

ỔN ĐỊNH NHIỆT TRONG ĐƯỜNG ỐNG DẪN DẦU-KHÍ

HEAT STABILIZATION FOR OIL AND GAS PIPELINES

Trần Thị Mai Hương

Khoa Kỹ thuật Địa chất & Dầu khí, Đại học Bách khoa TP. HCM, Việt Nam

TÓM TẮT

Trong quá trình thiết kế và vận hành các tuyến ống dẫn dầu-khí, việc duy trì nhiệt cho dòng chất lưu chuyển động là một yêu cầu quan trọng hàng đầu và đó cũng là chức năng của hệ thống ổn định nhiệt. Yêu cầu này phải được tính toán ngay từ giai đoạn thiết kế và kéo dài trong suốt quá trình phát triển của mỏ, đảm bảo các chỉ tiêu về công nghiệp, thương mại và dân sinh. Qua bài báo, tác giả muốn mô tả cấu tạo của hệ thống ổn định nhiệt cũng như cơ chế truyền nhiệt trên các tuyến ống vận chuyển dầu khí đã và đang được áp dụng trong ngành công nghiệp dầu khí.

ABSTRACT

In the process of designing and operating oil and gas pipelines, to meet the demands for maintaining the temperature of the system is very important and that is the main function of the heat stabilization. The requirements for this system must be taken into account right in the design stage and satisfied industrial, commercial and social criteria during the development of the oil field together with other. In this paper, the author describes the components of two popular heat stabilization models as well as the mechanism of heat transfer along the thermally stabilized pipelines currently used in petroleum industry in Vietnam.

1. MỞ ĐẦU

Sự phát triển của công nghiệp dầu - khí, nhất là công nghiệp khí đồng nghĩa với sự phát triển của các hệ thống tuyến ống, đây là phương tiện rẽ tiền và an toàn nhất. Hiện nay, trên thế giới đã có nhiều phương tiện vận chuyển thay thế nhưng tuyến ống vẫn giữ vị trí quan trọng nhất định. Tuy vậy, vẫn có nhiều vấn đề đặt ra cho hệ thống tuyến ống như các vấn đề chính trị, xã hội, môi trường,... và công nghệ. Các tuyến ống thường được lắp đặt ngầm dưới đáy biển hay trải dài trên diện rộng hay theo thời gian bị chồng chéo lên nhau,... tạo môi trường thoát nhiệt lớn, độ an toàn thấp,...

Trong các đề tài nghiên cứu về tuyến ống thường đi sâu về vấn đề công nghệ, an toàn,

riêng vấn đề thiết kế chúng ta chỉ quan tâm đến bề dày, chiều dài tuyến ống vì nó liên quan đến hai vấn đề lớn trên. Vấn đề đặt ra là: Nhiệt độ dòng sản phẩm, các tác động môi trường ảnh hưởng trực tiếp hay gián tiếp như thế nào đến chất lượng tuyến ống

2. CƠ CHẾ TRUYỀN NHIỆT VÀ CÁC YẾU TỐ LÀM THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ TRONG HỆ THỐNG ĐƯỜNG ỐNG NGẦM VÀ BỀ MẶT

Dự đoán sự phân bố nhiệt độ trong hệ thống đường ống vận chuyển dầu khí cũng quan trọng như áp suất. Nhiệt độ hidrat hoá khí, đặc tính của pha hơi - lỏng và hàm lượng nước của khí là các đại lượng nhạy cảm với nhiệt độ. Dự đoán nhiệt độ là giai đoạn đầu tiên của quá trình tính

toán.

Nhiệt được truyền theo 3 cơ chế: Sự dẫn nhiệt, trao đổi nhiệt đối lưu và trao đổi nhiệt bức xạ thể hiện trên các tuyến ống dẫn dầu khí được lắp đặt ngầm và trên mặt đất.

