يتطلب استخدام الحاسب الالي وذلك بدراسة تاثير متغيرات السفينة على اقتصاديات بنائها وتشغيلها وبذلك يمكن الحصول على افضل التصميمات التي تناسب ظروف العمل المطلوبة .

ب- استخدام الحاسب الالي في التصميم التخطيطي (interactive graphics)

ان استخدام الرسومات في نقل واستيعاب المعلومات والافكار اسهل واسرع بكثير من استخدام الارقام العددية لنفس الغرض .ونظرا لان معظم الالات الحاسبة الالكترونية تستخدم الارقام العددية في قراءة المعطيات واجراء الحسابات وكذلك في اعطاء النتائج فان استخدام الحاسب الالي يتطلب تحويل المعلومات والاشكال والرسومات الى معطيات عددية (numerical data) ليتمكن الحاسب الالي من اجراء الحسابات المطلوبة عليها . وبعد الحصول على النتائج العددية يتم تحويلها الى رسومات ومنحنيات ليسهل دراستها واستخلاص النتائج منها . ويمكن توضيح ذلك في شكل (٩).

وللتغلب على هذا القصور في الالات الحاسبة الالكترونية فانه يمكن استخدام اجهزة خاصة لنقل الرسومات مباشرة الى الحاسب الالي وكذلك لتحويل النتائج العددية الى رسومات ومنحنيات كما هو موضح في شكل (١٠) .

وفي مجال التصميم الانشائي لبدن السفينة فانه يمكن التعامل مباشرة مع الحاسب الالي باستخدام اجهزة خاصة يمكن بواسطتها رسم التصميم المطلوب تحليله ودراسته على شاشة خاصة . وبعد اجراء الحسابات الخاصة بتحليل المنشأ وحساب الاجهادات والانفعالات والتغير في الشكل فانه يمكن عرض هذه النتائج على الشاشة المذكورة وبذلك يمكن دراسة النتائج مباشرة وتحديد المناطق والاجزاء الحرجة من المنشأ . وباستخدام قلم الضوء (light pen) فانه يمكن اعادة تصميم المنشأ وذلك بتغيير شكل وابعاد وتخانات الاجزاء الحرجة ثم يعاد تحليل المنشأ وكذلك دراسة النتائج وتكرر هذه العملية عدة مرات حتى نحصل في النهاية على افضل تصميم للجزء المطلوب.ويمكن توضيح ذلك في شكل (١١)

ان استخدام الحاسب الالي في هذا المجال سيؤدي الى اختزال الوقت اللازم لترشيد التصميم الانشائي لبدن السفينة .

اما في حالة بناء السفن فان استخدام التصميم التخطيطي سيؤدي حتما الى تطوير وسائل الانتاج باستخدام طرق التحكم العددي والاستغناء عن بهو الرسم وكذلك عن الرسومات والجباريات اللازمة لعمليات الانتاج التقليدية مما سيكون له اثر مباشر على اقتصاديات بناء السفينة . ويمكن توضيح دور الحاسب الالي في هذا المجال في شكل (١٢) .

٣ـ الخلاصة : نستنتج مما سبق ان دور الحاسب الالي في تصميم السفن لا يقتصر فقط على اجراء الحسابات الروتينية الخاصة بالتصميم وانما يكمن كذلك في ترشيد عمليات التصميم والانتاج بحيث يمكن الحصول على افضل تصميم للسفينة يناسب ظروف العمل المحددة لها . هذا بالاضافة الى ان استخدام الحاسب الالي في عملية التصميم سوف يساعد على زيادة ميكنة عمليات الانتاج . مما يؤدي الى تسهيل عمليات التخطيط والسيطرة على الانتاج وكذلك التوسع في استخدام وسائل التحكم العددي في ماكينات القطع والتشكيل مما سيكون له اثر مباشر في اختزال وقت وتكاليف البناء وفي تحسين جودة الانتاج ولكي يتحقق ذلك فانه يجب جمع معلومات كافية عن جميع العوامل التي تؤثر على اقتصاديات بناء وتشغيل وصيانة

