

ỨNG DỤNG VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG BAY HƠI NƯỚC LA CANH BUỒNG MÁY TÀU THỦY

APPLICATION AND IMPLEMENTATION OF A BILGE WATER EVAPORATION SYSTEM FOR SHIP ENGINE ROOMS

NGÔ VĂN LỢI^{1*}, PHẠM CHÍ THANH¹, NGUYỄN MẠNH TUỜNG¹,
PHẠM QUỐC LẬP¹, CAO VĂN BÌNH²

¹Sinh viên Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: loi96185@st.vimaru.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.1084>

Tóm tắt

Nước la canh buồng máy tàu thủy là hỗn hợp gồm nước, dầu và các tạp chất, gây khó khăn cho quá trình xử lý trước khi xả ra môi trường. Theo Công ước MARPOL, nước la canh phải được xử lý bằng hệ thống tách dầu (Oily Water Separator - OWS) để đảm bảo hàm lượng dầu không vượt quá 15 ppm [1]. Tuy nhiên, trong thực tế khai thác, sự hiện diện của dầu nhũ tương và hóa chất tẩy rửa thường làm giảm hiệu quả của hệ thống OWS, dẫn đến tình trạng tích tụ nước la canh trong buồng máy [2].

Bài báo này đề xuất giải pháp bay hơi cưỡng bức nhằm giảm thể tích nước la canh cần xử lý trên tàu. Mô hình kết bay hơi dạng hình hộp chữ nhật, sử dụng cuộn sấy hơi nước bão hòa kết hợp với thông gió cưỡng bức, được thiết kế cho điều kiện tàu thực tế. Kết quả cho thấy với thể tích kết khoảng 1,05 m³ và hơi bão hòa áp suất 0.5 MPa, hệ thống có thể đạt sản lượng bay hơi khoảng 480 kg/ngày. Việc sử dụng quạt hút lưu lượng khoảng 2700 m³/h giúp tăng cường trao đổi nhiệt và khối, hạn chế ngưng tụ và nâng cao hiệu quả bay hơi.

Nghiên cứu cũng đề xuất quy trình triển khai, vận hành và ghi chép nhật ký dầu phù hợp với MARPOL, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và xử lý nước la canh trên tàu biển.

Từ khóa: Nước la canh, hệ thống bay hơi, buồng máy tàu thủy, phòng ngừa ô nhiễm dầu.

Abstract

Bilge water in ship engine rooms is a complex mixture of water, oil, and contaminants, posing challenges for treatment prior to discharge. According to the MARPOL Convention, bilge water must be processed through an Oily Water

Separator (OWS) to ensure that oil content does not exceed 15 ppm [1]. However, in practice, the presence of emulsified oil and cleaning chemicals often reduces OWS performance, leading to bilge water accumulation [2].

This study proposes a forced evaporation method to reduce the volume of bilge water requiring onboard treatment. A rectangular evaporation tank using saturated steam heating coils combined with forced ventilation is designed for practical ship conditions. Results show that, with a tank volume of approximately 1,05 m³ and saturated steam at 0.5 MPa, the system can achieve an evaporation capacity of about 480 kg/day. The use of a ventilation fan with a flow rate of approximately 2700 m³/h enhances heat and mass transfer, reduces condensation, and improves evaporation efficiency.

The study also proposes procedures for system implementation, operation, and Oil Record Book entries in compliance with MARPOL. The findings provide a practical and technical basis for applying bilge water evaporation as a supplementary solution to improve onboard bilge water management.

Keywords: Bilge water, evaporation system, ship engine room, oil pollution prevention.

1. Mở đầu

Nước la canh buồng máy là một trong những nguồn ô nhiễm dầu phổ biến trên tàu biển. Nước la canh được hình thành từ nhiều nguồn khác nhau trong quá trình vận hành như rò rỉ dầu bôi trơn, nhiên liệu, nước làm mát, nước ngưng tụ, nước thải từ quá trình vệ sinh thiết bị và các hóa chất tẩy rửa. Theo Công ước quốc tế về ngăn ngừa ô nhiễm do tàu gây ra (MARPOL Annex I), nước la canh chỉ được phép xả

ra biển khi hàm lượng dầu nhỏ hơn 15ppm [1] và phải được xử lý thông qua hệ thống tách dầu (Oily Water Separator - OWS) [3]. Ngoài ra, có một số phương án khác để loại bỏ lượng nước la canh phát sinh trong quá trình hoạt động của tàu, một là bơm chuyển lên phương tiện tiếp nhận từ bờ [1], hai là chuyển sang hệ thống dầu cặn (Sludge) để xử lý dưới dạng Sludge [4]. Cả hai phương án này đều có những khó khăn nhất định mà trong thực tế khai thác, các chủ tàu và thuyền viên hiếm khi thực hiện, ví dụ do giá thành thu nhận cao, hoặc không có phương tiện thu nhận, hoặc do dung tích kết dầu cặn hạn chế và khả năng xử lý chậm.

