الأبحاث المنشورة (1968-2001)

فى مجال اتزان السفن

للأستاذ الدكتور محمد عبد الفتاح شامة

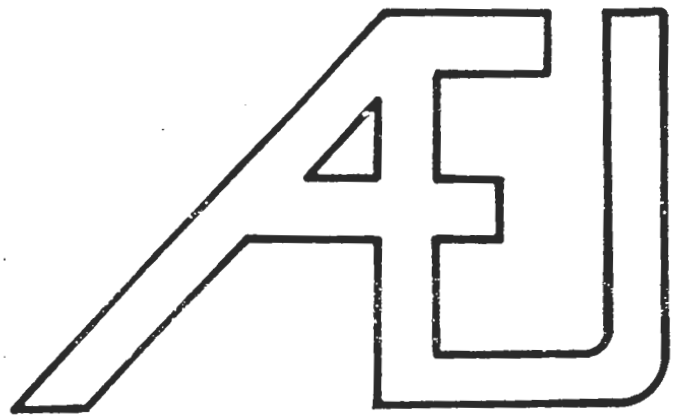
Published Papers (1968-2001)

on Ship Stability

by

Prof. Dr. M. A. Shama

1- Shama, M. A., (UK-1968) "A Method for Calculating Ship Stability Curves", Shipbuilding and Shipping Record, Aug.
2- Shama, M. A., (UK-1969) "A Computer Program for Ship Stability Curves", Shipbuilding and Shipping Record, May.
3- Shama, M. A., (UK-1975) "The Risk of Losing Stability", Shipping World and Ship, Oct.
4- Shama, M. A., (Germany-1976) "On the Probability of Ship Capsizing", Schiff und Hafen, Sept.
5- Shama, M. A., (Egypt-1989) "Safety Requirements for Nile Tourist Vessels", Seminar on Future of Nile Tourism in Egypt, (In Arabic), Alex., Eng. Journal, Vol.28, No.2, April.
6- Shama, M. A., (Egypt-1993) "Ship Stability Assessment, Criteria & Risk", AEJ, July.
7- Shama, M. A., and others, (Egypt-2001), "Intact Stability of SWATH Ships", AEJ, Vol. 40



ALEXANDRIA ENGINEERING JOURNAL

VOL.28 No.2

APRIL 1989

Published by: FACULTY OF ENGINEERING
ALEXANDRIA UNIVERSITY – EGYPT

Alex. Eng. J., Alex. Univ., Volume, 28 No.2 pp. 533 - 552 (1989)

ضمانات السلامة فى سفن السياحة النيلية فى جمهورية مصر العربية

أ.د. محمد عبد الفتاح شامة
أستاذ عمارة السفن
كلية الهندسة جامعة الاسكندرية

(١) مقدمة :

تعتمد ضمانات السلامة فى البواخر السياحية على القواعد والأسس التى يجب تطبيقها على تصميم السفن السياحية وعلى حسابات الاتزان تحت جميع ظروف التشغيل الفعلية والمحتملة وتعتمد كذلك على جودة تنفيذ عمليات البناء فى ورش التصنيع والترسانات كما تعتمد كذلك على خبرة الريس والطاقم فى تشغيل الباخرة .

يستعرض هذا البحث أنواع الحوادث التى يمكن أن تتعرض لها سفن السياحة النيلية مع تحليل الأسباب التى تؤدى الى هذه الحوادث كما تقدم تحليلا لكافة العوامل التصميمية التى تؤثر على ضمانات السلامة لهذه البواخر .

يقدم هذا البحث الاسلوب العلمى الواجب استخدامه فى حسابات ضمانات السلامة الخاصة باتزان البواخر السياحية عن طريق تحديد درجة خطورة مناسبة ومقبولة من المجتمع والرأى العام وكافة الجهات المعنية بالبواخر السياحية ومجرى نهر النيل .

ان استخدام مثل هذا الاسلوب العلمى يساعد كثيرا فى وضع التوصيات اللازمة لضمان سلامة البواخر السياحية وعدم تكرار حدوث كارثة أخرى مثل غرق الباخرة " نوبيا " خاصة وأن تكرار حدوث الظروف (التضخم - المجرى الملاحى - الظروف البيئية) التى أدت الى غرق الباخرة " نوبيا " ليس بالامر المستحيل .

(٢) أنواع الحوادث التى تتعرض لها الباخرة السياحية واسبابها :

يمكن تقسيم الحوادث التى يمكن ان تتعرض لها سفن السياحة النيلية الى :

(١) الغرق
(٢) فقدان الاتزان
(٣) الشحط
(٤) الجنوح
(٥) الحريق
(٦) الفشل الانشائى
(٧) التصادم
(٨) الانفجار
(٩) انواع أخرى

بعض هذه الحوادث يؤدى الى فقدان الباخرة بالكامل مع حدوث ضحايا من الركاب والطاقم والبعض الأخرى يؤدى الى تعطل الملاحة فى نهر النيل . كذلك فان بعض هذه الحوادث قد يؤدى الى تعطل الباخرة عن العمل لاجراء الاصلاحات اللازمة وفى جميع الاحوال فان حدوث اى من هذه الحوادث يؤثر بطريق مباشر أو غير مباشر على ارتباطات الافواج السياحية وان اى خلل فى ذلك يؤثر مباشرة على سمعة السياحة النيلية فى ج .م.ع .

ويمكن توضيح الاسباب التى تؤدى الى هذه الحوادث الى :

(١) اسباب بيئية
(٢) أسباب تشغيلية
(٣) اسباب تصميمية
(٤) أسباب أخرى

(٣) الاسباب التى تؤثر على سلامة البواخر السياحية :

أ ـ الاسباب التصميمية :

تشمل الاسباب التصميمية عناصر عديده اهمها :

- اختيار ابعاد رئيسية غير مناسبة من ناحية اتزان السفينة .
- اختيار ابعاد غير مناسبة للمنشآت العلوية قد تؤثر على سلامة السفينة .
- عدم تقسيم الباخرة بالعدد اللازم من القواطيع العرضية القاطعة للماء .
- عدم كفاية الظاهر الحر والطفو الاحتياطى .
- عدم كفاية قيمة GM .
- عدم كفاية منحنى الاتزان الاستاتيكى .
- عدم كفاية منحنى الاتزان الديناميكى .
- وجود اخطاء فى اجراء وحسابات تجربة الميل .
- عدم دراسة تأثير التغير فى الغاطس وميل السفينة الطولى على زاوية الغرق .
- عدم وجود معلومات دقيقة عن توزيع الاوزان طوليا ورأسيا .
- صغر قيمة زاوية الغرق .
- استخدام خامات ثقيلة فى الادوار العليا .

