

## Nghiên cứu ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng đến tính năng điều động của tàu du lịch trên sông Hàn

Nguyễn Văn Minh, Nguyễn Văn Triều, Trần Bá Sỹ, Nguyễn Đức Trọng, Trịnh Phan Quyền, Nguyễn Đắc Hoàng Long  
Trường Đại Học Bách Khoa, Đại Học Đà Nẵng  
Email: nvminh@dut.udn.vn

**Tóm tắt:** Khi tàu xảy ra chạm, nước biển bên ngoài có thể tràn vào các khoang bị hư hỏng. Nước ngập khoang có ảnh hưởng đến khả năng điều động của tàu, và gây nguy hiểm cho con người và tài sản, đặc biệt tàu có thể bị chìm do nước ngập khoang. Bởi vậy nghiên cứu về ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng đến tính năng điều động của tàu là thực sự rất cần thiết. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng đến tính năng điều động của tàu du lịch trên sông Hàn bằng thử nghiệm mô hình chạy tự do (FRMT, Free Running Model Test). Mô hình thử nghiệm được tiến hành ở hồ của trường Đại học Bách khoa cho thử nghiệm quay vòng ở các vận tốc và mức nước ngập khoang khác nhau. Kết quả thử nghiệm cho thấy tính năng điều động bị giảm rõ rệt khi vận tốc tàu và mức nước ngập khoang tăng lên.

**Từ khóa:** Ảnh hưởng mặt thoáng chất lỏng, tính năng điều động, thử nghiệm quay vòng.

### Experiment study on the effects of damaged compartment on turning maneuvers of the cruise on the Han river

**Abstract:** When a ship collision occurs, outside seawater can overflow into the damaged compartments. A damaged compartment affects the maneuverability of the ship, and endangers people and property, especially the ship can sink due to flooding of the compartment. Therefore, it is necessary to study the effect of damaged compartments on the ship's maneuverability. This paper studies the effect of damaged compartments on the maneuverability of cruise on the Han River by the FRMT (Free Running Model Test). The test model is conducted in the lake of the Danang University Science and Technology for turning circle test at different ship's speed and water levels in the damaged compartment. The test results showed that the maneuverability was significantly reduced when the ship's speed and the water level in the compartment increased.

**Keywords:** Liquid surface effect, manoeuvrability, turning circle test.

#### 1. Giới thiệu

Khi tàu xảy ra chạm, nước biển bên ngoài có thể tràn vào các khoang bị hư hỏng. Nước ngập khoang có ảnh hưởng đến khả năng điều động của tàu, và gây nguy hiểm cho con người và tài sản, đặc biệt tàu có thể bị chìm do nước ngập khoang. Có rất nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của nước ngập khoang đến các tính năng của tàu. Gao và cộng sự (2004) đã mô phỏng tàu bị nước ngập khoang bằng phương pháp số. Nhóm tác giả đã kết luận rằng khối lượng nước ngập khoang có ảnh hưởng rõ rệt đến chuyển động của tàu. Dankowshi (2013) đã đề xuất phương pháp số để dự đoán hiện tượng nước ngập khoang và ứng dụng trong việc tính toán ổn định tai nạn của tàu ở giai đoạn thiết kế mới. Kim và cộng sự (2019)

đã mô phỏng vụ chìm phà Sewol để xác định nguyên nhân gây ra chìm tàu. Nhóm tác giả đã chỉ ra rằng nguyên nhân dẫn đến phà Sewol là do mất ổn định bởi vì tàu chở quá tải và lượng nước dẫn không đủ đã dẫn đến gia tăng cao độ trọng tâm của tàu. Đinh (2019) đã nghiên cứu về ảnh hưởng của mặt thoáng tự do chất lỏng trong các kết cấu không đầy đến ổn định của tàu. Tác giả đã đề xuất khi tính toán, kiểm tra ổn định trong việc lập sơ đồ xếp hàng, sự suy giảm tính ổn định do ảnh hưởng của các khoang kết cấu chất lỏng không đầy phải được cân nhắc. Yuura và cộng sự (2020) đã nghiên cứu về tính năng điều động của tàu du lịch sau khi va chạm để tàu có thể trở lại cảng an toàn. Thử nghiệm mô hình chạy tự do đã được tiến hành ở tỉ lệ mô hình của tàu du lịch với khoang bị hư hỏng, để khảo sát ảnh hưởng của nước ngập khoang đến tính năng điều động của tàu ở trên nước tĩnh và trên sóng. Boating Accidents (2021) đã báo cáo về 448 vụ tai nạn tàu du lịch lớn đã xảy ra kể từ năm 2005, làm cho hơn 1600 người chết, đa số các vụ tai nạn này đều là do chở quá tải và va chạm vào các vật thể khiến cho con tàu bị thủng và gây ra chìm tàu. Nghiên cứu về ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng đến tính năng điều động của tàu là thực sự rất cần thiết để tàu có thể trở lại cảng an toàn. Ở nghiên cứu này, nhóm tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng đến tính năng điều động của tàu du lịch trên sông Hàn bằng thử nghiệm mô hình chạy tự do (FRMT, Free Running Model Test). Mô hình thử nghiệm được tiến hành ở hồ của trường Đại học Bách khoa cho thử nghiệm quay vòng ở các vận tốc và mức nước ngập khoang khác nhau.

