

Nghiên cứu giải pháp bơm rửa vùng lắng đọng trong đường ống vận chuyển dầu trong điều kiện không dừng khai thác

Nguyễn Hoài Vũ^{1*}, Phạm Thành Vinh¹, Trần Xuân Đào², Nguyễn Thế Vinh³

¹Liên doanh Việt - Nga (Vietsovetropetrol)

²Hội Dầu khí Việt Nam

³Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Ngày nhận bài 28/6/2017; ngày chuyển phản biện 30/6/2017; ngày nhận phản biện 25/7/2017; ngày chấp nhận đăng 28/7/2017

Tóm tắt:

Việc vận chuyển dầu bằng đường ống cho thấy, khả năng vận chuyển phụ thuộc vào các tính chất lý hóa, tính lưu biến của lưu chất và các đặc tính đường ống xây dựng dùng để vận chuyển. Tại các mỏ của Vietsovetropetrol, quá trình vận chuyển dầu bằng đường ống ngầm gặp rất nhiều khó khăn do hiện tượng lắng đọng paraffin. Hệ thống đường ống xây dựng ở các mỏ của Vietsovetropetrol nối liền các công trình khai thác dùng để vận chuyển dầu đều không có hệ thống phóng thoi định kỳ để tẩy rửa chất lắng đọng. Vì vậy, việc tẩy rửa các chất lắng đọng trong đường ống phải dùng giải pháp khác.

Bài viết trình bày kết quả nghiên cứu giải pháp bơm rửa vùng lắng đọng trong đường ống vận chuyển dầu áp dụng tại Vietsovetropetrol, góp phần thực hiện quá trình khai thác dầu hiệu quả ở Vietsovetropetrol nói riêng và ngành dầu khí nói chung.

Từ khóa: Bơm rửa đường ống, dầu nhiều paraffin, lắng đọng paraffin.

Chỉ số phân loại: 2.4

Đặt vấn đề

Những thách thức và phức tạp trong vận chuyển dầu mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng bắt nguồn từ tính chất đặc trưng của dầu (hàm lượng paraffin, độ nhớt và nhiệt độ đông đặc cao), đặc tính hệ thống đường ống dẫn dầu hiện hữu (không được bọc cách nhiệt, nhiều cấp đường kính ống trong một tuyến ống, toàn tuyến đường ống có rất nhiều đoạn ống đứng làm tăng sự phức tạp trong quá trình vận chuyển...), dầu vận chuyển trong điều kiện môi trường nhiệt độ nước biển thấp, tỷ số khí dầu và xung động áp suất lớn, và ảnh hưởng của hệ nhũ tương dầu - nước lên tính chất lưu biến của chất lỏng...

Quá trình vận chuyển dầu có nhiều paraffin tách khí hoàn toàn bằng đường ống ngầm dưới biển thường kèm theo hiện tượng lắng đọng paraffin, đặc biệt là trong các đoạn ống không được bọc cách nhiệt [1]. Tốc độ lắng đọng paraffin phụ thuộc vào đặc trưng lý - hóa của dầu thô khai thác, điều kiện nhiệt thủy động lực học và các yếu tố khác.

Trong một số giai đoạn, dầu khai thác ở giàn đầu giếng (BK/RC) với lưu lượng nhỏ được vận chuyển an toàn về giàn cố định (MSP) để xử lý. Quá trình vận chuyển này rất khó khăn do hiện tượng lắng đọng paraffin. Một trong những yếu tố chính được xem là ảnh hưởng mạnh mẽ đến

quá trình và mức độ hình thành lắng đọng paraffin trong ống là đặc trưng thủy động lực học của dòng hỗn hợp các chất lỏng trong ống. Điều này được khẳng định tại nhiều công trình khoa học trong và ngoài nước đã công bố trước đây [2, 3]. Vietsovetropetrol đã đưa ra các biện pháp hạn chế và tẩy rửa chất lắng đọng paraffin hình thành bên trong đường ống dẫn dầu. Một trong những giải pháp đó là bơm thêm nước biển vào đường ống có lưu lượng nhỏ để tăng tốc độ dòng chảy của chất lỏng. Thực tế cho thấy, giải pháp trên đã mang lại hiệu quả tích cực cho công tác sản xuất tại các công trình dầu khí ngoài khơi các mỏ của Vietsovetropetrol, không cần phải dừng khai thác dầu mà vẫn tẩy rửa được lớp lắng đọng mềm hình thành trong ống, nâng cao hiệu quả vận hành các đường ống dẫn dầu, đặc biệt là các đường ống có lưu lượng nhỏ.