ب ـ الاسباب الاخرى التى تؤثر على سلامة الباخرة :

- اخطاء فى التصميم الانشائى .
- استخدام صلب وخامات غير معتمدة .
- عدم اجراء الاختبارات اللازمة اثناء البناء وبعد التدشين واثناء تسليم الباخرة .
- اجراء تعديلات غير مناسبة .
- اهمال التكامل الانشائى لتسهيل تنفيذ التركيبات والتجهيزات الكهربائية ـ الصحية والميكانيكية ـ اعمال الديكور ... الخ .
- استخدام خامات غير مناسبة وقابلة للاشتعال .
- استخدام كابلات وتجهيزات وتوصيلات كهربائية غير بحرية . وفشل بعضها عند الاستخدام .
- عدم كفاية اجهزة الكشف عن الحريق ومعدات اطفاء الحريق .
- عدم كفاية اجهزة الاتصالات والانقاذ .

(٤) ضمانات السلامة للبواخر السياحية :

يتضح من تحليل انواع الحوادث واسبابها ان العوامل التصميمية التى لها تأثير مباشر على سلامة السفينة عديدة ومتنوعة . بعض هذه العوامل يمكن للمصمم التحكم فيها والبعض الآخر يتطلب دراسة متأنية لاتخاذ القرار السليم بشأنها .

من البديهى انه لاتوجد سفينة فى أى مكان فى العالم تكون ضمانات السلامة فيها ١٠٠٪ ولكن هناك حد أدنى يجب توافره لضمان درجة من السلامة مقبولة من المجتمع والرأى العام بصفة عامة ومقبولة من اجهزة الدولة المعنية بالسفينة والركاب والطاقم والمجرى الملاحى بصفة خاصة وكذلك مقبولة لملاك الباخرة السياحية وشركة التأمين والبنك الذى قدم التمويل اللازم لبناء الباخرة .

أن أى خطورة غير مقبولة لأى باخرة سياحية قد تؤدى الى حدوث كارثة لها آثار خطيرة على سمعة السياحة النيلية فى ج .م .ع. بالاضافة الى الآثار السلبية الأخرى الخاصة بالمجرى الملاحى الذى له متطلبات اخرى هامة جدا غير متطلبات السياحة النيلية .

ويمكن تلخيص العوامل الرئيسية التى تؤثر على ضمانات السلامة لسفن السياحة النيلية كما يلى :

أ ـ عوامل تصميمية :

وتشمل :

(١) طرق وحسابات التصميم .
(٢) التصميم العام .
(٣) التصميم الانشائى .
(٤) حسابات الاتزان .

ب ـ بناء وتجهيز الباخرة :

ويشمل الخامات المستخدمة فى جميع مراحل البناء وطرق البناء وأسلوب الاشراف عليه بالاضافة الى الخامات والمعدات الخاصة بجميع التجهيزات وانظمة السفينة .

جـ ـ أسلوب التشغيـــل :

د ـ المجرى الملاحـــى :

الموضوعات الخاصة بالبنود (ب) ، (جـ) ، (د) تحتاج الى دراسات خاصة لمعالجتها وتغطيتهـــا وذلك لاهميتها وخطورتها على سلامة سفن السياحة النيلية ٠

(٥) تأثير العوامل التصميمية على سلامة سفن السياحة النيلية :

نظرا لانه لا يمكن تغطية تأثير جميع العناصر الوارده فى البنود (ب) ، (جـ) ، (د) على سلامة بواخر السياحة النيلية فى ورقة واحدة فان هذه الورقة تعالج فقط تأثير العوامل التصميمية على سلامة البواخر السياحيـــة ٠

وهنا تجدر الاشارة الى أن تكلفة الضمانات المعقولة للسلامة قد تبدو للوهلة الأولى عالية وغير اقتصادية لكن يجب مراعاة ان تكلفة انهيار السلامة وحدوث الكوارث يفوق بمراحل تكلفة الضمانات المعقولـــة والمقبولـــة ٠

أ ـ طرق حسابات التصميم :

يجب ان تكون طرق وحسابات التصميم دقيقة ومضمونة ولها اساس علمى سليم وبها تسلسل واضح ويمكن مراجعتها بسهولة كذلك يجب ان تأخذ فى الاعتبار الظروف المحلية للمجرى الملاحى والتغـــيرات الجويـــة ٠

ب ـ التصميم العام :

يجب ان يقدم التصميم العام توازن مقبول بين المتطلبات المتعارضة لكل من :

- الهالـــــــك
- المجرى الملاحـــى
- ورشة البنـــــاء
- السلامـــــة
- التجهيزات الفندقيـــة
- التشغيل الاقتصـــادى
- البيئة الطبيعية والجويـــة
- الجـــــــودة
- هيئات الاشـــــراف
- السياحـــــــة

من البديهى ان هناك تعارض واضح بين متطلبات هذه الجهات خاصة المتطلبات اللازمة لضمان درجة مقبولة من السلامة ومتطلبات التشغيل الاقتصادى والعائد السنوى ٠

ان تحقيق التوازن المطلوب بين متطلبات كافة الجهات المعنية يجب ان يشمل العناصر الرئيسية التالية :

(١) اختيار الابعاد المناسبة للسفينة ككل وللمنشآت العلوية بصفة خاصة ويمكن توضيح تأثير التغير فى عرض الباخرة على بعض عوامل الاتزان الاولى كما يلى :

- زيادة عرض السفينة بنسبة ١٠٪ يؤدى الى زيادة BM, KM بنسبة ٢٠٪ ٠
- وفى حالة عدم تغير قيمة KG فان GM سوف تتغير بنسبة ٢٠ ٪ كذلك ٠
- لذلك فان اختيار عرض الباخرة لا يجب ان يرتبط فقط بمتطلبات السياحة وانما يجب ان يدرس بعناية لاهميته البالغة فى حسابات اتزان الباخرة ٠

(٢) يجب ان يكون الظاهر الحر والطفو الاحتياطى كافيا بدرجة لا تسمح بغرق الباخرة مباشرة بمجرد حدوث أى حادث لها ٠