## 2. Thử nghiệm mô hình chạy tự do (FRMT)

### 2.1. Điều kiện thử nghiệm

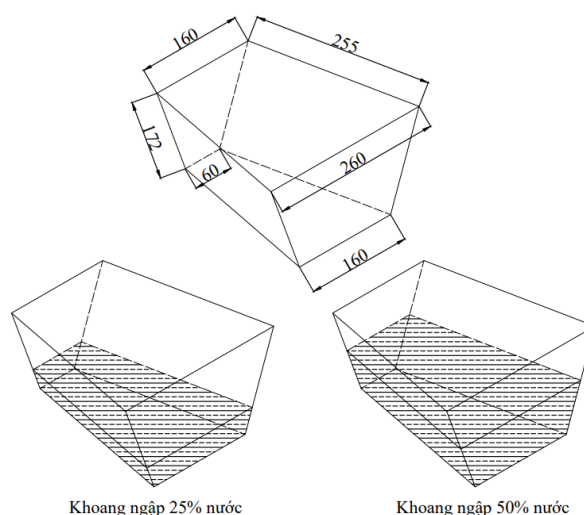
Tàu du lịch sông Hàn được thiết kế bởi công ty cổ phần Kỹ thuật và phát triển công nghệ Hàng hải Việt Nam (VITECHCO) được lựa chọn cho thí nghiệm của nghiên cứu này. Tàu mô hình được sử dụng trong thí nghiệm này có tỷ lệ 1/13,95 so với kích thước tàu thật. Kích thước chủ yếu của tàu mô hình và tàu thật được thể hiện ở Bảng 1. Thử nghiệm mô hình được tiến hành ở điều kiện của tàu mô hình và tốc độ của tàu mô hình lần lượt là 1,10 m/s, 1,38 m/s, 1,65 m/s (tương đương với vận tốc tàu thật lần lượt là 8, 10, 12 hải lý/giờ). Thử nghiệm được thực hiện ở 3 trạng thái: không ngập nước, 25% khoang ngập, 50% khoang ngập để khảo sát ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng đến tính năng điều động của tàu du lịch trên sông Hàn. Kích thước chủ yếu của khoang ở tỉ lệ mô hình được thể hiện ở Bảng 2. Hình 1 mô tả hình dáng 3D của khoang bị hư hỏng ở các trường hợp thử nghiệm mô hình chạy tự do.

**Bảng 1.** Kích thước chủ yếu của tàu thật và tàu mô hình

Thông số	Ký hiệu	Tàu thật	Tàu mô hình	Đơn vị
Chiều dài lớn nhất	$L_{max}$	29,8	2,14	m
Chiều dài thiết kế	$L_{tk}$	27,9	2,00	m
Chiều rộng lớn nhất	$B_{max}$	6,00	0,43	m
Chiều rộng thiết kế	$B_{tk}$	5,74	0,41	m
Chiều cao mạn	H	1,90	0,14	m
Chiều chìm	T	1,00	0,07	m
Hệ số béo thể tích	$C_B$	0,64	0,64	-

