

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN THỜI TIẾT ĐẾN HỆ SỐ ỔN ĐỊNH CỦA TÀU KHÁCH VỎ THÉP CỖ NHỎ HOẠT ĐỘNG TẠI VÙNG VỊNH HẠ LONG

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON
THE STABILITY COEFFICIENTS OF SMALL STEEL-HULLED PASSENGER
VESSELS OPERATING IN HA LONG BAY

Phạm Thị Thanh Hải*, Nguyễn Mạnh Chiến

Khoa Đóng tàu, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: haipitt.dt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích ảnh hưởng của các yếu tố thời tiết đến tiêu chuẩn ổn định của nhóm tàu khách vỏ thép cỡ nhỏ tại vịnh Hạ Long. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy áp suất gió và sóng đóng vai trò quyết định đến hệ số ổn định của tàu. Đáng chú ý, dù đáp ứng đầy đủ các quy chuẩn kỹ thuật trong điều kiện khai thác thông thường, tàu vẫn tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định nghiêm trọng khi đối mặt với các hiện tượng thời tiết cực đoan như dông, lốc cục bộ. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất hệ thống các giải pháp kỹ thuật và vận hành nhằm nâng cao năng lực chống lật cho đội tàu khách tại khu vực này.

Từ khóa: Tàu khách; Ổn định; Áp suất gió; Hiệu quả tăng ổn định.

ABSTRACT

This paper investigates the influence of environmental conditions on the stability criteria of small steel-hulled passenger ships in Ha Long Bay. The results demonstrate that wind pressure and wave load significantly affect the vessel's safety margins. Although those vessels comply with standard regulatory requirements, they remain vulnerable to capsizing under extreme weather phenomena such as localized squalls and sudden gusts. To prevent these risks, this study proposes a set of technical solutions to enhance the stability and operational safety of this vessel class.

Keywords: Intact stability; Wind pressure; Weather criterion; Small passenger ships; Ha Long Bay.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc đảm bảo ổn định và an toàn cho tàu khách cỡ nhỏ hoạt động trên vịnh Hạ Long không chỉ là việc giữ ổn định cho con tàu mà nó còn là đảm bảo sinh mạng cho nhiều người trên đó, cũng như giữ được hình ảnh an toàn, thân thiện của ngành du lịch biển tại khu di sản thiên nhiên thế giới – Vịnh Hạ Long. Khu vực này chịu ảnh hưởng mạnh của điều kiện khí tượng nhiệt đới gió mùa. Theo QCVN 02:2022/BXD, với tần suất xuất hiện của các hiện tượng cực đoan như tố, lốc và bão, tạo ra tải trọng gió và sóng đáng kể nên việc kiểm soát ổn định tàu khách càng cần quan tâm đặc biệt hơn.

Các nghiên cứu hiện nay cho thấy ảnh hưởng của môi trường đến ổn định tàu có tính phi tuyến và phụ thuộc mạnh áp suất gió. Mặc dù các phương pháp đánh giá hiện đại [1], [2], [6], [7] đã được phát triển các quy định hiện hành của IMO [12] vẫn chủ yếu dựa trên điều kiện môi trường lý tưởng hóa, chưa phản ánh đầy đủ các biến động thời tiết cực đoan trong thực tế khai thác.

Do đó, nghiên cứu đánh giá ổn định tàu dưới tác động của các hiện tượng thời tiết có thể thay đổi bất thường cho khu vực vịnh kín như Hạ Long là cần thiết. Nghiên cứu này tập trung phân tích ảnh hưởng của áp suất gió đến ổn định tàu khách vỏ thép cỡ nhỏ, qua đó đề xuất các giải pháp nâng cao ổn định tàu.

