



XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT CHO HỆ THỐNG HÂM CỦA TÀU CHỖ NHỰA ĐƯỜNG

Nguyễn Đại An^{1*}, Trần Thế Nam²

Tóm tắt: Tính toán thiết bị trao đổi nhiệt đã được sử dụng phổ biến rộng rãi trong ngành công nghiệp hiện nay. Tuy nhiên trong lĩnh vực đóng tàu ở Việt Nam, quá trình tính toán được thực hiện khá thủ công, mất nhiều thời gian tra cứu và chưa thành quy chuẩn. Đặc biệt đối với các tàu chuyên dụng chở các loại hàng cần hệ thống hâm công suất lớn như nhựa đường, dầu thô, ... việc tính toán còn rất mới. Bài báo xây dựng phương pháp tính toán tự động hệ thống hâm cho các kết hàng của tàu chở nhựa đường và áp dụng thành công trong quá trình thiết kế và đóng mới thực tế đối với tàu chở 1.700 m³.

Từ khóa: Tàu chở nhựa đường; thiết bị trao đổi nhiệt; hệ thống hâm nóng; tính toán tự động; thiết kế và đóng mới.

Automatization for calculating the heating system of thermal exchange on asphalt carrier

Abstract: Nowadays, calculating methods of the heating exchange equipment has been widely applied for industrial fields, however in shipbuilding aspect of Vietnam, still, this process has not been standardized yet as an automatic process, and it has caused a lot of time to re-study upon case by case. Particularly, it seems to be very new knowledge to apply for heating systems of the specially high power cargos vessels such as crude oil or asphalt carriers, etc. The article shows a way to automatically calculate the cargo heating system of asphalt carrier that has been successfully used in designing and building processes of 1,700 m³ vessel.

Keywords: Asphalt vessel; heating exchange equipment; heating systems; automatically calculate; designing and building.

Nhận ngày 10/5/2017; sửa xong 7/6/2017; chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 7, 2017; accepted: June 23, 2017

1. Đặt vấn đề

Nhựa đường được chuyên chở trên tàu là nhựa đường lỏng, có nhiệt độ duy trì thường xuyên trong khoảng 160±10°C. Việc hâm nóng và duy trì nhiệt độ của nhựa đường để tránh nhựa đường chuyển sang trạng thái đặc trong suốt quá trình vận chuyển cũng như trong quá trình làm hàng [1]. Theo nguyên lý hâm nóng và bảo ôn hàng hóa, trên các tàu chở hàng nhựa đường đặc, nhựa đường lỏng nhũ tương và tùy theo dung tích kết hàng, trọng tải tàu và khả năng thích ứng mà có thể sử dụng các phương pháp hâm nóng khác nhau [1]. Tính toán và thiết kế hệ thống hâm nóng nhựa đường nhằm duy trì độ nhớt và nhiệt độ của nhựa đường ở một trạng thái nhất định đòi hỏi phải được lập trình và tính tự động để nhanh chóng đưa ra kết quả phù hợp với từng loại tàu, loại hàng hóa và đặc điểm chuyên chở là một yêu cầu cần thiết trong công nghệ đóng tàu và khai thác vận chuyển hàng hóa hiện nay.

2. Tính toán hệ thống hâm kết hàng tàu chở nhựa đường

2.1 Các phương pháp hâm kết hàng trên tàu chở nhựa đường [6]

- Hâm nóng bằng khí xả của động cơ diesel: Khí xả của động cơ diesel được quạt gió có lưu lượng và áp suất phù hợp đẩy đến các tầng đáy đôi hoặc các ống ruột gà bố trí trong các kết để hâm nóng. Tại đây, khí nóng trực tiếp truyền nhiệt cho công chất thông qua các vách kết bố trí độc lập hoặc ống dẫn ruột gà bố trí trong kết nhựa đường. Một cách khác là khí xả truyền nhiệt cho công chất trung gian trong bộ thiết bị tận dụng nhiệt khí xả. Công chất sau khi đạt đến nhiệt độ phù hợp sẽ đi hâm nóng và duy trì nhựa đường ở chế độ nhiệt cần thiết.