Sự dẫn nhiệt xuất hiện khi có sự tiếp xúc vật lý. Nhiệt được truyền rất tốt qua hầu hết các kim loại vì kim loại là chất dẫn nhiệt tốt. Một vật liệu cách nhiệt tốt là một vật liệu dẫn nhiệt kém và ngược lại. Nhiệt độ ở các điểm khác nhau có thể dự đoán được nhờ ứng dụng cân bằng nhiệt năng. Nếu thể năng và động năng không đáng kể và công bằng 0, khi đó từ định luật cân bằng thứ nhất đối với hệ trạng thái ổn định được giản lược thành: $\Delta H = Q$

Đối với chất lỏng, entanpy hầu như không phụ thuộc vào áp suất. Do đó entanpy ở một số điểm phụ thuộc cả vào áp suất tại các điểm này và nhiệt năng mất đi hoặc thêm vào qua thành ống dẫn. Từ định luật truyền nhiệt, có:

$$Q = UA\Delta t_m \quad (1)$$

Entanpy của khí tăng khi giảm áp suất, có phương trình sau:

$$Q = (U) (\pi dL) (\Delta T_m) \quad (2)$$

Trong đó:

Q - Lượng nhiệt mất đi trong đoạn ống dẫn dài L.

A - Hằng số ($A = 0,372$)

L - Chiều dài đoạn ống

$$L = L_s - L_i$$

L_i, L_s - Là điểm đầu và điểm cuối đoạn ống cần xét

ΔT_m - Giá trị trung bình,

$$\Delta T_m = (\Delta T_i - \Delta T_s) / \ln(\Delta T_i / \Delta T_s)$$

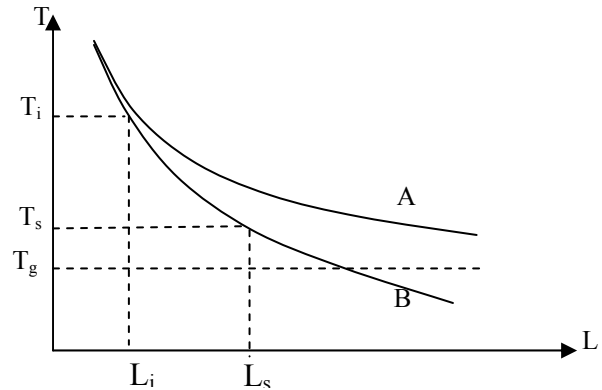
$$\Delta T_i = T_i - T_g$$

$$\Delta T_s = T_s - T_g$$

T_g - Nhiệt độ của đất hay nước tại điểm đó

T_i, T_s - Nhiệt độ đầu và cuối của tuyến ống cần xét

U - Hệ số truyền nhiệt tổng.



Hình 1: Sự phụ thuộc giữa chiều dài của đoạn ống và nhiệt độ giữa các điểm

Nếu nhiệt độ của dòng cao hơn T_g thì lượng nhiệt truyền đi sẽ âm còn nếu nhỏ hơn T_g thì lưu lượng sẽ dương và đường cong sẽ gần với T_g từ phía dưới. Đường A áp dụng khi ảnh hưởng của áp suất lên entanpy được bỏ qua. Đây là quá trình truyền nhiệt đơn giản và nhiệt độ dòng dầu không hạ xuống thấp hơn T_g . Đường B phản ánh sự thay đổi phụ thêm của nhiệt độ do ảnh hưởng của áp suất lên entanpy. Trong thực tế, trong các hệ thống đường ống vận chuyển khí, đường này hạ xuống thấp hơn T_g khoảng 2 – 3 °C đối với trường hợp giảm áp suất thuần túy. Nếu tuyến ống không giữ được nhiệt của dòng sản phẩm có thể tạo sụt áp dòng lớn gây tắc ống, bẹp ống dẫn đến nổ,... thiệt hại rất lớn.