2. PHÂN TÍCH ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU TẠI VÙNG VỊNH HẠ LONG VÀ TÀU KHÁCH

2.1. Tổng hợp, phân tích điều kiện khí hậu tại vùng vịnh Hạ Long

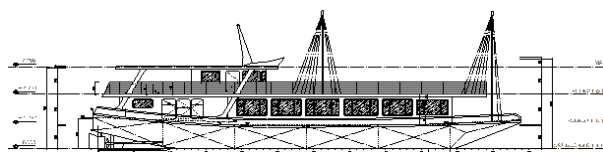
Theo các số liệu khí tượng từ QCVN 02:2022/BXD [15] và số liệu khí tượng gần đây của Tổng cục Khí tượng Thủy văn Việt Nam và Ban Chỉ đạo Quốc gia về Phòng chống thiên tai cho thấy khu vực vịnh Hạ Long chịu ảnh hưởng rõ rệt của khí hậu nhiệt đới gió mùa, với tần suất xuất hiện dông lốc cao. Đồng thời, cường độ và tính bất ổn của thời tiết có xu hướng gia tăng, dẫn đến điều kiện sóng, gió và tải trọng môi trường ngày càng bất lợi. Số liệu được phân tích và tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1. Đặc trưng gió, sóng và tần suất xuất hiện tại khu vực Hạ Long

Hiện tượng	Tần suất (trung bình năm)	Vận tốc gió V (m/s)	Cấp Beaufort	Áp suất gió q (N/m ²)	Sóng biển khơi Hs (m)	Sóng thực tế vịnh (m)H
Dông yếu	20 – 30 trận/năm	10 – 15	5 – 6	60 – 140	2,0 – 4,0	1,0 – 2,0
Dông trung bình	10 – 15 trận/năm	15 – 20	6 – 8	140 – 250	3,0 – 5,5	1,5 – 3,0
Dông mạnh	5 – 10 sự kiện/năm	20 – 25	8 – 9	250 – 380	5,5 – 7,0	2,0 – 3,5
Tố, lốc mạnh	~2 trận/năm	25 – 35	10 – 11	380 – 750	9,0 – 14,0	2,5 – 4,0
Bão	1 – 2 cơn/năm	17 – 30	8 – 11	180 – 550	5,5 – 12,0	2,0 – 4,0

2.2. Các thông số kỹ thuật của tàu

Tàu được lựa chọn để tính toán là tàu khách cỡ nhỏ có sức chở 48 khách hoạt động chở khách du lịch tham quan vịnh Hạ Long. Tàu có vỏ thép, kết cấu hàn, hai boong, đáy đơn, buồng máy đặt ở đuôi. Tàu được Viện Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Hàng hải thiết kế tính nghiệm ổn định thỏa mãn hoạt động vùng VR-SI QCVN 72: 2013, hiện nay đang phục vụ hoạt động chở khách tham quan du lịch tại vịnh Hạ Long. Các thông số chủ yếu của tàu: Chiều dài 29,8m; rộng 27,12m; cao mạn 2,1m; mớn nước 1,4m; khối lượng tàu 167,1 tấn; số khách 48 người; thuyền viên 3 người.



Hình 1. Bố trí chung tàu lựa chọn tính toán

2.3. Kết quả đáng giá ổn định của tàu

Theo kết quả của đơn vị thiết kế, tàu đã đảm bảo yêu cầu ổn định ở cả 7 trạng thái theo các yêu cầu của QCVN72. Trạng thái 7, mới tính ảnh hưởng của gió tĩnh (lấy bằng 0,47 áp suất gió động) và khách dồn mạn nhưng hệ số ổn định cũng còn dư rất ít 2,15/2. Tuy nhiên, các trạng thái đang xét ổn định theo các điều kiện riêng lẻ, điều đó có thể dẫn đến trường hợp tàu mất ổn định do các tác động xảy ra đồng thời. Vì vậy, nhóm tác giả sẽ tiến hành mô phỏng và tính toán hệ số ổn định cho tàu ở tình huống xấu nhất là cộng tác dụng và phân tích sự biến thiên của hệ số ổn định theo sự thay đổi của áp suất gió, còn các thông số khác của ổn định đã thỏa mãn yêu cầu và không thay đổi theo áp suất gió nên kết quả được công nhận theo thiết kế gốc.