(٣) يجب ان يسمح التصميم بحدوث اخطاء تشغيلية مقبولة دون حدوث انهيار فى ضمانات السلامة ٠

(٤) يجب اعتبار ان الباخرة السياحية عبارة عن سفينة عائمة تسير فى مجرى ملاحى له ظروفه الخاصة وتتعرض لظروف جوية متغيرة وان معاملة الباخرة وكأنها فندق عائم غير متحرك قد يؤدى الى عواقب غير محمودة ٠

(٥) يقدم التصميم معلومات دقيقة عن الغاطس والميل الطولى والتغير فى الغاطس تحت ظروف التشغيل المختلفة ٠

(٦) يجب الاخذ فى الاعتبار ان جميع عناصر التصميم ليست قيما ثابته ومحددة وانما جميعها تخضع للتغير واحتمالات الخطأ ٠

(٧) يجب استخدام خامات مألوفة ومناسبة للمجال البحرى ٠

(٨) يجب ان يوفر التصميم العام درجة عالية من السلامة تحت الظروف الجوية والبيئية المختلفة وذلك باجراء الدراسة اللازمة لتحليل الخطورة .

جـ ـ التصميم الانشائى :

من البديهى ان التصميم الانشائى لسفن السياحة النيلية يجب ان يحقق الحد الادنى لمتطلبات السلامة الانشائية كما انه يجب ان يحقق المتطلبات التالية :

١ ـ يجب الا يسمح بحدوث فشل انشائى للبدن ككل او فى أى جزء منه .
٢ ـ يجب ان يسمح بادخال التعديلات اللازمة لمتطلبات السياحة والتركيبات الميكانيكية والكهربائية والتجهيزات الفندقية اللازمة دون ان يؤثر ذلك على التكامل الانشائى للبدن .
٣ ـ يجب الا تؤثر ابعاد فتحات النوافذ الجانبية على المتانة الانشائية للبدن .

د ـ حسابات الاتزان :

من البديهى ان تكون اى باخرة سياحية متزنة تحت جميع ظروف التشغيل وذلك بتحقيق الحد الأدنى لمتطلبات اتزان الباخرة استاتيكيا وديناميكيا تحت الظروف الجوية المحتملة والظروف الطبيعية للمجرى الملاحى وهنا تجدر الاشارة الى أن اتزان السفينة يعتمد كلية على عناصر التصميم الرئيسية ولا يمكن الفصل بين تصميم الباخرة واتزانها حيث يجب أن يشمل التصميم ضمن ما يشمل ضمانات كافية لاتزان الباخرة .

وفى حالة البواخر السياحية النيلية فانه لا يجب التعامل معها على أنها فنادق عائمة شبه ثابتة او تعمل تحت ظروف شبه استاتيكية من حيث المجرى الملاحى او الظروف الجوية وانما يجب التعامل معها على أنها سفن ركاب تعمل فى مجرى ملاحى له ظروفه الخاصة وتتعرض لظروف بيئية وجوية متغيرة ويعمل عليها أطقم تعتمد كفاءتها على الخبرة المحدودة والتى ليس لها اساس علمى .

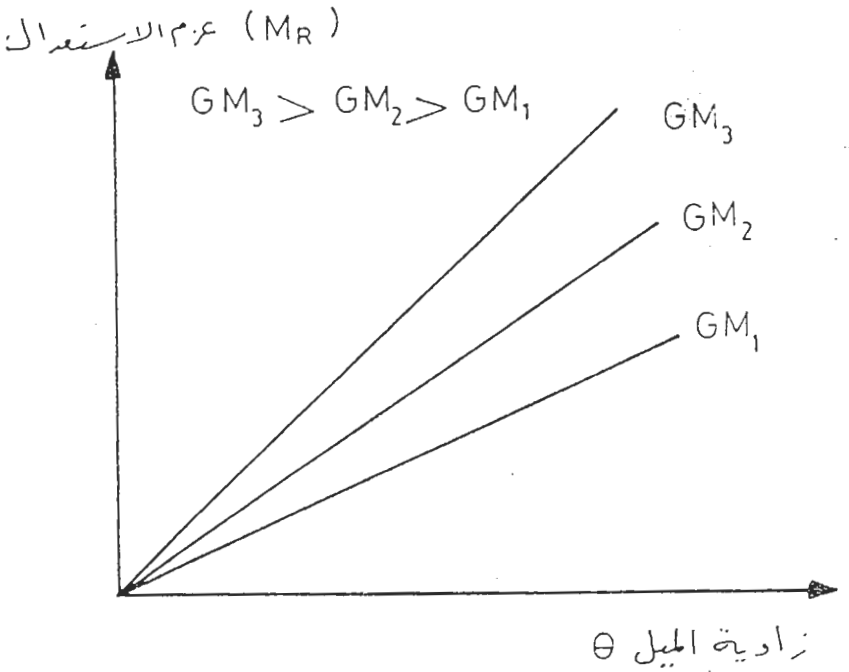
وفيما يلى بعض النقاط الواجب توافرها لضمان سلامة اتزان البواخر السياحية :

١ ـ يجب مراعاة الخصائص العامة للبواخر السياحية من حيث الغاطس وارتفاع المنشآت العلوية .

٢ ـ يجب مراعاة الدقة فى اجراء تجربة الميل مع اجرائها حسب الاصول الفنية المتبعة فى هـــذا الشأن .

٣ ـ يجب مراعاة الدقة فى حسابات توزيع الاوزان طوليا ورأسيا .

٤ ـ يجب ان يحقق اتزان السفينة الاولى والاستاتيكى والديناميكى ضمانات سلامة كافية تحت جميع ظروف التشغيل المحتملة .

