

---

# ẢNH HƯỞNG CỦA MẶT THOÁNG TỰ DO CHẤT LỎNG TRONG CÁC KẾT CHỨA KHÔNG ĐẦY ĐẾN ỔN ĐỊNH TÀU

## EFFECTS OF FREE SURFACE OF LIQUID IN PARTLY-FILLED TANKS ON SHIP'S STABILITY

**ĐINH XUÂN MẠNH**

*Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*

*Email liên hệ: dxmanh@vimaru.edu.vn*

### **Tóm tắt**

Tàu biển có rất nhiều tính năng, chẳng hạn như tính ổn định, tính chống chìm, tính ăn lái, tính tốc độ,... Trong các tính năng này, tính ổn định là tính năng quan trọng nhất của tàu. Việc duy trì tính ổn định phù hợp cho tàu là nhiệm vụ vô cùng quan trọng của đội ngũ sỹ quan, thuyền viên của tàu. Khi hành trình trên biển, có nhiều yếu tố làm ảnh hưởng đến tính ổn định tàu. Bài báo này nêu lên sự ảnh hưởng của mặt thoáng tự do của các kết chứa chất lỏng không đầy trên tàu đến tính ổn định tàu và cách xác định sự ảnh hưởng này dựa trên hồ sơ của tàu.

**Từ khóa:** Tính ổn định, mặt thoáng tự do chất lỏng, kết, trọng tâm tàu, trọng tâm khối chất lỏng, chiều cao tâm nghiêng ngang, chiều cao thể vững tàu, mô men quán tính.

### **Abstract:**

There are many characteristics attached to a ship, such as stability characteristic, watertight characteristic, steer characteristic. etc. Among the above-mentioned ship's characteristics, the stability characteristic is the most important characteristic. To maintain proper ship's stability characteristic is a very important task of the ship's officers and crew on board. While at sea, there are many things that affect to ship's stability. The effects of free surface of liquid in partly-filled tanks on ship's stability and calculation of the effects of free surface based on ship's stability booklet will be given in this article.

**Keywords:** Stability, Free surface, Tanks, Center of gravity, Center of gravity of liquid, Transverse metacenter height from base line, Transverse metacentric height, moment of inertia.

### **1. Đặt vấn đề**

Việc đảm bảo cho con tàu được an toàn trong khai thác luôn là vấn đề được quan tâm hàng đầu của các nhà khai thác tàu và của đội ngũ thuyền viên. Đảm bảo an toàn cho tàu ở đây không chỉ đơn thuần là an toàn về mặt kỹ thuật mà còn cả trong vận hành tàu. Một con tàu dù được trang bị kỹ thuật tốt nhưng trong hoạt động nếu người vận hành nó không duy trì thích hợp các tính năng của tàu thì con tàu sẽ không an toàn và nhiều khi tai nạn sẽ xảy ra. Rất nhiều hoạt động trong khai thác tàu có thể gây ra ảnh hưởng hoặc mất an toàn cho tàu, ví dụ như: công tác xếp/dỡ hàng hóa, nhận hoặc xả nước dẫn tàu,... Các hoạt động này có thể làm ảnh hưởng xấu đến các tính năng của tàu như tính ổn định, tính tốc độ, tính ăn lái, tính chống chìm,... Trong các tính năng này, tính ổn định của tàu là một trong những tính năng quan trọng nhất nếu không được đảm bảo. Tính ổn định của tàu hoàn toàn phụ thuộc vào trình độ của sỹ quan, thuyền viên. Trước mỗi chuyến đi, tính ổn định của tàu tại cảng khởi hành và cảng đến phải được tính toán, điều chỉnh để đảm bảo rằng tàu đủ khả năng đi biển. Tuy nhiên, ổn định của tàu sẽ bị ảnh hưởng do tác động của một số yếu tố như sóng, gió, sự dịch chuyển hàng hóa và khối chất lỏng trong các kết chứa không đầy. Trong các yếu tố này, ảnh hưởng của mặt thoáng tự do trong các kết chứa chất lỏng không đầy đến ổn định tàu là thường xuyên xảy ra trong chuyến đi. Điều này đòi hỏi sỹ quan, thuyền viên tàu phải tính toán trước sự ảnh hưởng này để chắc chắn rằng ổn định tàu là đảm bảo trong suốt thời gian chuyến đi.