Bảng 2. Hệ số ổn định của tàu theo VR-SI, QCVN72:2018

STT	Trạng thái	Khối lượng tàu (MT)	Chiều chìm (m)	GM (m)	Mô men Tm	GZ (m)	Hệ số ổn định
1	100% khách + 100% dự trữ (DT)	167,1	1,37	1,79	5,887	0,894	5,67
2	100% khách + 10% DT	164,67	1,353	1,83	6,26	0,889	5,65
3	0% khách + 10% DT	159,87	1,321	1,89	6,49	0,929	5,758
4	100% khách ở boong cao + 10% DT	164,67	1,356	1,73	7,1	0,768	5,02
5	100% khách ở boong cao, dồn mạn	164,67	1,356	1,73	7,8	-	3,17
6	Tàu quay vòng	164,67	1,356	1,73	6,14	-	12,86
7	Tâm hứng gió cao hơn 2m	164,67	1,356	1,73	15,4	-	2,15

Để giải quyết được nhiệm vụ đặt ra ở trên, nhóm tác giả đã đặt ra các bài toán cần phải giải quyết gồm:

- Mô phỏng hình dáng 3D của thân tàu, tính toán tay đòn ổn định GZ, xây dựng lại đồ thị ổn định tàu ở trạng thái nguy hiểm nhất theo QCVN là tàu chở 100% khách tập trung ở boong cao nhất + 10% dự trữ.

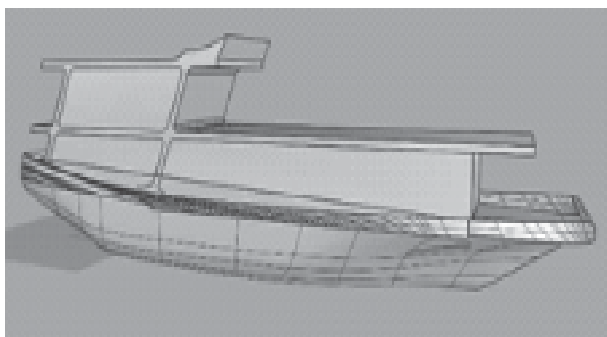
- Đánh giá hệ số ổn định của tàu khi áp suất gió thay đổi theo hai cấp hoạt động VR-SI và VR-SB.

- Tính toán hệ số ổn định cho trạng thái kết hợp (vượt qua yêu cầu của quy phạm): Tàu chở 100% khách trên boong cao nhất + 10% dự trữ, khách dồn mạn và tàu quay vòng khi áp suất gió thay đổi theo hai cấp hoạt động VR-SI và VR-SB.

- Đề xuất giải pháp nâng cao an toàn, ổn định cho tàu.

3. MÔ PHỎNG HÌNH DÁNG THÂN TÀU VÀ TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH

3.1. Mô phỏng hình dáng thân tàu bằng phần mềm Rhinoceros và phần mềm tính ổn định



Hình 2. Mô phỏng hình dáng thân tàu bằng phần mềm Rhinoceros



Hình 3. Công cụ tính toán cánh tay đòn mô men nghiêng cho phép

Các bước tính toán ổn định theo phần mềm Maxsurf Stability:

- Trước tiên, nhóm tác giả kiểm tra ổn định ở trạng thái tải trọng nguy hiểm nhất: Tàu chở 100% khách trên boong cao nhất + 10% dự trữ, theo yêu cầu của quy phạm ở cấp VR-SI và VR-SB tương ứng với áp suất gió theo quy phạm và sau đó tăng áp suất gió lên (8 trường hợp áp suất gió + 2 cấp tàu);

- Tiếp theo là tính toán trạng thái kết hợp (vượt qua yêu cầu của quy phạm) là kết hợp tàu chở 100% khách trên boong cao nhất + 10% dự trữ, khách dồn mạn và tàu quay vòng.