Phương án phổ biến nhất là sử dụng thiết bị phân ly dầu nước, tuy nhiên, rất nhiều trường hợp hệ thống không thể hoạt động hiệu quả, hoặc không thể hoạt động được do sự hiện diện của dầu dù là rất nhỏ, nghiêm trọng hơn là dầu dưới dạng nhũ tương trong nước, hoặc nước la canh bị vẩn đục và chuyển màu, hoặc chứa các hóa chất tẩy rửa. Bản chất của các hệ thống phân ly dầu nước bao gồm một số thành phần chính: bơm cấp nước, cảm biến nồng độ dầu, cảm biến mức dầu, phin lọc tinh, van 3 ngã [3]. Mỗi thành phần đều tiềm ẩn những khiếm khuyết có thể dẫn đến thiết bị không đủ điều kiện hoạt động, hoạt động không hiệu quả.

Để đánh giá những khó khăn đối với vận hành thiết bị phân ly dầu nước, một khảo sát đã được thực hiện trên 20 tàu thương mại của các chủ tàu Việt Nam và quốc tế, với sự tham gia của các sĩ quan máy (là máy trưởng, máy hai và các sĩ quan máy phụ trách vận hành hệ thống xử lý nước la canh). Kết quả khảo sát cho thấy nhiều tàu gặp khó khăn trong quá trình vận hành và bảo trì hệ thống OWS. Như thể hiện trong Bảng 1, có 85% tàu được khảo sát ghi nhận lượng nước la canh phát sinh lớn, trong khi 60% cho rằng hệ thống OWS gặp khó khăn khi nước la canh quá bẩn. Ngoài ra, 75% ý kiến cho rằng chi phí vận hành và bảo dưỡng hệ thống OWS tương đối cao, trong khi các vấn đề liên quan đến vệ sinh phin lọc và lỗi cảm biến 15 ppm [3] cũng được ghi nhận với tỷ lệ đáng kể.

Những kết quả khảo sát này cho thấy việc xử lý nước la canh chỉ bằng hệ thống tách dầu truyền thống trong một số trường hợp chưa đạt hiệu quả mong muốn. Do đó, việc nghiên cứu các giải pháp bổ sung nhằm giảm thể tích nước la canh trước khi đưa vào hệ thống xử lý là cần thiết nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nước la canh trong buồng máy tàu thủy.

Xuất phát từ thực tế đó, nghiên cứu này tính toán hệ thống, xây dựng quy trình ứng dụng hệ thống bay hơi nước la canh sử dụng cuộn sấy hơi nước kết hợp với thông gió cưỡng bức nhằm giảm thể tích nước la

canh tích tụ trong buồng máy. Phương pháp này có thể giúp giảm tải cho hệ thống OWS, tránh những khiếm khuyết không đáng có khi kiểm tra bởi đăng kiểm hay chính quyền cảng, và góp phần nâng cao hiệu quả quản lý nước la canh trên tàu biển.

Bảng 1. Kết quả khảo sát ý kiến về vận hành hệ thống OWS

Nhóm khó khăn	Nội dung phản ánh	Số tàu ghi nhận	Tỷ lệ (%)
Khó khăn vận hành	Lượng nước la canh phát sinh lớn ($>3m^3$)	17/20	85
	OWS khó hoạt động bình thường khi nước la canh quá bẩn	12/20	60
Khó khăn kỹ thuật	Lỗi cảm biến 15ppm	7/20	35
	Sự cố bơm trong hệ thống	3/20	15
Khó khăn bảo trì	Chi phí vận hành và bảo dưỡng OWS cao	15/20	75
	Khó khăn trong việc vệ sinh phin lọc	11/20	55
	Cần vệ sinh kết thường xuyên	10/20	50

Để minh họa cho phương pháp nghiên cứu, mô hình tính toán và thiết kế hệ thống bay hơi được triển khai cho tàu ATN GLORY thuộc Công ty VTB An Thành Nam [5]. Các thông số về kích thước kết bay hơi, cuộn sấy hơi nước và lưu lượng thông gió được tính toán nhằm đảm bảo khả năng bay hơi lượng nước la canh phát sinh trong điều kiện vận hành thực tế của tàu.