¹PGS.TS, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

²TS, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

*Tác giả chính. E-mail: nguyendaiandhhh@gmail.com.

- Hâm nóng bằng hơi nước: Hơi sau khi ra khỏi nồi hơi, sẽ qua bộ quá nhiệt đi tới các hệ tiêu thụ như các bầu hâm, các dàn ống hâm các két dầu, các phòng tắm..., trong đó có các két nhựa đường. Sau khi trao nhiệt cho nhựa đường, hơi sẽ ngưng tụ thành nước và được bơm trở lại trống nước của nồi hơi. Để hâm nóng nhựa đường, thường bố trí trong mỗi két chứa nhựa đường hệ thống ống ruột gà có đường kính trong từ 40÷50 mm, hơi nước được đưa đến các ống ruột gà thông qua đường ống hơi chính. Việc hâm nóng nhựa đường bằng hệ thống ống ruột gà được tiến hành theo các két riêng biệt nên tất cả các đường ống dẫn của ống ruột gà đều được bố trí van 1 chiều riêng biệt.

- Hâm nóng bằng điện: Những dây có điện trở cao, gọi là các thanh điện được lắp đặt trong các ống hình chữ U, chế tạo bằng sứ hoặc vật liệu nano, đặt trong két chứa nhựa đường. Chiều dài của thanh điện phụ thuộc vào bề rộng của két nhựa đường và được cố định chặt với két bằng các bu lông kiên kết. Ngoài ra, các thanh điện còn có thể được lắp vào các két trung gian chứa chất tải nhiệt "thermal oil", sau đó chất tải nhiệt này được dẫn đến các két để hâm nóng nhựa đường bằng ống dẫn ruột gà.

- Hâm nóng bằng dầu truyền nhiệt ("Thermal oil" hay "hot oil"): Trong nhiều năm gần đây hệ thống hâm nóng nhựa đường bằng dầu truyền nhiệt (Thermal oil hoặc hot oil) đã được áp dụng trên tàu thủy và đang từng bước thay thế cho các hệ thống hâm nóng dầu tuyền thống đã lỗi thời. Các thiết bị của hệ thống hâm nóng bằng dầu tải nhiệt đã được trang bị trên các tàu chở dầu, chở hóa chất, chở nhựa đường lỏng có trọng tải đến 100.000 DWT. Dầu làm công chất được hâm nóng thông qua thiết bị có tên "Exhaust Gas Heater", "Thermal oil heater" hoặc có thể hâm dầu truyền nhiệt bằng hơi nước của nồi hơi phụ khí thải hoặc một số biện pháp khác. Sau khi được gia nhiệt, dầu nóng được bơm vận chuyển đi hâm các khoang hàng.

- Hâm nóng bằng phương pháp hỗn hợp dùng khí thải của động cơ diesel và dầu truyền nhiệt "thermal oil" hay "hot oil".

2.2 Cơ sở lý thuyết tính toán thiết bị trao đổi nhiệt cho hệ thống hâm

Trên cơ sở kết cấu két nhựa đường (Hình 1), bài toán tính nhiệt cho két nhựa đường duy trì nhiệt độ khoảng 160±10°C bao gồm tổng hợp các bài toán sau: Tỏa nhiệt đối lưu khí chất lỏng (dầu truyền nhiệt) chuyển động trong ống; Truyền nhiệt từ ống sang nhựa đường; Truyền nhiệt qua vách phẳng nhiều lớp bao gồm vách của két nhựa đường, lớp bọc bảo ôn cách nhiệt, lớp không khí và truyền nhiệt qua lớp vỏ tàu ra ngoài.