المغمن وذلك لان تحقيق النواحي الفنية فقط دون اعتبار النواحي الاقتصادية سوف يؤدي بالضرورة الى زيادة مصاريف التشغيل والصيانة وبالتالي الى تقليل الكفاءة الاقتصادية للسفينة •

مرفق رقم (١)

استخدام الحاسب الالي في حساب منحنيات استقرار السفينة

هناك عدة طرق يمكن استخدامها في حساب منحنيات استقرار السفينة ، بعض هذه الطرق يعتمد على استخدام اجهزة قياس المساحات وعزومها مثل جهاز التكامل (integrator) وبعضها يعتمد على حساب المساحات والحجوم وعزومها باستخدام الطرق الرياضية او طرق التحليل العددي •

ان استخدام اجهزة التكامل يحتاج الى اعادة رسم منحنيات السفينة كما انه يعتمد على العامل الشخصي في الدقة والوقت اللازم لاجراء الحسابات المطلوبة ونظرا لان استخدام الحاسب الالي سيحقق اختصار الوقت وزيادة الدقة تقدم فيما يلي طريقة مبسطة لحساب منحنيات استقرار السفينة باستخدام الحاسب الالي •

تعتمد هذه الطريقة على جدول الابعاد النصف قطرية للسفينة (radial ordinates) ويمكن الحصول على هذه الابعاد مباشرة من منحنيات السفينة الاصلية وتستخدم في حساب المساحات والحجوم وعزومها للحجم المغمور من السفينة وهي مائلة بزاوية محددة • بتكرار هذه الحسابات لعدد من زوايا الميل فانه يمكن الحصول على عزم الاستعدال في كل حالة وذلك على النحو التالي :

أ- مساحة مقطع السفينة المغمور تحت سطح الماء وعزمه عند زاوية الميل α

- مساحة المقطع

$$(A_\alpha)_j = C_1 \cdot \sum_{i=1}^{m} k_i \cdot R_{ij}^2$$

حيث $C_1 = \theta \cdot \pi / 3 \times 180$

A = مساحة قطع السفينة عند زاوية الميل α

θ = الزاوية ال بين الابعاد النصف قطرية ـ انظر شكل (١٣)

m = عدد الابعاد النصف قطرية في مقطع السفينة .

R = البعد النصف قطرى

i = رقم البعد النصف قطرى

j = رقم مقطع السفينة

ـ عـــزم مساحة المقطـــع

$$(MA_\alpha)_j = C_1 \cdot \sum_{i=1}^{m} k_i \cdot R_{ij}^3 \cdot \cos \theta_i$$

حيث MA_α = عزم مساحة المقطع عند زاوية الميل α

ب ـ حجم السفينة المغمور تحت سطح الماء وعزمه عند زاوية الميل α

$$V_\alpha = C_2 \cdot \sum_{j=1}^{n} (A_\alpha)_j \cdot k_j \quad , \quad MV_\alpha = C_2 \cdot \sum_{j=1}^{n} (MA_\alpha)_j \cdot k_j$$

حيث V_α = حجم السفينة المغمور عند زاوية الميل α

MV_α = عزم الحجم المغمور عند زاوية الميـــل α

$C_2 = L/3(n-1)$

L = طول السفينة

n = عدد المقاطع الراسية

جـ ـ ذراع الاستعدال (righting arm GZ)

من شكل (١٤) يمكن استنتاج الاتي :

$$GZ = KO_1 \cdot \sin \alpha - KG \cdot \sin \alpha + X \quad , X = MV_\alpha / V_\alpha$$

يتغير زاوية الميل α وكذلك مركز الاحداثيات النصف قطرية فانه يمكننا الحصول علـــى منحنيات الاستقرار المتقاطعة (cross curves of stability)

التي تعطي العلاقة بين ذراع الاستعدال والازاحة عند زوايا ميل متعـــــــددة تستخدم هذه المنحنيات في الحصول على منحنيات الاستقرار الاستاتيكية (statical stability curves) لعدد من حالات تحميل السفينة.