### **2. Ảnh hưởng của mặt thoáng tự do chất lỏng trong các kết không đầy đến ổn định tàu**

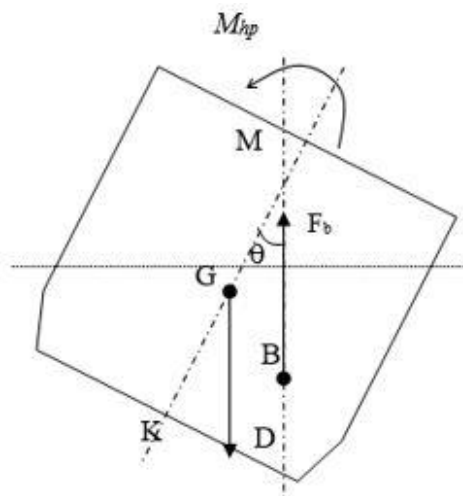
#### **2.1. Mô men hồi phục và chiều cao thể vững của tàu (GM)**

Tính ổn định của một con tàu được cho là đảm bảo, trước khi hành trình đi biển, phải thỏa mãn các tiêu chuẩn theo quy định trong Bộ luật Quốc tế về ổn định nguyên vẹn, 2008 (International Code on Intact Stability, 2008 - IS code) của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) (có hiệu lực từ 1/7/2010). Các tiêu chuẩn đưa ra trong Bộ luật này gồm các quy định về diện tích nằm dưới cánh tay đòn ổn định tính đến các góc nghiêng  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $30^\circ-40^\circ$ ; độ lớn của cánh tay đòn ổn định tính (GZ) tại góc nghiêng  $30^\circ$ ; góc nghiêng tương ứng với giá trị cực đại của GZ và độ lớn tối thiểu của chiều cao thể vững (GM). Liên quan đến GM, Bộ luật quy định độ lớn của GM, sau khi đã hiệu chỉnh ảnh hưởng của mặt thoáng tự do chất lỏng, tối thiểu phải không nhỏ hơn 0,15m. Do vậy, khi kiểm tra, tính toán ổn định tàu, thuyền trưởng/đại phó phải tính trước sự ảnh hưởng của mặt thoáng

các két chứa chất lỏng không đầy trên tàu đến ổn định tàu và so sánh với các tiêu chuẩn của IS Code 2008 [8].

Như ta đã biết, khi tàu nổi cân bằng trên mặt nước, toàn bộ tàu tác dụng xuống nước một lực gọi là trọng lực (D) có điểm đặt tại trọng tâm tàu (G) và ngược lại nước cũng tác dụng lên tàu một lực gọi là lực nổi ( $F_b$ ) có điểm đặt tại tâm nổi của tàu (B). Hai lực này bằng nhau về độ lớn nhưng có phương tác dụng ngược chiều nhau [1, 70-74].

Giả sử toàn tàu là một khối thống nhất (các két chứa chất lỏng trên tàu đều đầy hoặc trống). Khi tàu bị ngoại lực tác dụng và nghiêng đi một góc ( $\theta$ ), khi đó tâm nổi B không còn nằm tại mặt phẳng trục dọc tàu nữa mà di chuyển đến tâm hình học mới của khối nước mà tàu chiếm chỗ, trong khi đó trọng tâm G của tàu vẫn không đổi. Khi đó cặp lực trọng lượng (D) và lực nổi ( $F_b$ ) sẽ tạo thành một mô men (gọi là mô men hồi phục ( $M_{hp}$ ) đưa tàu trở về vị trí cân bằng ban đầu (Hình 1).