Ngoài ra, trong các thảo luận gần đây của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), khái niệm hệ thống xử lý nước la canh tích hợp (Integrated Bilge Treatment System - IBTS) [6], [7], một tên gọi khác của hệ thống xử lý bằng bay hơi cũng đã được đề xuất nhằm nâng cao hiệu quả quản lý nước la canh trên tàu biển. Điều này cho thấy các giải pháp bổ sung kiểu bay hơi nước la canh có thể là một hướng tiếp cận tiềm năng trong việc hỗ trợ hoặc thay thế hệ thống xử lý nước la canh truyền thống.

2. Kết bay hơi nước la canh

Dựa trên khảo sát thực tế thông số của tàu ATN GLORY [5], kết bay hơi trong đề tài nghiên cứu có dạng hình hộp chữ nhật, phù hợp với vị trí và không gian đặt trên tàu khu vực ống khói (để thuận lợi cho thoát hơi nước), với các kích thước và thông số kết như sau:

- Dài, rộng, cao (LxBxD): 1,5m x 0,7m x 1,0m. Thể tích toàn bộ: 1,05m³.
- Công chất cấp nhiệt: Hơi nước bão hòa áp suất 0,5MPa.
- Sản lượng bay hơi thiết kế: 480 kg/24h.
- Quạt hút cường bức: Lưu lượng hút 2700m³/h, công suất mô tơ điện 2,2kW (loại được nhóm nghiên cứu tham khảo trên thị trường và phổ biến trong ngành hàng hải).

2.1. Cơ sở lý thuyết và tính toán thiết kế kết bay hơi

Quá trình xử lý nước la canh trong nghiên cứu này dựa trên bay hơi cường bức, trong đó nhiệt được cung cấp gián tiếp bằng cuộn sấy hơi nước bão hòa, kết hợp với thông gió cường bức nhằm tăng cường truyền nhiệt và truyền khối giữa bề mặt chất lỏng và môi trường không khí.

Về mặt lý thuyết, công suất nhiệt cần thiết để bay hơi nước la canh được xác định theo cân bằng năng lượng của quá trình hóa hơi:

$$\dot{Q} = \dot{m}_e \times r \quad (1)$$

Trong đó:

- $\dot{m}_e$ là lưu lượng khối lượng nước bay hơi (kg/h) ~20 kg/h theo thực tế yêu cầu trên tàu nghiên cứu;
- r là nhiệt hóa hơi của nước, với giá trị xấp xỉ 2257 kJ/kg ở điều kiện nhiệt độ gần 100° C [8].

Khi đó, nhiệt lượng cần cung cấp cho quá trình bay hơi khi đó là:

$$\dot{Q} = 20 \times 2257 \approx 45140 \text{ kJ/h} \approx 12,5 \text{ kW}$$

Để bù cho các tổn thất nhiệt ra môi trường và đảm bảo vận hành ổn định trong điều kiện buồng máy tàu thủy, công suất nhiệt thiết kế được lựa chọn với hệ số dự trữ, ở mức khoảng 15kW (ứng với hệ số dự trữ 1,2).

2.2. Lựa chọn bộ sấy hơi và xác định lưu lượng hơi nước

Nguồn cấp nhiệt cho kết bay hơi là hơi nước bão hòa áp suất 0,5MPa, là mức áp suất phổ biến, sẵn có trên hệ thống hơi của tàu biển, sản sinh từ nồi hơi phụ hoặc nồi hơi kinh tế.

Hệ thống gia nhiệt sử dụng cuộn ống sấy hơi đặt trong kết với diện tích trao đổi nhiệt cần thiết được xác định theo phương trình truyền nhiệt tổng quát:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T_{tb} \quad (2)$$

Trong đó:

U là hệ số truyền nhiệt tổng, với giá trị điển hình 800-1000 W/m²K đối với quá trình ngưng tụ hơi - đun nóng chất lỏng [8];

ΔT_{tb} là chênh lệch nhiệt độ trung bình giữa hơi nước và nước la canh;

A là diện tích trao đổi nhiệt của cuộn sấy.

