

NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH BẢO QUẢN LẠNH CỦA KẾT CẤU HẦM BẢO QUẢN SỬ DỤNG VẬT LIỆU POLYSTYRO FOAM TRÊN TÀU CÁ VỎ GỖ

STUDIES ON FACTORS AFFECTING THE COLD STORAGE OF POLYSTYRO FOAM BASED VAULT IN WOODEN FISHING BOATS

Nguyễn Đình Khương¹, Phạm Thanh Nhật²,
Đỗ Văn Dũng³, Nguyễn Vũ Xuân Thì⁴,
Nguyễn Văn Giang⁵

¹ Khoa Cơ khí, Trường Đại học Nha Trang

² Khoa Kỹ thuật giao thông, Trường Đại học Nha Trang

³ Công ty DTECCO Việt Nam

⁴ Trường Cao đẳng Lý Tự Trọng Tp. HCM

⁵ Trường Trung cấp nghề Trần Đại Nghĩa

Tác giả liên hệ: Nguyễn Đình Khương (Email: khuongnd@ntu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 05/05/2023; Ngày phản biện thông qua: 21/06/2023; Ngày duyệt đăng: 29/06/2023

TÓM TẮT

Bài báo đã sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết thông qua vận dụng các bài toán truyền nhiệt để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến các hầm bảo quản cá trên các tàu cá vỏ gỗ hiện nay. Kết quả nghiên cứu đã tính được giá trị tổn thất nhiệt của một hầm bảo quản thực tế của tàu cá vỏ gỗ lựa chọn; Tính tổn thất nhiệt của mô hình hầm bảo quản; Tìm ra được những nguyên nhân chính dẫn đến sự tăng nhiệt độ của hầm bảo quản; Đưa ra những kết luận có tính chất giải pháp cải tiến các hầm bảo quản hiện nay, nhằm nâng cao chất lượng cũng như hiệu quả bảo quản thủy sản sau đánh bắt.

Từ khóa: Tổn thất nhiệt, hầm bảo quản, tàu cá vỏ gỗ

ABSTRACT

The study used a theoretical research method based on the application of heat transfer calculation to evaluate the factors affecting the storage cargo hold on the current wooden fishing boats. The result presents calculated value of heat loss through the structure of the actual cargo hold of the selected wooden-shell fishing boats; calculates the heat loss of the storage cargo hold model; finds out the major causes leading to the temperature rise of the cargo hold; indicates solutions to improve the current storage cargo hold for the enhancement of the quality and efficiency of post-caught seafood preservation.

Key words: Heat loss, storage cellar, wooden fishing boat

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với đường bờ biển dài trên 3260 km, trữ lượng khai thác hằng năm gần 2 triệu tấn thủy hải sản. Tuy nhiên công tác bảo quản hải sản sau khai thác đang gặp nhiều khó khăn, dẫn đến tổn thất sau khai thác hải sản lớn [10]. Nguyên nhân chủ yếu là:

- Tàu cá dùng để khai thác chủ yếu là tàu vỏ gỗ cỡ nhỏ, việc thi công hầm chủ yếu dựa vào kinh nghiệm dân gian.

- Chưa có nghiên cứu cụ thể nào để xác định các yếu tố gây tổn thất nhiệt cho các hầm bảo quản tàu cá vỏ gỗ hiện nay.

Vì vậy việc nghiên cứu để tìm cơ sở khoa

học đánh giá các yếu tố ảnh hưởng để đưa ra các giải pháp, khuyến cáo trong tính toán thiết kế, thi công các hầm tàu cá nhằm giảm thiểu tổn thất sau khai thác mang lại hiệu quả kinh tế cao là vấn đề rất cần thiết hiện nay.

II. ĐỐI TƯỢNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Tổn thất nhiệt của kết cấu hầm bảo quản lạnh trên tàu khai thác cá vỏ gỗ.

2.2. Phạm vi nghiên cứu

- Nghiên cứu một số yếu tố chính ảnh hưởng đến quá trình thất thoát nhiệt của kết cấu hầm bảo quản cá trên tàu gỗ truyền thống.

- Kết quả thu được từ việc tính toán gồm hai thông số là tổn thất nhiệt (Q) và thời gian bảo quản sản phẩm (t) với một mức nhiệt độ bảo quản cố định.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Tính tổn thất nhiệt qua kết cấu vách xung quanh hầm Q_v gồm các thành phần:

- Tổn thất nhiệt qua trần hầm Q₁ (W)
- Tổn thất nhiệt qua mạn tàu Q₂ (W)

- Tổn thất nhiệt qua đáy hầm Q₃ (W)

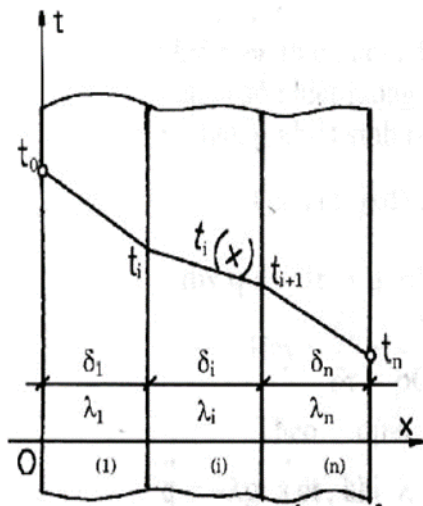
$$Q_v = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ (W)}$$

2.3.1. Tính tổn thất nhiệt tại trần hầm [5],[6],[7]

$$R = \frac{1}{\alpha_1 \cdot F_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i \cdot F_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot F_2} \text{ (W/K)}$$

Trong đó F₁ = F₂ = F (m²); α₁, α₂ là hệ số tỏa nhiệt tại hai bề mặt vách (W/m²K).

$$Q_{\text{trần hầm}} = Q_1 = \frac{t_{w1} - t_{f2}}{\sum R_i} \text{ (W)}$$



Hình 1: Dẫn nhiệt qua vách phẳng n lớp, điều kiện biên loại 1.