**Bảng 2.** Kích thước chủ yếu của khoang ở tàu mô hình

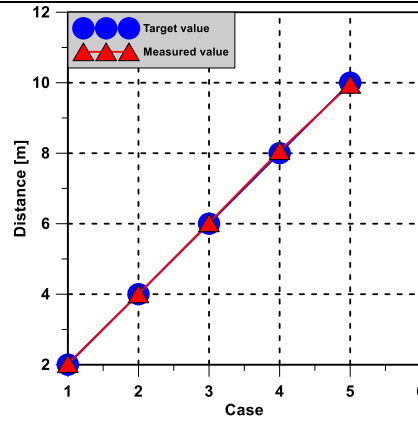
Thông số	Giá trị	Đơn vị
Chiều cao khoang	140	mm
Chiều dài khoang	250	mm
Vị trí khoang	Sườn 45 - 51	

**Hình 1.** Kích thước khoang hông và các trường hợp thử nghiệm mô hình

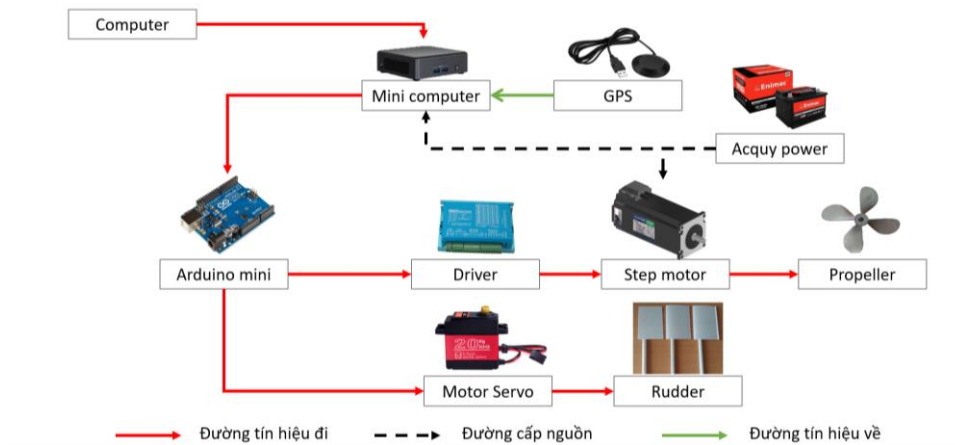
Thử nghiệm mô hình chạy tự do được tiến hành cho thử nghiệm quay vòng (turning circle test) để đánh giá tính quay trở của tàu khi ảnh hưởng bởi khoang bị hư hỏng. Tham số đặc trưng thị tính quay được xác định dựa vào đường kính chiến thuật (Tactical diameter) và cự ly dịch chuyển tới (Advance). Đường kính chiến thuật là khoảng cách dịch chuyển ngang của trọng tâm tàu ở hai hướng đi ngược chiều, tính trên đường vuông góc với đường kéo dài hướng đi ban đầu đến đường kéo dài của hướng đi khi tàu quay được  $180^\circ$ . Cự ly dịch chuyển tới là khoảng cách trên hướng đi ban đầu tính từ trọng tâm tàu vào thời điểm bề lái đến hướng đi mới khi tàu quay được  $90^\circ$ .

## 2.2. Thiết lập thử nghiệm mô hình chạy tự do

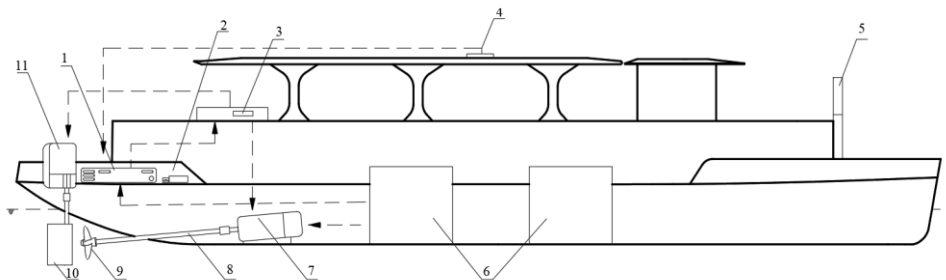
Mô-đun GPS-BS 708 là mô-đun định vị toàn cầu sử dụng hệ thống vệ tinh GPS của Mỹ được sử dụng để ghi lại quỹ đạo của tàu trong quá trình thử nghiệm. Thiết bị GPS này cho khả năng định vị nhanh và chính xác và phù hợp với các ứng dụng chạy bằng pin. Module định vị GPS sử dụng bo mạch điều khiển kết nối của Ublox, đơn vị có nhiều năm kinh nghiệm trong lĩnh vực sản xuất module định vị toàn cầu. Thiết bị GPS được kiểm tra độ chính xác, trước khi tiến hành thử nghiệm mô hình chạy tự do. Thiết bị GPS được sử dụng để ghi dữ liệu tại hai điểm ở một khoảng cách nhất định trong năm trường hợp khác nhau, bao gồm 2m, 4m, 6m, 8m và 10m. Sau đó, giá trị đo được của thiết bị GPS được so sánh với giá trị thực giữa hai điểm đo, kết quả cho thấy thiết bị GPS có độ sai lệch nhỏ hơn 1,34% như Hình 2. Hình 3 & 4 mô tả sơ đồ khối tín hiệu điều khiển tàu mô hình và bố trí thiết bị trên tàu mô hình khi thử nghiệm.