Với nhiệt độ hơi bão hòa ở áp suất 0,5MPa khoảng 158°C và nhiệt độ làm việc của nước trong kết khoảng 90-95°C, giá trị ΔT_{tb} trung bình vào khoảng 60K (quy ra độ K). Từ đó, diện tích trao đổi nhiệt yêu cầu được xác định xấp xỉ:

$$A \approx \frac{15000}{900 \times 60} \approx 0,28 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Cuộn sấy hơi được chế tạo từ ống thép carbon tiêu chuẩn dùng cho hệ thống hơi tàu biển. Đường kính ngoài của ống được lựa chọn 32mm, là kích thước phổ biến đối với các bộ sấy hơi công suất nhỏ trên tàu, đảm bảo khả năng truyền nhiệt tốt, tổn thất áp suất nhỏ và thuận lợi cho gia công, lắp đặt trên tàu. Tính toán chiều dài cuộn ống sấy:

Với ống tròn:

$$A = \pi \times d_o \times L_{pipe} \quad (4)$$

Chiều dài ống cần thiết:

$$L_{pipe} = \frac{A}{\pi \times d_o} = \frac{0,28}{\pi \times 0,032} \approx 2,8 \text{ m} \quad (5)$$

Trong đó:

d_o - đường kính ngoài ống (m);

L_{pipe} - tổng chiều dài ống (m).

Trên cơ sở diện tích trao đổi nhiệt yêu cầu khoảng 0,28m², tổng chiều dài ống cuộn được xác định xấp xỉ 3m, tương ứng với các vòng cuộn sấy đặt ngập trong kết bay hơi, bảo đảm cung cấp đủ công suất nhiệt và tránh hiện tượng quá nhiệt cục bộ.

Lưu lượng hơi nước cần thiết được tính theo cân bằng entanpi của quá trình ngưng tụ. Với entanpi hơi bão hòa ở 0,5MPa khoảng 2790kJ/kg và entanpi nước ngưng xấp xỉ 640 kJ/kg, lưu lượng hơi yêu cầu là:

$$\dot{m}_h = \frac{\dot{Q}}{i_h - i_c} \approx \frac{45140}{2150} \approx 21 \text{ kg/h} \quad (6)$$

Lưu lượng này nhỏ so với năng lực cấp hơi của nồi hơi kinh tế và nồi hơi phụ trên tàu, do đó không ảnh hưởng đáng kể đến các thiết bị sử dụng hơi khác trên tàu.

2.3. Lựa chọn lưu lượng quạt hút cường bức

Quạt hút được bố trí phía trên kết bay hơi nhằm:

- Tăng cường quá trình truyền khối (chuyển pha lỏng sang khí),
- Giảm độ ẩm lớp không khí sát bề mặt bay hơi,
- Hạn chế hiện tượng ngưng tụ hơi nước bên trong

kết và đường thoát khí.

Theo lý thuyết truyền khối, tốc độ bay hơi phụ thuộc đáng kể vào chênh lệch áp suất riêng phần của hơi nước giữa bề mặt chất lỏng và dòng khí xung quanh [8]. Do đó, việc duy trì lưu lượng không khí cường bức đủ lớn là cần thiết.

Lưu lượng tối thiểu của quạt:

$$G_{\min} = \frac{\dot{m}_e}{\omega} \quad (7)$$

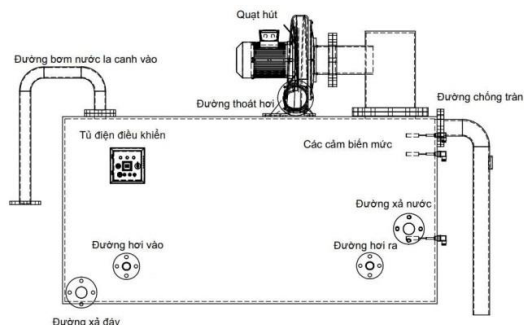
Trong đó:

G : lưu lượng không khí (m^3/h);

ω : hàm ẩm của không khí (kg hơi/ m^3), chọn $\omega = 0,02 \div 0,03 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Mặc dù thể tích kết bay hơi chỉ khoảng $1,05\text{m}^3$, lưu lượng quạt được lựa chọn ở mức $2700\text{m}^3/\text{h}$, lớn hơn nhiều so với yêu cầu trao đổi không khí tối thiểu (khoảng $800\text{m}^3/\text{h}$), nhằm:

- Bù cho tổn thất áp suất đường ống;
- Đảm bảo trạng thái bay hơi ổn định trong suốt chu kỳ vận hành;
- Phù hợp với các cấp công suất quạt tiêu chuẩn đang được sử dụng phổ biến trên tàu biển.