2.3.2. Tính tổn thất nhiệt truyền qua đáy và mạn tàu [6],[7].

Từ đó tính ra dòng nhiệt truyền qua vách hỗn hợp:

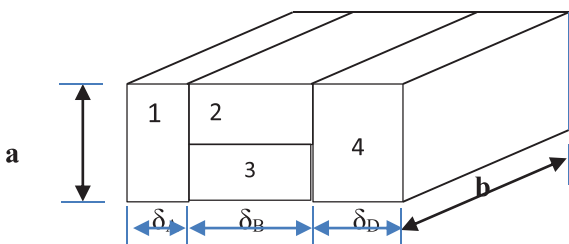
$$R_q = \frac{1}{\alpha_1 \cdot F_1} + \frac{\delta_A}{\lambda_A \cdot F_A} + \frac{1}{\frac{\delta_B}{\lambda_B \cdot F_B} + \frac{\delta_C}{\lambda_C \cdot F_C}} + \frac{\delta_D}{\lambda_D \cdot F_D} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot F_2} = \frac{1}{\alpha_1 \cdot F_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i \cdot F_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot F_2} \text{ (W/K)}$$

$$Q_{\text{đáy và mạn}} = Q_{2,3} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\sum R_q}$$

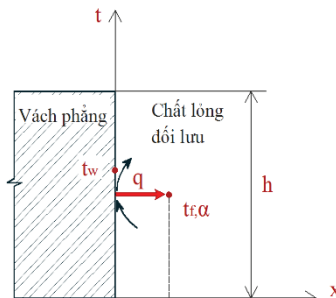
Trong đó: 1, 2, 3, 4 là các loại vật liệu khác nhau

* **Xác định hệ số tỏa nhiệt của nước đá vào vỏ tàu:** (Bài toán trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên giữa vách phẳng với không gian chất lỏng vô hạn) [7]

$$(GrPr)_m = \frac{g\beta\Delta t[l^3]}{\nu^2} Pr; Nu = C.(Gr.Pr)_m^n; \alpha_{\text{nước đá}} = \frac{\lambda Nu}{l}, \text{ do } Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$$



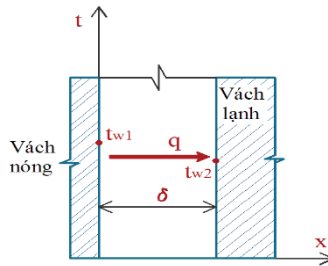
Hình 2: Dẫn nhiệt qua vách có vật liệu hỗn hợp.



Hình 3: Đối lưu qua vách phẳng.

* **Xác định hệ số tỏa nhiệt của không khí vào trần hầm** (Bài toán trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên giữa vách phẳng với không gian hữu hạn - khe hẹp) [7]

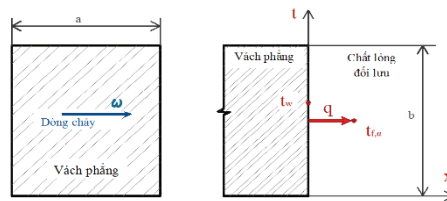
$$(GrPr)_m = \frac{g\beta\Delta t[l^3]}{\nu^2} Pr ; Nu = C.(Gr.Pr)_m^n ; \alpha_{\text{nước đá}} = \frac{\lambda Nu}{l}, \text{ do } Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$$



Hình 4: Trao đổi nhiệt đối lưu qua khe hẹp.

* **Xác định hệ số tỏa nhiệt của nước biển vào đáy và mạn tàu** (Bài toán tỏa nhiệt đối lưu cưỡng bức giữa vách phẳng với chất lỏng chảy ngang qua vách phẳng) [7].

$$Re = \frac{\omega l}{\nu} \text{ Tính Nu theo Re, } \alpha_{\text{nước biển}} = \frac{\lambda Nu}{l}, \text{ do } Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$$



Hình 5: Tỏa nhiệt đối lưu cưỡng bức qua vách phẳng.

III. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

3.1 Tính tổn thất nhiệt của hầm thực tế trên tàu

- Khảo sát và lựa chọn mẫu tàu, kích thước hầm bảo quản đồng thời vận dụng kết quả nghiên cứu lý thuyết để tính toán.

- Đánh giá kết quả tính toán và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả bảo quản lạnh trên tàu cá vỏ gỗ trên phương diện kết cấu của hầm.

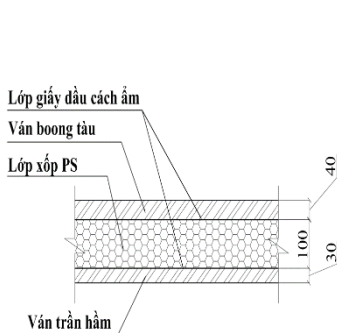
Mẫu tàu vỏ gỗ được chọn [8]:

Chiều dài lớn nhất: L = 16,00 m; Chiều rộng lớn nhất: B = 4,50 m; Chiều cao mạn chắn sóng: H = 2,50 m;

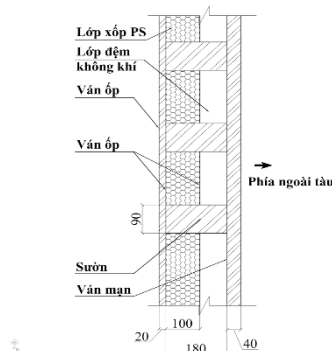
Chiều cao mạn: D = 2,00 m; Chiều chìm trung bình: d = 1.30 m;

Kích thước hầm bảo quản: D x R x C = 3,82 x 1,2 x 2 (m)

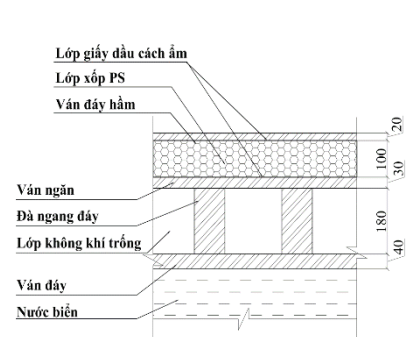
Cấu tạo các vách hầm bảo quản [9]:



Hình 6: Kết cấu trần hầm (boong)



Hình 7: Kết cấu mạn hầm (khu vực hầm cá)