Hình 2. Kiểm tra thiết bị GPS



Hình 3. Sơ đồ khối tín hiệu điều khiển tàu mô hình

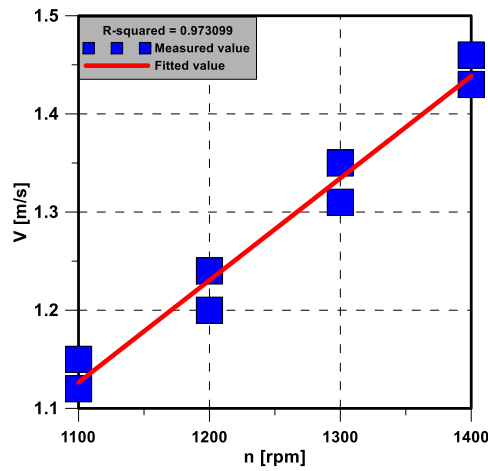


Hình 4. Bố trí thiết bị trên tàu mô hình

1. Máy tính; 2. Mạch Arduino UNO; 3. Driver HBS57;
4. GPS receiver; 5. Thiết bị đo vận tốc; 6. Bình ắc quy;
7. Động cơ bước; 8. Trục chân vịt; 9. Chân vịt; 10. Bánh lái; 11. Servo.



Hình 5. Tàu mô hình thực tế



Hình 6. Đồ thị biến thiên vận tốc theo số vòng quay chân vịt

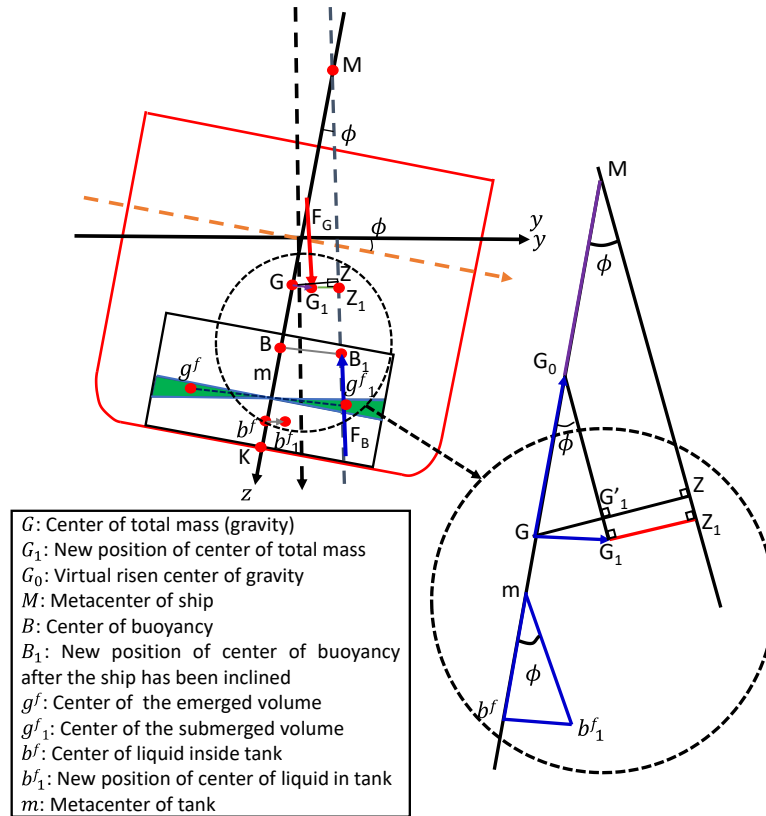
Hình 5 mô tả hình dáng thực tế của tàu mô hình thử nghiệm. Trước khi tiến hành thử nghiệm mô hình chạy tự do, vận tốc thử nghiệm của mô hình được xác định dựa trên mối quan hệ giữa tốc độ vòng quay của chân vịt và vận tốc của tàu mô hình được thể hiện ở Hình 6. Từ kết quả này, tốc độ vòng quay chân vịt được thiết lập để đạt tốc độ của tàu mô hình lần lượt là 1,10; 1,38; 1,65 m/s (tương đương với vận tốc tàu thật lần lượt là 8, 10, 12 hải lý/giờ) được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Số vòng quay thiết lập được cho thử nghiệm mô hình