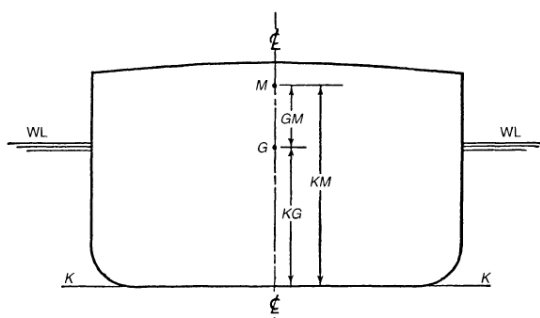
Hình 1. Mô men hồi phục

Mô men sinh ra do cặp lực D (lực trọng lượng) và  $F_b$  (lực nổi) gọi là mô men hồi phục và có độ lớn được tính như sau:

$$M_{hp} = D \times GM \times \sin\theta \quad (1)$$

Trong đó: D là lượng giãn nước của tàu.

Từ công thức trên ta thấy, với cùng một lượng giãn nước D, cùng một góc nghiêng  $\theta$ , độ lớn của mô men hồi phục phụ thuộc vào độ lớn của GM. Tại những góc nghiêng nhỏ, ổn định của tàu được đánh giá bằng độ lớn của GM và GM được gọi là chiều cao thể vững của tàu (Metacentric height). Ở góc nghiêng nhỏ, GM đặc trưng cho tính ổn định của tàu.



Hình 2. Chiều cao thể vững

Từ Hình 2 ta có:  $GM = KM - KG$  (2)

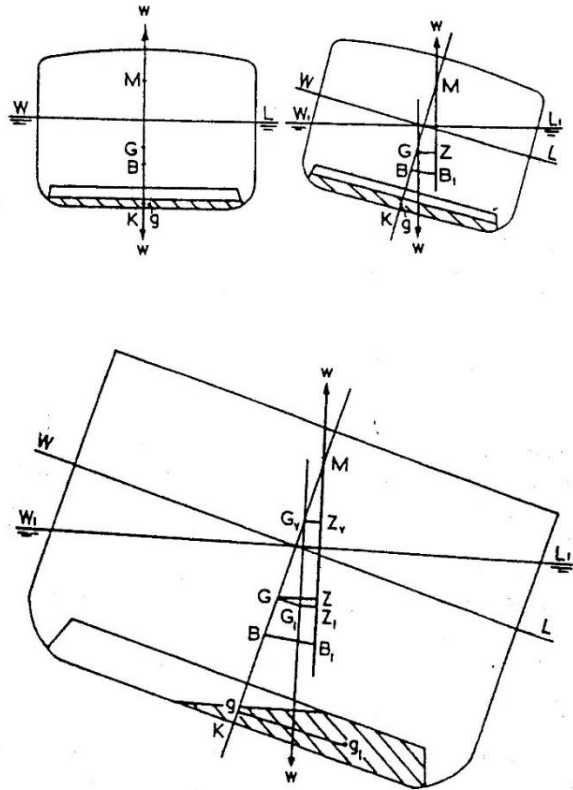
Trong đó: KM: Độ cao tâm nghiêng ngang tính từ ky tàu;

KG: Độ cao trọng tâm tàu tính từ ky tàu.

## 2.2. Tính toán ảnh hưởng của mặt thoáng tự do chất lỏng đến ổn định tàu

Một két chứa chất lỏng đầy, khi tàu nghiêng thì khối chất lỏng không có sự dịch chuyển. Về mặt ổn định mà nói khối chất lỏng này được coi như một khối hàng tĩnh có trọng tâm khối hàng chính là trọng tâm của két. Như vậy khi tàu bị nghiêng trọng tâm của khối chất lỏng không di chuyển nên trọng tâm toàn tàu cũng không dịch chuyển.

Xét một két chứa chất lỏng không đầy, ban đầu trọng tâm của khối chất lỏng nằm tại g, trọng tâm của tàu là G. Khi tàu nghiêng một góc  $\theta$ , khối chất lỏng sẽ dồn sang mạn thấp, trọng tâm g của khối chất lỏng di chuyển sang vị trí  $g_1$  làm trọng tâm của tàu dịch chuyển theo đến  $G_1$  theo hướng song song, cùng chiều với  $gg_1$ . [2, 47-48] (Hình 3).



