

Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Giám sát và đánh giá hệ số tắc nghẽn tại bộ trao đổi nhiệt dạng tấm giàn công nghệ xử lý khí Hải Thạch

Trần Ngọc Trung ^{1,*}, Ngô Hữu Hải ¹, Triệu Hùng Trường ²

¹ Công ty Điều Hành Dầu Khí Biển Đông, Việt Nam

² Khoa Dầu khí, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 19/11/2018
Chấp nhận 07/01/2019
Đăng online 28/02/2019

Từ khóa:

Bộ trao đổi nhiệt
Hệ số tắc nghẽn
Mô khí condensate Hải Thạch

Tại giàn công nghệ xử lý khí trung tâm Hải Thạch (PQP Hải Thạch), các bộ trao đổi nhiệt tham gia vào quá trình tách lỏng ra khỏi dòng khí ướt, ổn định hoá sản phẩm condensate hay làm mát dòng khí thương mại tại đầu ra của máy nén khí cao áp. Hiệu suất của các bộ trao đổi nhiệt đóng vai trò rất quan trọng trong việc tối ưu hoá năng lượng, điều hành sản xuất và kiểm soát sản phẩm thương mại đầu ra. Một mô hình tính toán thời gian thực sử dụng dữ liệu từ hệ thống điều khiển trung tâm và hệ thống lưu trữ thông số công nghệ được phát triển để giúp đánh giá hiệu suất trao đổi nhiệt và hệ số tắc nghẽn của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm (Plate Type Exchanger) tại giàn PQP Hải Thạch. Các phương trình vật lý được sử dụng để đánh giá hệ số tắc nghẽn thời gian thực mà không phải xâm nhập vào thiết bị trao đổi nhiệt. Việc có được hệ số tắc nghẽn sẽ giúp cho các kỹ sư vận hành xác định/ đánh giá được bộ trao đổi nhiệt nào cần phải được kiểm tra và làm sạch và đồng thời đưa ra các quyết định nhằm tối đa lượng nhiệt khôi phục được từ hệ thống công nghệ. Kết quả của mô hình cho thấy một số giai đoạn phát triển vượt bậc của tắc nghẽn sinh học (biofouling) trong khi nếu chỉ giám sát thông số sụt áp đi qua bộ trao đổi nhiệt dạng tấm sẽ không thể phát hiện ra. Kết quả này cũng phù hợp với các kết quả khảo sát tại thực tế về biofouling (hàu bám) lên các tấm trao đổi nhiệt khi thiết bị này được mở ra kiểm tra.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Trong các hệ thống công nghệ, bộ trao đổi nhiệt thường được dùng để thu hồi nhiệt hay tối ưu hoá tối đa quá trình sử dụng năng lượng. Khi có lớp cặn bám tích tụ không mong muốn tại bề mặt trao đổi nhiệt thì sẽ tạo ra hiệu ứng tắc nghẽn bộ trao đổi nhiệt (Al-Haj Ibrahim, 2012). Hậu quả

của nó gây ra giảm hiệu suất trao đổi nhiệt và đồng thời gây ra sự chậm trễ trong hệ thống xử lý khí mà nhu cầu mong muốn một lượng nhiệt nhất định nhưng lại chỉ được đáp ứng một phần. Ngoài ra thì hiện tượng giảm áp do ma sát và dòng chảy đi qua khe hẹp cũng làm giảm đáng kể hiệu quả trao đổi nhiệt. Sự tắc nghẽn trong các bộ trao đổi nhiệt là nguyên nhân chính dẫn đến việc gia tăng năng lượng tiêu thụ và lượng khí thải CO₂, tăng chi phí sản xuất và vận hành đối với các hệ thống công nghệ. Tới một giới hạn nhất định của tắc nghẽn,

*Tác giả liên hệ

E - mail: trungtn@biendongpoc.vn

các bộ trao đổi nhiệt phải được tách ra khỏi hệ thống công nghệ để súc rửa hoặc thay thế. Theo Hassan, 15% chi phí vận hành và bảo dưỡng các nhà máy được phân bổ vào các công tác liên quan đến các bộ trao đổi nhiệt và nồi hơi, một nửa trong số này lại dùng để xử lý sự tắc nghẽn bộ trao đổi nhiệt. Chi phí này đã bao gồm thiệt hại về sản lượng do giảm hiệu suất trao đổi, chi phí thiệt hại do dừng sản xuất, chi phí tháo lắp, cọ rửa bằng hoá chất và thay thế các bộ phận bị ăn mòn (Al-Haj Ibrahim, 2012). Các nghiên cứu về hiện tượng tắc nghẽn và các biện pháp loại bỏ đều nhằm mục tiêu tối ưu hoá năng lượng tiêu thụ trong quá trình trao đổi nhiệt (Förster, Augustin, & Bohnet, 1999). Trong các ứng dụng công nghiệp, sự tắc nghẽn là nguyên nhân thường gặp đối với 90% các bộ trao đổi nhiệt (Steinhagen, Müller-Steinhagen, & Maani, 1993).