Hình 1. Các thành phần kết bay hơi nước la canh

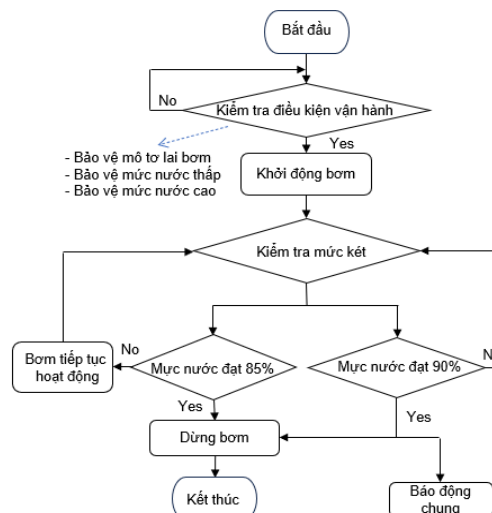
3. Triển khai và vận hành hệ thống

Hệ thống bay hơi nước la canh gồm các thành phần chính:

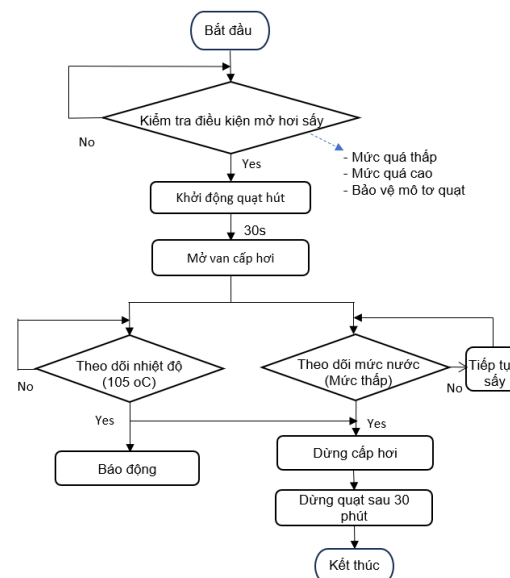
- Bơm nước la canh (bơm sẵn có);
- Kết bay hơi (lắp mới);
- Quạt hút cường bức (lắp mới);
- Các cảm biến trên kết, gồm cảm biến mức, nhiệt độ (lắp mới);
- Hệ thống điện điều khiển, bảo vệ (lắp mới).

Hoạt động của hệ thống bơm chuyển được giải thích như sau (Hình 2): Nước la canh được bơm từ các kết chứa hoặc từ các hồ la canh trong buồng máy đến kết bay hơi. Quá trình điều khiển bơm được giám sát bởi các cảm biến mức. Bơm sẽ tự động dừng khi mức

đạt 85%, và trường hợp mức kết tiếp tục dâng cao đến 90%, hệ thống bảo vệ sẽ đưa bảo động chung trong buồng máy. Một chức năng khác cũng được đưa vào thiết kế điều khiển bơm là bảo vệ bơm chạy quá lâu so với lưu lượng thiết kế và dung tích kết.



Hình 2. Thuật toán vận hành bơm



Hình 3. Thuật toán vận hành kết bay hơi nước la canh

Hệ thống kết bay hơi nước la canh được thiết kế vận hành (Hình 3) theo chế độ tự động (Auto) ưu nhằm đảm bảo quá trình xử lý diễn ra ổn định, an toàn và giảm thiểu sự can thiệp của thuyền viên, tuy nhiên vẫn có thể hoạt động bằng tay. Khi công tắc điều khiển được chuyển sang trạng thái ON - Auto, hệ thống tiến hành kiểm tra các điều kiện an toàn ban đầu, bao gồm: Mức chất lỏng trong kết (không ở trạng thái mức thấp hoặc mức cao), nhiệt độ kết không vượt quá giới hạn cho phép, và tình trạng hoạt động của mô tơ quạt hút

không có lỗi hoặc bị ngắt do bảo vệ.