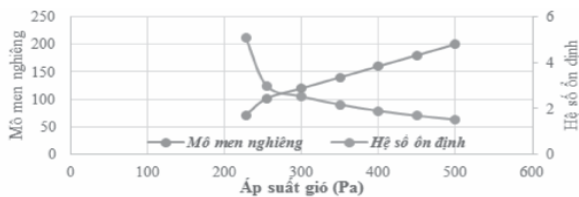
3.2. Kết quả tính toán

Kết quả tính: Đối với trường hợp tải trọng tàu chở 100% khách trên boong cao nhất + 10% dự trữ, cánh tay đòn nghiêng cho phép xác định được là 0,188 (m) ứng với góc vào nước là 33,9 độ, mô men nghiêng giới hạn đã xác định được là 303,6 kN.m. Kết quả so sánh với mô men nghiêng do gió ở các điều kiện áp suất gió được thể hiện ở Bảng 3 và Hình 4. Từ Bảng 3, ta thấy khi áp suất gió động từ 368 Pa thì hệ số K nhỏ hơn 2, tàu không đảm bảo ổn định theo VR-SI. So sánh với kết quả của trung tâm thiết kế, hệ số ổn định K ở áp suất gió 227,63 Pa ở hai cách tính là tương đương nhau.



Bảng 3. Kiểm tra hệ số ổn định thời tiết theo VR-SI khi áp suất gió thay đổi

Áp suất gió động P(Pa)	Mô men nghiêng M_H	Hệ số ổn định K theo VR-SI	Kết luận
227,63	71,3	5,08	Đạt
255,00	101,88	2,98	Đạt
300,00	119,86	2,53	Đạt
350,00	139,84	2,17	Đạt
400,00	159,82	1,90	Không đạt
450,00	179,79	1,69	Không đạt
500,00	199,77	1,52	Không đạt
550,00	219,75	1,38	Không đạt



Hình 4. Hệ số ổn định thời tiết theo VR-SI khi áp suất gió thay đổi

Trong trường hợp tàu kết hợp thêm lượn vòng và khách dồn mạn, lúc này dưới tác dụng của gió động, khách dồn mạn và tàu quay vòng, tàu sẽ bị nghiêng góc φ_1 , ngoài ra tàu bị lắc mạn theo điều kiện thời tiết tương ứng. Mô men nghiêng cho phép đã xác định được trên đồ thị ổn định có giá trị 303,6 kN.m. Kết quả tính toán từ sơ đồ bố trí chung và công thức từ QCVN72:2025 được các mô men gây nghiêng do khách dồn mạn và quay vòng có các giá trị lần lượt là 77,7 kN.m và 61,41 kN.m. Mô men tổng cộng sẽ tính bằng tổng của các mô men do gió cộng mô men nghiêng do khách dồn mạn và mô men nghiêng do quay vòng. Kết quả thể hiện trong bảng 4. Từ kết quả thể hiện trong bảng 4, ta thấy khi kết hợp tác dụng thì tàu không thể đảm bảo yêu cầu về hệ số ổn định theo mô men lớn hơn 2 của cấp VR-SI.

Bảng 4. Kiểm tra ổn định cho trường hợp tải trọng kết hợp theo VR-SI

Áp suất gió động (Pa)	Mô men nghiêng do gió (kNm)	Mô men nghiêng do quay vòng, Khách dồn mạn (kNm)	Mô men tổng (kNm)	Hệ số ổn định	Kết luận
228	59,67	139,11	198,78	1,52	Không đạt
255	101,88	139,11	240,99	1,26	Không đạt
300	119,86	139,11	258,97	1,17	Không đạt
350	139,84	139,11	278,95	1,09	Không đạt
400	159,82	139,11	298,93	1,02	Không đạt
450	179,79	139,11	318,9	0,95	Không đạt
500	199,77	139,11	338,88	0,90	Không đạt

Vì áp suất gió giả thiết lớn vượt cấp VR-SI nên nhóm tác giả tính thêm ổn định theo quy định với cấp tàu VR-SB cùng thông số áp suất gió tăng dần. Khi tính toán với cấp tàu VR-SB với thông số áp suất gió tăng dần, quy phạm yêu cầu kiểm tra theo hệ số ổn định K và giá trị tối thiểu là 1.