$V_m$ (m/s)	$n$ (rpm)
1,10	1118
1,38	1394
1,65	1669

Đinh (2019) đã nghiên cứu về ảnh hưởng của mặt thoáng tự do chất lỏng trong các kết cấu chưa không đầy đến ổn định của tàu và đã đề xuất khi tính toán, kiểm tra ổn định trong việc lập sơ đồ xếp hàng, sự suy giảm tính ổn định do ảnh hưởng của các khoang kết cấu chất lỏng không đầy. Sự xuất hiện mặt thoáng luôn luôn làm giảm chiều cao tâm nghiêng ban đầu và sự giảm này chỉ phụ thuộc vào hình dáng và độ lớn của mặt thoáng (Nguyễn, 2004). Khi tàu nghiêng, trọng tâm chất lỏng dịch chuyển sang mạn nghiêng, và độ dịch chuyển này phụ thuộc vào hình dáng bề chứa và khối lượng chất lỏng trong bề chứa. Mômen

ngiêng tàu làm trọng tâm chất lỏng dịch chuyển song song với trọng tâm tàu dịch chuyển, trị số dịch chuyển tỉ lệ thuận với mômen nghiêng, tỉ lệ nghịch với trọng lượng của tàu. Để nghiên cứu sự thay đổi của chiều cao tâm nghiêng ban đầu ở ba trạng thái: không ngập nước, 25% khoang ngập, 50% khoang ngập, thử nghiệm roll decay được tiến hành. Ở thử nghiệm này, tàu được giữ nghiêng tới một góc  $\phi$  và sau đó được thả ra. Tàu sẽ bắt đầu xuất hiện dao động lắc ngang với biên độ giảm dần, thử nghiệm được tiến hành và lặp lại ba lần để xác định chu kỳ lắc ngang tự nhiên (natural period) ở ba trạng thái. Sau đó giá trị chiều cao tâm nghiêng ban đầu GM sẽ được xác định dựa trên kết quả đo của chu kỳ lắc ngang tự nhiên. Kết quả chu kỳ lắc ngang tự nhiên và chiều cao tâm nghiêng ban đầu GM ở ba trạng thái được thể hiện ở Bảng 4. Kết quả cho thấy chiều cao tâm nghiêng ban đầu GM của tàu sẽ giảm dần khi mức nước ngập khoang tăng thêm.



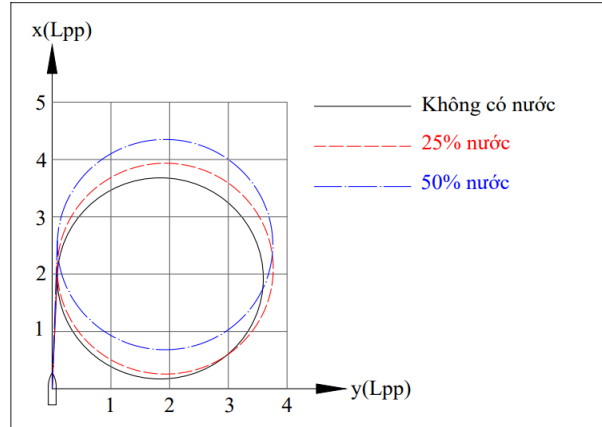
Hình 7. Ảnh hưởng hàng lỏng đến chiều cao tâm nghiêng ban đầu