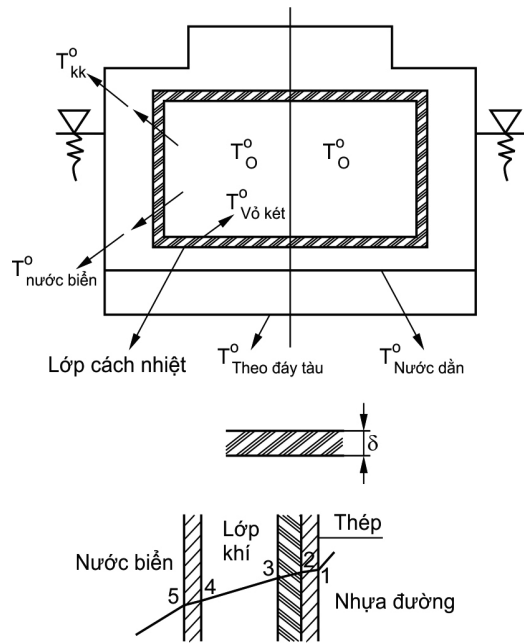
Tổn thất nhiệt từ các két hàng ra môi trường xung quanh là một bài toán phức tạp do bản chất của bài toán truyền nhiệt nhiều phương, do tính chất phức tạp của hàng hóa vận chuyển, do kết cấu phức tạp của các két nhựa đường và thân tàu, và do điều kiện khai thác luôn thay đổi.

a) Phương trình cân bằng nhiệt

Phương trình cân bằng nhiệt tổng quát liên hệ các hệ số entanpi ra, vào thiết bị với nhiệt truyền qua vỏ thiết bị ra môi trường và biến thiên nội năng của thiết bị. Ở dạng tích phân, phương trình cân bằng nhiệt tổng quát có dạng: [3-5]

$$\sum Q = (\Delta I_1 + \Delta I_2 + Q_k)\tau + \Delta U \quad [W] \quad (1)$$

trong đó: $\Delta I_1 = G_1(i_1'' - i_1')$ = $G_1 C_{p1}(t_1' - t_1'') < 0$, do chất lỏng 1 tỏa nhiệt; $\Delta I_2 = G_2(i_2' - i_2'') = G_2 C_{p2}(t_2' - t_2'') > 0$, do chất lỏng 2 thu nhiệt; ΔI_1 là Hiệu entanpi ra-vào của chất lỏng 1 w/m²; ΔI_2 là Hiệu entanpi ra-vào của chất lỏng 2 w/m²; $Q_k = \sum k_i F_i (t - t_f)$, [W] là nhiệt truyền từ chất lỏng có nhiệt độ t qua các diện tích F_i của vỏ thiết bị ra môi trường nhiệt độ t_f . Với thiết bị gia nhiệt thường có: $t > t_f$ nên $Q_k > 0$ tức môi trường nhận nhiệt. Với thiết bị làm lạnh, thường $t < t_f$ nên $Q_k < 0$ tức môi trường tỏa nhiệt vào thiết bị; $\tau[s]$ là thời gian từ khi khởi động thiết bị ở nhiệt độ t_0 đến nhiệt độ t_f ; G_1 là lưu lượng chất lỏng 1 kg/s; G_2 là lưu lượng chất



Hình 1. Mặt cắt ngang của két nhựa đường [2]

lòng 2 kg/s; C_{p1} là nhiệt dung riêng đẳng áp chất lỏng 1 j/kg; C_{p2} là nhiệt dung riêng đẳng áp chất lỏng 2 j/kg; i_1'' , i_1' là Entanpi chất lỏng 1 tại cửa ra, vào w/m²; i_2'' , i_2' là Entanpi chất lỏng 2 tại cửa ra, vào w/m²; t_1'' , t_1' là nhiệt độ chất lỏng 1 tại cửa ra, vào °C; t_2'' , t_2' là nhiệt độ chất lỏng 2 tại cửa ra, vào °C; $\Delta U = \sum V\rho_i C_i(t_i - t_o)$ là biến thiên nội năng của các chi tiết tạo ra thiết bị J.