وهنا يجدر بالذكر ان لهذه الطريقة مميزات متعددة عند استخدامها في حســـــاب منحنيات الاستقرار لبعض انواع السفن مثل الساحبات (tugs) وسفن صيد الاسماك والغواصات ..... الخ.

ونظرا لزيادة الدقة في تحديد شكل القاع والسطح لهذه الانواع من الســـــــفن فانه يمكن استخدام هذه الطريقة في حساب منحنيات استقرار السفينة بين الامواج وفي حالات الوزانة المختلفة.

مرفـــق رقـــم (٢)

مساحة السطح الخارجي لبدن السفينة

يتم حساب السطح الخارجي لبدن السفينة باستخدام أطوال المنحنيات للمقاطع الراسية والافقية على النحو التالي :

أ ـ حساب أطوال منحنيات المقاطع الراسية (Girths)

تعتمد طريقة حساب أطوال هذه المنحنيات على موضع المقطع بالنسبة لطول السفينة

١ ـ مقطع في جزء المنتصف المتوازي (parallel middle body) في هذه الحالة يمكن حساب طول منحني مقطع السفينة على النحو التالي ـ انظر شكل (١٥) :

$$G_j = D + B/2 + Z_j - R(2 - \pi/2)$$

حيث D = عمق السفينة عند منتصفها

B = عرض السفينة

R = نصف قطر ((انظر شكل (١٥)))

Z_j = الصرف عند المقطع j

٢ ـ مقطع في مقدمة أو مؤخرة السفينة

يتم حساب طول منحنى المقطع كما يلي ـ انظر شكل (١٦) :

$$G_j = \sum_{i=1}^{m-1} \Delta G_{ij}$$

حيث : m = عدد المقاطع الافقية

ΔG_{ij} = طول منحني المقطع بين المقاطع الافقية (i + 1 , i) ويمكن حسابها على النحو التالي :

$$\Delta G_{ij} \cong R_{ij} \cdot 2\alpha_{ij}$$

$$\alpha_{ij} = \tan^{-1}(\Delta Y)_{ij}/h \quad , \quad h = \text{waterline spacing}$$

$$(\Delta Y)_{ij} = Y_{i+1,j} - Y_{ij}$$

$$R_{ij} = h/\sin 2\alpha_{ij}$$

ولذلك فانه يمكن حساب طول منحني المقطع كما يلي :

$$G_j = \sum_{i=1}^{m-1} h(2\alpha_{ij})/\sin 2\alpha_{ij}$$

ب ــ حساب طول منحنيات المقاطع الافقية

يمكن حساب طول منحني المقطع الافقي بين المقاطع الراسية (j) و (j +1) على النحو التالي ــ انظر شكل (١٧) :

$$W_{ij} \cong r_{ij} \cdot 2\beta_{ij}$$

$$r_{ij} = S/\sin 2\beta_{ij} \quad , \quad S = \text{station spacing}$$

ويمكن حساب القيمة المتوسطة لطول المنحني المذكور لجميع المقاطع الافقية كما يلي :

$$\Delta M_j = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^{m} \Delta W_{ij}$$

جـ ــ حساب مساحة سطح البدن

باستخدام المعلومات الواردة في (أ) ، (ب) فانه يمكن حساب مساحة سطح بدن السفينة كما يلي:

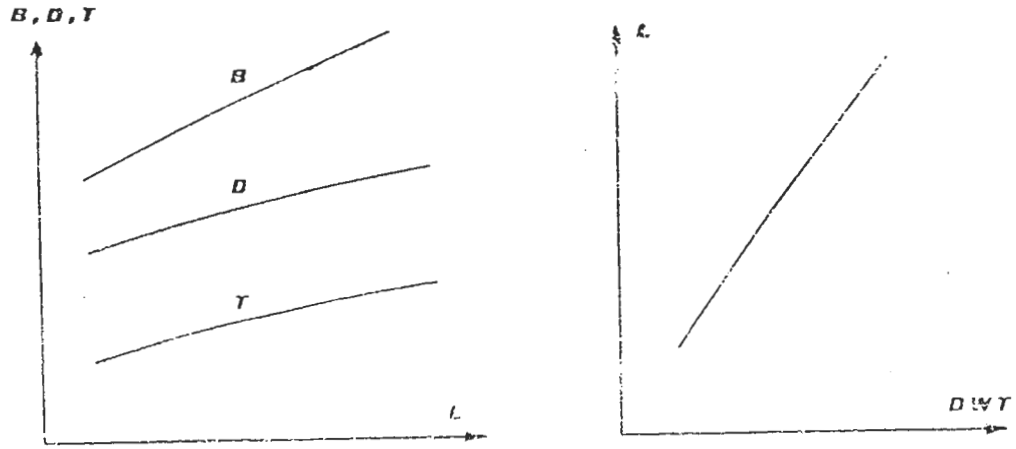
$$A \cong \sum_{j=1}^{n-1} \Delta M_j \cdot (G_j + G_{j+1})$$