Tại giàn công nghệ xử lý khí trung tâm Hải Thạch, các bộ trao đổi nhiệt tham gia vào quá trình tách lỏng ra khỏi dòng khí ướt, ổn định hoá sản phẩm condensate hay làm mát dòng khí thương mại tại đầu ra của máy nén khí cao áp (Bien Dong POC, 2012). Do đó hiệu suất của các bộ trao đổi nhiệt đóng vai trò rất quan trọng trong việc tối ưu hoá năng lượng, điều hành sản xuất và kiểm soát sản phẩm thương mại đầu ra. Đối với giàn khai thác và xử lý khí như PQP Hải Thạch thì việc kiểm tra bề mặt trao đổi nhiệt và súc rửa định kì là vô cùng khó khăn. Do đó, mục tiêu chính của nghiên cứu này là đưa ra phương pháp tính toán thời gian thực hiệu suất trao đổi nhiệt hay hệ số tắc nghẽn của tất cả các bộ trao đổi nhiệt trong hệ thống công nghệ. Việc có được hệ số tắc nghẽn sẽ giúp cho các kĩ sư vận hành có thể chỉ ra được bộ trao đổi nhiệt nào cần phải được kiểm tra và làm sạch và đồng thời đưa ra các quyết định nhằm tối đa lượng nhiệt khôi phục được từ hệ thống công nghệ.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan về sự tắc nghẽn trong các bộ trao đổi nhiệt và các nghiên cứu trên thế giới

Việc thiết kế và vận hành các thiết bị trao đổi nhiệt hoàn toàn bị ảnh hưởng bởi quá trình tắc nghẽn. Các phương pháp phòng ngừa sự tắc nghẽn thường được áp dụng để kéo dài thời gian làm việc của thiết bị. Trong khi đó, các biện pháp loại trừ sự tắc nghẽn (như sử dụng hoá chất) có tác động nhất định đến môi trường xung quanh.

Do đó, các nghiên cứu gần đây tập trung vào phân tích và đánh giá hiện tượng tắc nghẽn; phát triển các thiết bị đánh giá hệ số tắc nghẽn chính xác hơn; phát triển các biện pháp phòng ngừa và loại bỏ sự tắc nghẽn trong các thiết bị trao đổi nhiệt. Như nghiên cứu của Sung và đồng nghiệp chỉ ra phương pháp giảm thiểu sự tắc nghẽn bằng cách sử dụng điện cực trên bề mặt trao đổi nhiệt: sau 270 giờ làm việc, với hệ thống có áp dụng công nghệ Eleetronic Anti-fouling (EAF) thì hệ số tắc nghẽn giảm đi 70% so với việc không áp dụng công nghệ EAF này (Sung, Suh, & Kim, 2008). Trong khi đó, nghiên cứu của Bott và Melo đã chỉ ra cơ chế phát triển của sự tắc nghẽn sinh học, mô hình và phương trình hoá quá trình hình thành các lớp tắc nghẽn sinh học. Qua đó đưa ra các phương pháp ngăn ngừa và kiểm soát sự phát triển của tắc nghẽn sinh học trong các bộ trao đổi nhiệt (Bott & Melo, 1997). Sincic thì tập trung nghiên cứu thiết bị giám sát giúp phân tích và đánh giá quá trình tắc nghẽn trong bộ trao đổi nhiệt của phân đoạn chưng cất dầu thô; ảnh hưởng dầu thô trong quá trình hình thành và phát triển sự tắc nghẽn trong các bộ trao đổi nhiệt (Sincic, 2015). Còn trong nghiên cứu của Webb và Li, ảnh hưởng của việc thay đổi hình dạng bên trong lòng ống trao đổi nhiệt có tác động trực tiếp đến hệ số tắc nghẽn của bộ trao đổi nhiệt. Bằng cách thay đổi các đường xoắn ốc bên trong lòng ống, hệ số tắc nghẽn của hệ đã thay đổi (Webb & Li, 2000). Ở một khía cạnh nghiên cứu khác, rất nhiều tác giả tập trung vào việc mô hình và phương trình hoá quá trình hình thành các lớp tắc nghẽn dựa trên các điều kiện thông số vận hành. Lưu lượng và tính chất của dòng môi chất trong hệ thống trao đổi nhiệt thường không tương ứng với thông số thiết kế. Do đó, việc đánh giá sự tắc nghẽn trong bộ trao đổi nhiệt bất kì không nên chỉ dựa vào các thông số giả định trong giai đoạn tính toán thiết kế. Phương pháp đơn giản và hiệu quả nhất để đánh giá hệ số tắc nghẽn của bộ trao đổi nhiệt là dựa vào tính toán hiệu suất trao đổi nhiệt, lưu lượng dòng chảy, nhiệt độ đầu vào/đầu ra của các môi chất (Genic et al., 2012; Jerónimo et al., 1997). Cùng với việc phát triển mô hình phương trình hoá hệ số tắc nghẽn, là các nghiên cứu nâng cao khả năng giám sát hiệu suất bộ trao đổi nhiệt để có thể đánh giá theo thời gian thực tác động của sự tắc nghẽn. William đã xây dựng mô hình từ dữ liệu từ hệ thống điều khiển trung tâm kết hợp với các

phương trình trao đổi nhiệt của hệ (William P. Swan, 2018). Kết quả của mô hình này đã giúp đánh giá hiệu suất trao đổi nhiệt dựa trên các thông số thời gian thực trong điều kiện làm việc thực tế. Liporace và các đồng nghiệp tập trung nghiên cứu so sánh hiệu suất trao đổi nhiệt hay hệ số tắc nghẽn của tất cả các bộ trao đổi nhiệt theo thời gian thực trong tổng thể của hệ thống công nghệ. Kết quả của nghiên cứu giúp chỉ ra được bộ trao đổi nhiệt nào cần phải được kiểm tra và làm sạch trong một chuỗi các thiết bị liên tiếp (Liporace & Gregório de Oliveira, 2007). Trong khi đó, Ardosomang và cộng sự tập trung phân tích hiệu suất trao đổi nhiệt và đánh giá thời gian hữu dụng còn lại (Remaining Useful Life) của các bộ trao đổi nhiệt (Ardosomang et al. , 2013).

2. 2. Các loại tắc nghẽn khác nhau dựa trên các quá trình lý và hoá học có liên quan

Tuỳ vào các đặc tính và cách thức hình thành tắc nghẽn được chia ra các loại như sau: sự tắc nghẽn chất lắng cặn, tắc nghẽn hạt, tắc nghẽn sinh học, tắc nghẽn do phản ứng hóa học, tắc nghẽn do ăn mòn và tắc nghẽn do đông đặc (Awad et al. , 2009; Kazi, 2012).