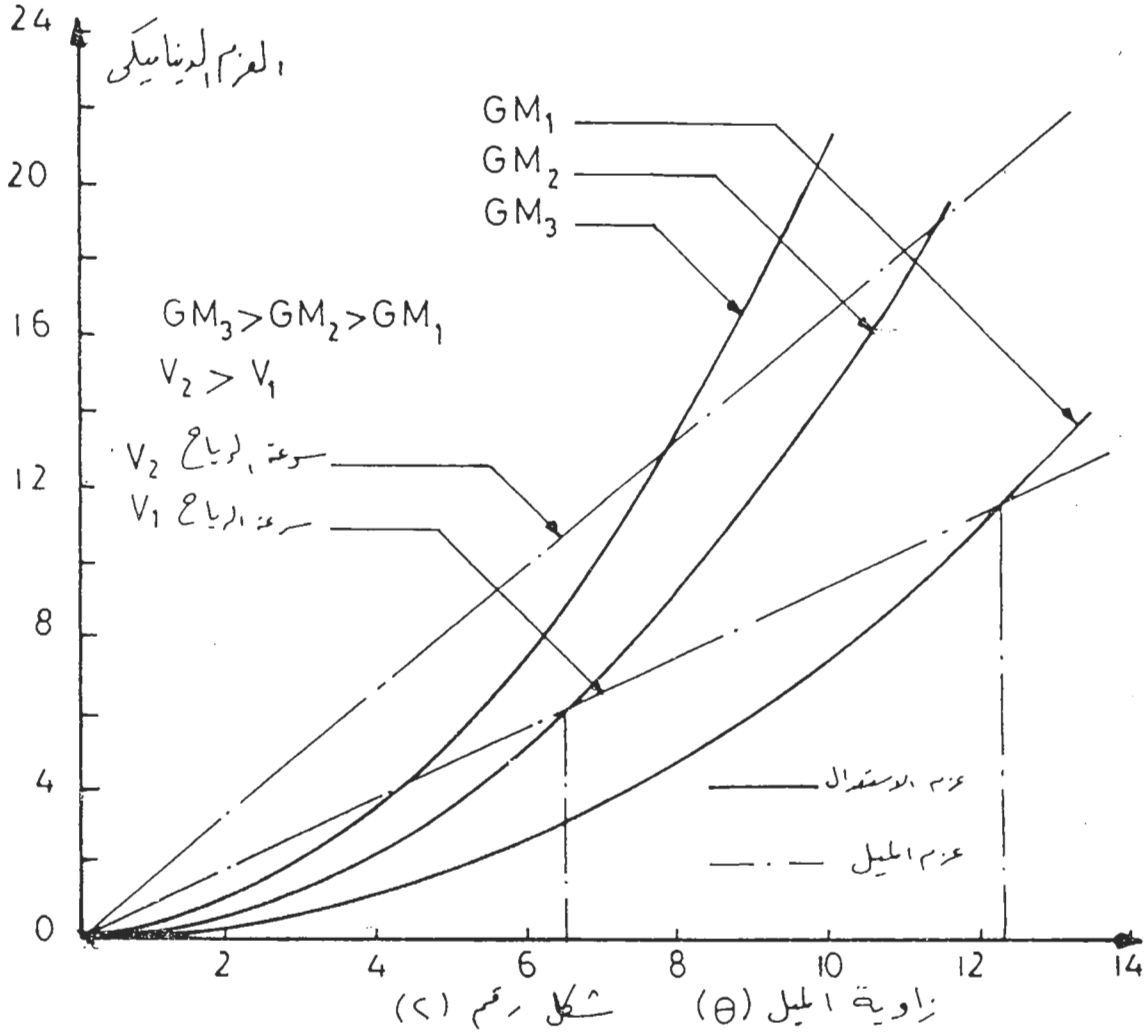


شكل رقم (١)

٥ ـ يجب مراعاة تأثير الاتزان الأولى على منحنى الاتزان الاستاتيكى ومنحنى الاتزان الديناميكى كما هوموضح فى شكل (١) وشكل (٢) .

٦ ـ يجب تقسيم السفينة بقواطيع عرضية قاطعة للمياه بالعدد الذى لا يسمح بالغرق أو بفقـــدان الاتزان عند دخول المياه فى احد اجزائهـــا .

٧ ـ ضرورة عدم اهمال تأثير السطح الحرفى لكافة صهاريج الباخرة .


24
20
16
12
8
4
0
2
4
6
8
10
12
14
العزم الديناميكى
GM1
GM2
GM3
GM3>GM2>GM1
V2 > V1
سرعة الرياح V2
سرعة الرياح V1
عزم الاستقرار
عزم الميل
زاوية الميل (θ)

شكل رقم (٢)

٨ ـ يجب ان تكون زاوية ميل السفينة الناجمة عن تزامن حدوث العوامل المحتملة مجتمعة اقل من زاوية غرق الباخرة وكذلك اقل من الزاوية التى تؤدى الى ظهور رافدة الجمة فوق سطح الماء كما هو موضح فى شكل ٣ .

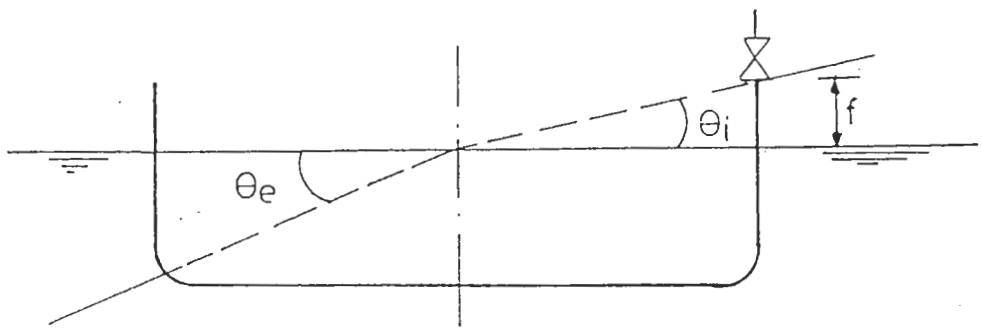
θ_h : زاوية الميـــــل .

θ_i : زاوية غرق الباخـــره .

θ_e : زاوية ظهور جانب السفينة المغمور فوق سطح الماء .

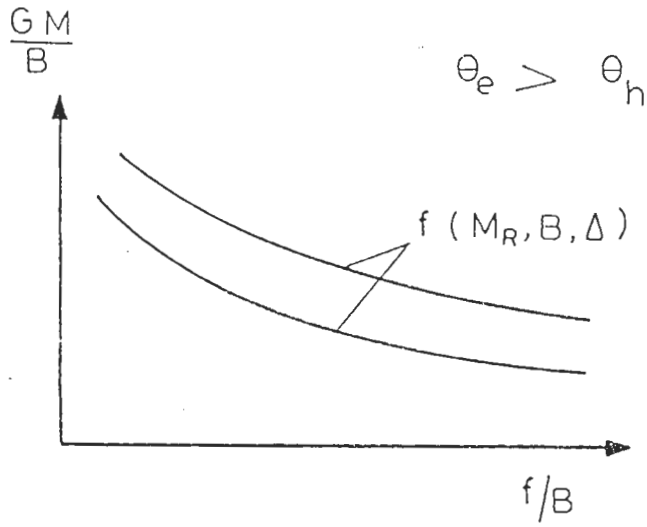
تعتمد قيمة الزاوية θ_e على غاطس الباخرة وقيمة الزاوية θ_i على المسافة "f" وهنا تجدر الاشارة الى ان المسافة "f" لها أثر واضح على سلامة الباخرة وان قيمتها تعتمد أساسا على عزم السفينة وقيمة "GM".