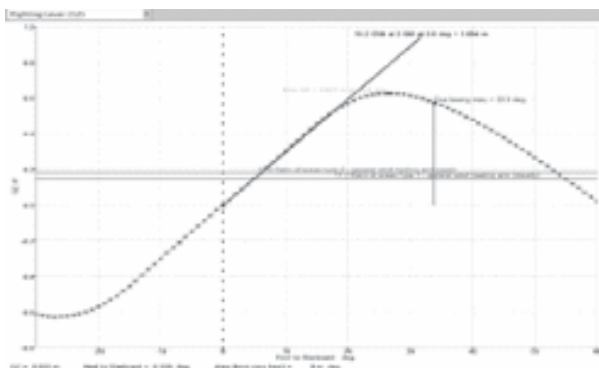
- Trước tiên, nhóm tác giả vẫn tính cho trường hợp khách không dồn mạn và không quay vòng. Trong trường hợp này, tác giả sử

dụng phần mềm Maxsurf Stability để tính toán. Hình 5 thể hiện kết quả tính toán cho cánh tay đòn ổn định và kiểm tra ổn định tại áp suất gió theo quy phạm.

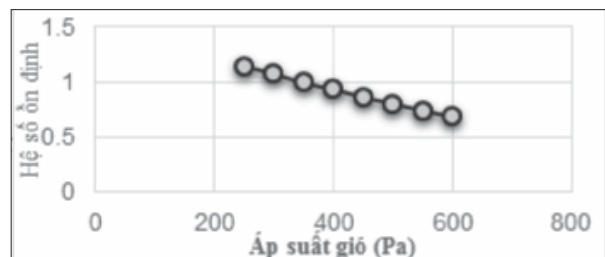
- Từ kết quả thu được, ta thấy tàu đảm bảo hệ số ổn định tới áp suất gió tính 350 Pa tương đương với áp suất gió động khoảng 500 Pa nếu khách không dồn mạn và không quay vòng theo VR-SB.

Bảng 5. Kết quả ảnh hưởng áp suất gió tới hệ số ổn định theo VR-SB

Áp suất gió tính P (Pa)	Mg (kNm)	Tay đòn lw_1 (m)	Góc nghiêng tính (độ)	Tay đòn lw_2 (m)	Hệ số ổn định	Kết luận
252	100,68	0,062	2,11	0,09	1,14	Đạt
300	119,86	0,074	2,50	0,111	1,07	Đạt
350	139,84	0,086	2,83	0,13	1,01	Đạt
400	159,81	0,099	3,33	0,15	0,93	Không đạt
450	179,79	0,1113	3,6	0,17	0,86	Không đạt
500	199,77	0,124	4,17	0,19	0,80	Không đạt
550	219,75	0,136	4,38	0,20	0,74	Không đạt
600	239,72	0,148	4,76	0,22	0,68	Không đạt



Hình 5 Cánh tay đòn ổn định GZ cho trường hợp – áp suất gió 252 Pa



Hình 6. Ảnh hưởng áp suất gió tới hệ số ổn định theo VR-SB

- Tác giả tiếp tục tiến hành tính tổng mô men nghiêng do gió tĩnh M_g , khách dồn mạn M_k và do quay vòng M_{qv} , tương ứng với tay đòn ổn định lw_1 . Tay đòn ổn định lw_2 lúc này gồm tay đòn do mô men do gió giật $= 1,5$ lần tay đòn do gió tĩnh, và tay đòn khi quay vòng cùng với khách dồn mạn. Tác giả tiến hành kiểm tra ổn định tương tự như trên và thu được kết quả như bảng 6.

Tương tự như kết quả tính theo sơ đồ bài toán đánh giá ổn định theo vùng VR-SI, kết quả tính theo sơ đồ VR-SB cũng cho kết quả tàu không đủ ổn định nếu kết hợp tải trọng đồng thời do gió giật, khách dồn mạn và quay vòng.