Trao đổi nhiệt đối lưu, xảy ra khi có sự chuyển động của không khí bên trên hoặc xung quanh bề mặt của ống vận chuyển dầu khí. Hệ số truyền nhiệt tổng (U) trong phương trình (1) và (2) diễn tả tất cả các yếu tố làm thay đổi nhiệt độ dòng sản phẩm, cơ chế truyền nhiệt này thể hiện rõ qua hệ thống **ống dẫn ngầm**.

1. Hệ số màng giữa dòng và thành ngoài ống ngoài ống
2. Thành ngoài ống
3. Lớp phủ ống (ổn định nhiệt)

4. Lớp bê tông hoặc môi nổi

5. Cát đắp

6. Đất tự nhiên gần ống dẫn có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ thường

Đối với các ống dẫn ngầm chôn dưới đất các yếu tố 1, 2, 3, 5, 6 và các ống ngầm chôn dưới đáy biển có trở lực 1, 2, 3, 6 làm thay đổi nhiệt độ dòng sản phẩm trong ống

Trở lực 6 cần được chỉnh sao cho việc tăng nhiệt độ xung quanh ống dẫn cao hơn T_g . Theo các nghiên cứu, nhiệt độ đất trong khoảng cách 5m từ thành ống dẫn ra cao hơn nhiệt độ đất. Đây là yếu tố lớn làm giảm nhiệt độ dòng.

Hệ số (U) được tìm thấy qua thực nghiệm, các ống thu gom và ống dẫn không có lớp ổn định nhiệt cho thấy $U = 5 \div 20 \text{ kJ/giờ.m}^3.\text{K}$. Phần lớn các giá trị xác định được thường thấp hơn giá trị này 1/3. Nhiệt độ T_g không phải là giá trị cố định, mà ở mức độ nào đó phụ thuộc vào nhiệt độ không khí. Nhiệt độ cực đại của đất chậm hơn nhiệt độ của không khí 1 hoặc 2 tháng. Đường ống chôn trong nước ở độ sâu > 30m có nhiệt độ gần như nhau, Một số đáy hồ có nhiệt độ thay đổi không quá 3 °C trong một năm. Vì T_g thay đổi nên giá trị (U) cũng thay đổi. Trong mùa hè (U) có thể cao hơn mùa đông 50 ÷ 60%

Trao đổi nhiệt bức xạ trên tuyến ống được mô tả với hiện tượng: Bạn cảm thấy ấm lên khi đứng dưới mặt trời hoặc bên cạnh một lò lửa. Cơ chế truyền nhiệt này thể hiện rõ ở **ống dẫn trên mặt đất**.

Phương trình (1) và (2) không áp dụng cho ống dẫn trên mặt đất do không có giá trị T_g . Dự đoán nhiệt độ cực đại của dòng chảy trong ống dẫn (T) là kết quả của việc nhận nhiệt ban ngày từ mặt trời do bức xạ và mất nhiệt do đối lưu với không khí. Nhiệt độ phụ thuộc vào các yếu tố như:

- Thời gian ban ngày
- Điều kiện khí quyển

- Nhiệt độ không khí (T_a)

- Tốc độ gió

- Màu và tính chất của bề mặt ống

- Vận tốc chảy và tính chất của dòng trong ống dẫn

$$T = \frac{R}{\pi h_a} + T_a$$

Trong đó:

T - Nhiệt độ cực đại của dòng, °F

T_a - Nhiệt độ không khí môi trường, °F

R - Lượng bức xạ mặt trời, Btu.giờ/ft²

h_a - hệ số màng của không khí cho quá trình đối lưu, Btu /ft².giờ. °F

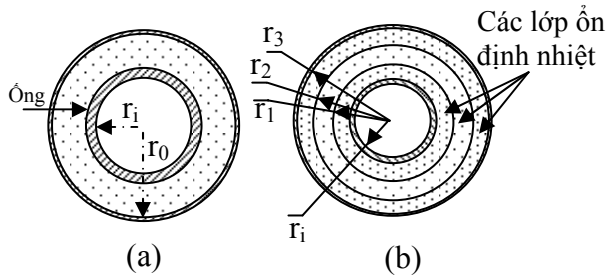


Hình 2: Tuyến ống vận chuyển khí đặt trên mặt đất

Giá trị T thường không vượt giá trị trung bình từ 10 ÷ 16 °F. Nhiệt độ thực thường thấp hơn nhiệt độ trung bình trừ phi xét trên đoạn ống trần rất dài. Đặc tính của dòng chảy, vận tốc, chiều dài ống, mùa trong năm, điều kiện địa lý,... đều ảnh hưởng đến giá trị T. Giá trị T luôn thay đổi theo thời gian.

3. HỆ THỐNG ỔN ĐỊNH NHIỆT: CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

Sự thay đổi nhiệt độ trong ống dẫn dầu khí cho ta thấy cần phải có một chất gì đó (hóa học) làm giảm sự trao đổi nhiệt của dòng sản phẩm ra bên ngoài. Tuy nhiên, điều đó sẽ làm giảm tính chất dòng và sản phẩm cuối phải mất thêm 1 khâu tinh chế lại. Để đơn giản, chúng ta làm cho ống dày lên. Vấn đề ổn định nhiệt tuyến ống thực chất có từ lâu trên thế giới, chúng được quan tâm từ khâu thiết kế đến khâu vận hành. Một vật liệu hoặc tổ hợp các vật liệu được dùng để cản trở dòng nhiệt được gọi là hệ thống ổn định nhiệt. Mục đích là làm giảm vận tốc trao đổi năng lượng qua ống dẫn. Hiện nay có hai dạng ổn định nhiệt 1 lớp và nhiều lớp (hình 4). Mỗi dạng phụ thuộc vào giới hạn cơ học của vật liệu và tính kinh tế



Hình 3: Mặt cắt ngang của hệ thống ổn định nhiệt 1 lớp (a) và nhiều lớp (b)

Cơ chế truyền nhiệt qua lớp ổn định nhiệt được đánh giá bằng mối quan hệ hàm số giữa nhiệt toả của lớp ổn định nhiệt theo độ dày, nhiệt độ làm việc của bề mặt, các đặc tính bề mặt của lớp màng mỏng bao bên ngoài và các điều kiện môi trường xung quanh.

*** Nhiệt truyền qua ống có 1 lớp vật liệu ổn định nhiệt:**

$$U = \frac{2\pi KL(T_i - T_s)}{\ln \frac{r_o}{r_i}} \quad (3)$$

Trong đó:

K - Hệ số dẫn nhiệt (Btu.in/(h.ft². °F)

L - Chiều dài ống (ft)

T_i, T_s - Nhiệt độ bên trong và bên ngoài ống (°F)

r_i, r_o - Bán kính bề mặt trong ống và bề mặt lớp ổn định nhiệt (in)

***Nhiệt truyền qua ống có nhiều lớp vật liệu ổn định nhiệt:**

Từ (3) ta có:

$$U = \frac{T_1 - T_2}{\left[\frac{r_3 \ln r_1 / r_i}{K_1} + \frac{r_3 \ln r_3 / r_2}{K_3} \right] + \frac{1}{f}} \quad (4)$$

Trong đó:

r_1, r_2, r_3 - Bán kính bề mặt ngoài của các lớp ổn định nhiệt tính từ trong ra ngoài

1/f - Hệ số nhiệt trở bề mặt (nhiệt trở đối lưu)