Nội dung nghiên cứu

Vấn đề cốt lõi của việc gia tăng vận tốc dòng chảy trong ống là tạo được những ứng suất trượt đủ lớn, thắng được lực liên kết bên trong giữa các phân tử của dầu đông đặc, các tinh thể paraffin và các tạp chất cơ học trong chất lắng đọng hay lực bám dính của chúng với bề mặt kim loại của đường ống [4-6]. Kết quả là các lớp lắng đọng paraffin thường gặp trong thực tế vận chuyển dầu trong mọi trường

*Tác giả liên hệ: Email: vinh.pt@vietsov.com.vn

Method of cleaning deposition in gas and oil transportation pipeline without interrupting production process

Hoai Vu Nguyen^{1*}, Thanh Vinh Pham¹,
Xuan Dao Tran², The Vinh Nguyen³

¹Vietsoyppetro Join Venture, Vietnam

²Vietnam Petroleum Association

³Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

Received 28 June 2017; accepted 28 July 2017

Abstract:

The process of gas and oil transportation in subsea pipelines depends on the properties of transported fluids, especially their physicochemical properties, rheological properties, as well as the characteristics of the pipelines.

In the oil field of Vetsoyppetro JV, oil and gas transportation in subsea pipelines faces many challenges due to complicated properties of paraffin produced oil leading to deposition in pipelines. There is no pigging system installed for oil transportation pipelines in Vetsoyppetro JV's oil field, so it is critical to use other methods to clean the pipelines. The article focuses on the effective method applied in Vetsoyppetro JV for cleaning the deposition in pipelines, improving the ability of oil production in Vetsoyppetro JV.

Keywords: Paraffin deposition, paraffinic oil, pipeline cleaning.

Classification number: 2.4

hợp có thể hạn chế và khắc phục được.

Khi ứng suất trượt do máy bơm tạo nên lớn hơn ứng suất trượt động của chất lỏng thì cấu trúc liên kết của các chất bị phá hủy. Lúc này, dầu mang tính chất của chất lỏng Newton. Nếu ngược lại, các chất lắng đọng trong ống sẽ không dịch chuyển được mà tích tụ lại thành từng vùng. Ở trạng thái tĩnh, các phần tử paraffin trong dầu tạo nên những mạng tinh thể và hình thành các cấu trúc có độ bền tăng dần theo thời gian. Phức tạp ở đây là nghiên cứu động lực học mức độ bền vững của các cấu trúc trong dầu (sự phụ thuộc của ứng suất trượt tĩnh theo thời gian mà dầu ở trạng thái tĩnh tại môi trường đẳng nhiệt). Ứng suất trượt tĩnh không những phụ thuộc vào nhiệt độ mà còn phụ thuộc vào thời gian hình thành và độ bền của cấu trúc mạng đó. Đối với dầu khai thác tại các mỏ của Vietsoyppetro, độ bền

của cấu trúc mạng tạo thành sẽ tăng và có thể đạt tới vài trăm Pa trong khoảng thời gian một vài giờ. Nếu sử dụng hóa phẩm giảm nhiệt độ đông đặc để xử lý dầu thì giá trị tới hạn ứng suất trượt tĩnh của dầu đã xử lý có thể giảm tới hàng chục lần so với của dầu thô chưa qua xử lý và có thể đạt ở mức một hoặc vài chục Pa.

Sử dụng phương pháp tiêu chuẩn trong việc xác định lắng đọng paraffin cho thấy, mối liên quan giữa tốc độ hình thành vùng lắng đọng với các đặc trưng thủy động lực học và độ nhớt được thể hiện qua biểu thức sau:

$$I = A \frac{R^2}{Q} (1 - \frac{\tau}{\tau_o}) \quad (1)$$

Trong đó: I - Tốc độ hình thành vùng lắng đọng hay các chất lắng đọng paraffin; A - Tiết diện đường ống; Q - Lưu lượng của chất lỏng trong ống (m³/ngđ); R - Bán kính thủy lực (m); τ - Ứng suất trượt tại thành ống hay trên lớp lắng đọng (Pa); τ_o - Ứng suất trượt tĩnh của dầu đông đặc tại bề mặt phân cách các lớp (Pa).

Nếu như tạo được ứng suất trượt trong đường ống dẫn dầu một lực lớn hơn ứng suất trượt động của các chất lắng đọng thì các cấu trúc liên kết của nó sẽ bị phá hủy và các chất lắng đọng hình thành bên trong đường ống sẽ bị đẩy ra ngoài.

Khi rửa đường ống, dòng chất lỏng chuyển động trong ống không đồng nhất, vì vậy để giản hóa quá trình rửa ta chỉ đơn thuần xem xét trường hợp hỗn hợp chất lỏng đồng nhất.

Ứng suất trượt τ được xác định theo biểu thức sau:

$$\tau = \frac{r}{L} (P_1 - P_2) \quad (2)$$

Trong đó: r - Bán kính thủy lực; L - Chiều dài ống; P_1 và P_2 áp suất tại hai đầu ống.