2. 2. 1. Sự tắc nghẽn chất lắng cặn hay còn gọi là tắc nghẽn do kết tinh (Precipitation Fouling)

Muối vô cơ hòa tan thường hiện diện trong môi chất sử dụng trong các bộ trao đổi nhiệt. Trong quá trình làm nóng hoặc làm mát sự quá bão hòa (supersaturation) xảy ra trong các muối vô cơ hòa tan. Các muối hòa tan như canxi hoặc magie sunphat, cacbonat, silicat. . có độ hòa tan ít hơn trong nước ấm so với trong nước lạnh. Điều này có thể xảy ra khi điều kiện quá trình bên trong bộ trao đổi nhiệt khác với điều kiện ở lối vào. Thông thường sự lắng cặn bắt đầu tại những điểm hoạt động đặc biệt – các vị trí tạo mầm – chẳng hạn như các vết trầy xước, các rãnh. Sau khi giai đoạn này thì việc lắng cặn lan rộng để che phủ toàn bộ bề mặt. Loại tắc nghẽn này rất bền và bám chặt và đòi hỏi biện pháp xử lý cơ học hoặc hóa học mạnh để loại bỏ (Kazi, 2012).

2. 2. 2. Sự tắc nghẽn hạt (Particulate Fouling)

Được phát triển bởi sự tích tụ các hạt rắn lơ lửng trong dòng chảy lưu chất lên bề mặt truyền nhiệt của bộ trao đổi nhiệt. Các hạt nặng lắng xuống trên bề mặt ngang do trọng lượng và các hạt

mịn lắng xuống trên các bề mặt truyền nhiệt tại các độ nghiêng khác nhau do lực hút hoặc các cơ chế khác. Các nhiên liệu không cháy hoặc lắng đọng tro trên các ống nồi hơi, lắng đọng bụi trên bình ngưng làm mát bằng không khí là những ví dụ của sự ô nhiễm hạt (Kazi, 2012).

2. 2. 3. Sự tắc nghẽn sinh học (Biofouling)

Trên một bề mặt truyền nhiệt, sự phát triển của các sinh vật dẫn đến tắc nghẽn sinh học. Trong trường hợp này là các vi sinh vật bám vào bề mặt truyền nhiệt. Khi các vi sinh vật (ví dụ: tảo, vi khuẩn, nấm mốc hoặc nhuyễn thể như hải vân với hệ thống trao đổi nhiệt dùng nước biển. . .) và các sản phẩm của chúng phát triển, chúng tạo thành tắc nghẽn sinh học (Gudmundsson, 2008). Những sự tắc nghẽn này có thể xảy ra một cách đồng thời. Sự phát triển của các sinh vật đi kèm là một trong những vấn đề phổ biến trong các hệ thống trao đổi nhiệt của trong các nhà máy chế biến thực phẩm, nhà máy điện ngưng hơi sử dụng nước biển (Hjalmar, 2014).

2. 2. 4. Sự tắc nghẽn do phản ứng hóa học (Chemical Reaction Fouling)

Loại tắc nghẽn này xảy ra khi các lắng đọng được hình thành do phản ứng hóa học tạo ra một pha rắn tại hoặc gần bề mặt của hệ thống trao đổi nhiệt. Trong các nghiên cứu hiện tại, vật liệu cacbonat lắng đọng do sự phân cấp nhiệt của các thành phần của một dòng lưu chất trên bề mặt truyền nhiệt nóng. Loại tắc nghẽn do phản ứng hoá học này thường bám cực kỳ chắc và cần một biện pháp đặc biệt để làm sạch những lắng cặn trên các bề mặt trao đổi nhiệt. Nếu không thì hiệu năng trao đổi nhiệt sẽ không được đảm bảo (Kazi, 2012).

2. 2. 5. Sự tắc nghẽn do ăn mòn (Corrosion Fouling)

Loại tắc nghẽn này cũng được gây ra bởi một vài phản ứng hóa học nhưng nó khác với sự tắc nghẽn do phản ứng hóa học. Bề mặt của bộ trao đổi nhiệt phản ứng với chất lỏng và bị ăn mòn. Các sản phẩm ăn mòn có thể làm bẩn bề mặt bộ trao đổi nhiệt và nó không hòa tan trong dung dịch sau khi hình thành. Đối với trường hợp này thì giá trị pH của dung dịch là một trong những thông số kiểm soát nghiêm ngặt. Sự ăn mòn thường dễ xảy ra ở phía chất lỏng của bộ trao đổi nhiệt. Trong một số trường hợp, sản phẩm của sự ăn mòn có

thể bị cuốn trôi xuống hạ lưu của vòng tuần hoàn lưu chất trong bộ trao đổi nhiệt và gây lắng đọng trên bề mặt ở đó (Kazi, 2012).