Bảng 6. Kiểm tra hệ số ổn định ở trạng thái tải trọng kết hợp theo SB

P (Pa)	M_g (kNm)	$M_k + M_{qv}$ (kNm)	lw_1 (m)	lw_2 (m)	ϕ (độ)	K	Kết luận
255	101,88	139,11	0,149	0,181	4,75	0,87	Không đạt
300	119,86	139,11	0,160	0,197	5,1	0,82	Không đạt
350	139,84	139,11	0,173	0,216	5,49	0,74	Không đạt
400	159,82	139,11	0,185	0,234	5,88	0,69	Không đạt
450	179,79	139,11	0,197	0,253	6,26	0,64	Không đạt
500	199,77	139,11	0,210	0,272	6,65	0,59	Không đạt

Như vậy, sau kết quả tính toán ổn định của tàu theo sơ đồ bài toán của VR-SI và VR-SB từ Bảng 3 đến Bảng 6, ta thấy tàu chỉ chạy thẳng, khách không dồn mạn, không quay vòng thì có thể ổn định ở áp suất gió trên 350 Pa. Khi cộng tất cả các tác dụng thì tàu không đảm bảo yêu cầu về giá trị hệ số ổn định. Do đó, cần có giải pháp lắp đặt thêm các thiết bị để tăng ổn định cho tàu và có giải pháp điều động khách trong các tình huống thời tiết xấu hoặc quay vòng.

4. TỔNG HỢP CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ỔN ĐỊNH VÀ AN TOÀN CHO TÀU KHÁCH

Dựa trên việc phân tích các yếu tố rủi ro có thể gây mất ổn định cho tàu, nhóm tác giả đưa ra các nhóm giải pháp như sau:

1) Cải tiến hình dáng tàu:

- Thay đổi tăng tỷ số kích thước B/T làm tăng GM. Do chiều rộng đường nước tăng, làm tăng mô men quán tính diện tích đường nước, dẫn đến tăng bán kính nghiêng ngang BM và từ đó tăng GM. Do $GM = BM - BG$.

- Tăng tỷ số D/T làm tăng ổn định góc lớn. Do D/T lớn dẫn đến chiều cao mạn khô f tăng, từ đó làm tăng góc vào nước, làm tăng diện tích dưới đường cong.

- Syahril, Rahmat Azis Nabawi, và Aulia Zulkarnaen Nasty đã đưa ra nghiên cứu về việc cải tiến thân tàu dạng sườn có thiết kế lõm để nâng cao ổn định của tàu du lịch. Kết quả thu được: Làm tăng giá trị của năm tiêu chí ổn định so với thiết kế thân tàu không lõm.

2) Tối ưu hóa phân bố tải trọng và hệ thống dẫn:

Phân bố các thành phần tải trọng hợp lý để hạ thấp trọng tâm đảm bảo đủ ổn định và không quá thấp để giảm lắc. Có thể bố trí thêm hệ thống dẫn lỏng và dẫn rắn (nếu thiếu ổn định).

3) Lắp đặt thiết bị giảm lắc:

- Lắp đặt vây hông cố định: Đây là giải pháp đơn giản và hiệu quả để giảm góc lắc. Theo Phần 7, QCVN 72:2025, việc lắp đặt vây hông giúp giảm hệ số điều chỉnh góc lắc có thể giảm xuống mức $0,6 \div 0,8$, trực tiếp làm giảm biên độ lắc ngang tính toán.

- Lắp Vây giảm lắc chủ động: Áp dụng theo giải pháp tổng quát của Ren & Skjetne [13]. Hệ thống sử dụng các cánh có thể thay đổi góc tới dựa trên cảm biến, tạo ra lực nâng thủy động đối kháng với sóng. Theo trích dẫn [13], thiết bị này có khả năng triệt tiêu biên độ lắc ngang từ 80% đến hơn 90%.