Bảng 4. Kết quả của thử nghiệm roll decay test

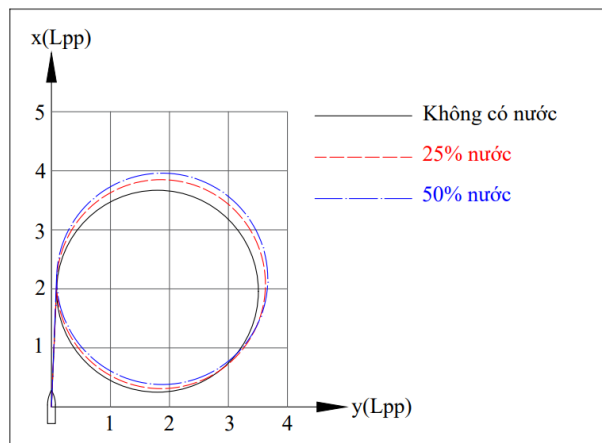
Trường hợp	GM [m]	Chu kỳ lắc ngang tự nhiên [s]
Không có nước	3,40	2,79
25% filling	3,18	2,83
50% filling	2,97	2,87

### 3. Kết quả và bàn luận

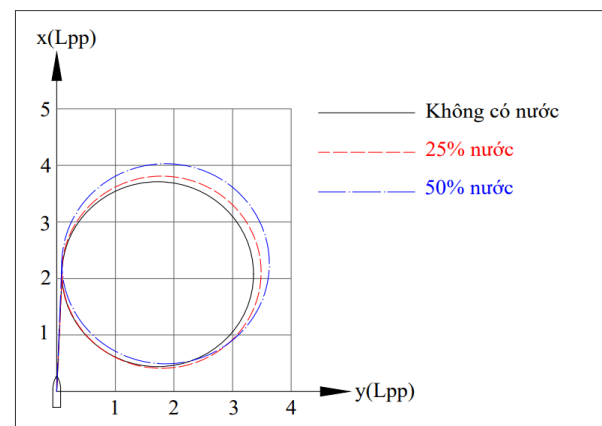
Để nghiên cứu ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng đến tính năng điều động của tàu du lịch trên sông Hàn, thử nghiệm mô hình chạy tự do đã được tiến hành ở thử nghiệm quay vòng với góc bán lái tối đa là  $\pm 35^\circ$ , vận tốc của tàu mô hình lần lượt là 1,10 m/s; 1,38 m/s; 1,65 m/s (tương đương với vận tốc tàu thật lần lượt là 8, 10, 12 hải lý/giờ) ở 3 trạng thái: không ngập nước, 25% khoang ngập, 50% khoang ngập. Hình 8 mô tả quỹ đạo chuyển động của tàu ở thử nghiệm quay vòng tại vận tốc của tàu mô hình là 1,10 m/s (tương đương với vận tốc tàu thật lần lượt là 8 hải lý/giờ). Kết quả cho thấy ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng là rõ rệt, và khi tàu ở trạng thái 50% khoang ngập thì tính năng điều động là xấu nhất bởi vì đường kính chiến thuật và cự ly dịch chuyển tới tăng lên rõ rệt, làm giảm tính quay trở của tàu. Đường kính chiến thuật và cự ly dịch chuyển ở trạng thái 50% khoang ngập tăng lần lượt là 4,56% và 18,21% so với giá trị ở trạng thái không có nước ngập khoang. Nguyên nhân là do nước không được chứa đầy khoang, khi tàu di chuyển ở thử nghiệm quay vòng thì mặt chất lỏng trong khoang sẽ song song với mặt nước ngoài mạn. Bề mặt chất lỏng trong khoang được gọi là mặt thoáng của chất lỏng và làm giảm tính ổn định của tàu (do giảm chiều cao tâm nghiêng ban đầu). Đồng thời trọng tâm của nước ngập khoang dịch chuyển sang mạn bị nghiêng, độ dịch chuyển này là lớn nhất ở trạng thái nước ngập khoảng 50% (do khối lượng nước trong khoang là lớn nhất). Do ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng, nên trường hợp nước ngập khoảng 50% sẽ gây ra chiều cao tâm nghiêng ban đầu GM giảm lớn nhất, gây ra giảm tính ổn định và giảm mômen hồi phục của tàu. Khi con tàu nghiêng ra ngoài do tác động của lực ly tâm trong quá trình quay vòng, tàu nghiêng về bên trái khi rẽ sang mạn phải và nghiêng sang bên phải khi rẽ vào mạn trái. Tuy nhiên, con tàu vẫn nghiêng về mạn phải ngay cả khi quay