ويمكن تحديد الحد الادنى للمسافة "f" باستخدام عناصر التصميم الرئيسية GM , B , Δ باستخدام منحنيات مثل شكل (٤) .



$\theta_e > \theta_h < \theta_i$

شكل (٣)



شكل (٤)

٩ ـ يجب دراسة تأثير كافة العوامل التى قد تحدث منفرده او مجتمعة على زاوية ميل السفينة تشمل العوامل التى تؤثر على زاوية ميل السفينة على :

ـ انتقال أوزان من احد الجوانب الى الجانب الآخر مثل تجمع ركاب الباخرة على أحد الجوانب وانتقال تجهيزات الباخرة غير المثبته من مكانها ووجود سطح حر فى صهاريج الباخرة .

ـ تأثير الرياح والعواصف الترابية والممطرة على احد جانبى الباخرة .

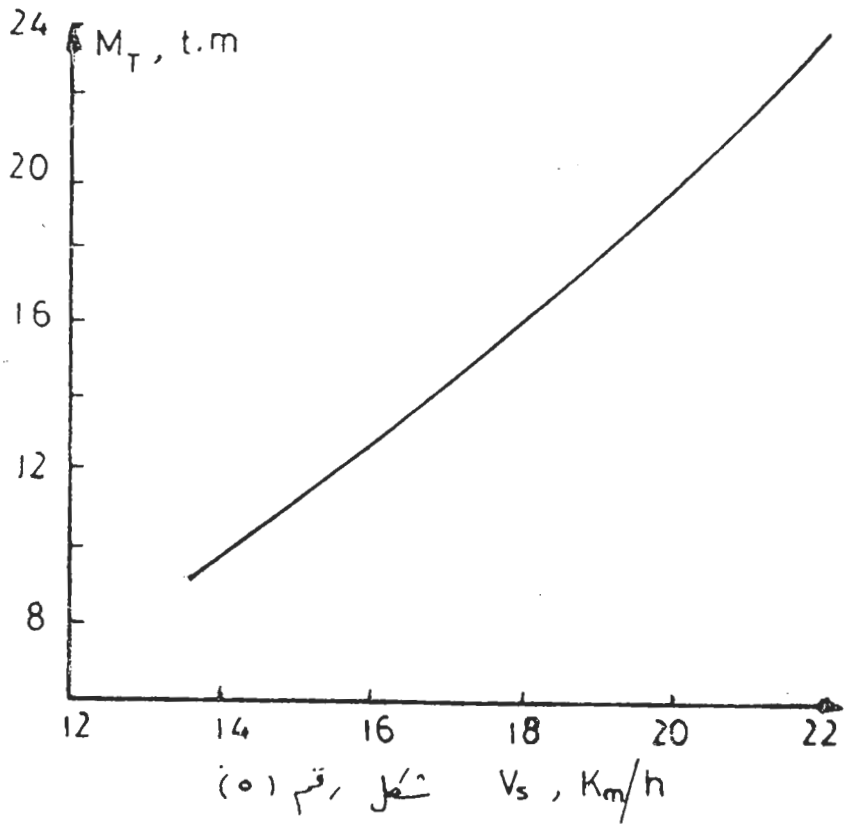
ـ سير الباخرة فى مسار دائرى ،يوضح شكل (٥) تغير عزم الميل مع سرعة الباخرة .

ـ شحط الباخرة على نتوء فى قاع النهر .

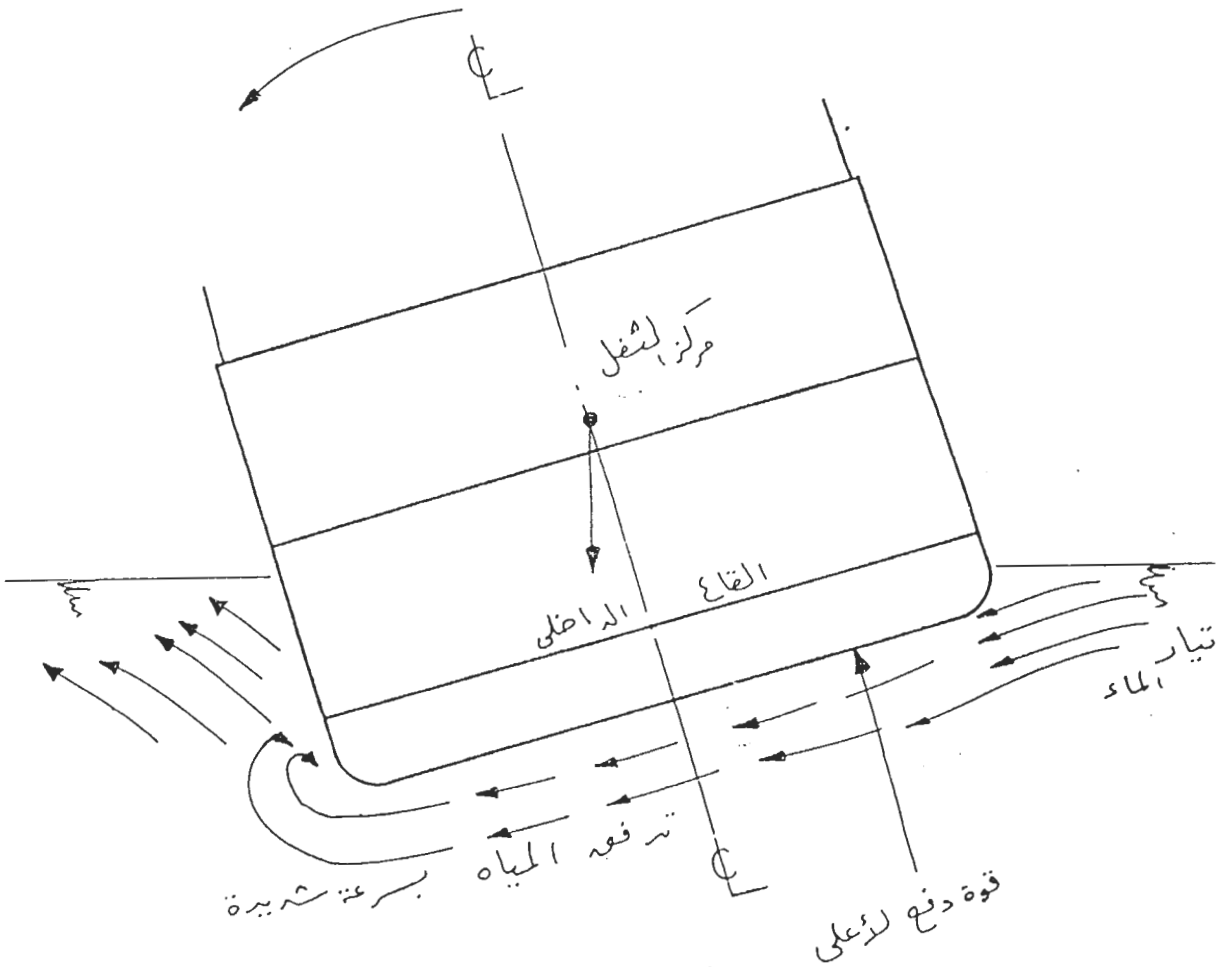
ـ غرق احد اجزاء الباخرة .