Trong trường hợp chế độ dòng chảy tầng thì τ được xác định theo công thức:

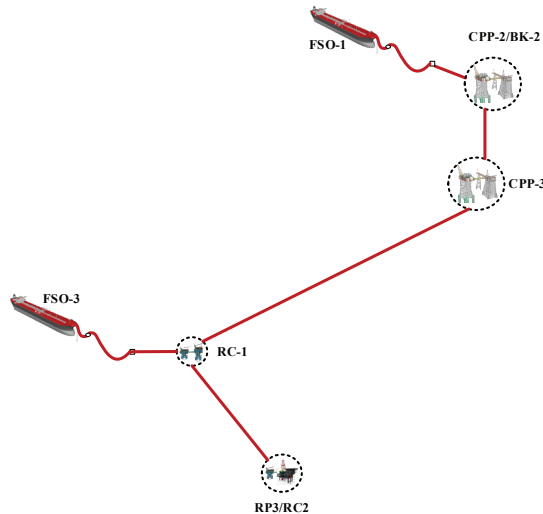
$$\tau = \frac{4\mu}{r} v \quad (3)$$

Trong đó: v là tốc độ trung bình của dòng chảy trong ống; μ là độ nhớt hiệu dụng của chất lỏng trong ống. Độ nhớt hiệu dụng của chất lỏng trong ống thay đổi theo chiều dài đường ống và rất khó xác định. Còn ứng suất trượt có thể xác định theo tổn hao thủy lực khi rửa ống.

Kết quả thực nghiệm

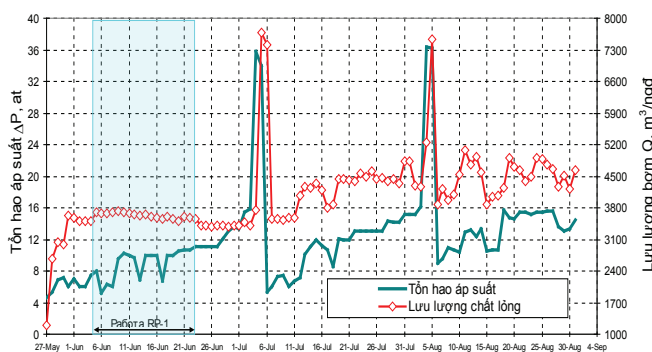
Giải pháp đã được áp dụng để bơm rửa vùng lắng đọng tuyến đường ống vận chuyển dầu RP-3 → PLEM (FSO-3) → CPP-3 → CPP-2 kết nối mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng. Đây

là đường ống có nhiều phức tạp phát sinh khi vận chuyển sản phẩm do các nguyên nhân: Sản phẩm khai thác tại khu vực mỏ Rồng có độ nhớt lớn, nhiệt độ đông đặc cao (30°C), nhiệt độ chất lưu khoảng 50-55°C, khi vận chuyển đến điểm xử lý tiệt cận nhiệt độ đông đặc. Do đó nguy cơ tắc nghẽn đường ống là rất lớn.



Hình 1. Sơ đồ đường vận chuyển sản phẩm RP-3 → PLEM (FSO-3) → CPP-3 → CPP-2.

Dầu vận chuyển theo đường ống RP-3 → PLEM (FSO-3) → CPP-3 → CPP-2 có thông số làm việc của đường ống như hình 2.



Hình 2. Động thái làm việc của đường ống RP-3 → PLEM (FSO-3) → CPP-3 → CPP-2.

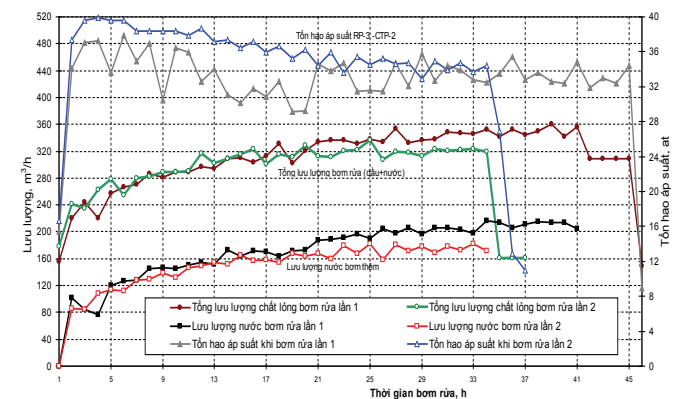
Sau một thời gian vận hành, tổn hao áp suất vận chuyển dầu trong đường ống đã tăng từ 5-6 at lên đến 10 at (tốc độ tăng áp suất khoảng 0,13-0,15 at/ngđ). Nguyên nhân tăng áp suất trong đường ống này là do tính chất lưu biến đặc thù của dầu và có sự lắng đọng paraffin mềm bên trong ống. Kết quả mô hình hóa tính toán tổn hao thủy lực [7] với lưu lượng bơm dầu giả định là 3150 m³/ngđ đã xác định lượng lắng đọng paraffin trong đường ống (bảng 1).