- Lắp Con quay hồi chuyển chủ động: Nhằm khắc phục nhược điểm của vây (chỉ hoạt động khi tàu chạy), nghiên cứu đề xuất lắp đặt hệ thống con quay theo công nghệ của Rahiman et al. [11]. Hệ thống này tạo ra mô-men hồi phục thông qua bánh đà quay tốc độ cao, đảm bảo ổn định ngay cả khi tàu dừng hoặc neo đậu.

- Lắp đặt bể nước giảm lắc. Có thể sử dụng Bể thụ động: Khi tàu lắc, chất lỏng chuyển động chậm hơn một nhịp so với thân tàu (lệch pha khoảng 90 độ), tạo ra lực đối kháng tự nhiên; Hoặc Bể chủ động: Hệ thống được trang bị thêm máy bơm hoặc hệ thống khí nén để cưỡng bức chất lỏng di chuyển giúp phản ứng chính xác với nhịp sóng thực tế. Tài liệu [13] chỉ ra rằng các hệ thống bể nước có thể giảm biên độ lắc ngang từ 40% đến 60%.

- Iqbal và các cộng sự (2008) đề xuất lắp đặt các túi khí bên trên đường nước, hai bên mạn nhằm cung cấp dự trữ nổi bổ sung khi tàu nghiêng lớn. Các túi khí này giúp tăng cánh tay đòn phục hồi GZ trung bình thêm khoảng 22% mà không làm thay đổi hình dáng vỏ tàu dưới nước hay tăng lực cản. Đây là phương án hiệu quả, chi phí thấp để ngăn ngừa lật tàu do gió giật hoặc dồn khách, đồng thời tăng tính nổi khi tàu bị thủng.

4) Hệ thống dự báo thông tin và hỗ trợ vận hành:

- Dự báo sớm gió giật mạn: Theo [2], J. Jian, J. Chen, and P. J. Webster đã đề xuất ứng dụng mô hình dự báo mây tích và gió giật thời gian thực là hệ thống phản hồi tự động để cung cấp dự báo đối lưu tiết kiệm chi phí thông qua liên lạc email của INMARSAT, nhằm mục đích cảnh báo sớm gió giật và các ứng dụng mô hình quy mô trung bình số phù hợp để tích hợp mô hình dự báo thời tiết thời gian thực để nhận diện các cơn dông lốc tích tụ đột ngột. Hệ thống cảnh báo sớm giúp thuyền trưởng có ít nhất 15-30 phút để chuẩn bị các biện pháp an toàn trước khi dông lốc tiếp cận.

- Kiểm soát sự di chuyển của hành khách: Dựa trên kết quả tính cộng tác dụng đến ổn định tàu, Cơ quan khai thác du lịch và thuyền viên cần có hệ thống chỉ dẫn và nhắc hành khách thực hiện các nội quy trên tàu. Đặc biệt cần kiểm soát khi gặp thời tiết bất thường hoặc tàu chuẩn bị lượn vòng, hành khách phải ngồi đúng vị trí trong khoang thấp, không di chuyển hay tập trung vào một bên mạn.

5. KẾT LUẬN

Dựa trên các kết quả đánh giá ổn định của tàu khách hoạt động trên vịnh Hạ Long, ta có thể đưa ra một số kết luận sau:



- Tàu có thể đủ ổn định tới áp suất gió khoảng 350 Pa khi khách tập trung lên boong cao nhất nhưng không dồn sang một bên mạn và tàu không quay vòng. Khi khách phân bố cả ở tầng boong dưới thì có thể đủ ổn định ở cả áp suất gió lớn hơn.

- Khi khách dồn sang một bên mạn ở boong cao nhất và kết hợp tàu quay vòng thì tàu mất ổn định ngay ở điều kiện áp suất gió tiêu chuẩn. Do đó, cần khuyến cáo thuyền viên phải quản lý sự phân bố khách khi tàu gặp điều kiện thời tiết xấu hoặc khi tàu quay vòng. Trong điều kiện thời tiết xấu, thuyền trưởng phải giảm tốc độ đủ thấp để tàu không bị lật.