ـ تأثير التيارات المائية المتعامدة على طول الباخرة . شكل (٦) .

تؤدى بعض هذه العوامل الى عزوم ميل استاتيكية والبعض الآخر الى عزوم ميل ديناميكية تؤثر على الباخرة وتؤدى الى ميل الباخرة عرضيا .



شكل رقم (٥)



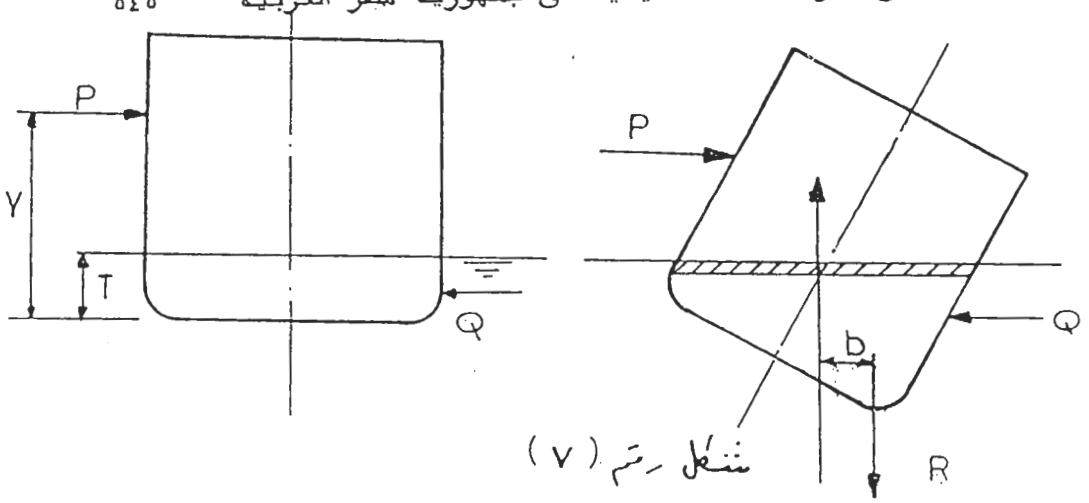
شكل رقم (٦)

لاتوجد اى صعوبة فى حساب عزوم الميل الناتجة عن انتقال اوزان او سير الباخرة فى مسار دائـــــرى أما بالنسبة لحساب عزوم الميل الناتجة عن وجود تيارات مائية متعامدة على طول السفينة فأن الأمـــــر يتطلب دراسة منفصلة ٠

أما بخصوص تأثير الرياح فان عزم الميل يتكون من جزئين :

أ ــ عزم ميل رئيسى ناتج من التأثير المباشر للرياح ــ أنظر شكل (٧) ٠

$$M_w = P \left(Y - \frac{T}{2} \right) \qquad P = p \times A$$



شكل رقم (٧)

حيث A = مساحة سطح الباخرة المعرض للرياح .

p = ضغط الهواء الناجم عن سرعة الرياح و P=f (v)

Y = بعد مركز تأثير القوة P عن قاع السفينة

v = سرعة الرياح .

P = القوة الناجمة عن الرياح .

ب ـ عزم ميل ناتج عن زيادة قوة التعويم الناتجة عن زيادة الغاطس بسبب انخفاض ضغط الماء أسفل قاع الباخرة الناتج عن انزلاق الباخرة فى اتجاه قوة الرياح .

هذا العزم يعتمد اساسا على نسبة B/T وعلى شكل الجزء المغمور من الباخرة

$$\delta M_w = f\left(\frac{B}{T}, A_w, V, C_b \ldots\right)$$

وبذلك يكون عزم الميل الناتج عن تأثير الرياح :

$$M_w = P\left(Y - \frac{T}{2}\right) \pm \delta M_w$$

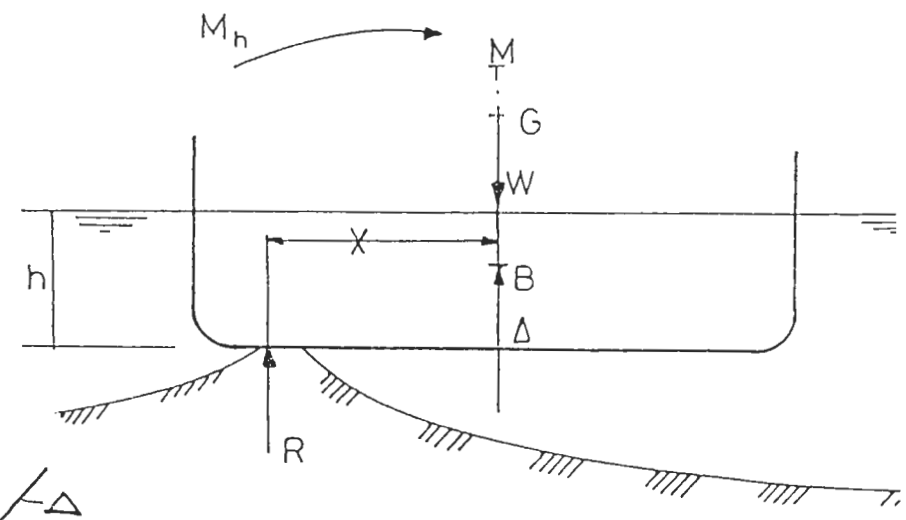
يتضح من هذه المعادلة ان عزم الميل M_w يتأثر اساسا بقيمة كل من القوة "P" والمسافة "Y" ولذلك فان اختيار ارتفاع المنشآت العلوية يمثل العامل الرئيسى فى تحديد قيمة M_w خاصة وان هناك تأثير البعد الثالث ويمثل عرض المنشآت العلوية على قيمة كل من "P" و "Y" وهذا التأثير قد يكون ايجابيا او سلبيا حسب شكل وأبعاد المنشآت العلوية .