**Hình 3. Ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng**

Qua Hình 3 ta thấy ở trạng thái mới này mô men hồi phục sẽ là:

$$M_h = D \times G_1 Z_1 = D \times G_v Z_v = D \times G_v M \times \sin\theta \quad (3)$$

Qua đây ta thấy mặt thoáng tự do của chất lỏng làm giảm chiều cao thể vững của tàu từ  $GM$  xuống  $G_v M$ . Vậy  $GG_v$  chính là lượng giảm chiều cao thể vững do ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng trong các két chứa không đầy. Như vậy khi tàu nghiêng, mặt thoáng tự do của chất lỏng trong két làm giảm ổn định tàu.

Do đó, trong trường hợp khi trên tàu có những két chứa chất lỏng không đầy, chiều cao thể vững của tàu sẽ không còn tính theo công thức (2) mà được tính như sau:

$$GM = KM - KG - GG_v \quad (4)$$

Trong đó  $GG_v$  là lượng giảm chiều cao thể vững do ảnh hưởng bởi mặt thoáng tự do của két chất lỏng không đầy, được tính bằng công thức [7]:

$$GG_v = \frac{\sum I_x \times \gamma}{D} \quad (m) \quad (5)$$

Trong đó:

-  $I_x$  là mô men quán tính của mặt thoáng chất lỏng đối với trục bản thân đi qua trọng tâm của két, song song với trục dọc của tàu; được tính theo công thức sau [7]:

$$I_x = \frac{l \times b^3}{K} \quad (m^4) \quad (6)$$

Trong đó:  $l$  là chiều dài két;  $b$  là chiều rộng của két;

$K$  là hệ số phụ thuộc vào hình dáng của két;

$K= 12$  với két có tiết diện hình chữ nhật,

$K= 36$  với két có tiết diện hình tam giác vuông,

$K= 48$  với két có tiết diện hình tam giác cân.

-  $\gamma$  là tỷ trọng chất lỏng chứa trong két ( $t/m^3$ );

- D là lượng giãn nước của tàu (là tổng cộng của khối lượng hàng hoá, dự trữ, hàng số tàu và khối lượng tàu không).

Như vậy, khi tính toán, kiểm tra ổn định của tàu khi lập sơ đồ xếp hàng, thuyền trưởng/đại phó phải tính trước sự ảnh hưởng của mặt thoáng tự do của tất cả các két có chứa chất lỏng trên tàu đến ổn định của tàu.

Trong thực tế, để thuận tiện cho việc tính toán  $GG_v$ , tùy từng tàu, người ta tính trước một số thành phần trong công thức (5) và cho sẵn trong hồ sơ tàu. Có 3 dạng tính trước trong hồ sơ tàu như sau:

- Dạng thứ nhất: tính trước thành phần " $I_x$ ". Do hình dạng và kích thước của tất cả các két trên tàu đã biết trước nên " $I_x$ " của mỗi két dễ dàng tính được theo công thức (6) và giá trị này được cho trong bảng sức chứa các két (Tank Capacity) tương ứng với mỗi két chứa chất lỏng. Từ giá trị " $I_x$ " này ta chỉ việc đưa giá trị tỷ trọng của chất lỏng trong két vào công thức (5) là tính được  $GG_v$  (Bảng 2.4) [6] của mỗi két, sau đó tính tổng các giá trị  $GG_v$  của các két ta sẽ có giá trị  $GG_v$  toàn tàu (giá trị " $I_x$ " này thường lấy giá trị cụ thể. Chi tiết mỗi két cụ thể thì sẽ có các giá trị " $I_x$ " khác nhau ứng với mỗi chiều cao chất lỏng trong két).