حيث : n = عدد المقاطع الراسية

يتضح مما سبق ان دقة حساب مساحة السطح تتحسن كثيرا بزيادة قيم "m" و "n"

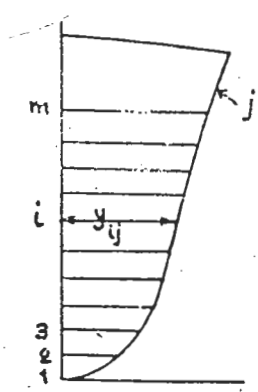
د ــ برنامج الحاسب الالي

لقد تم برمجة هذه الطريقة على الحاسب الالي كما استخدم البرنامج في حساب مساحة السطح وكذلك انفراد سطح البدن لعدد من السفن .



شكل (١) مخططات التصميم

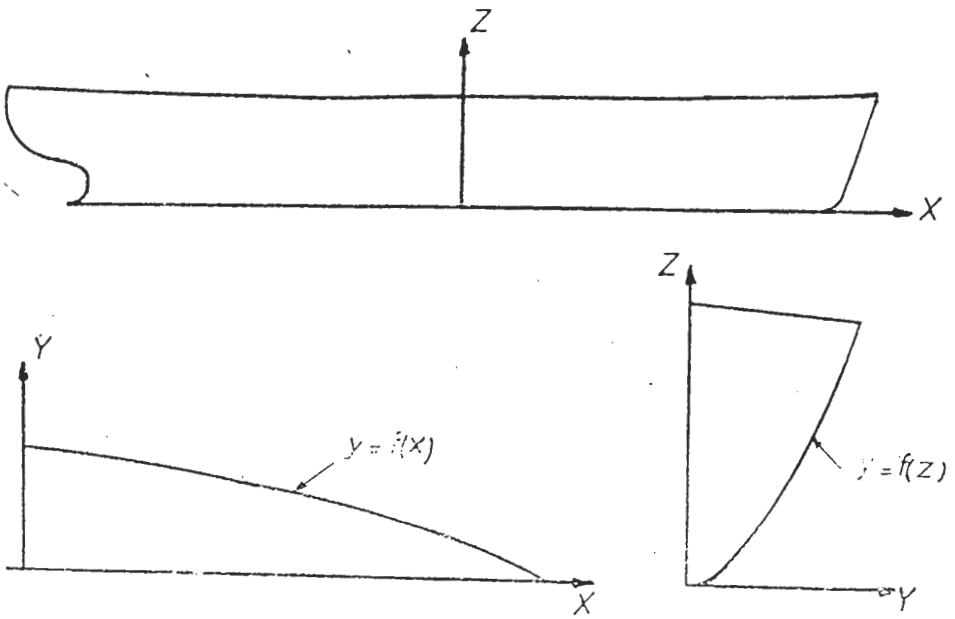
$$[Y] = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & & & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & & & y_{2n} \\ - & - & - & & & - \\ - & - & - & - & y_{ij} & - \\ - & - & - & - & & - \\ y_{m1} & y_{m2} & y_{m3} & & y_{mj} & y_{mn} \end{bmatrix}$$