ومن هنا يتضح ان معاملة الباخرة على انها فندق عائم يتكون من عدة أدوار لتحقيق اكبر عائد ممكن فى أقل وقت دون اعتبار تأثير الارتفاع لكلى لهذه الادوار على حسابات عزوم الميل الناجمة عن تأثير الرياح المتعامدة سيؤدى حتما الى الاقلال من ضمانات السلامة ٠

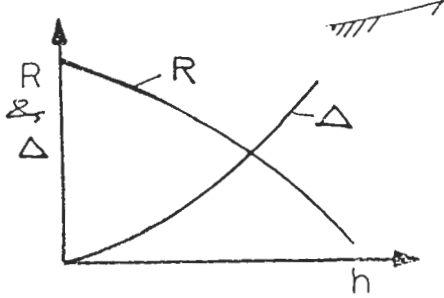
كما ان محاولة تحسين هذا الموقف على حساب الطفو الاحتياطى ببناء المنشآت العلوية وغرف الركاب فوق القاع المزدوج مباشرة سيؤدى الى عواقب وخيمة لأن غاطس الباخرة اكبر من ارتفاع القاع المزدوج ٠

لذلك فان اختيار ارتفاع القاع المزدوج ومقدار الطفو الاحتياطى وعدد الاسطح يجب أن يحقق ضمانات سلامة كافية للباخرة مع ضمان تشغيل اقتصادى مناسب لها ٠

كذلك يمكن حساب عزم الميل الناتج عن شحط الباخرة أنظر (شكل ٨) ٠ تعتمد قيمة R على المسافة h كما هو موضح فى شكل (٩) ٠



شكل رقم (٨)



شكل رقم (٩)

(٦) ضمانات السلامة الخاصة باتزان السفن :

مما سبق يتضح ان ضمانات السلامة الخاصة باتزان البواخر السياحية تعتمد أساسا على :

١ ـ تحديد عزوم الميل المحتمل تأثيرها منفردة أو مجتمعة على الباخرة .

٢ ـ تحديد الاتزان الأولى والاستاتيكى والديناميكى للباخرة .

٣ ـ تحديد معايير الاتزان المناسبة واللازمة لضمان سلامة الباخرة .

٤ ـ مراعاة الظروف المحلية للبيئة (المجرى الملاحى ـ الظروف الجوية ـ خبرة العاملون على البواخر السياحية ـ طرق واساليب البناء المستخدمة) .

٥ ـ مراعاة متطلبات الفندقة والسياحة والتشغيل الاقتصادى .

وفى هذا الصدد فان استخدام قيما ثابتة ومحددة لكل المتغيرات المتعلقة بحسابات ضمانات السلامة قد تؤدى الى قصور وفشل فى تحقيق الحد الأدنى لسلامة الباخرة مما قد ينتج عنه كوارث مثل كارثة الباخرة " نوبيا " .

لذلك فان الأسلوب الأمثل لمعالجة هذا الموضوع الحساس يجب ان يتأسس على معالجة ضمانات السلامة كمتغير احصائى يعتمد على متغيرات العناصر الرئيسية التى تحدد سلامة الباخرة (١ ، ٢) .

فمثلا يمكن حساب ضمان سلامة اتزان الباخرة تحت تأثير عزوم الميل الناجمة عن الرياح وتجمع الركاب وسير الباخرة فى مسار دائرى باستخدام معاملات الأمان γ_R ، γ_H او معامل الامان γ .

حيث

$$\gamma = \gamma_H \cdot \gamma_R$$

$$\frac{D_R}{\gamma_R} \geqslant \gamma_H \cdot D_H$$

D_R = الاتزان الديناميكى عند زاوية الغرق θ^*

D_H = عزم الميل الديناميكى عند زاويةالغرق θ^* , شكل (١٠)

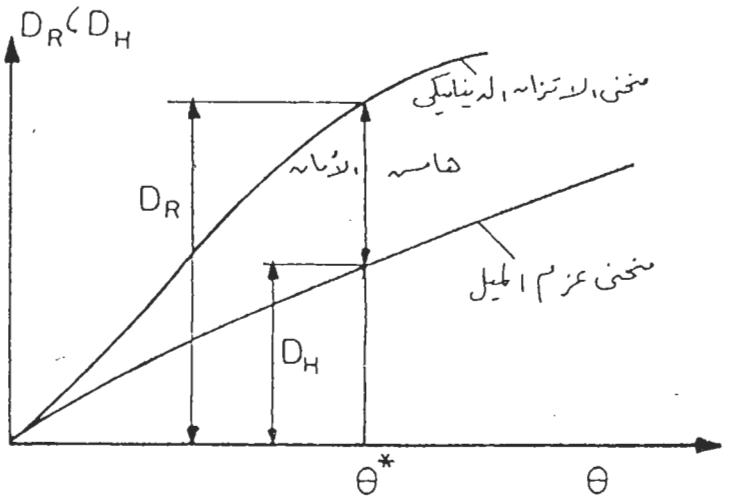
γ_R = معامل يأخذ فى الاعتبار الأخطاء والمتغيرات التى يحتمل أن تؤثر فى الاتزان الديناميكى للسفينة .

γ_H = معامل يأخذ فى الاعتبار الأخطاء والمتغيرات التى يحتمل أن تؤثر فى عزوم الميل الديناميكى .