Khi tất cả các điều kiện được thỏa mãn, quạt hút được khởi động nhằm tạo dòng không khí cưỡng bức qua bề mặt bay hơi. Sau một khoảng trễ khoảng 10 giây để đảm bảo lưu thông khí ổn định, van cấp hơi được mở để cấp hơi bão hòa vào cuộn gia nhiệt trong két. Quá trình bay hơi bắt đầu, làm giảm dần mức chất lỏng trong két.

Trong quá trình vận hành, hệ thống liên tục giám sát các thông số làm việc. Khi mức chất lỏng giảm đến ngưỡng mức thấp cài đặt, van cấp hơi sẽ tự động đóng để tránh hiện tượng quá nhiệt cục bộ hoặc cháy cạn. Tuy nhiên, quạt hút vẫn tiếp tục hoạt động trong khoảng thời gian trễ (khoảng 30 phút) nhằm loại bỏ hoàn toàn hơi ẩm còn tồn dư trong két trước khi dừng hẳn, đảm bảo an toàn và hạn chế ăn mòn.

Đặc biệt, hệ thống được tích hợp các chức năng bảo vệ và cảnh báo [9]. Trong bất kỳ giai đoạn nào của quá trình vận hành, nếu xuất hiện các điều kiện bất thường như mức chất lỏng quá cao, mức quá thấp, quá tải mô tơ quạt, hoặc nhiệt độ kết vượt giới hạn cho phép, hệ thống sẽ lập tức thực hiện dừng khẩn cấp: đóng van cấp hơi, ngừng quạt hút và đồng thời kích hoạt tín hiệu báo động bằng chuông, còi tại khu vực lân cận và báo động chung tại buồng máy (ECR). Điều này giúp đảm bảo an toàn thiết bị, ngăn ngừa rủi ro cháy nổ và bảo vệ hệ thống trong các điều kiện vận hành bất lợi.

Thuật toán điều khiển này thể hiện nguyên tắc điều khiển theo chu trình kết hợp với các điều kiện liên động an toàn (interlock) và bảo vệ đa cấp, phù hợp với yêu cầu vận hành thực tế trên tàu biển.

Để triển khai hệ thống bay hơi nước la canh trên tàu, bởi đây là một hệ thống mới lắp đặt cho các tàu đang khai thác, tương tự như hoán cải, cần thực hiện các bước sau đây (Hình 4):

- Khảo sát và thiết kế chức năng hệ thống;
- Lập bản vẽ đường ống và thiết bị (các hệ thống liên quan: Bilge, sludge, steam, general arrangement);
- Lập hồ sơ thiết kế và trình đăng kiểm phê duyệt (các bản vẽ đường ống, vị trí sau hoán cải, hồ sơ thiết bị sẽ lắp đặt, thông số của két);
- Thi công và lắp đặt hệ thống trên tàu;
- Kiểm tra và nghiệm thu (bởi đăng kiểm) sau khi lắp đặt.

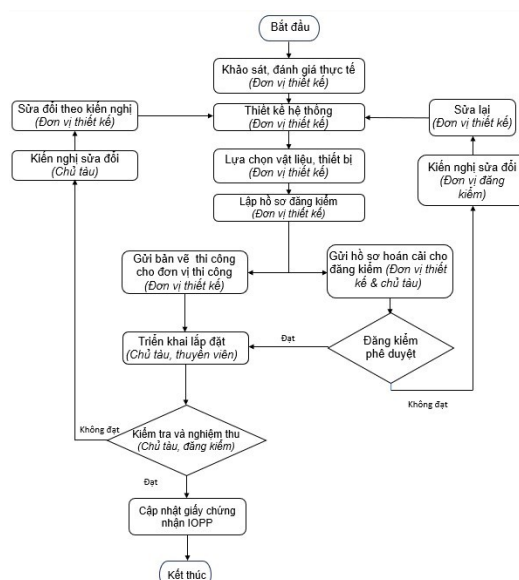
Sau khi đăng kiểm phê duyệt và kiểm tra tại hiện trường hoàn tất, giấy chứng nhận IOPP và phụ lục sẽ được cấp lại cho tàu, trong đó thể hiện phương pháp bổ sung để xử lý nước la canh là bay hơi cưỡng bức,

và thông số kết bay hơi.

Một số thay đổi của giấy chứng nhận IOPP:

- Mục 3.3: Bổ sung thông tin của kết bay hơi nước la canh.