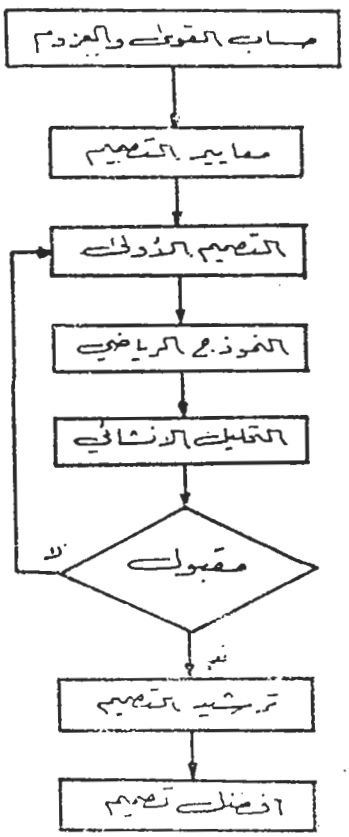
n = عدد القاطع الرأسية

m = عدد القاطع الأفقية

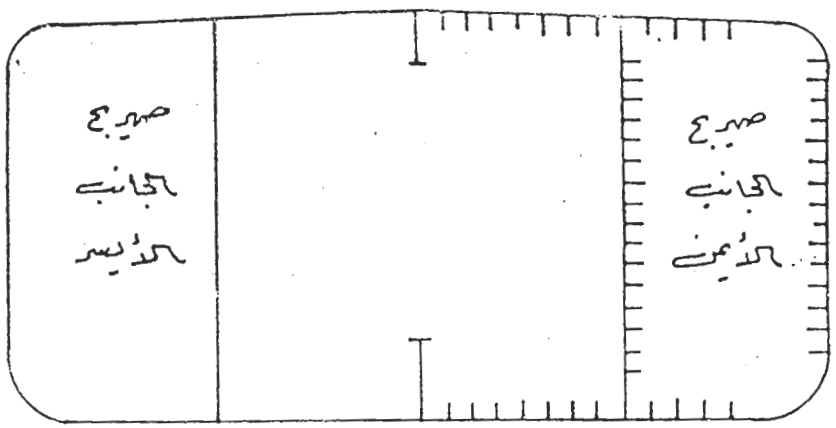
شكل (٢) مصفوفة جدول أبعاد السفينة



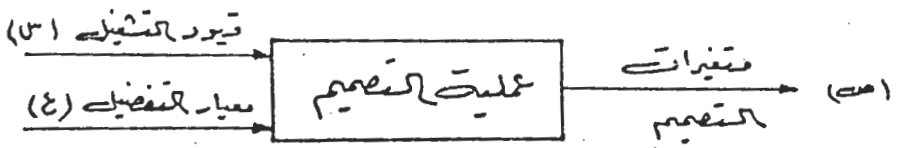