ولتحديد قيم مقبولة ومناسبة لكل من γ_R ، γ_H فانه يمكن استخدام معادلات مماثلة للمعادلات المستخدمة فى تصميم المنشآت المعدنية كما يلى (٣) :

$$\gamma_R = \alpha + \beta(2A + B + 2E)$$

$$\gamma_H = \alpha + \beta(2C + D)$$



شكل (١٠)

حيث A = معامل يمثل درجة الدقة فى حسابات الاتزان الديناميكى .

B = معامل يمثل درجة الخبرة والكفاءة فى التشغيل .

E = معامل يمثل درجة الدقة فى حسابات عزوم الميل .

C = معامل يمثل مدى الخطورة على الركاب والطاقم .

D = معامل يمثل مدى الخطورة والضرر الاقتصادى .

α ، β = معاملات يتم تحديد قيمتها بعد اجراء الدراسات اللازمة .

وباختيار قيم مناسبة لكل من A , B , E , C , D توضح درجة الدقة (متناهية ـ جيدة ـ مقبولة ـ غير مضمونة ودرجة الخطورة (معدومة ـ متوسطة ـ عالية) فانه يمكن حساب معاملات الأمان γ_D ، γ_H وبالتالى معامل الأمان γ

وبحساب D_H عند زاوية الغرق فانه يمكن حساب قيمة D_R كما يلى :

$$D_R \geq \gamma \cdot D_H$$

وباستخدام معامل الامان γ ومعاملات التغير فى الاتزان الديناميكى μ وعزوم الميل الديناميكى ν فانه يمكن تحديد قيمة تقريبية لدرجة الخطورة Risk (١) او احتمال فقدان الباخرة لأتزانها باستخدام الجدول رقم (١) .

جدول رقم (١)

u	v	R × 10³ — β				
		1·1	1·2	1·4	1·6	2·0
0·0	0·05	22·75	0·032	0·0	0·0	0·0
	0·10	158·6	22·75	0·032	0·0	0·0
	0·20	305·0	158·6	22·75	1·35	0·0
0·05	0·05	90·0	5·22	0·0016	0·0	0·0
	0·10	185·0	43·2	0·52	0·0013	0·0
	0·20	310·0	169·0	29·53	2·67	0·004
0·10	0·05	205·0	61·96	3·50	0·172	0·0
	0·10	250·0	108·2	10·04	0·736	0·005
	0·20	350·0	195·6	50·66	9·57	0·202
0·20	0·05	325·0	207·0	79·8	31·97	6·55
	0·10	340·0	220·8	89·25	36·75	7·64
	0·20	365·0	261·0	122·5	55·92	12·67

ويمكن توضيح هذه الطريقة فى المثال التالى :

مثال : مطلوب حساب درجة الخطوة Risk لسفينة سياحية باستخدام القيم التالية للمعادلة

A, B, E, C, D و α ، β

$\beta = \gamma = 0.1$

$\alpha = 1.1$

العناصر	العامل	درجة الدقة والخطورة	القيمة
حسابات الاتزان	A	جيدة	1/3
الخبرة والكفاءة	B	مقبولة	2/3
عزوم الميل	E	جيدة	1/3
الخطورة على الركاب والطاقم	C	عالية	1
الضرر الاقتصادى	D	عالية	1

$$\gamma_R = 1.3 \quad , \quad \gamma_H = 1.4$$
$$\gamma \leq 1.82$$
$$D_R = 1.82\ D_H$$
$$Risk = 5 \times 10^{-5}$$

بمعنى ان هناك احتمال لفقد الباخرة بعد ٢٠,٠٠٠ رحلة وهذا يعنى أن درجة السلامة عالية

(٧) الخلاصة :

يتضح من الدراسة والتحليل لكافة العوامل المؤثرة على ضمانات السلامة للسفن السياحية مايلى :

أولا : من الخطأ الفصل بين تصميم السفينة وحسابات الاتزان وضمانات السلامة .

ثانيا : ضرورة التعامل مع الباخرة على انها سفينة ركاب وليست فندق عائم .

ثالثا : يجب أن يحقق التصميم الحد الادنى من العوامل الرئيسية المؤثرة فى سلامة الباخرة وتشمل :

(١) الظاهر الحر .
(٢) الطفو الاحتياطى .
(٣) تقسيم الباخرة بالعدد المناسب من القواطيع القاطعة للماء .
(٤) زاوية الفرق .
(٥) الاتزان الأولى .
(٦) الاتزان الاستاتيكى .
(٧) الاتزان الديناميكى .

رابعا : ضرورة حساب كافة العوامل الخارجية بالدقة الكافية مع دراسة تأثيرها منفرده واحتمال تأثيرها مجتمعة على سلامة الباخرة .

خامسا : ضرورة وضع قواعد ومعايير للسلامة مبنية على ظروف التشغيل الطبيعية والمحتملة وتأخذ فى الاعتبار الظروف المحلية للمجرى الملاحى والتغيرات الجوية ٠

سادسا : ضرورة التعامل مع المتغيرات المؤثرة فى متطلبات السلامة على أنها ليست قيما ثابته ولكن معرضه لعناصر الشك والخطأ والاحتمال ٠

سابعا : ضرورة التعامل مع ضمانات السلامة من خلال تحديد متطلبات التصميم التى تحقق درجة خطورة مقبولة من المجتمع والرأى العام وكافة الجهات المعنية بالسفن السياحية ونهر النيل ٠

ثامنا : ضرورة الاسترشاد بمعايير ومتطلبات السلامة الخاصة باتزان السفن الصادرة من منظمة "IMO" وكذلك المعايير الصادرة من الجهات الأخرى والخاصة بسفن الركاب العاملة فى الانهار والبحيرات مع تطويع هذه المعايير لتناسب الظروف المحلية للبواخر السياحية والمجرى الملاحى والظروف الجوية ٠

تاسعا : ضرورة مراجعة التصميمات وحسابات الاتزان لجميع السفن السياحية العاملة للاطمئنان على وجود حد أدنى من ضمانات السلامة تحت ظروف المجرى الملاحى والظروف الجوية المحتملة ٠

(٨) المراجع :

1. M.A. Shama, " The Risk of Losing Stability " Shipping World & Shipbuilder, October, 1975.

2. M.A. Shama, " On the Probability of Ship Capsizing ", Schiff & Hafen, September, 1976.

3. M.A, Shama, " On the Economics of Safety Assurance," Technical Report, Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, University of Glasgow, Sept. 1979.