- Nhóm tàu khách cỡ nhỏ cần có giải pháp trang bị thêm thiết bị giảm lắc và tăng ổn định cho tàu.

Lời cảm ơn:

“Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT25-26.36”. ❖

Ngày nhận bài: 02/4/2026

Ngày phản biện: 15/4/2026

Tài liệu tham khảo:

- [1]. D. Woo and N.-K. Im, “A methodology for simply evaluating the safety of passenger ship stability using the index for the intact stability appraisal module”. *Sensors*, vol. 22, no. 5, p. 1938, 2022, doi: 10.3390/s22051938.
- [2]. J. Jian, J. Chen, and P. J. Webster, “Enhancement of cruise boat resilience to strong convective gusts with global model cumulus variable prediction”. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 11, no. 8, p. 1588, 2023, doi: 10.3390/jmse11081588.
- [3]. T. Manderbacka et al, “An overview of the current research on stability of ships and ocean vehicles: The STAB2018 perspective”. *Ocean Engineering*, vol. 186, p. 106090, 2019, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.05.072.
- [4]. M. A. S. S. Lavini, G. Bulian, và A. Francescutto, “Study on ship stability under environmental effects”. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 12, no. 1, p. 180, 2024, doi: 10.3390/jmse12010180.
- [5]. S. J. Kim, et al, “Advanced analysis of ship stability in operational conditions”. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 13, no. 10, p. 1950, 2024, doi: 10.3390/jmse13101950.
- [6]. K. Shahriar Iqbal, G. Bulian, K. Hasegawa, et al, “Second generation intact stability criteria (SGISC) and application to ship safety”. *International Journal of Maritime Technology*, vol. 7, p. 39, 2017, doi: 10.18869/acadpub.ijmt.7.39.
- [7]. K. S. Iqbal, G. Bulian, K. Hasegawa, M. M. Karim, và Z. I. Awal, “Fundamental studies on ship stability and safety criteria”. *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 13, pp. 282–290, 2008, doi: 10.1007/s00773-008-0016-3.
- [8]. M. R. Islam, et al., “Advanced ship stabilization technologies and applications”. *Journal of Marine Science and Technology*, 2023, doi: 10.1007/s40722-023-00291-0.
- [9]. C. Guedes Soares, et al, “Risk and safety analysis in maritime engineering”. *Procedia Engineering*, vol. 116, pp. 248-255, 2015, doi: 10.1016/j.proeps.2015.07.086.
- [10]. Syahril, Rahmat Azis Nabawi, và Aulia Zulkarnaen Nasty, “Engineering research on energy and logistics systems”. *Journal of Engineering Research on Energy and Logistics Systems (JEREL)*, vol. 2, no. 2, p. 96, 2023, doi: 10.58712/jerel.v2i2.96.
- [11]. W. Rahiman, M. H. M. Ghazali, and I. A.-T. Mahmood, “Revolutionizing marine stability: A review of cutting-edge gyro stabilizer designs and techniques for vessels”. *IEEE Access*, vol. 13, pp. 89542–89560, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3571710.
- [12]. International Maritime Organization (IMO), *International Code on Intact Stability, 2008 (IS Code 2008)*, 2018 Edition, London: IMO Publishing, 2018.
- [13]. Z. Ren and R. Skjetne, “A review of ship roll stabilization systems”. *TransNav, Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Transp.*, vol. 9, no. 3, pp. 401–406, Sep. 2015. doi: 10.12716/1001.09.03.14.
- [14]. Bộ Xây dựng, QCVN 72:2025/BXD – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép, Hà Nội, Việt Nam, 2025.
- [15]. Bộ Xây dựng, QCVN 02:2022/BXD – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng, Hà Nội, Việt Nam, 2022.
- [16]. N. V. Võ, “Giáo trình Lý thuyết tàu”. NXB. Hàng hải, Hải Phòng, Việt Nam, 2016.