Hình 8: Kết cấu đáy hầm

Bảng 1: Thông số cơ bản của các lớp bao che hầm bảo quản [4], [13]

| Vị trí | Lớp | Vật liệu | Hệ số dẫn nhiệt λ (W/m. $^{\circ}$ K) | Độ dày δ (m) |
|---|----------------|-----------|---|---------------------|
| Trần hầm (boong) | Ván boong | Gỗ | 0,13 | 0,04 |
| | Lớp cách âm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Xốp cách nhiệt | Xốp PS | 0,038 | 0,1 |
| | Lớp cách ẩm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Ván ốp | Gỗ | 0,13 | 0,02 |
| Mạn tàu giữa hai sườn | Ván ốp | Gỗ | 0,13 | 0,02 |
| | Lớp cách ẩm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Xốp cách nhiệt | Xốp PS | 0,038 | 0,1 |
| | Lớp cách ẩm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Lớp không khí | Không khí | 0,024 | 0,08 |
| | Ván mạn | Gỗ | 0,13 | 0,04 |
| Mạn tàu tại sườn | Ván ốp | Gỗ | 0,13 | 0,02 |
| | Sườn | Gỗ | 0,13 | 0,18 |
| | Ván mạn | Gỗ | 0,13 | 0,04 |
| Đáy tàu | Ván đáy | Gỗ | 0,13 | 0,04 |
| | Đà ngang đáy | Gỗ | 0,13 | 0,24 |
| | Ván ốp | Gỗ | 0,13 | 0,02 |
| | Lớp cách ẩm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Xốp cách nhiệt | Xốp PS | 0,038 | 0,1 |
| | Lớp cách ẩm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Đáy hầm | Gỗ | 0,13 | 0,02 |
| Đáy hầm phần không khí trống | Ván đáy | Gỗ | 0,13 | 0,04 |
| | Không khí | Không khí | 0,024 | 0,24 |
| | Ván ngăn | Gỗ | 0,13 | 0,04 |
| | Lớp cách ẩm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Xốp cách nhiệt | Xốp PS | 0,038 | 0,1 |
| | Lớp cách ẩm | Giấy dầu | 0,001 | 0,0005 |
| | Ván ốp | Gỗ | 0,13 | 0,02 |

Bước 1: Tính lượng đá theo số cá:

Đề tài lựa chọn nguyên liệu sau khai thác là cá nục, vì theo kết quả khảo sát [10] thì trữ lượng cá Nục chiếm tỷ trọng rất cao và thực tế

khảo sát tại các khu vực cảng, chợ cá trên địa bàn tỉnh Khánh Hòa, cá Nục là loại hải sản rất phổ biến. Các số liệu liên quan được xác định và tính toán như sau:

Bảng 2: Thông số vật lý của cá, lượng đá bảo quản và khay đựng [1]

| Đối tượng | Khối lượng riêng (kg/m ³) | Nhiệt dung riêng (kJ/ kg.K) | Nhiệt độ trước làm lạnh ($^{\circ}$ C) | Nhiệt độ sau làm lạnh ($^{\circ}$ C) |
|---------------------|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Cá nục | 990 | 3,22 | 25 | 1 |
| Đá | 700 | Ân nhiệt nóng chảy: $r = 333$ (kJ/kg) | | |
| Khay đựng (nhựa PP) | 850 | 1,9 | 30 | 0 |

*** Tính lượng đá theo số cá được thực hiện như sau:**

Nhiệt dung riêng của cá được tính theo công thức:

$$C_{cá} = 4,18 (0,5 X_L + 0,3 X_S + 1 X_W) \text{ (kJ/kgK)}$$

Trong đó: X_L là hàm lượng Lipit, X_S là hàm lượng chất khô, X_W là hàm lượng nước trong cá [3].

- Với cá nục: $C_{cá} = 4,18 (0,5 \cdot 0,033 + 0,3 \cdot 0,016 + 1 \cdot 0,749) = 3,22 \text{ (kJ/kgK)}$.

Lượng đá và cá chứa trong hầm được tính như sau:

- Thể tích hầm: $V_{hầm} = 3,82 \cdot 1,2 \cdot 2 = 9,168 \text{ (m}^3\text{)}$

- Thể tích phủ bì của khay đựng cá: $V_{khay} = 0,525 \cdot 0,35 \cdot 0,15 = 0,0276 \text{ (m}^3\text{)}$.

- Tổng số khay cá theo sức chứa hầm:

$$n = \frac{V_{hầm}}{V_{cá}} \cdot 95\% = \frac{9,168}{0,0276} \cdot 0,95 = 332 \text{ (khay)}$$

- Thể tích chứa của khay đựng: $V_{chứa} = 0,5 \cdot 0,33 \cdot 0,13 = 0,021 \text{ (m}^3\text{)}$.

Tỷ lệ thể tích đá/cá trên 1 khay là: $990 / 700 = 1,4143$

Vậy thể tích nguyên liệu trên 1 khay:

- Thể tích đá trên 1 khay: $0,021 \cdot 1,4143 / 2,4143 = 0,012 \text{ (m}^3\text{)}$.

- Thể tích cá trên 1 khay: $0,021 / 2,4143 = 0,0086 \text{ (m}^3\text{)}$

Khối lượng nguyên liệu trên 1 khay:

- Khối lượng đá trên 1 khay: $0,012 \cdot 700 = 8,4 \text{ (kg)}$

- Khối lượng cá trên 1 khay: $0,00955 \cdot 990 = 8,5 \text{ (kg)}$

Bảng 3: Thông số khối lượng nguyên liệu toàn hầm

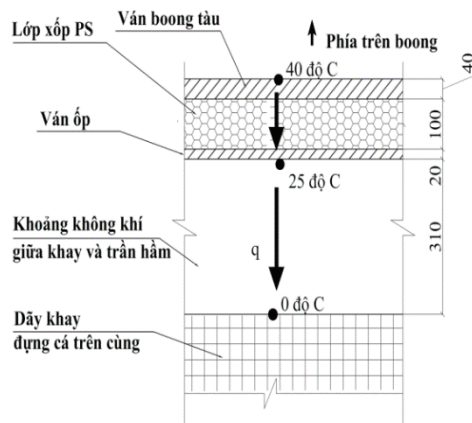
| Nguyên liệu | Số khay đựng | Khối lượng/khay (kg/khay) | Tổng khối lượng (kg) |
|-------------|--------------|---------------------------|----------------------|
| Cá | 332 | 8,5 | 2822 |
| Đá xay | | 8,4 | 2788 |
| Khay | | 1,2 | 398 |

Bước 2: Tổn thất nhiệt của hầm

Dòng nhiệt xâm nhập vào hầm bảo quản, gây tan đá và tăng nhiệt độ hầm gồm các nguyên nhân:

- Dòng nhiệt xâm nhập vào hầm qua các

$$R = \frac{1}{\alpha_1 \cdot F_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i \cdot F_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot F_2} \text{ (W/K); } Q_1 = \frac{t_{w1} - t_{f2}}{\sum R_i} \text{ (W)}$$



Hình 9: Mô tả quá trình tổn thất nhiệt tại trần hầm vào ban ngày.

Trong đó:

$+t_{w1}$ là nhiệt độ tại bề mặt trên của boong tàu có giá trị xác định ban ngày là 40°C và ban

vách hầm.