Phương trình cân bằng nhiệt tổng quát sẽ có dạng:

$$\Delta Q = [\rho_1 \omega_1 f_1 (i_1'' - i_1') + \rho_2 \omega_2 f_2 (i_2'' - i_2') + \sum k F_i (t - t_j)] \tau \sum V \rho_i C_i (t_i - t_o), \quad [W] \quad (2)$$

trong đó: ρ_1, ρ_2 là khối lượng riêng của chất lỏng 1, 2, [kg/m³]; ω_1, ω_2 là tốc độ chuyển động của chất lỏng 1, 2, [m/s]; f_1, f_2 là thiết diện lưu thông của chất lỏng 1, 2, [m].

2.2.2 Phương trình truyền nhiệt

Phương trình truyền nhiệt dạng vi phân là những phương trình mô tả lượng nhiệt trao đổi giữa 2 chất lỏng qua mặt trao đổi nhiệt bằng phương thức truyền nhiệt [3-5].

Lượng nhiệt δQ truyền từ chất lỏng nóng nhiệt độ t_1 qua diện tích dF_x của mặt trao đổi nhiệt đến chất lỏng lạnh nhiệt độ t_2 là:

$$\delta Q = k(t_1 - t_2)dF_x = k\delta t_x dF_x, \quad [W] \quad (3)$$

trong đó: $k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}$ là hệ số truyền nhiệt qua vách, thường được coi là không đổi trong mặt F .

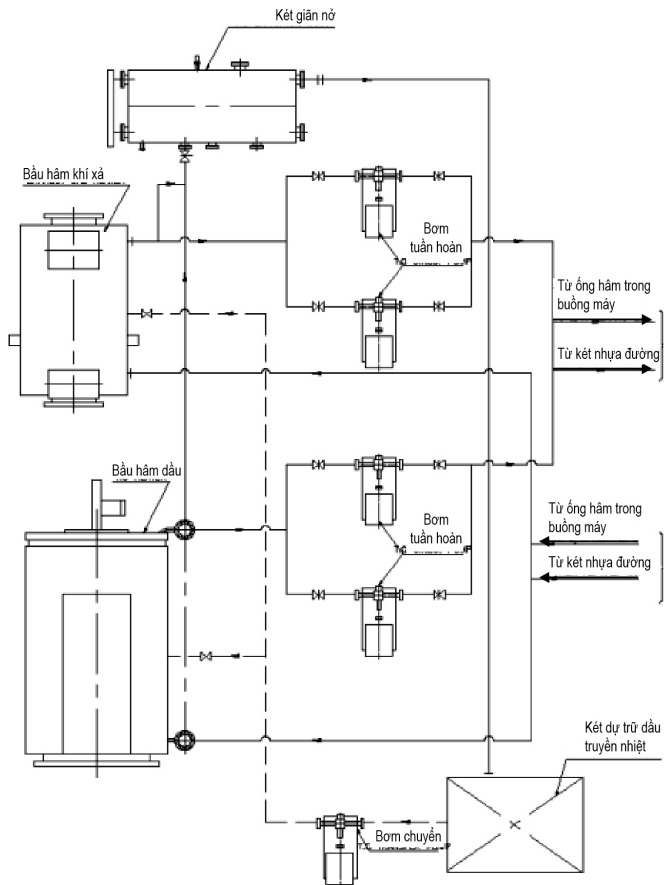
[W/m².độ]; $\delta t_x = t_1(x) - t_2(x) = f(F_x)$ là độ chênh nhiệt độ của 2 chất lỏng hai bên mặt dF_x phụ thuộc vị trí F_x , [°C]; α_1, α_2 là hệ số tỏa nhiệt đối lưu của chất lỏng 1 và 2, [w/m²độ]; δ_i là chiều dày của vách thứ i , [m]; λ_i là hệ số dẫn nhiệt của vách thứ i , [w/m độ].