Đa phần các vật liệu đồng nhất dẫn nhiệt tốt. Giá trị của nó không phụ thuộc vào diện tích, độ dày, hình dạng,... của vật liệu. Các chất này có nhiệt trở bề mặt lớn hơn nhiệt trở tổng cộng và ngược lại. Còn sự truyền nhiệt lại phụ thuộc vào hình dáng của vật ổn định nhiệt và đặc biệt bị chi phối bởi độ dày của lớp ổn định nhiệt. Khi giá trị mật độ dòng nhiệt truyền từ bề mặt ra không khí cao hơn thì nhiệt trở bề mặt thấp hơn và ngược lại. Khi nhiệt truyền qua một vật liệu đặc ra môi trường ngoài sẽ tạo ra sự đối pha giữa lớp khí tại bề mặt giao tiếp với lớp khí quyển bên ngoài. Do đó lượng nhiệt truyền từ bề mặt sẽ ít hơn nếu như nhiệt trở không có tại điểm này

4. CÁC DẠNG HỆ THỐNG ỔN ĐỊNH NHIỆT ÁP DỤNG Ở VIỆT NAM

*** Ống một lớp vật liệu ổn định nhiệt** thường áp dụng trên các ống đơn giản như chân giàn khoan, các đường ống dẫn khí nhỏ,... phục vụ trên các giàn khoan hay trong nội bộ nhà máy. Ổn định nhiệt một lớp áp dụng nhiều trong công tác bảo dưỡng ống định kỳ. Với những loại ống này chủ yếu sử dụng các lớp sơn phủ. Do các lớp sơn rất mỏng (micron) nên thực tế vẫn

coi đây là ống ổn định nhiệt 1 lớp. Trước khi tiến hành sơn phủ cần lưu ý:

- + Đánh sạch ống sau đó quét một lớp nhũ trắng (spirit) lên bề mặt ống
- + Tiến hành sơn lót, lớp sơn lót phải mỏng
- + Các lớp sơn tiếp theo phải tuân thủ các yêu cầu đặt ra.

Bảng 1: Các bước tiến hành sơn phủ

Loại sơn	Độ dày lớp sơn (micron)	Số lớp	Thời gian sơn lớp sau (giờ)
SDZin 1500 (nguyên chất)	65	1	24
Eromarine Ex500	25	2	8
Eromarine Ex500	75	3	8
Retan 6000	100	4	8
Retan 6000	40	5	6
Tổng cộng	350	5	54

*** Ống nhiều lớp vật liệu ổn định nhiệt:**
 Sản phẩm vận chuyển trong các tuyến ống dầu khí được coi là các chất lỏng truyền nhiệt đã được gia nhiệt hay làm mát tới giá trị nhiệt độ thiết kế và được duy trì ổn định trong suốt quá trình vận chuyển. Điều này phụ thuộc nhiều vào thiết bị vận chuyển. Với ống ổn định nhiệt nhiều lớp sự truyền nhiệt ra bên ngoài ống sẽ giảm theo sự gia cố các lớp ổn định nhiệt tạo môi trường ổn định cho dòng sản phẩm. Các vật liệu dùng trong ống ổn định nhiệt dầu khí thường là bông khoáng, silicat hoặc thủy tinh thể. Trong hầu hết các trường hợp do dao động nhiệt độ lớn ở mỗi lớp, đòi hỏi hệ thống ổn định nhiệt tổng hợp. Với ống có hai lớp vật liệu ổn định nhiệt, khi kết hợp các vật liệu bông khoáng và thủy tinh thể còn có thể phục vụ cho yêu cầu bảo vệ, vật liệu bông khoáng sẽ tạo ra một vùng đệm giữa lớp kim loại và lớp thủy tinh thể, và lớp thủy tinh thể sẽ chống được quá trình bốc hơi khi nhiệt độ trong hệ thống xuống thấp hơn môi trường bên ngoài ống tránh hiện tượng sụt áp lớn. Với ống có trên hai lớp ổn định nhiệt cũng

tương tự như vậy nhưng cần phải xem xét môi trường đặt ống để tránh mối nguy hiểm về cháy nếu chúng hấp thụ vào vật liệu ổn định nhiệt có khả năng thẩm thấu