- Mục 3.4: Ngoài phương pháp sử dụng thiết bị phân ly dầu nước, phải bổ sung phương pháp xử lý nước la canh (Ví dụ: Tàu được trang bị phương pháp bay hơi từ kết bay hơi nước la canh).



Hình 4. Quy trình triển khai lắp đặt hệ thống

Ghi Nhật ký dầu: Theo quy định của MARPOL [10], bay hơi nước la canh là một hoạt động loại bỏ và xử lý nước la canh buồng máy, do đó cần ghi vào Nhật ký dầu phần I.

Bảng 2. Đề xuất của IMO khi ghi chép nhật ký dầu với hoạt động bay hơi nước la canh [11]

Date	Code	Item No.	Record of operations/ signature of officer-in-charge
	D	13	x m ³ bilge water from [Name of sec 3.3 Tank & Designation], now xx m ³
		14	Start: hh:mm, stop: hh:mm
		15.4	evaporated from [Name of sec 3.3 Tank & Designation]
			signed: (Officer-in-charge, Name & Rank) dd-MONTH-yyyy

Các hoạt động sau đây phát sinh thêm trong quá trình vận hành kết bay hơi nước la canh và cần ghi trong Nhật ký dầu:

1. Bơm chuyển nước la canh từ hồ la canh hoặc kết la canh lên kết bay hơi.

2. Bay hơi nước la canh trong kết, đây là nội dung mới hiện chưa có hướng dẫn cụ thể, theo thông tin mới nhất được IMO đề xuất như Bảng 2.

3. Xả nước la canh từ kết bay hơi xuống kết chứa la canh hoặc về kết chứa dầu cặn.

4. Kết luận

Bài báo đã tính toán kết và thiết bị hâm phù hợp với nhu cầu thực tế của từng tàu, nghiên cứu ứng dụng và đề xuất phương án triển khai hệ thống bay hơi nước la canh buồng máy tàu thủy trên các tàu đang khai thác.

Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp bay hơi có thể được xem xét như một giải pháp bổ sung nhằm giảm thể tích nước la canh cần xử lý trên tàu biển.

Hướng nghiên cứu của bài báo hoàn toàn có cơ sở và đúng hướng khi gần đây nhất vào tháng 3 năm 2026, IMO đã đưa ra đề xuất về công nhận phương pháp xử lý này, dựa trên đề nghị của Trung Quốc và Singapore [7], [11].

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **SV25-26.14**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] International Maritime Organization (IMO) (N.D.), *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) Annex I - Regulations for the Prevention of Pollution by Oil*, London: IMO Publishing.
- [2] José, M. H., Canejo, J. P. & Godinho, M. H. (2023), *Oil/Water Mixtures and Emulsions Separation Methods - An Overview*, Materials, Vol.16(6), p.2443.

- [3] International Maritime Organization (IMO) (2003), *Revised Guidelines and Specifications for Pollution Prevention Equipment for Machinery Space Bilges of Ships*, Resolution MEPC.107(49), London: IMO Publishing.
- [4] Olsen, A. A. (2023), *Introduction to Ship Engine Room Systems*, London: Routledge.
- [5] Công ty VTB An Thành Nam (N.D.), *Các thông số kỹ thuật và tài liệu tàu ATN Glory*.
- [6] International Maritime Organization (IMO) (N.D.), *Guidelines for Systems for Handling Oily Wastes in Machinery Spaces of Ships Incorporating Guidance Notes for an Integrated Bilge Treatment System (IBTS)*, MEPC.1/Circ.642 and amendments, London: IMO Publishing.
- [7] IMO (2025), *Proposal to amend MARPOL Annex I and consequential changes to the IOPPC and Oil Record Book*, PPR 13/13, submitted by China, Singapore and INTERTANKO.
- [8] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L. & Lavine, A. S. (2017), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 8th ed., John Wiley & Sons.
- [9] Schinas, G. G. J. (2007), *Marine Auxiliary Machinery*, Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [10] International Maritime Organization (IMO) (2011), *Guidance for the Recording of Operations in the Oil Record Book, Part I - Machinery Space Operations (All Ships)*, MEPC.1/Circ.736/Rev.2, 6 October 2011.
- [11] International Maritime Organization (IMO) (2026), *Draft amendments to MARPOL Annex I on disposal of oily bilge water through forced evaporation*, Report of PPR 13, February 2026.

Ngày nhận bài:	24/03/2026
Ngày nhận bản sửa:	06/04/2026
Ngày duyệt đăng:	15/04/2026