2.3 Lựa chọn phương pháp hâm nhựa đường

Theo các số liệu phân tích, nghiên cứu, mỗi phương pháp hâm nhựa đường đều có ưu, nhược điểm khác nhau. Trong phạm vi bài toán cụ thể cho tàu chở nhựa đường 1.700m³ trên tuyến hàng hải biển Đông Nam Á, lựa chọn thiết bị hâm là liên hợp của 01 bình gia nhiệt tiết kiệm và 01 bầu hâm dầu truyền nhiệt. Bình gia nhiệt tiết kiệm dùng hâm nóng và duy trì nhiệt độ của nhựa đường khi tàu đang hành hải, bầu hâm dầu truyền nhiệt dùng khi tàu đỗ tại cảng và làm hàng. Phương án lựa chọn này có các ưu điểm sau:

- Tiết kiệm được nhiên liệu và thời gian khai thác, làm hàng.
- Do tách rời nhau nên kích thước của nồi hơi khí xả và nồi hơi đốt dầu nhỏ gọn, thuận lợi cho việc bố trí và lắp đặt trên tàu.
- Có phương án dự phòng khi một trong hai thiết bị gia nhiệt bị sự cố.

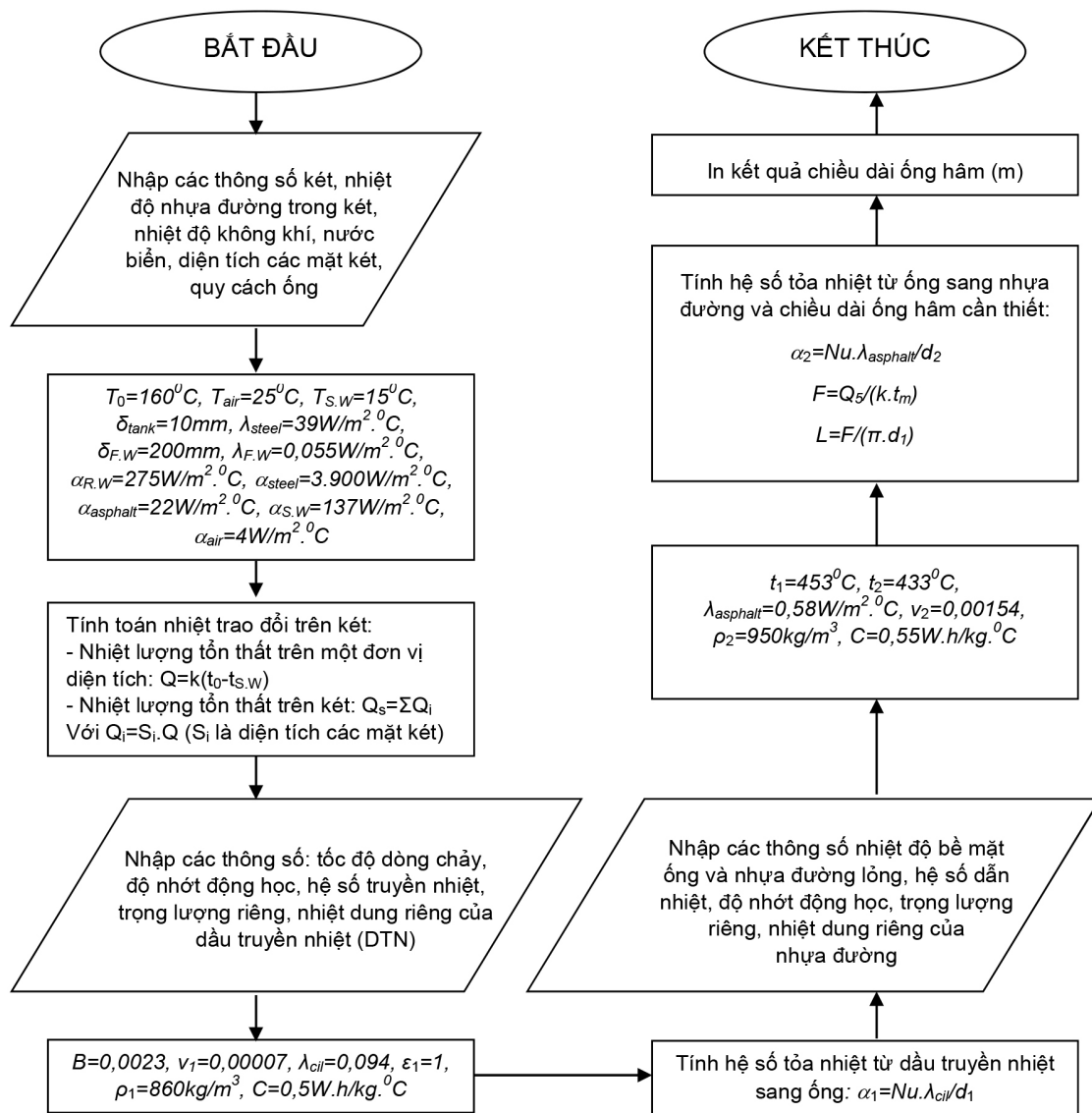
Sơ đồ hâm kết hàng cho tàu chở nhựa đường 1.700 m³ như Hình 2, với nguyên lý hoạt động như sau: Dầu truyền nhiệt được hâm nóng bằng bầu hâm dầu truyền nhiệt hoặc bình gia nhiệt tiết kiệm đến nhiệt độ thích hợp sẽ được các bơm tuần hoàn đưa đến hâm các kết nhựa đường. Dầu hồi sẽ lại được đưa về bầu hâm dầu truyền nhiệt hoặc bình gia nhiệt tiết kiệm tạo thành một vòng tuần hoàn