- Lượng nhiệt cá và khay đựng tỏa ra khi được đưa vào bảo quản trong hầm.

a) Tổn thất nhiệt qua trần hầm (boong)

Tổn thất nhiệt qua trần hầm Q_1 (W)

đêm là 30°C .

$+t_{f2}$ là nhiệt độ bề mặt của khay chứa cá có giá trị là 0°C .

$+\sum R_i = R_\lambda + R_\alpha$; R_λ là nhiệt trở truyền qua các lớp trần hầm, R_α là nhiệt trở của lớp không khí giữa khay và trần hầm:

$$(R_\lambda = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + 2 \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}; R_\alpha = \frac{1}{\alpha_{td}})$$

Trong đó: $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ là độ dày và hệ số dẫn nhiệt của lớp ván boong, lớp cách nhiệt, lớp cách âm, lớp vách ngăn; α_{td} là hệ số

$$Pr = 0,701; \nu = 15,13 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}; \lambda = 26,03 \cdot 10^{-3} \frac{W}{mK}; \beta = \frac{1}{T+t} = \frac{1}{273+20} = \frac{1}{293}; Pr_m \approx Pr_f = 0,701$$

(Giả định nhiệt độ tại boong tàu là 40°C).

Tính toán theo thứ tự:

$$Re = \frac{\omega l}{\nu} = \frac{5 \cdot 1,2}{16 \cdot 10^{-6}} = 375 \cdot 10^3$$

Tính Nu theo Re: Do $Re < 5 \cdot 10^5$ và $0,6 \leq Pr \leq 50$

$$\Rightarrow Nu = 0,664 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_m}\right)^{0,25} = 361,24 \Rightarrow \alpha_{tdkkn} = \frac{\lambda Nu}{l} = \frac{2,7 \cdot 10^{-2} \cdot 361,249}{1,2} = 8,128 (W/m^2 \cdot K)$$

Vậy nhiệt trở ban ngày của không khí:

$$R_{\alpha_{tdkkn}} = \frac{1}{\alpha_{tdkkn}} = \frac{1}{8,128} = 0,123 (W/K)$$

- Từ $t = 15^\circ C$, tra bảng tính chất vật lý của không khí, ta có: $Pr = 0,70$; $\nu = 14,56 \cdot 10^{-6} m^2/s$; $\lambda = 25,5 \cdot 10^{-3} W/mK$;

$$\beta = \frac{1}{T+[t]} = \frac{1}{273+15} = \frac{1}{288}$$

(Hệ số giãn nở nhiệt đối với chất khí); $Pr_m \approx Pr_f = 0,70$ (Giả định nhiệt độ tại boong tàu ban

$$\Rightarrow Nu = 0,664 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_m}\right)^{0,25} = 367,45 \Rightarrow \alpha_{tdkkn} = \frac{\lambda Nu}{l} = \frac{25,5 \cdot 10^{-3} \cdot 367,456}{1,2} = 7,808 (W/m^2 \cdot K)$$

Vậy nhiệt trở ban đêm của không khí: $R_{\alpha_{tdkkn}} = \frac{1}{\alpha_{tdkkn}} = \frac{1}{7,808} = 0,128 (W/K)$

Nhiệt trở truyền qua vách trần hầm:

$$R_\lambda = \frac{\delta_1}{\lambda_1 \cdot F_1} + 2 \frac{\delta_2}{\lambda_2 \cdot F_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3 \cdot F_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4 \cdot F_4} + \frac{\delta_{kk}}{\lambda_{td} \cdot F_5} = 0,067 + 0,25 + 0,574 + 0,050 + 0,272 = 1,213 (W/K).$$

*** Tổng thất nhiệt trung bình qua trần hầm**

- Dòng nhiệt truyền qua trần hầm trung bình ban ngày:

$$Q_{ng\grave{a}y} = \frac{t_{w2} - t_{f2}}{\sum R_i} = \frac{20 - 0}{R_\lambda + R_\alpha} = 16,142 (W).$$

- Dòng nhiệt truyền qua trần hầm trung bình ban ngày:

$$\sum R_q = \frac{1}{\alpha_1 \cdot F_1} + \frac{\delta_A}{\lambda_A \cdot F_A} + \frac{1}{\frac{\delta_B}{\lambda_B \cdot F_B} + \frac{\delta_C}{\lambda_C \cdot F_C}} + \frac{\delta_D}{\lambda_D \cdot F_D} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot F_2} (W/K); \quad Q_2 = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\sum R_q} (W)$$

Tại vách mạn hầm, khi tàu khai thác với lượng cá đủ trong hầm thì mạn hầm tàu cá sẽ được chia làm 3 khoảng như sau:

- Khoảng 1: có chiều cao bằng chiều chìm

$$Q_{21} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{R_{\alpha_{n\ddot{u}c\ d\grave{a}} + \sum Ri_{21} + R_{\alpha_{n\ddot{u}c\ bi\grave{e}n}}} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_{n\ddot{u}c\ d\grave{a}}} + \sum Ri_{21} + \frac{1}{\alpha_{n\ddot{u}c\ bi\grave{e}n}}} (W)$$

tỏa nhiệt tương đương của không khí

*** Xác định hệ số α_{tdkkn} ngày và đêm, với ban ngày 40°C,**

$t = \frac{1}{2} (t_{w1} + t_{w2}) = (0 + 40)/2 = 20^\circ C$; $l = \delta = 0,3m$; ban đêm 30°C; $t = \frac{1}{2} (t_{w1} + t_{w2}) = (0 + 30)/2 = 15^\circ C$, tra các giá trị tại bảng tính chất vật lý của không khí. Tại nhiệt độ $t = 20^\circ C$, tra bảng tính chất vật lý của không khí, kết quả như sau:

đêm là 30°C).