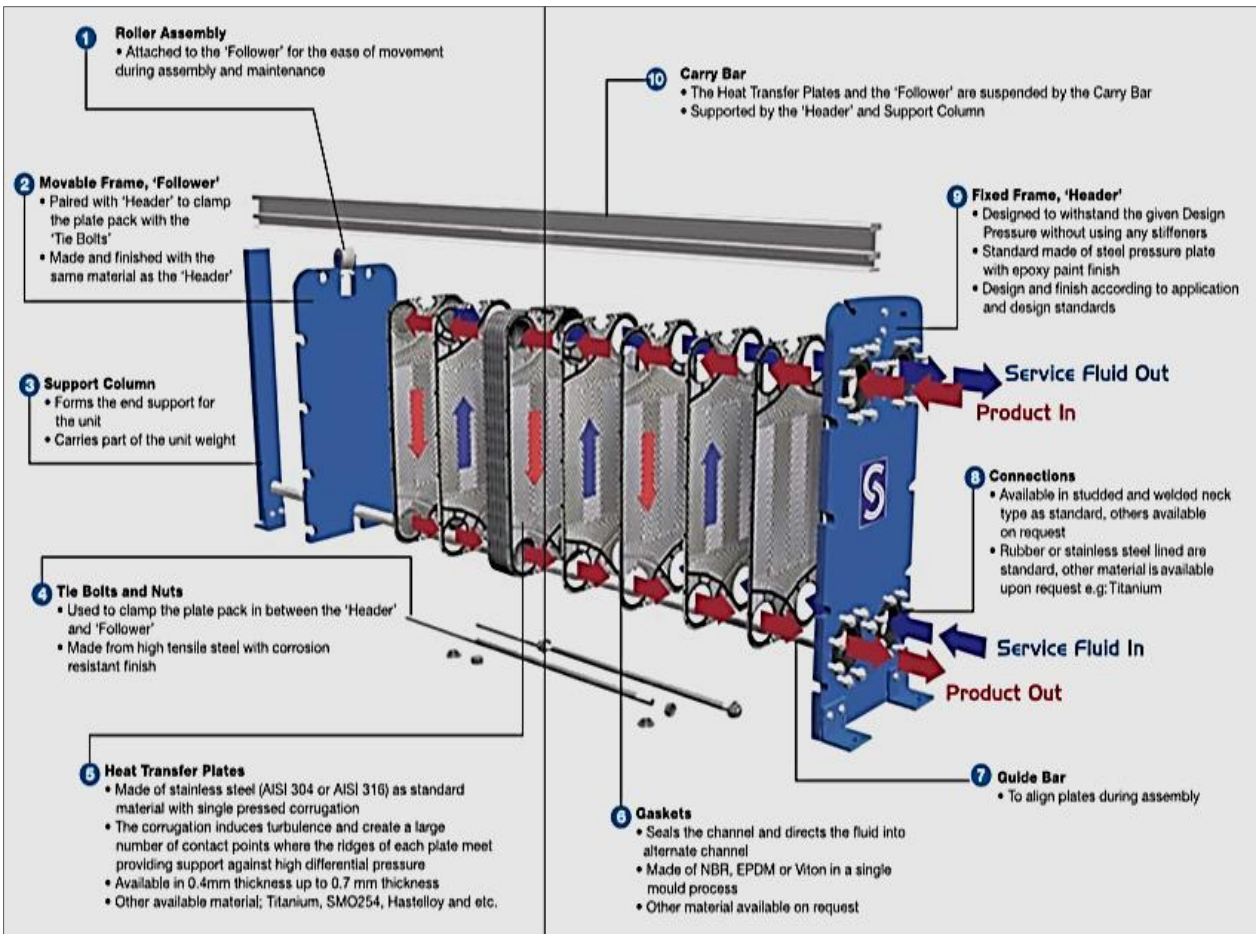
2. 2. 6. Sự tắc nghẽn do đông đặc hay đóng băng (Solidification Fouling)

Do sự đóng băng của một chất lỏng tinh khiết hoặc những chất thành phần có điểm tan chảy cao hơn đối với các giải pháp sử dụng hỗn hợp cho các bề mặt làm mát (Kazi, 2012).

2. 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu tại Biển Đông

Tại giàn Hải Thạch PQP có 2 loại bộ trao đổi nhiệt là: bộ trao đổi nhiệt dạng ống chùm (Tube and Shell Exchanger) (Hình 1) và bộ trao đổi nhiệt dạng tấm (Plate Type Exchanger). Đối tượng nghiên cứu để phân tích theo mô hình được phát triển trong nghiên cứu là bộ trao đổi nhiệt Seawater Cooling Medium Exchanger (SWCME) (Bảng 1).

Để đánh giá hệ số tắc nghẽn của bộ trao đổi nhiệt theo phương trình vật lý bên dưới thì cần thiết phải có các thiết bị đo áp suất, nhiệt độ và lưu lượng tại đầu vào và đầu ra của hai dòng môi chất. Hiện tại thì các bộ trao đổi nhiệt khác trên giàn công nghệ PQP Hải Thạch đang chưa có đủ thiết bị đo để đánh giá theo mô hình bên dưới. Ngoài ra SWCME có biểu hiện rõ ràng nhất của sự tắc nghẽn vì có sự đóng cặn hạt chất rắn trong nước biển lên bề mặt tấm trao đổi nhiệt. Môi chất bên trong bộ trao đổi nhiệt là nước biển đã giúp hình thành và phát triển vi sinh vật (cụ thể là hàu) và tảo biển tạo ra sự tắc nghẽn sinh học. Đối với giàn khai thác và xử lý khí như PQP Hải Thạch, việc kiểm tra bề mặt trao đổi nhiệt và sự rửa định kỳ là vô cùng khó khăn. Hiện tại, chỉ có SWCME là đã mở ra kiểm tra và làm vệ sinh các tấm trao đổi nhiệt bên trong. Các bộ trao đổi nhiệt khác chưa bao giờ được kiểm tra và sự rửa do sẽ làm gián đoạn hoạt động sản xuất khí và condensate.



Hình 1. Cấu tạo của bộ trao đổi nhiệt SWCME (Exchanger, 2012).

Bảng 1. Thông số thiết kế của Seawater Cooling Medium Exchanger.