Hình 2. Sơ đồ hâm kết hàng cho tàu chở nhựa đường 1.700 m³

khép kín. Hơi nóng thoát ra của dầu truyền nhiệt sẽ được gom lại trên kết giãn nở. Việc bổ sung lượng dầu hao hụt vào hệ thống sẽ được bơm vận chuyển dầu truyền nhiệt hút từ kết dự trữ tới bầu hâm dầu truyền nhiệt hoặc bình gia nhiệt tiết kiệm.

Sơ đồ khối tính toán lượng nhiệt tổn thất và chiều dài đường ống hâm cần thiết được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ khối tính nhiệt cho hệ thống hâm nhựa đường tàu 1.700 m³



3. Kết quả tính toán

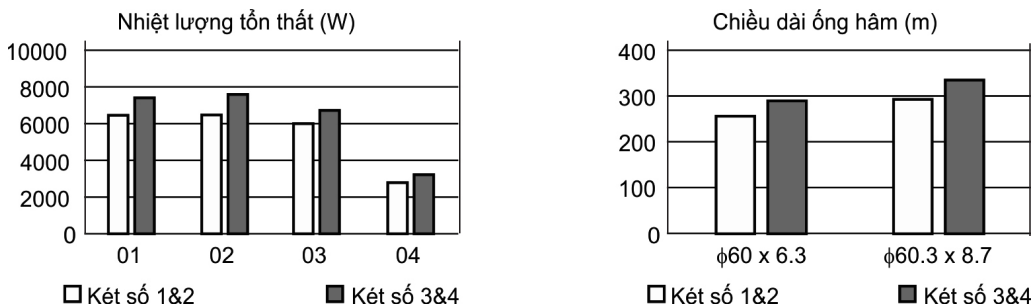
Quá trình tính toán được thực hiện bằng phần mềm có tên gọi là “Heat Calculator” được viết bằng ngôn ngữ lập trình Visual Basic. Ngôn ngữ này có ưu điểm là dễ hiểu, thuận tiện, tương đối mạnh và phù hợp trong công nghệ tàu thủy. Các thông số đầu vào bao gồm các thông số đặc trưng của tàu, kích thước kết, đặc tính của công chất, nhựa đường... bảng biểu, đồ thị... Kết quả tính cho 2 trường hợp hợp kích thước ống hâm khác nhau Ø60×6.3 (mm) và Ø60.3×8.7(mm). Kết quả tính toán thử nghiệm cho 8 kết hàng nhựa đường mạn trái và mạn phải được thể hiện trong Bảng 1 và các đồ thị Hình 4. Các đại lượng tính toán bao gồm: Các thành phần tổn thất nhiệt lượng: Q1 và Q4 (qua các mặt bên kết), Q2 (qua mặt trên kết), Q3 (qua mặt đáy kết); Hệ số tỏa nhiệt: từ dầu sang ống, từ ống sang nhựa đường; Hệ số truyền nhiệt qua vách ống và qua các thành vách kết; Chiều dài đường ống hâm nhựa đường.