شكل ٣٠ معادلات سطح بدن السفينة



شكل ٣١ خطوات التصميم الانشائي

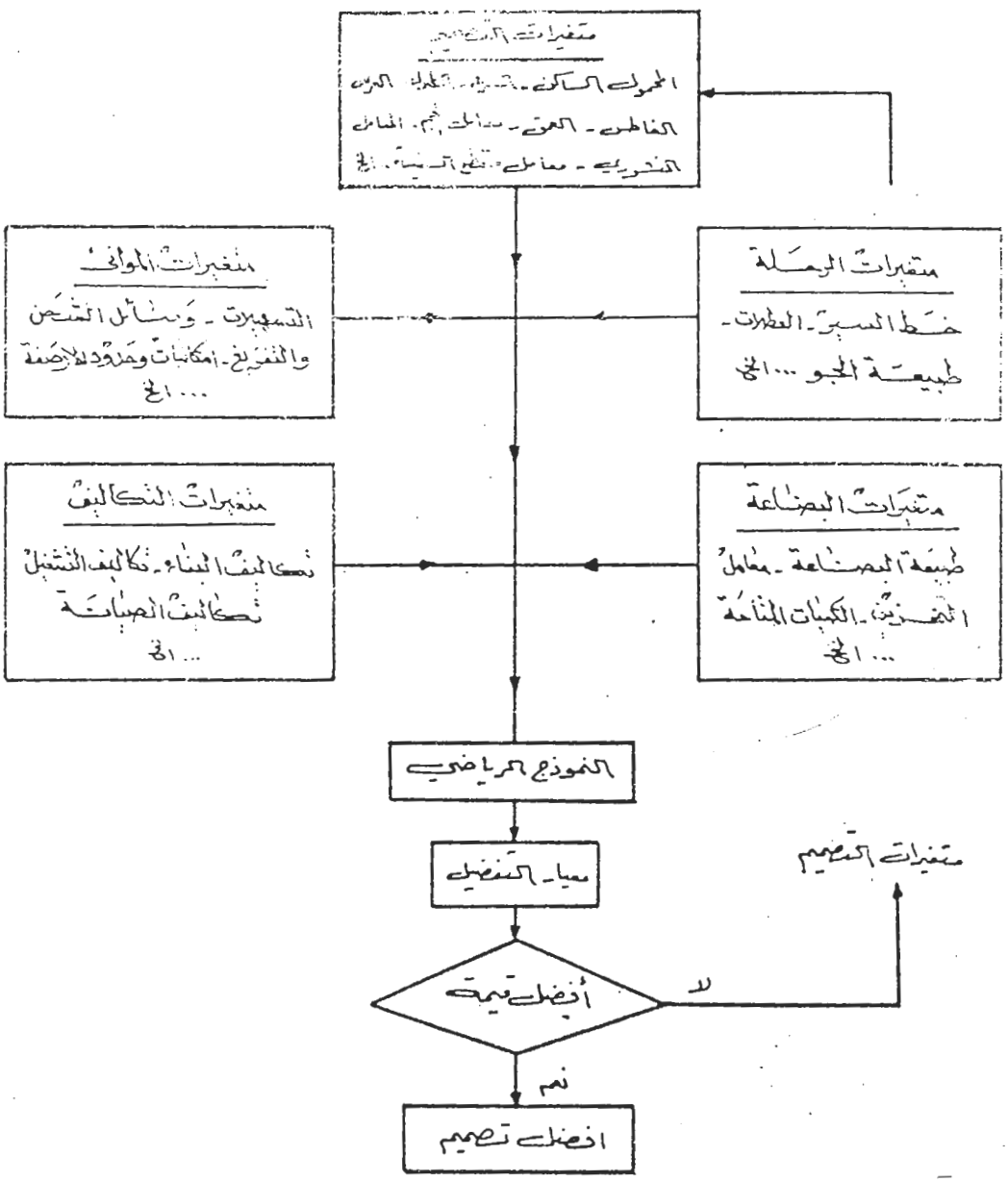


شكل (٥) مقطع رأسي لناقلة بترول

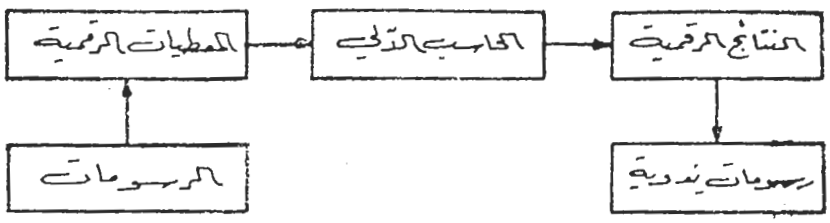


شكل (٦)