Seawater Cooling Medium Exchanger	Thông số thiết kế
Chủng loại	Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm
Kết nối	Các tấm trao đổi nhiệt lắp song song
Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt/ tấm	2.1 m ²
Tổng diện tích bề mặt trao đổi nhiệt	1285.2 m ²
Môi chất dòng Nóng	Nước làm mát thành phần chủ yếu là nước ngọt có thêm phụ gia chống ăn mòn và glycol
Môi chất dòng Lạnh	Nước biển
Lưu lượng thiết kế tối đa dòng Nóng	3,012 tấn/h
Lưu lượng thiết kế tối đa dòng Lạnh	2,705 tấn/h

2. 5. Phương trình hệ số tắc nghẽn

Các đặc tính gây tắc nghẽn của một chất lỏng tiếp xúc với bề mặt truyền nhiệt phụ thuộc vào các thông số chính sau đây: vận tốc dòng chảy của môi chất; nhiệt độ bề mặt của hệ Trao Đổi Nhiệt; nhiệt độ môi chất; vật liệu của bề mặt truyền nhiệt trong hệ Trao Đổi Nhiệt; dạng hình học, kết cấu thiết kế của bề mặt truyền nhiệt và đặc tính của môi chất (Awad et al. , 2009).

Để tính toán Hệ Số Tắc Nghẽn, các thông số về nhiệt độ và lưu lượng dòng môi chất tại đầu vào và đầu ra bộ trao đổi nhiệt SWCME trong thực địa. Hệ Số Tắc Nghẽn R_f được xác định bằng cách so sánh mô hình trong điều kiện sạch (tại thời điểm $t = 0$) và sau đó khi bị tích tụ bẩn gây nên sự tắc nghẽn (Sung et al. , 2008):

$$R_f = \frac{1}{U_f} - \frac{1}{U_c} \quad (1)$$

Trong đó, U_c và U_f là các hệ số truyền nhiệt tổng thể của hệ trao đổi nhiệt trong điều kiện sạch và bẩn tương ứng (đơn vị là $\text{kJ}/\text{m}^2\text{°C}$).

Những hệ số này được tính toán từ phương trình truyền nhiệt tổng quát (ANSI, 2015):

$$Q = U \cdot A \cdot CLMTD \quad (2)$$

Trong đó, A là diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy (đơn vị m^2) và CLMTD là chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit đã hiệu chuẩn (Corrected Log Mean Temperature Difference, °C) (ANSI, 2015).

$$CLMTD = \text{Correction Factor} * LMTD \quad (3)$$

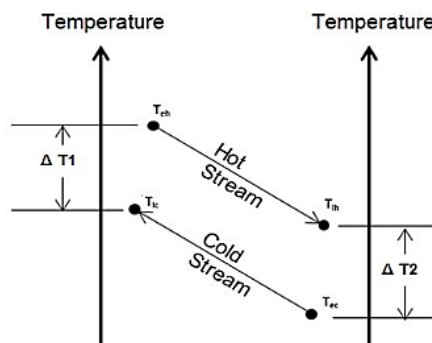
Với Correction Factor được xác định theo Chương 7 của Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA Standards)

dựa trên dạng thiết kế tổng thể của mô hình bộ trao đổi nhiệt (Association, 2007).

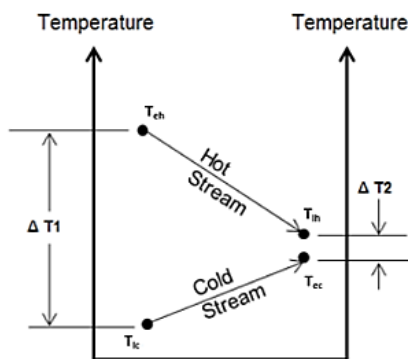
Còn LMTD(Log Mean Temperature Difference, °C) chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit được tính như sau (ANSI, 2015):

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (4)$$

Với ΔT_1 và ΔT_2 được định nghĩa như Hình 2 và Hình 3.



Hình 1. Delta T cho bộ trao đổi nhiệt dạng dòng chảy ngược chiều (ANSI, 2015).



Hình 2. Delta T cho bộ trao đổi nhiệt dạng dòng chảy cùng chiều (ANSI, 2015).

Do đó, đối với bộ trao đổi nhiệt dạng tấm có 2 dòng môi chất ngược chiều thì (ANSI, 2015):

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (5)$$

Trong đó: T_1 : Nhiệt độ đầu vào dòng môi chất Lạnh ($^{\circ}\text{C}$); T_2 : Nhiệt độ đầu ra dòng môi chất Lạnh ($^{\circ}\text{C}$); t_1 : Nhiệt độ đầu vào dòng môi chất Nóng ($^{\circ}\text{C}$); t_2 : Nhiệt độ đầu ra dòng môi chất Nóng ($^{\circ}\text{C}$).

Lượng truyền nhiệt Q , có thể tính như sau (ANSI, 2015):

$$\begin{aligned} Q &= m_{hs} C_{p(hs)} (t_2 - t_1) \\ &= m_{cs} C_{p(cs)} (T_1 - T_2) \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó: $C_{p(hs)}$: nhiệt dung riêng của chất lỏng tại dòng môi chất Nóng ($\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$); $C_{p(cs)}$: nhiệt dung riêng của chất lỏng tại dòng môi chất Lạnh ($\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$); m_{hs} : lưu lượng dòng môi chất Nóng (kg/h); m_{cs} : lưu lượng dòng môi chất Lạnh (kg/h).

Như đã đề cập trong phần trước, dạng đồ thị phổ biến nhất của Hệ Số Tắc Nghẽn trong các ứng dụng công nghiệp là dạng đồ thị tiệm cận. Và Hệ Số Tắc Nghẽn này có thể được mô tả bằng một phương trình hàm mũ như sau (Awad et al., 2009; Kazi, 2012):

$$R = R_f^* (1 - e^{-\beta t}) \quad (7)$$

Trong đó: R_f^* : giá trị tiệm cận của Hệ Số Tắc Nghẽn ($\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{kJ}$); t_c : hằng số thời gian (giờ làm việc); $\beta = \frac{1}{t_c}$.