Bảng 1. Kết quả tính toán chiều dài đường ống hâm trong hệ thống hâm nhựa đường tàu 1.700 m³

Kích thước ống	Tên kết	Nhiệt lượng tổn thất (W)					Hệ số tỏa nhiệt (W/m ² .°C)		Hệ số truyền nhiệt đối lưu (W/m ² . °C)	Chiều dài đường ống hâm (m)
		Q1	Q2	Q3	Q4	ΣQ	Từ dầu sang ống	Từ ống sang nhựa đường		
Ø60×6.3 (mm)	Kết số 1 & 2	6469.305	6496.226	6024.182	2771.866	21761.579	145.676	110.5	3.37	253
	Kết số 3 & 4	7348.023	7645.839	6713.118	3206.231	24913.211	145.676	110.5		289.8
Ø60.3×8.7 (mm)	Kết số 1 & 2	6469.305	6496.226	6024.182	2771.866	21761.579	151.506	110.5	3.25	292
	Kết số 3 & 4	7348.023	7645.839	6713.118	3206.231	24913.211	151.506	110.5		334.1

Có thể thấy được tại các mặt bên, đỉnh kết và đáy kết, nơi có kết cấu vỏ tàu bao che, lượng nhiệt tổn thất là rất lớn. Với cùng kích thước, kết cấu kết, kết cấu cách nhiệt và bố trí đường ống hâm, đường kính và chiều dày ống càng lớn thì chiều dài đường ống hâm tăng lên tỷ lệ thuận, mặc dù hệ số truyền nhiệt đối lưu giảm đi.



Hình 4. Các thành phần nhiệt lượng tổn thất và chiều dài ống hâm tính toán

4. Kết luận

Trên cơ sở lý thuyết về các phương pháp hâm nhựa đường sử dụng hiện nay và các phương pháp tính nhiệt, bài báo đưa ra mô hình tính toán tự động trên máy tính áp dụng thực tế trong thiết kế các tàu chở nhựa đường. Quá trình này sẽ giúp tiết kiệm thời gian và lựa chọn được nhanh chóng chiều dài đường ống hâm với kích thước đường ống hợp lý. Việc tính toán đã được áp dụng thử nghiệm cho tàu chở nhựa đường 1.700m³ trong suốt quá trình thiết kế và đóng mới, mang lại hiệu quả cao. Bên cạnh đó, phương pháp tính và chương trình tính cũng có thể sử dụng để tính toán các hệ thống ống hâm khác trên các đội tàu.

Tài liệu tham khảo

- 22TCN 279-01 (2001), *Tiêu chuẩn vật liệu nhựa đường đặc*, Bộ Giao thông Vận tải.
- Công ty CP tư vấn thiết kế và giám sát tàu thủy Viễn Đông (2013), *Hồ sơ kỹ thuật tàu chở nhựa đường 1700m³*.
- Nguyễn Đại An (2008), *Nhiệt kỹ thuật*, Nhà xuất bản Hải Phòng;
- Bùi Hải (2008), *Tính toán thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội;
- Đặng Quốc Phú, Trần Thế Sơn, Trần Văn Phú (2006), *Truyền nhiệt*, Nhà xuất bản Giáo dục;
- Phạm Tường Tam (2008), *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thử thiết bị hâm nóng dầu thô và thiết bị bảo vệ hệ thống khí trơ và khoang hàng cho quá trình khai thác an toàn tàu chở dầu thô 100.000T*, Đề tài khoa học kỹ thuật, Viện khoa học Công nghệ tàu thủy;
- MIURA CO., Ltd. (Japan) (2014), *Marine thermal oil heater HTB type*.
- Heywood J.B. (1988), *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Book.