Tính toán theo thứ tự:

$$Re = \frac{\omega l}{\nu} = \frac{5 \cdot 1,2}{14,56 \cdot 10^{-6}} = 412 \cdot 10^3$$

Tính Nu theo Re: Do $Re < 5 \cdot 10^5$ và $0,6 \leq Pr \leq 50$

$$Q_{\ddot{a}m} = \frac{t_{w2} - t_{f2}}{\sum R_i} = \frac{15 - 0}{R_\lambda + R_\alpha} = 12,096 (W).$$

- Dòng nhiệt truyền qua trần hầm trung bình ngày đêm:

$$Q_1 = \frac{1}{2} (q_{ng\grave{a}y} + q_{\ddot{a}m}) = 14,119 (W)$$

b) Tổng thất nhiệt qua mạn hầm

của tàu $l = 1,3 m$. Phần này nước biển tiếp xúc với nước đá trong hầm thông qua vách mạn hầm. Vì vậy dòng nhiệt truyền qua khu vực này được tính như sau:

- Khoảng 2: có chiều cao $l = 0,4\text{m}$. Phần này không khí ngoài mạn sẽ tiếp xúc với nước đá trong hầm thông qua vách mạn hầm. Vì vậy dòng nhiệt truyền qua khu vực này được tính như sau:

$$Q_{22} = \frac{t_{w1}-t_f}{R_{\alpha_{nước\ đá}} + \sum Ri_{22} + R_{\alpha_{kkn}}} = \frac{t_{w1}-t_f}{\frac{1}{\alpha_{nước\ đá}} + \sum Ri_{22} + \frac{1}{\alpha_{kkn}}} \quad (W)$$

- Khoảng 3: có chiều cao $l = 0,3\text{m}$ (chính là khoảng cách từ mặt trên của khay chứa cá đến mặt dưới của trần hầm). Phần này không khí ngoài mạn sẽ tiếp xúc với không khí trong hầm thông qua vách mạn hầm. Vì vậy nhiệt trở được tính như sau:

$$Q_{23} = \frac{t_{w1}-t_f}{R_{\alpha_{kkt}} + \sum Ri_{23} + R_{\alpha_{kkn}}} = \frac{t_{w1}-t_f}{\frac{1}{\alpha_{kkt}} + \sum Ri_{23} + \frac{1}{\alpha_{kkn}}} \quad (W)$$

Để tính toán được các giá trị nhiệt trở trên cần xác định được giá trị của các hệ số tỏa nhiệt: $\alpha_{nước\ đá}$, $\alpha_{nước\ biển}$, α_{kkt} , α_{kkn}

* Để tính được Q_{21} ta cần qua các bước b_1 ; b_2 ; b_3 như sau:

b₁) Tính hệ số tỏa nhiệt của quá trình tỏa nhiệt đối lưu cưỡng bức từ nước biển tới vách ngoài tàu

- Nhiệt độ xác định $t = t_{w1} = 25^\circ\text{C}$, $l = 1,3\text{m}$. Từ $t_{w1} = 25^\circ\text{C}$, tra bảng tính chất vật lý của nước muối với tỉ trọng 1050kg/m^3 [2], các giá trị được xác định như sau:

$$Nu = 0,037 \cdot (Re^{0,8} - 871) \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right)^{0,25} = 16800 \Rightarrow \alpha_{nước\ biển} = \frac{\lambda Nu}{l} = \frac{0,601 \cdot 16800}{1,3} = 7766 \quad (W/m^2 \cdot K)$$

b₂) Tính hệ số tỏa nhiệt của quá trình tỏa nhiệt đối lưu tự nhiên của nước đá trong hầm tới vách mạn hầm

Nhiệt độ xác định $t = t_{w1} = 0^\circ\text{C}$ (nhiệt độ nước

$$Pr = 13,67; \nu = 1,789 \cdot \frac{10^{-6} m^2}{s}; \lambda = 55,1 \cdot 10^{-2} \frac{W}{mK}; a = 13,1 \cdot \frac{10^{-8} m^2}{s}$$

hệ số khuếch tán nhiệt của chất lỏng $(m^2/s) \beta = -0,63 \cdot 10^{-4}$.

Tính toán theo thứ tự:

$$Nu = \frac{\alpha S}{\lambda}; Pr = \frac{v}{a}; GrPr = \frac{g\beta l^3 (t_{f1} - t_{f2})}{v \cdot a} = \frac{9,81 \cdot (-0,63 \cdot 10^{-4}) \cdot 1,3^3 \cdot 25}{1,789 \cdot 10^{-6} \cdot 13,1 \cdot 10^{-8}} = -229575 \cdot 10^6.$$

Do $GrPr < 0,001$, Nên chọn $C = 0,5$; $n = 0$ [4]. Vậy $Nu = 0,5 (GrPr)^0$. Suy ra: $\alpha_{nước\ đá} = 0 \quad (W/m^2 \cdot K)$

b₃) Tính nhiệt trở trung bình của mạn tàu trong phạm vi kích thước chiều chìm của tàu $l = 1,3\text{m}$

$$\sum Ri = R_{\lambda 1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\lambda 2}} + \frac{1}{R_{\lambda 4}}} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\lambda 3}} + \frac{1}{R_{\lambda 5}}} + R_{\lambda 6} = 0,198 + \frac{1}{\frac{1}{1,052} + \frac{1}{3,636}} + \frac{1}{\frac{1}{1,315} + \frac{1}{2,857}} + 0,099 = 2,632 \quad (W/K).$$

Vậy dòng nhiệt xâm nhập vào hầm cá qua vách mạn hầm khoảng kích thước theo chiều chìm của tàu hai bên mạn:

$$Q_{21} = 2 \cdot \frac{t_{f1}-t_{f2}}{R_{\alpha_{nước\ đá}} + \sum Ri + R_{\alpha_{nước\ biển}}} = 2 \cdot \frac{25-0}{0 + 2,632 + \frac{1}{8633}} = 2 \cdot \frac{25}{0 + 2,632 + 0,0001} = 18,996 \quad (W)$$

* Để tính được Q_{22} ta cần qua các bước b_4 ; b_5 như sau:

b₄) Tính nhiệt trở trung bình của mạn tàu trong phạm vi kích thước mạn của tàu tiếp xúc với nước đá bên trong $l = 0,4\text{m}$:

$$\sum Ri = R_{\lambda 1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\lambda 2}} + \frac{1}{R_{\lambda 4}}} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\lambda 3}} + \frac{1}{R_{\lambda 5}}} + R_{\lambda 6} = 0,645 + \frac{1}{\frac{1}{3,478} + \frac{1}{13,333}} + \frac{1}{\frac{1}{4,347} + \frac{1}{10}} + 0,332 = 6,769 \quad (W/K).$$

b₅) Tính hệ số tỏa nhiệt của quá trình tỏa nhiệt đối lưu cưỡng bức từ không khí tới vách ngoài tàu

Nhiệt độ xác định $t = t_f = 30^\circ\text{C}$; Kích thước xác định $l = 1,2 \text{ m}$ (kích thước giữa hai vách theo chiều dòng chảy). Từ $t = 30^\circ\text{C}$, $Pr = 0,701$;

$$\nu = 16 \cdot \frac{10^{-6} \text{ m}^2}{\text{s}}; \lambda = 2,7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{W}}{\text{mK}}; Pr_m \approx Pr_f = 0,701$$