sang mạn phải trong tình trạng khoang bị hư hỏng, do đó cao độ của điểm tác dụng của lực đặt ngang có sự khác nhau giữa tình trạng nguyên vẹn và hư hỏng. Những kết quả này chỉ ra rõ ràng rằng chiều cao tâm nghiêng ban đầu GM do khoang hư hỏng có ảnh hưởng đáng kể đến tính năng điều động khi quay vòng và vòng xoay mở rộng khi quay sang phía bị hư hỏng, so với tình trạng nguyên vẹn. Tương tự như vậy, Hình 9 mô tả quỹ đạo chuyển động của tàu ở thử nghiệm quay vòng tại vận tốc của tàu mô hình là 1,38 m/s (tương đương với vận tốc tàu thật lần lượt là 10 hải lý/giờ). Kết quả cho thấy ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng là rõ rệt, và khi tàu ở trạng thái 50% khoang ngập thì tính năng điều động là xấu nhất bởi vì đường kính chiến thuật và cự ly dịch chuyển tới tăng lên rõ rệt, làm giảm tính quay trở của tàu. Đường kính chiến thuật và cự ly dịch chuyển ở trạng thái 50% khoang ngập tăng lần lượt là 4,68% và 7,90% so với giá trị ở trạng thái không có nước ngập khoang. Hình 10 mô tả quỹ đạo chuyển động của tàu ở thử nghiệm quay vòng tại vận tốc của tàu mô hình là 1,65 m/s (tương đương với vận tốc tàu thật lần lượt là 12 hải lý/giờ). Kết quả cho thấy ảnh hưởng của khoang bị hư hỏng là rõ rệt, và khi tàu ở trạng thái 50% khoang ngập thì tính năng điều động là xấu nhất bởi vì đường kính chiến thuật và cự ly dịch chuyển tới tăng lên rõ rệt, làm giảm tính quay trở của tàu. Đường kính chiến thuật và cự ly dịch chuyển ở trạng thái 50% khoang ngập tăng lần lượt là 8,26% và 8,63% so với giá trị ở trạng thái không có nước ngập khoang. Giá trị đường kính chiến thuật và cự ly dịch chuyển ở ba trạng thái và vận tốc khác nhau được thể hiện ở Bảng 5~7. Kết quả thử nghiệm mô hình các vận tốc và trạng thái khác nhau cho thấy cự ly dịch chuyển và đường kính chiến thuật của tàu tăng dần lên khi khoang chưa ngập nước đến khi khoang ngập 25% và 50%. Hơn nữa, ảnh hưởng của hàng lỏng không chỉ ảnh hưởng đến tính ổn định của tàu, mà còn ảnh hưởng rõ rệt đến tính năng điều động của tàu. Khi chiều cao nước ngập trong khoang tăng lên và tàu di chuyển với tốc độ nhanh sẽ làm giảm tính năng điều động của tàu. Hình 11 mô tả sự so sánh về tỉ lệ sai lệch của các trường hợp khoang bị hư hỏng với trạng thái ban đầu.