**Bảng 1. Mô men quán tính mặt thoáng chất lỏng**

KÉT (Compartment)		MÔ MEN QUÁN TÍNH CỤC ĐẠI (Maximum Moment of Inertia) (I) in m <sup>4</sup>
FORE PEAK TANK (CR)	(C)	3.891,2
No.1 Water Ballast Tank	(P&S)	2 x 4.340,8
No.2 Water Ballast Tank	(P&S)	2 x 17.740,9
No.3 Water Ballast Tank	(P&S)	2 x 10.442,1
No.4 Water Ballast Tank	(P&S)	2 x 3.475,2
No.1 Upper Wing Water Ballast Tank	(P&S)	2 x 1.329,6
No.2 Upper Wing Water Ballast Tank	(P&S)	2 x 1.473,6
No.2 Upper Wing Water Ballast Tank	(P&S)	2 x 1.470,2

- Dạng thứ 2: Do các két trên tàu đã được thiết kế phù hợp với mục đích sử dụng, ví dụ như két dùng để chứa nước ngọt, két chứa nước dằn tàu, két chứa dầu nhiên liệu, dầu diesel,... nên người ta lấy giá trị trung bình của tỷ trọng chất lỏng tương ứng với két chứa (VD:  $\gamma = 1.000\text{kg/m}^3$  với két chứa nước ngọt,  $\gamma = 1.025\text{kg/m}^3$  với két chứa nước dằn tàu,...) và tính trước giá trị thành phần trên tử ( $I_x * \gamma$ ) trong công thức (5) của mỗi két và cho trong bảng sức chứa các két (Bảng 2). Thành phần trên tử này được gọi là mô men mặt thoáng chất lỏng (Free surface moment -  $M_{FS}$ ). Khi đó ta chỉ việc tính  $\Sigma M_{FS}$  của các két hiện chứa chất lỏng và chia cho lượng rẽ nước sẽ được  $GG_v$ .

Theo cách tính này thì độ chính xác sẽ kém hơn phương pháp tính ở dạng 1 bởi vì giá trị cho trước của tỷ trọng chất lỏng nhiều khi không đúng với giá trị thật của chất lỏng trong két.

**Bảng 2. Mô men mặt thoáng chất lỏng**

CÁC KÉT DẦU NHIÊN LIỆU (Fuel Oil Tanks)			98% ĐẦY (98% Full) TỶ TRỌNG (S.G. = 0,944)			
Name of Tank and Frame Possition			Weight of Contents (t)	V.C.G. (m)	L.C.G. (m)	Max. Free Surface Moment (t-m)
No. 1 F.O.T.	(P)	152-166	205	5,83	42,91	80
No. 1 F.O.T.	(S)	152-166	200	5,83	42,87	75
No. 2 F.O.T.	(P)	137-152	195	6,57	32,48	105
No. 2 F.O.T.	(S)	137-152	210	5,81	33,53	75
No. 3 F.O.T.	(P)	123-152	180	1,41	24,45	170
No. 3 F.O.T.	(S)	123-152	180	1,41	24,45	170
No. 3 F.O.T.	(PC)	119-152	345	1,28	24,02	700
No. 3 F.O.T.	(SC)	119-152	240	1,29	23,55	370

- Dạng thứ 3: Giá trị  $GG_v$  được tính sẵn cho mỗi két tương ứng với từng giá trị lượng giãn nước cho trước và lập thành bảng (Bảng 2.6) [4]. Như vậy, ứng với mỗi lượng giãn nước hiện có của tàu ta chỉ việc cộng tất cả các giá trị  $GG_v$  của các két chứa chất lỏng tương ứng cho trong bảng ta sẽ có được giá trị  $GG_v$  của toàn tàu.