(Giả định nhiệt độ tại mạn tàu là 30°C). $Re = \frac{\omega l}{\nu} = \frac{5 \cdot 1,2}{16 \cdot 10^{-6}} = 375 \cdot 10^3$; Tính Nu theo Re: Do $Re < 5 \cdot 10^5$ và $0,6 \leq Pr \leq 50$

$$\Rightarrow Nu = 0,664 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_m}\right)^{0,25} = 361,24 \Rightarrow \alpha_{kkn} = \frac{\lambda Nu}{l} = \frac{2,7 \cdot 10^{-2} \cdot 361,249}{1,2} = 8,128 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$Q_{22} = 2 \cdot \frac{t_{w1} - t_{f1}}{\frac{1}{\alpha_{\text{nước đá}}} + \sum Ri + \frac{1}{\alpha_{kkn}}} = 2 \cdot \frac{30 - 0}{\frac{1}{0 + 6,769 + \frac{1}{8,128}}} = 2 \cdot \frac{30}{0 + 6,769 + 0,123} = 8,704 \text{ (W)}$$

* Để tính Q_{23} ta cần qua các bước b₆; b₇ như sau:

b₆) Tính nhiệt trở trung bình của mạn tàu trong phạm vi kích thước mạn của tàu tiếp xúc với nước đá bên trong $l = 0,3 \text{ m}$:

$$\sum Ri = R_{\lambda 1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\lambda 2}} + \frac{1}{R_{\lambda 4}}} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\lambda 3}} + \frac{1}{R_{\lambda 5}}} + R_{\lambda 6} = 0,869 + \frac{1}{\frac{1}{4,705} + \frac{1}{16}} + \frac{1}{\frac{1}{5,882} + \frac{1}{12,50}} + 0,434 = 8,952 \text{ (W/K)}$$

b₇) Tính hệ số tỏa nhiệt của quá trình tỏa nhiệt đối lưu tự nhiên từ không khí tới vách trong hầm:

$t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} = \frac{20 + 0}{2} = 10^\circ\text{C}$. là nhiệt độ bề mặt dưới của trần hầm; là nhiệt độ mặt trên của khay chứa cá; $S = 3,82 \text{ m}^2$ là khoảng cách giữa hai vách hầm; $l = 0,3 \text{ m}$.

Từ $t = 10^\circ\text{C}$; $\nu = 16 \cdot \frac{10^{-6} \text{ m}^2}{\text{s}} \lambda = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ W/mK}$; $a = 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, hệ số khuếch tán nhiệt (m^2/s);

$$\beta = \frac{1}{T+t} = \frac{1}{273+10} = \frac{1}{283}; Nu = \frac{\alpha S}{\lambda}; Pr = \frac{\nu}{a}; GrPr = \frac{g\beta S^3(t_{f1} - t_{f2})}{\nu \cdot a} = \frac{9,81 \cdot 3,82^3 \cdot 10}{16 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 283} = 6038 \cdot 10^6$$

Do $10^6 < GrPr < 10^9$, $1 < Pr < 20$ [5]. Nên $Nu = 0,46 (GrPr)^{1/3}$ Vậy $Nu = 0,46 \cdot (6038 \cdot 10^6)^{0,33} = 777.056$ Suy ra:

$$\alpha_{kkt} = \frac{Nu \cdot \lambda}{S} = \frac{777,056 \cdot 2,05 \cdot 10^{-2}}{3,82} = 4,17 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}\right)$$

$$Q_{23} = 2 \cdot \frac{t_{w1} - t_{f1}}{\frac{1}{\alpha_{kkt}} + \sum Ri + \frac{1}{\alpha_{kkn}}} = 2 \cdot \frac{30 - 10}{\frac{1}{4,17} + 8,952 + \frac{1}{8,128}} = 2 \cdot \frac{20}{0,239 + 8,952 + 0,123} = 4,294 \text{ (W)}$$

Như vậy ta có tổng tổn thất nhiệt qua 2 mạn bên của hầm Q_2 như sau:

$$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} = 18,996 + 8,704 + 4,29 = 31,994 \text{ (W)}$$

c) Tổng thất nhiệt qua đáy hầm

$$\sum Ri = R_{\lambda 1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{\lambda 2}} + \frac{1}{R_{\lambda 3}}} + R_{\lambda 4} + R_{\lambda 5} + R_{\lambda 6} = 0,067 + \frac{1}{\frac{1}{1,076} + \frac{1}{3,363}} + 0,050 + 0,402 + 0,033 = 1,539 \text{ (W/K)}$$

$$Q_3 = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_{\text{nước đá}}} + \sum Ri + \frac{1}{\alpha_{\text{nước biển}}}} = \frac{25 - 0}{\frac{1}{1550} + 1,539 + \frac{1}{8633}} = \frac{25}{0,0006 + 1,539 + 0,0001} = 16,244 \text{ (W)}$$

Từ kết quả tính toán trên ta có tổng tổn thất nhiệt qua các vách hầm là

$$Q_v = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 14,119 + 31,994 + 16,244 = 62,357 \text{ (W)}$$

d) Tổng thất nhiệt của hầm từ cá và khay đựng cá trong hầm

Nhiệt lượng cá tỏa ra khi được làm lạnh từ 25°C xuống 1°C : $Q_{\text{cá}} = M_{\text{cá}} \times C_{\text{cá}} \times t = 218084$

(kJ).

Nhiệt lượng khay đựng tỏa ra khi được làm lạnh từ 30°C xuống 0°C : $Q_{\text{khay}} = M_{\text{khay}} \times C_{\text{khay}} \times t = 32319 \text{ (kJ)}$

Bảng 4: Thông số vật lý của cá và khay đựng

| Đối tượng | Tổng khối lượng (kg) | Nhiệt dung riêng (kJ/ kg.K) | Nhiệt độ trước làm lạnh (°C) | Nhiệt độ sau làm lạnh (°C) |
|---------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Cá nục | 2822 | 3,22 | 25 | 1 |
| Khay đựng (nhựa PP) | 332 | 1,9 | 30 | 0 |

Bảng 5: Kết quả tính được lượng nhiệt tổn thất trong hầm lạnh thực tế tại các vị trí

| Vị trí gây tổn thất nhiệt | Nhiệt tổn thất Q_v (W) |
|---------------------------|--------------------------|
| Trần hầm | 14,119 |
| Vách hầm | 31,994 |
| Đáy hầm | 16,244 |