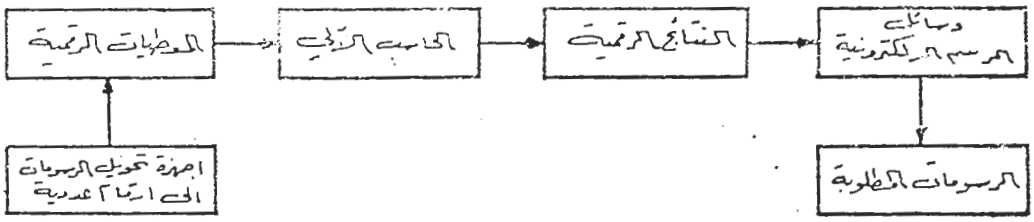
شكل (٧) مراحل تصميم السفينة



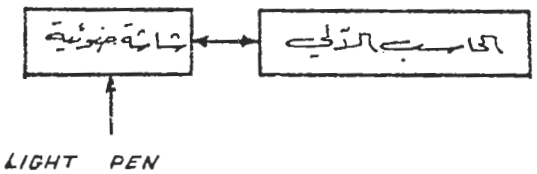
شكل ١٨ : متغيرات تصميم السفينة



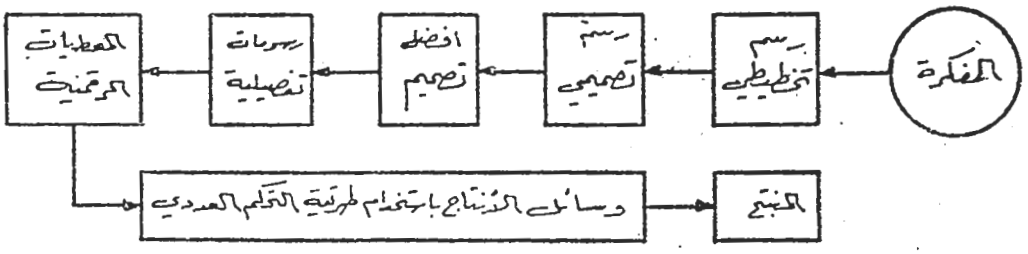
شكل ٩



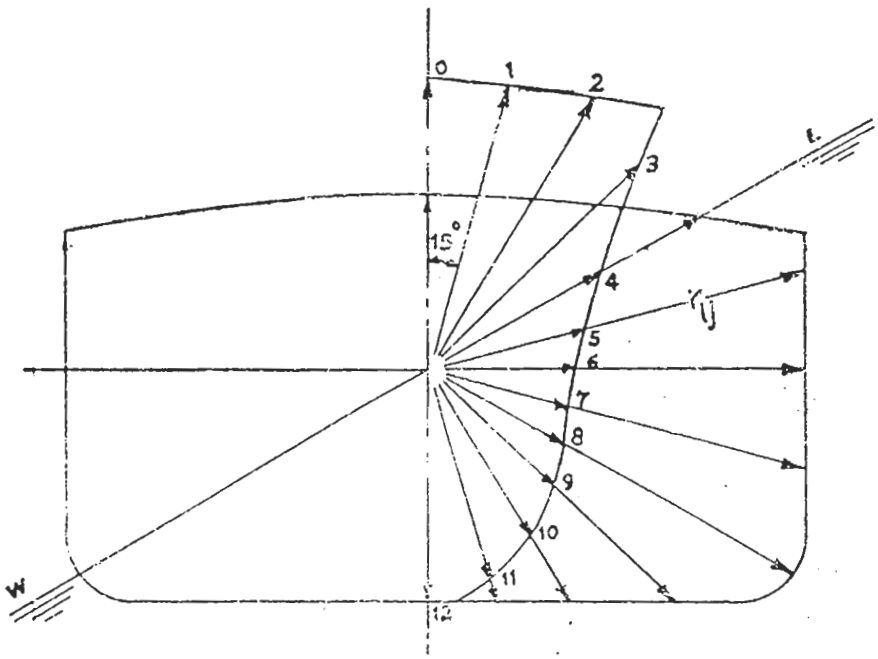
شكل (١٠)



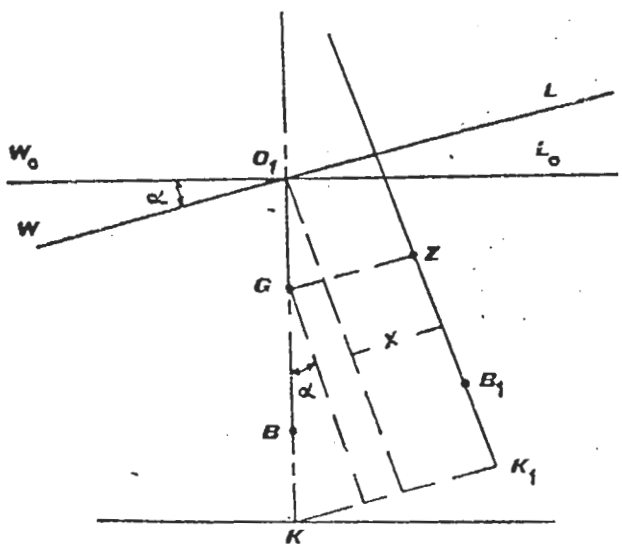
شكل (١١)