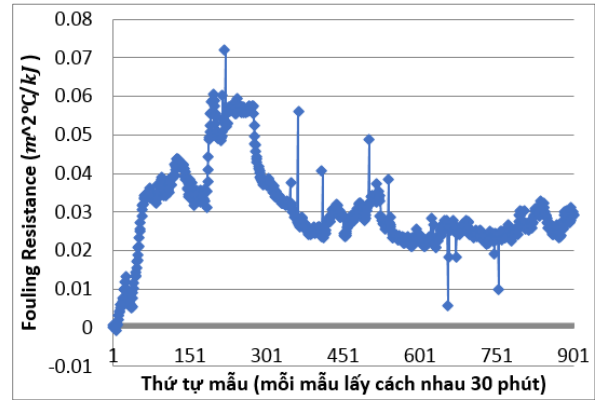
3. Kết quả và thảo luận

3. 1. Lấy mẫu khảo sát tại thực địa

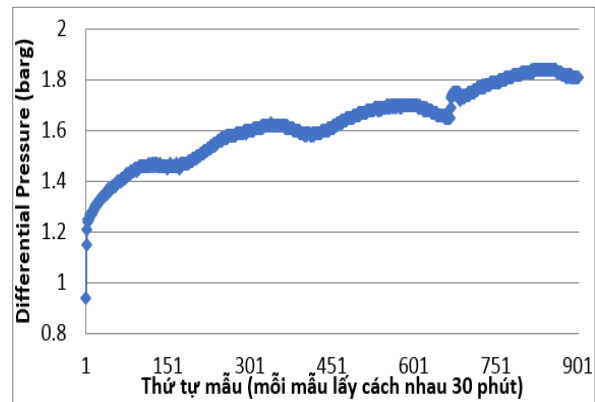
Các thiết bị đo lưu lượng và nhiệt độ 2 dòng môi chất tại đầu vào và đầu ra của bộ trao đổi nhiệt SWCME được sử dụng tại thực địa để khảo sát thông số vận hành trong vòng 18 ngày. Cứ 30 phút chúng ta sử dụng các thông số trên một lần (samples) để giúp đánh giá hệ số trao đổi nhiệt cho SWCME. Ngoài ra thì giá trị sụt áp của dòng nước biển khi đi qua SWCME được dùng để so sánh với đồ thị hệ số tắc nghẽn theo thời gian.

3. 2. Kết quả phân tích và thảo luận

Với các thông số như đã trình bày bên trên kết hợp với kết quả của mô hình tính toán hệ số tắc nghẽn cho bộ trao đổi nhiệt SWCME, hệ số tắc nghẽn được biểu diễn như Hình 4, 5.



Hình 4. Hệ số tắc nghẽn cho SWCME thay đổi theo thời gian.



Hình 5. Giá trị chênh áp tương ứng cho SWCME thay đổi theo thời gian.

Hệ số tắc nghẽn của bộ trao đổi nhiệt SWCME được biểu diễn trong hình số 4. Theo nghiên cứu của Awad và Kazi, quá trình tắc nghẽn được chỉ ra dựa trên Hệ Số Tắc Nghẽn (Fouling Resistance) R_f . Thông thường hệ số này có thể đạt được bằng quá trình kiểm tra thực nghiệm kết hợp áp dụng các phương trình toán học hoặc từ việc tính toán suy giảm công suất làm việc của bộ trao đổi nhiệt (Awad et al., 2009; Kazi, 2012). Các phương pháp này nhằm biểu diễn hệ số tắc nghẽn R_f theo trục thời gian thực. Trong đó, thời gian trễ t_d là khoảng thời gian ban đầu mà dòng môi chất có thể chảy qua với hiệu ứng tắc nghẽn là nhỏ. Cả 2 cùng chỉ ra rằng, trong các ứng dụng công nghiệp thì dạng đồ thị có tiệm cận nằm ngang là phổ biến nhất. Trong

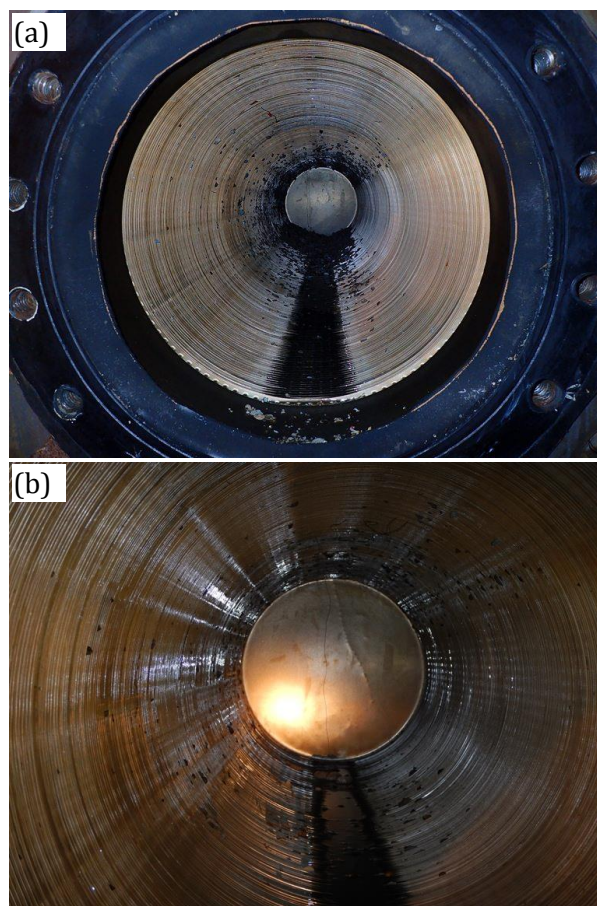
dạng đồ thị này, ban đầu sự tắc nghẽn tăng lên đều tuyến tính theo thời gian, cho đến khi đạt được trạng thái ổn định. Đó là khi hệ trao đổi nhiệt đã đạt được giá trị tiệm cận Hệ Số Tắc Nghẽn R_f^* (được gọi là asymptotic fouling resistant). Đường tiệm cận này có thể đạt được trong vài giờ, vài tuần hoặc vài tháng phụ thuộc vào những điều kiện hoạt động. Phương trình chung mô tả dạng đồ thị này có dạng $R_f = R_f^* (1 - e^{-\beta t})$ (Awad et al. , 2009; Kazi, 2012). Kết quả thực nghiệm với SWCME cho thấy rằng, giá trị tiệm cận R_f^* là $0.03 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{kJ}$ với khoảng thời gian trễ tương ứng 14 ngày. Tuy nhiên, có thể thấy rằng giai đoạn ban đầu thì hệ số tắc nghẽn không có dạng tuyến tính như Awad và Kazi đề cập. Hệ số tắc nghẽn trong giai đoạn này hoàn toàn phụ thuộc vào việc phát triển của biofouling. Giai đoạn tương ứng với thời gian từ 25 giờ đến 175 giờ (hình số 4) có sự phát triển vượt bậc của sự tắc nghẽn sinh học khi kiểm tra bằng đồ thị hệ số tắc nghẽn. Điều này sẽ được thảo luận bên dưới. Hệ số tắc nghẽn trong khoảng thời gian ban đầu không có dạng tuyến tính cũng tương đồng kết quả trong nghiên cứu của Sung và Genic (Sung et al. , 2008; Genic et al. , 2012).