3.2. Kết quả và thảo luận:

3.2.1. Ảnh hưởng của kết cấu tàu vỏ gỗ đến dòng nhiệt tổn thất vào hầm bảo quản

Với kết quả tính toán tổn thất nhiệt cho một hầm cá thực tế hiện nay trên bảng 5 cho thấy:

- Lượng nhiệt xâm nhập vào hầm lớn nhất diễn ra tại hai bên của mạn tàu kế tiếp là đáy tàu và trần hầm là khu vực lượng nhiệt xâm nhập vào hầm ít nhất. Lý do tổn thất nhiệt của hầm lớn nhất tại vách mạn tàu là vì diện tích ở khu vực này là lớn nhất (4,8m²), (trần hầm và đáy hầm diện tích là 4,584 m²) đồng thời khu vực vách mạn hầm là nơi mà quá trình trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài diễn ra rất phức tạp bao gồm đối lưu cưỡng bức và đối lưu tự nhiên với cả nước biển và không khí.

- Lượng nhiệt xâm nhập vào hầm qua kết cấu đáy hầm lớn hơn lượng nhiệt xâm nhập vào trần hầm vì tại đáy hầm quá trình trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức với nước biển bên ngoài và nhiệt độ của nước đá bên trong là rất nhỏ và luôn luôn có xu hướng đi xuống. Nhiệt độ tại boong tàu (trần hầm) ban ngày và ban đêm rất cao. Tuy nhiên, nhiệt độ này cao hơn nhiệt độ không khí bên ngoài nên luôn có xu hướng đi lên và tỏa nhiệt vào môi trường bên ngoài nên lượng nhiệt xâm nhập vào trong hầm là nhỏ

$$\tau = \frac{Q_{\text{đá tan}} - (Q_{\text{cá}} + Q_{\text{khay}})}{Q_v} = \frac{281917 - (218084 + 18924)}{62,357 \times 10^{-3}} = \frac{281917 - 237008}{62,357 \times 10^{-3}} = \frac{43909}{62,357 \times 10^{-3}} = 704155 \text{ (s)}$$

Số ngày bảo quản cho phép: $n = \frac{704155}{3600 \times 24} = 8,149$ ngày

- Với kết quả tính toán tổn thất nhiệt của hầm bảo quản cá trên tàu cá vỏ gỗ thực tế hiện nay, suy ra số ngày mà một chuyến tàu vỏ gỗ

nhất.

3.2.2. Ảnh hưởng của dòng nhiệt tổn thất đến số ngày bảo quản cá trên tàu.

Trong quá trình vận chuyển cá từ khi đánh bắt về cảng tiêu thụ, lượng đá ướp cá trên mỗi khay sẽ tan dần. Để nhiệt độ thân cá được giữ lạnh trong khoảng từ 0 ÷ 2°C, lượng đá còn lại trên khay phải còn đủ nhiều để bao phủ, tiếp xúc hết bề mặt cá.

Như vậy, lượng đá tan phải nằm trong lượng cho phép. Theo kinh nghiệm, chọn lượng đá tan trong hầm từ thời điểm bảo quản đến thời điểm cập cảng cho phép là 30%. Lượng đá tan trong suốt quá trình bảo quản trên hầm: $M_{\text{đá tan}} = M_{\text{cá}} \times 0,3 = 2822 \times 0,3 = 846,6 \text{ kg}$

Nhiệt lượng nước đá thu vào khi tan: $Q_{\text{đá tan}} = M_{\text{đá tan}} \times r = 846,6 \times 333 = 281917 \text{ (kJ)}$

Trong đó: r là ẩn nhiệt nóng chảy: r = 333 (kJ/kg). Gọi thời gian bảo quản trên hầm là (s), ta có: Tổng lượng nhiệt hầm bảo quản nhận vào: $Q_{\text{tt}} = Q_{\text{cá}} + Q_{\text{khay}} + (Q_v \times \tau) = 218084 + 18924 + (64,56 \times 10^{-3} \times \tau) \text{ (kJ)}$

Nhiệt lượng đá thu vào khi tan chảy bằng nhiệt lượng tổn thất do cá, khay và tổn thất qua các vách hầm.

$$Q_{\text{đá tan}} = Q_{\text{tt}} = Q_{\text{cá}} + Q_{\text{khay}} + (Q_v \times \tau)$$

Thời gian bảo quản trên hầm:

cỡ nhỏ hiện nay sử dụng vật liệu cách nhiệt Polystyro foam là 8,149 ngày là phù hợp với thực tế của ngư dân Việt Nam đã và đang hoạt

động khai thác cá. Điều này cho thấy kết quả tính toán tổn thất nhiệt cho hầm là hoàn toàn chính xác. Đề tài đã đưa ra phương pháp tính toán tổn thất nhiệt trong đó đã vận dụng chính xác các phương pháp tính tổn thất nhiệt từ cơ sở lý thuyết dẫn nhiệt, truyền nhiệt và trao đổi nhiệt.

3.2.3. Ảnh hưởng của độ dày vật liệu cách nhiệt Polystyro foam đến số ngày bảo quản cá trên tàu.

Bảng 6: Tổng hợp kết quả tổn thất nhiệt mạn hầm thực tế khi thay đổi độ dày lớp cách nhiệt và số ngày tàu vận hành trên biển

| Tổn thất nhiệt, số ngày bảo quản | Độ dày vật liệu cách nhiệt Polystyro foam (mm) | | |
|----------------------------------|--|--------|--------|
| | 70 | | |
| $Q_{1,2,3}$ (W) | 16,394 | 30,777 | 18,288 |
| Ngày | 7,763 ngày | | |
| | 100 | | |
| $Q_{1,2,3}$ (W) | 14,119 | 31,944 | 16,244 |
| | 8,149 ngày | | |
| | 150 | | |
| $Q_{1,2,3}$ (W) | 13,039 | 38,943 | 13,683 |
| | 7,739 ngày | | |

Kết quả từ bảng 6 cho thấy:

- Với lớp vật liệu cách nhiệt có độ dày 100 mm, thì số ngày tàu vận hành trên biển đáp ứng được yêu cầu bảo quản của nguyên liệu sau đánh bắt là 8,149 ngày (kết quả này lớn hơn khi sử dụng vật liệu cách nhiệt có độ dày 70 mm và 150 mm – phù hợp với thực tế ngư dân Việt Nam đang sử dụng để đóng các hầm bảo quản trên tàu).