Ngoài ra, tùy thuộc vào các điều kiện địa chất, môi trường bên ngoài ống, sản phẩm vận chuyển,... mà tầng lớp vật liệu ổn định nhiệt cho tuyến ống. Ống vận chuyển khí hai pha Nam Côn Sơn có 3 lớp ổn định nhiệt (không kể lớp sơn) còn ống vận chuyển khí Rạng Đông Bạch Hồ chỉ có 2 lớp ổn định nhiệt (không kể lớp sơn)

Bảng 2: Nhiệt độ của một số vật liệu cách nhiệt đang áp dụng

Vật liệu cách nhiệt	Nhiệt độ chịu đựng cực đại °F	Nhiệt độ chịu đựng cực tiểu °F	Độ thẩm thấu
Silicat Canxi	1000	250	NA
Thủy tinh thể	900	- 450	0,005
Bột elastom	200	- 40	0,3
Bông thủy tinh	850	42	75
Bông khoáng	1200	42	150
Perlite (đá trân châu)	1000	250	18
Bột Phend	300	75	6 - 7

5. KẾT LUẬN

Qua bài báo, tác giả đã mô tả cấu tạo của hệ thống ổn định nhiệt cũng như cơ chế truyền nhiệt trên các tuyến ống vận chuyển dầu khí đã và đang được áp dụng trong ngành công nghiệp dầu khí. Việc hiểu bản chất của dòng vận chuyển, cơ chế truyền nhiệt cũng như nguyên lý hoạt động của các hệ thống ổn định nhiệt sẽ hỗ trợ đắc lực cho việc xây dựng các tuyến ống hiện đại, tiết kiệm và đảm bảo an toàn.

Các hệ thống ổn định nhiệt sử dụng nhiều lớp hiện đang được sử dụng nhiều ở Việt Nam trong các ống vận chuyển dầu khí cũng như các sản

phẩm lạnh, nóng khác có yêu cầu về độ an toàn cao. Còn các vật liệu nhiệt 1 lớp thường được ứng dụng trong công tác bảo dưỡng tuyến ống dầu khí định kỳ hay làm lớp ổn định định cho các sản phẩm trong các ngành dân dụng, dân sinh.

Từ bài báo này, tác giả hy vọng sẽ nghiên cứu sâu hơn về các yếu tố ảnh hưởng, góp phần tính toán thiết kế và xây dựng các tuyến ống an toàn và giảm được diện tích phân bố quá rộng như hiện nay của ống dẫn dầu khí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lưu Cẩm Lộc, 1997, Công nghệ chế biến khí, Trung tâm khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia – Phân viện khoa học vật liệu tại thành phố Hồ Chí Minh.
2. Lê Phước Hảo, Nguyễn Kiên Cường, 2003, Phương pháp phân tích hệ thống ứng dụng trong kỹ thuật dầu khí, Nhà xuất bản Đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh
3. Lê Xuân Lâm, 1997, Đại cương về thiết bị dầu khí, trường đại học Mỏ Địa chất, Hà Nội
4. Tủ sách Kỹ thuật lắp đặt công nghiệp, 2001, Sản xuất và lắp ráp đường ống, Nhà xuất bản lao động – Xã hội
5. Nguyễn Thanh Liêm, 2005, Công nghiệp khí Việt Nam tiềm năng và định hướng phát triển, Tạp chí dầu khí (6/2005), tr 15-19
6. Công ty Chế biến và kinh doanh sản phẩm khí, 1996, quy trình vận hành và bảo dưỡng hệ thống ống dẫn khí Bạch Hổ - Bà Rịa, Vũng Tàu
7. John M. Campbell, 1983, Petroleum fluid flow systems Printed and Bound in U.S.A.
8. Japan – Vietnam Petroleum company – VietsovPetro join venture – Petro Vietnam gas company, 2001, Operational procedures for Rang Dong – Bach Ho gas pipeline, Vung Tau.