Sự thay đổi về độ dày của lớp tích tụ gây tắc nghẽn có thể được miêu tả bằng 3 giai đoạn: giai đoạn hình thành ban đầu; giai đoạn dịch chuyển và phát triển của lớp tích tụ gây tắc nghẽn này và giai đoạn sau cùng có sự suy yếu về tính chất cơ học của lớp tích tụ khi mà có một tỉ trọng nhất định của lớp tích tụ bị loại bỏ. Do đó, theo đồ thị về hệ số tắc nghẽn của SWCME, giai đoạn tương ứng với thời gian từ 25 giờ đến 175 giờ có sự phát triển vượt bậc của sự tắc nghẽn sinh học khi kiểm tra bằng đồ thị hệ số tắc nghẽn (Hình 4). Tuy nhiên nếu chỉ giám sát thông số sụt áp khi đi qua bộ trao đổi nhiệt trong thời gian này sẽ không phát hiện ra (Hình 5).

Trong quá trình vận hành, bằng mô hình tính toán bên trên có thể ngay lập tức phát hiện ra sự bất thường của hệ số tắc nghẽn. Trong trường hợp này thì cũng có thể kiểm tra việc xử lý hoá chất hypochlorite natri (NaOCl) vào hệ thống nước biển có đạt hiệu quả như mong muốn hay không. Natri hypochlorite khi hoà tan trong nước tạo ra OCl^- . Sự hiện diện của các dạng chlorine phụ thuộc vào pH của nước, dạng Cl_2 không hiện diện khi pH lớn hơn 2; HOCl là dạng phổ biến nhất khi pH nằm trong khoảng 1-7.48; $\text{HOCl} = \text{OCl}^-$ khi pH bằng 7.48 và OCl^- thì cao hơn HOCl khi pH trên

7.48. Cơ chế tác dụng của chlorine trong khử trùng là HOCl phản ứng với hệ enzyme oxy hoá glyucose và các hoạt động trao đổi chất, kết quả gây chết vi sinh vật. Chlorine chỉ có hiệu quả khử trùng cao khi pH là nhỏ hơn 6 (Trương Quốc Phú, 2014).

Kết quả của phương pháp vật lý được nêu bên trên cũng trùng hợp với các phát hiện khi SWCME được mở ra. Có một lượng lớn tắc nghẽn sinh học (chủ yếu là hàu) tại các tấm trao đổi nhiệt được phát hiện (Hình 6). Sau khi tiến hành chu trình rửa ngược (đảo chiều dòng chảy) thì hiện tượng tắc nghẽn sinh học đã giảm đi rất nhiều.



Hình 6. Kiểm tra bên trong tại đường nước biển vào SWCME trước khi phát hiện có tắc nghẽn (a) và sau khi làm đảo ngược dòng chảy (b).

4. Kết luận

Việc đánh giá hệ số tắc nghẽn bằng mô hình như đã trình bày có ý nghĩa thực tiễn trong việc tối ưu hoá năng lượng, điều hành sản xuất và kiểm soát sản phẩm thương mại đầu ra tại giàn

Hải Thạch. Việc chỉ ra được cụ thể thời điểm mà sự tắc nghẽn sinh học (biofouling) phát triển vượt bậc sẽ giúp ta quyết định việc tách bộ trao đổi nhiệt ra khỏi hệ thống công nghệ để kiểm tra và sạch rửa. Ngoài ra, cũng có thể kiểm tra việc xử lý hoá chất hypochlorite natri (NaOCl) vào hệ thống nước biển giúp phòng tránh sự phát triển của biofouling có đạt hiệu quả như mong muốn hay không. Đề suất lắp đặt thêm thiết bị đo lường để tính toán hệ số tắc nghẽn cho các bộ trao đổi nhiệt dạng ống chùm (tube and shell exchanger) trên giàn PQP Hải Thạch.

Phương hướng nghiên cứu tiếp theo về sự tắc nghẽn bộ trao đổi nhiệt tại mỏ Hải Thạch bao gồm việc tạo mô hình mô phỏng hiệu suất trao đổi nhiệt cho bộ trao đổi nhiệt dạng ống chùm và bộ trao đổi nhiệt dạng tấm dùng phần mềm Aspen HYSYS và tính toán thời gian phải mở ra kiểm tra tiếp theo cho bộ trao đổi nhiệt dựa trên việc đánh giá hệ số tắc nghẽn tại thời điểm hiện tại, mối tương quan trong tương lai và tài liệu thiết kế cho tất cả các bộ trao đổi nhiệt còn lại trên giàn PQP Hải Thạch.