**Bảng 3. Lượng giảm GM do mặt thoáng tự do chất lỏng**  
**LOSS OF G<sub>0</sub>M BY FREE SURFACE EFFECT (UNIT IN M)**

Lpp = 122,90 m      Bm = 19,60 m      Dm = 13,20 m							
TANK NAME	MAX. I m <sup>4</sup>	S.G. t/m <sup>3</sup>	MEAN DRAFT (m) & DISPALCEMENT (t)				
			2,000 3.611	2,500 4.590	3,000 5.582	3,500 6.585	4,000 7.598
FORE PEAK TANK	119,7	1,025	0,034	0,027	0,022	0,019	0,016
DEEP TANK	443,9	1,025	0,126	0,099	0,082	0,069	0,060
No.1 W.B.T. (C)	4.878,7	1,025	1,385	1,089	0,896	0,759	0,658
No.2 W.B.T. (P/S)	1.881,3	1,025	0,534	0,420	0,345	0,293	0,254
No.3 W.B.T. (P)	256,3	1,025	0,073	0,057	0,047	0,040	0,035
No.3 W.B.T. (S)	265,9	1,025	0,075	0,059	0,049	0,041	0,036
No.3 W.B.T. (C)	1.250,0	1,025	0,355	0,279	0,230	0,195	0,169
No.4 W.B.T. (P/S)	1.508,3	1,025	0,428	0,337	0,277	0,235	0,204
No.5 W.B.T. (P/S)	636,3	1,025	0,181	0,142	0,117	0,099	0,086
FRESH W.T. (P/S)	24,0	1,000	0,007	0,005	0,004	0,004	0,003

Lưu ý: Khi chứa chất lỏng trong các két, nếu điều kiện có thể ta nên chứa đầy để giảm ảnh hưởng của mặt thoáng đến ổn định tàu. Tuy nhiên, để chắc chắn ổn định tàu là đảm bảo, dự trữ cho cả trường hợp két chứa đầy có thể sẽ có mặt thoáng trong chuyến đi, khi tính ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng ta nên tính cả đối với các két này, vì cũng có khả năng các két này sẽ được tiêu thụ trong quá trình hành trình.

### 3. Kết luận

Trên tàu luôn luôn có các két chứa chất lỏng, trong đó có các két chứa không đầy, đó là điều không tránh khỏi. thuyền trưởng/Đại phó cần nắm vững vấn đề này để có sự tính toán, bố trí hợp lý việc chứa chất lỏng trong các két để làm sao giảm thiểu đến mức nhỏ nhất sự ảnh hưởng của mặt thoáng tự do của chất lỏng trong các két đến tính ổn định tàu vì sự ảnh hưởng này làm suy giảm tính ổn định của tàu. Khi tính toán, kiểm tra ổn định tàu trong việc lập sơ đồ xếp hàng, sự suy giảm ổn định do ảnh hưởng của các két chứa chất lỏng không đầy phải được tính đến và phải chắc chắn rằng ổn định của tàu phải thỏa mãn IS Code 2008 trước khi đi biển.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Captain A.R. Lester, *Merchant Ship Stability*, Butterworth & Co. Ltd, 1986.
- [2] D.R. Derret, *Ships Stability for Master and Mates*, 4th edition (revised), Oxford, Heinemann Professional Publishing, 1990.
- [3] W.E. George, J. La Dage and L. Van Gemert, *Stability and Trim for the Ship's Officer*, 4<sup>th</sup> edition, Centreville, Maryland, Cornell Maritime Press, 2005.
- [4] Shin Kurushima Dockyard Co. Ltd, *MV. GEMINI FOREST - Loading and Stability Information Booklet*, 1998.
- [5] Imabari Shipbuilding Co., Ltd. Imabari Shipyard, *MV SANTA FRANCISCA - Stability Booklet with Loading Guidance*, 2001.
- [6] Universal Shipbuilding Corporation, Maizuru Dockyard, *MV CENTURY STAR - Trim & Stability Calculation*, 2003.
- [7] Đinh Xuân Mạnh, Nguyễn Mạnh Cường, Phạm Văn Trường, Nguyễn Đại Hải, *Xếp dỡ và bảo quản hàng hoá trên tàu biển*, Trường ĐHHH, 2005.
- [8] International Maritime Organisation, *International Code on Intact Stability 2008*, 2009 Edition.

Ngày nhận bài: 19/03/2019  
 Ngày nhận bản sửa: 08/04/2019  
 Ngày duyệt đăng: 16/04/2019