- Tổn thất nhiệt tại vách mạn tàu đối với hầm sử dụng lớp cách nhiệt có độ dày 150mm là lớn nhất, nguyên nhân của kết quả này là do độ dày lớp đệm không khí nhỏ nhất so với hai mẫu còn lại (lớp không khí này được coi như một lớp cách nhiệt) mà hệ số dẫn nhiệt của không khí rất nhỏ (nhỏ hơn hệ số dẫn nhiệt của

- Với phương pháp tính toán tương tự được áp dụng cho vách hầm thực tế, khi sử dụng vật liệu cách nhiệt Polystyro foam có độ dày lần lượt là 70mm và 150 mm. Kết quả như sau:

* Với vách hầm sử dụng lớp cách nhiệt độ dày 70 mm, thì tổn thất nhiệt Q_v lần lượt là:

$$Q_1 = 16,394; Q_2 = 30,777; Q_3 = 18,288 \text{ W}$$

* Với vách hầm sử dụng lớp cách nhiệt độ dày 150 mm, thì tổn thất nhiệt Q_v lần lượt là:

$$Q_1 = 13,039; Q_2 = 38,943; Q_3 = 13,683 \text{ W}$$

Polystyro foam, 0,024 và 0,038).

- Tổn thất nhiệt truyền qua vách trần hầm (boong) và đáy hầm đối với vật liệu cách nhiệt có độ dày 150mm là nhỏ nhất. Từ kết quả này có thể thấy nếu sử dụng vật liệu cách nhiệt có độ dày 150mm tại vách trần và vách đáy của hầm đồng thời sử dụng vật liệu cách nhiệt có độ dày 70mm tại vách mạn thì tổn thất nhiệt của hầm là nhỏ nhất, như vậy thời gian tàu vận hành trên biển sẽ lớn hơn hoặc nếu về sớm thì chất lượng bảo quản nguyên liệu cũng tốt hơn (do lượng đá tan chảy giảm).

Cụ thể như sau: $Q_v = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 13,039 + 30,777 + 13,683 = 57,418 \text{ (W)}$

Thời gian bảo quản trên hầm:

$$\tau = \frac{Q_{\text{đá tan}} - (Q_{\text{cá}} + Q_{\text{khay}})}{Q_v} = \frac{281917 - (218084 + 18924)}{57,418 \times 10^{-3}} = \frac{281917 - 237008}{57,418 \times 10^{-3}} = \frac{43909}{57,418 \times 10^{-3}} = 764725 \text{ (s)}$$

Số ngày bảo quản cho phép: $n = \frac{764725}{3600 \times 24} = 8,850 \text{ ngày}$

- Tổn thất nhiệt lớn nhất xảy ra ở cả 03 mẫu đều ở vách mạn tàu, kết quả này cho thấy lượng

nhiệt từ môi trường bên ngoài xâm nhập vào hầm cá tác động lớn nhất là ở vách mạn tàu.

IV. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận:

- Đề tài đã vận dụng chính xác những bài toán truyền nhiệt trong tính toán tổn thất nhiệt cho hầm tàu cá vỏ gỗ.

- Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm là khá tương đồng, điều đó cho thấy phương pháp lựa chọn và tính toán đúng mục tiêu và định hướng của đề tài.

- Tổn thất nhiệt lớn nhất xảy ra ở mạn tàu, điều đó có thể định hướng tìm kiếm các giải pháp mới về vật liệu và kết cấu để nâng hiệu quả trong bảo quản nguyên liệu sau khai thác.

4.2. Kiến nghị:

- Cần nghiên cứu thực nghiệm cho một hầm hoàn chỉnh để đánh giá chính xác tổn thất nhiệt của toàn bộ hầm với kết quả tính toán lý thuyết.

- Cần tham gia đi biển để khảo sát cụ thể lượng đá tan khi chưa bảo quản và khi đã bảo

quản sản phẩm cũng như đo chính xác nhiệt độ bên trong hầm trong một thời gian, nhằm đánh giá chính xác quá trình tổn thất nhiệt của hầm bảo quản cá trên các tàu khi khai thác trên biển.

- Việc ảnh hưởng nhiệt độ từ hầm máy đến hầm bảo quản cũng rất lớn, nên cần có sự đánh giá ảnh hưởng nhiệt độ hầm máy đến hầm bảo quản lạnh.

- Với việc đòi hỏi ngày càng cao về chất lượng bảo quản, cũng như lượng thủy sản khai thác ven bờ ngày càng cạn kiệt và với việc vươn khơi bảo vệ chủ quyền, thì đòi hỏi các tàu đánh cá cần trang bị các hệ thống bảo quản lạnh tiên tiến trên thế giới như: bảo quản bằng đá vảy, đá tuyết hoặc hệ thống cấp đông trên các tàu cá. Chính vì vậy, cần nghiên cứu các giải pháp cụ thể để áp dụng các phương pháp bảo quản tiên tiến trên các tàu cá đánh bắt xa bờ của nước ta hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Thủy sản, Trung tâm khuyến ngư quốc gia (2004), *Kỹ thuật sơ chế bảo quản nguyên liệu thủy sản sau thu hoạch bằng nước đá*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
2. Bộ Y tế, Viện dinh dưỡng (2007), *Bảng thành phần TP Việt Nam*. Nhà xuất bản Y học.
3. Nguyễn Công Khẩn, Hà Thị Anh Đào. Bộ Y tế, Viện dinh dưỡng (2007), *Bảng thành phần thực phẩm Việt Nam*. Nhà xuất bản Y học.
4. Nguyễn Đức Lợi (2005), *Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh*. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật
5. Trần Văn Phú, KH&CNN tháng 9/2003, tr.18,19, *Truyền nhiệt qua vách phẳng*.
6. Trịnh Văn Quang (2016), *Cơ sở truyền nhiệt*, TPHCM.
7. Trần Đại Tiến, Nguyễn Hữu Nghĩa, Lê Như Chính, Trần Thị Bảo Tiên, Nguyễn Văn Phúc (2018), *Truyền nhiệt và thiết bị trao đổi nhiệt. (Tài liệu tham khảo)*.
8. Trần Gia Thái (2008), *Kết cấu tàu thủy*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
9. <https://vanbanphapluat.co/qcvn-92-2015-bgtvt-kiem-tra-va-dong-tau-bien-vo-go>.
10. <http://thuysanvietnam.com.vn/giam-ton-that-sau-thu-hoach-chang-duong-nhieu-gian-nan-article-11385.tsvn>.
11. <http://www.koolfoam.com.au/our-products.html#sheeting>.