Tài liệu tham khảo

- Al-Haj Ibrahim, H. , 2012. Fouling in Heat Exchangers. In *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 40. 57-96.
- ANSI. , 2015. Performance Rating of Liquid to Liquid Heat Exchangers. In *ANSI Standards*, 2111 Wilso Boulevard, Suite 500 Arlington. VA 22201, USA.
- Ardsomang, T. , Hines, J. , & Upadhyaya, B. , 2013. Heat exchanger fouling and estimation of remaining useful life. In *Proceedings of the Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society 2013*. 150-158.
- Association, T. , 2007. Standard of tubular exchanger manufacturers association - Ninth Edition. In *TEMA Standards*, 25 North Broadway, Tarrytown, New York 10591, USA.
- Awad, M. , Gad, H. , & Yousef, A. , 2009. Effect of surface temperature on particulate and crystallization fouling. In *Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC 13 2009*, Hurghada, Egypt .
- Bien Dong POC. , 2012. Startup and Operating Manual for Hai Thach Production Platform.
- Bott, T. R. , & Melo, L. , 1997. Fouling of Heat Exchangers. In *Experimental Thermal and Fluid Science*, 14. 315. Doi: 10.1016/S0894-1777(96)00133-1.
- Exchanger, S. P. H. , 2012. Plate Heat Exchanger production manual. In *Operting Manual and Datasheet of Sondex South East Asia PTE KTD*.
- Förster, M. , Augustin, W. , & Bohnet, M. , 1999. Influence of the adhesion force crystal/heat exchanger surface on fouling mitigation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 38(4). 449-461. doi:https://doi.org/10.1016/S02552701(99)00042-2.
- Genic, S. , Jacimovic, B. , Mandí, D. , & Petroví, D. , 2012. Experimental determination of fouling factor on plate heat exchangers in district heating system. In *Energy and Buildings*, 50, 204211. doi:https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.039
- Gudmundsson, O. , 2008. Detection of fouling in heat exchangers. *Master Thesis*. University of Iceland, Iceland.
- Hjalmars, A. , 2014. Biofouling on plate heat exchangers and the impact of advanced oxidizing technology and ultrasound. In *Analytical Chemistry KTH*. Stockholm. Sweden.
- Jerónimo, M. A. S. , Melo, L. F. , Sousa Braga, A. , Ferreira, P. J. B. F. , & Martins, C. , 1997. Monitoring the thermal efficiency of fouled heat exchangers. A simplified method. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 14(4). 455-463. doi:https://doi.org/10.1016/S0894-1777(96)00146-X.
- Kazi, S. N. , 2012. Fouling and Fouling Mitigation on Heat Exchanger Surfaces. In *Heat Exchangers - Basics Design Applications*, Jovan Mitrovic, IntechOpen, DOI: 10.5772/32990.
- Liporace, F. , & Gregório de Oliveira, S. , 2007. Real Time Fouling Diagnosis and Heat Exchanger Performance. In *Heat Transfer Engineering*, 28. Doi 10.1080/01457630601064595.
- Trương Quốc Phú , 2014. Sử dụng Chlorine trong xử lý nước. Truy cập lúc 22:30, Tháng Mười Hai 30, 2018 tại địa chỉ <https://tepbac.com/tin-tuc/full/su-dung-chlorine-trong-xu-ly-nuoc-ao-nuoi-1873.html>

- Sincic, D. , 2015. Novel Fouling Measurement Device. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly Journal*, 28. 465-472. Doi: 10.15255/CABEQ.2014.1933.
- Steinhagen, R. , Müller-Steinhagen, H. , & Maani, K. , 1993. Problems and Costs Due to Heat Exchanger Fouling in New Zealand Industries. *In Heat Transfer Engineering*, 14(1). 19-30. Doi: 10.1080/01457639308939791.
- Sung, S. K. , Suh, S. H. , & Kim, D. W. (2008). Characteristics of cooling water fouling in a heat exchange system. *Journal of Mechanical Science and Technology* 22(8). 1568-1575. doi: 10.1007/s12206-008-0422-9.
- Webb, R. L. , & Li, W. , 2000. Fouling in enhanced tubes using cooling tower water. Part I. Long - term fouling data. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 43 (19). 3567-3578. doi: [https://doi.org/10.1016/S0017-9310\(99\)00395-6](https://doi.org/10.1016/S0017-9310(99)00395-6).
- William P. Swan, D. P. F. , Aniket Khade, and Daniel H. Chen. , 2018. Abnormal Situation Management. Detection of Fouling and Longitudinal Bypass in Heat Exchangers. *In International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 9(1). 9-15, 2018 .

ABSTRACT

Real time monitoring and assessing the fouling resistance and performance of Plate Type heat exchanger in Hải Thạch gas/condensate platform

Trung Ngọc Tran ¹, Hai Huu Ngo ¹, Truong Hung Trieu ²

¹ *Bien Dong POC, Vietnam*

² *Faculty of Oil and Gas, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*

Heat exchangers (HX) and heat exchanger networks are frequently used for the purposes of recovery heat and carrying out process integration to reduce energy consumption. In Hải Thạch gas treatment and processing plant, HXs are involved in the separation of liquid products (produced water and condensate) out of well fluid; stabilization of sale condensate and cooling the sale gas at the discharge of export gas compressors. As the efficiency of the HXs play an important role in the energy consumption, process control and platform safety, its performance must be tracked as precisely as possible in order to identify operational problems. This research presents a physical modeling approach for characterizing the performance of a Plate Type HX units with real-time operating parameters from Distributed Control System (DCS). This reliable monitoring method was available to enable production engineers to answer practical questions such as: what is the actual performance of the equipment at a give time of operation? Which is the ideal moment to stop the operation and clean the heat exchangers? The result indicates that the excessive biological growth during certain period time could be identified using this effective method. On the other hand, this result was in accordance with the evidences of biofouling when opening the Seawater Cooling Medium Exchangers.