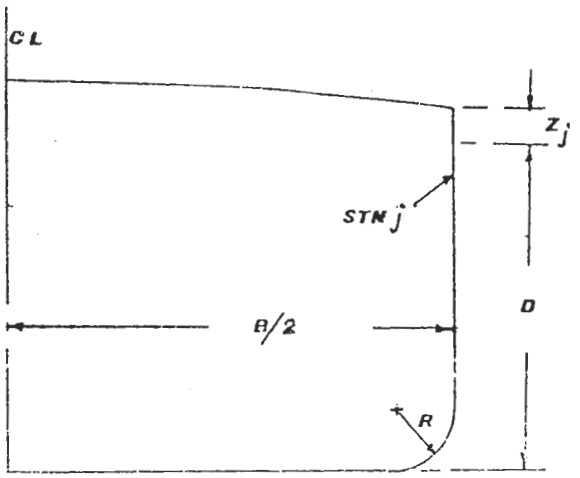
شكل (١٢)



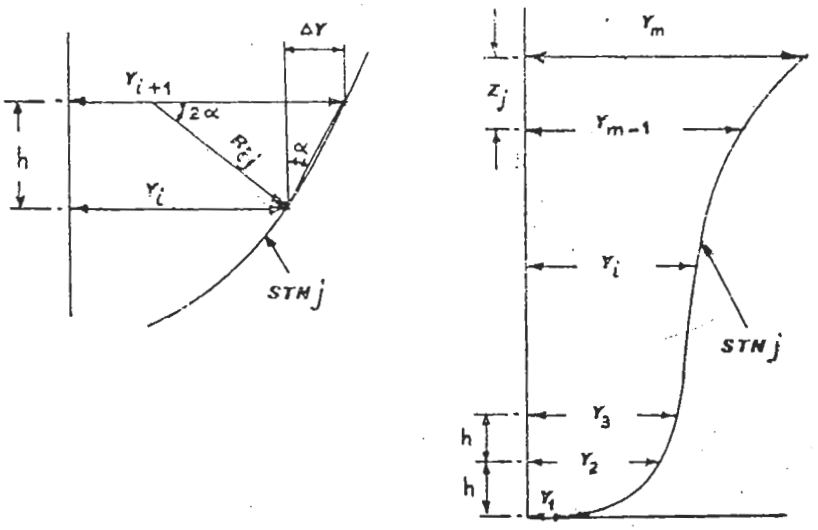
شكل (١٣) الحد بعد انكسار قطرية



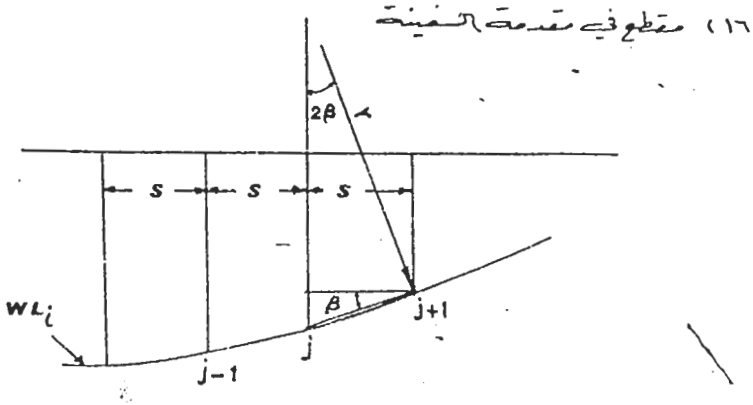
شكل (١٤) ذراع الاستعدال



شكل (١٥) تعريف نصف سفينة



شكل (١٦) مقطع في مقدمة السفينة



شكل (١٧) مقطع افقي لسفينة