**Hình 8.** Quỹ đạo chuyển động của tàu mô hình tại  $V_m=1,1\text{m/s}$

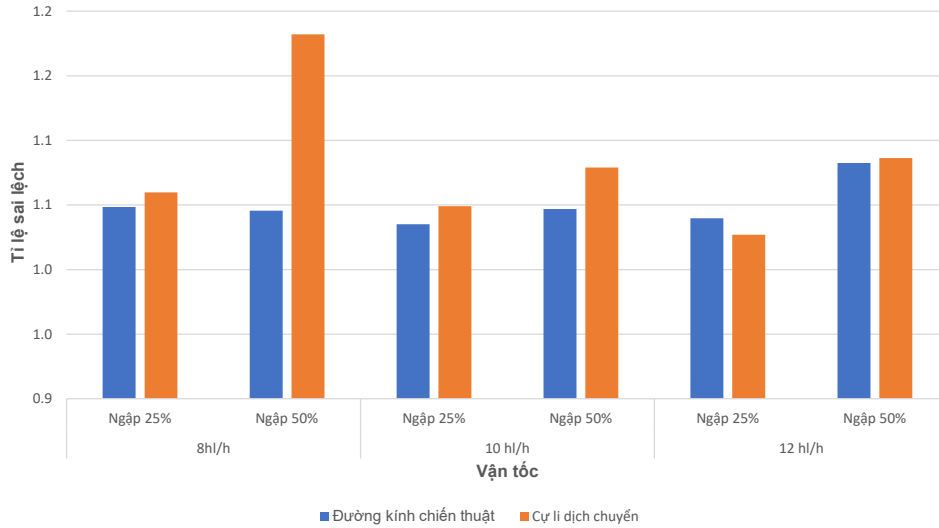


**Hình 9.** Quỹ đạo chuyển động của tàu mô hình tại  $V_m=1,38\text{m/s}$



**Hình 10.** Quỹ đạo chuyển động của tàu mô hình tại  $V_m=1,65\text{m/s}$





**Hình 11.** Tỉ lệ sai lệch khi khoang hư hỏng với trạng thái ban đầu

**Bảng 5.** Tham số điều động ở thử nghiệm quay vòng tại vận tốc 1,10 m/s

Trường hợp	Đường kính chiến thuật (Lpp)	Cự li dịch chuyển (Lpp)
Khoang không có nước	3,51	3,68
Khoang ngập 25%	3,68	3,90
Khoang ngập 50%	3,67	4,35

**Bảng 6.** Tham số điều động ở thử nghiệm quay vòng tại vận tốc 1,38 m/s

Trường hợp	Đường kính chiến thuật (Lpp)	Cự li dịch chuyển (Lpp)
Khoang không có nước	3,42	3,67
Khoang ngập 25%	3,54	3,85
Khoang ngập 50%	3,58	3,96

**Bảng 7.** Tham số điều động ở thử nghiệm quay vòng tại vận tốc 1,65 m/s

Trường hợp	Đường kính chiến thuật (Lpp)	Cự li dịch chuyển (Lpp)
Khoang không có nước	3,27	3,71
Khoang ngập 25%	3,40	3,81
Khoang ngập 50%	3,54	4,03

#### 4. Kết luận

Thử nghiệm mô hình chạy tự do đã được tiến hành ở hồ của trường Đại học Bách khoa cho thử nghiệm quay vòng ở các vận tốc và mức nước ngập khoang khác nhau. Kết quả thử nghiệm cho thấy khoang bị hư hỏng không chỉ ảnh hưởng đến tính ổn định của tàu, mà còn ảnh hưởng rõ rệt đến tính năng điều động của tàu du lịch trên sông Hàn. Tính năng điều động bị giảm rõ rệt khi vận tốc tàu và mức nước ngập khoang tăng lên. Khi tàu ở trạng thái 50% khoang ngập thì tính năng điều động là xấu nhất bởi vì đường kính chiến thuật và cự li dịch chuyển tới tăng lên rõ rệt, làm giảm tính quay trở của tàu. Khi chiều cao nước ngập trong khoang tăng lên và tàu di chuyển với tốc độ nhanh sẽ làm giảm tính năng điều động của tàu. Do đó, trong trường hợp khoang bị hư hỏng, tàu muốn di chuyển để trở lại cảng an toàn có thể dựa vào các giải pháp như bổ sung các vách dọc kín nước (để giảm ảnh hưởng mặt thoáng), ngăn chặn nước bên ngoài xâm nhập vào trong khoang hoặc liên hệ với cơ quan chức năng để được hỗ trợ và định tuyến tới cảng an toàn.

#### Lời cảm ơn

Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa – ĐHQĐN thuộc đề tài có mã số B2022-DN02-13.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Boating Accidents. (2021): “Are cruise ships safe? Assessing accident & Disease risk”
- [2] Gao, Q. , Kara, F., Shigunov, V., Vassalos, D. (2004): “Numerical simulation of damage ship flooding”, Proceedings of 7th Numerical Towing Tank Symp., pp. 1-6.
- [3] Kim, Y.H., Seo, M.G., Lee, J.H. (2019): “Numerical simulation of Sewol ferry capsized”, Journal of Engineering for the Maritime Environment”, pp. 186-208.
- [4] Yuura, T., Hashimoto, H., Matsuda, A. (2020): “Manoeuvrability of a Large Cruise Ship after Damage for Safe Return to Port”, Journal of Marine Science and Engineering, pp. 1-21.
- [5] Đinh Xuân Mạnh (2019): “Ảnh hưởng của mặt thoáng tự do chất lỏng trong các khoang chứa không đầy đến ổn định tàu”, Tạp Chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Trang 1-5.
- [6] Dankowshi, H. (2013): “A fast and explicit method for simulating flooding and sinkage scenarios of ships”, PhD thesis, Hamburg University of Technology.
- [7] Nguyễn Đức Ân, Nguyễn Bản, 2004: “Lý thuyết tàu thủy tập 1”, Nhà xuất bản giao thông vận tải.