Nếu tổn hao áp suất khi vận chuyển dầu đạt tới 10 at, trong đường ống đã hình thành lớp lắng đọng dày tới 30 mm và lượng lắng đọng paraffin mềm đạt đến 1070 m³.

Bảng 1. Dự đoán lắng đọng paraffin mềm trong đường ống RP-3 → PLEM (FSO-3) → CPP-3 → CPP-2.

Chiều dày lắng đọng (mm)	Tổn hao áp suất (at)	Thể tích lớp paraffin (m³)	Thể tích ống còn lại (m³)
0	4,6	0	3370
5	4,9	193	3170
10	5,4	380	2990
20	7,0	737	2633
30	9,8	1070	2300

Lớp lắng đọng paraffin đã được tẩy rửa bằng cách bơm thêm một lượng nước biển nhằm tăng vận tốc dòng chảy trong ống. Hình 3 cho thấy, sau khi bơm rửa bằng nước biển, áp suất vận chuyển dầu tại ống đứng giàn RP-3 đã giảm từ 37 at xuống 32 at, tổn hao áp suất trong đường ống đã trở lại gần như giá trị ban đầu, chứng tỏ phần lớn lượng paraffin “mềm” lắng đọng đã được đẩy khỏi đường ống. Bơm rửa nước biển vào đường ống vận chuyển thực hiện cách nhau hơn 30 ngày/lần được mô tả trong hình 3.



Hình 3. Các thông số bơm rửa đường ống RP-3 → PLEM (FSO-3) → CPP-3 → CPP-2.

Kết quả tính toán và thực tế vận hành khi dùng nước biển rửa đường ống cho thấy hiệu quả rõ rệt. Khi bắt đầu bơm nước, áp suất tại ống đứng RP-3 đạt đến 37 at, tổng lưu lượng dầu và nước chỉ đạt khoảng 200÷230 m³/giờ. Sau 24 giờ bơm rửa, lưu lượng dầu và nước trong ống đã đạt mức 300÷320 m³/giờ, trong khi áp suất tại ống đứng RP-3 lại giảm từ 37 at xuống còn 32 at. Như vậy, việc định kỳ tẩy rửa lắng đọng paraffin bằng cách bơm thêm nước biển vào đường ống cho phép thực hiện liên tục và hiệu quả quá trình vận chuyển dầu từ mỏ Rồng sang mỏ Bạch Hổ.

Kết luận

Trên cơ sở các kết quả tính toán, thí nghiệm và thực tế vận hành đường ống vận chuyển dầu RP-3 → PLEM (FSO-3) → CPP-3 → CPP-2 có thể đưa ra một số nhận xét sau:

Khi bơm rửa đường ống bằng nước biển mà không dùng khai thác dầu trên mỏ Rồng với công suất cực đại của các máy bơm CNS-65/500 xảy ra quá trình tẩy rửa lớp lắng đọng mềm hình thành trong ống. Sau khi rửa, bề dày lớp lắng đọng mềm giảm đi khoảng 5 mm, tương đương 197 m³ chất lắng đọng mềm (dầu đông) bị đẩy ra khỏi đường ống;

Bơm định kỳ nước biển vào đường ống không tẩy rửa hoàn toàn được lớp lắng đọng hình thành bên trong đường ống. Hiệu quả bơm rửa phụ thuộc vào nhiệt độ nước biển trong thời gian rửa, tốc độ của chất lỏng và khoảng thời gian bơm rửa.

Trong quá trình vận chuyển dầu nhiều paraffin ở nhiệt độ thấp, lắng đọng mềm bên trong thành đường ống là không thể tránh khỏi. Rửa định kỳ đường ống bằng nước biển không thể tẩy toàn bộ các chất lắng đọng đó nhưng có thể duy trì được khả năng vận hành của đường ống và năng lực khai thác dầu trên mỏ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Từ Thành Nghĩa, Ngô Thường San, Nguyễn Văn Minh, Nguyễn Thúc Kháng, Phạm Xuân Sơn, Tống Cảnh Sơn, Phạm Bá Hiển, Nguyễn Hoài Vũ (2015), “Những khó khăn thách thức của Vietsovpetro trong vận chuyển dầu nhiều paraffin bằng đường ống ngầm ngoài khơi”, *Tạp chí Dầu khí*, **5**, tr.20-22.
- [2] Phung Dinh Thuc, Ha Van Bich, Tong Canh Son, Le Dinh Hoe (1999), *A New Approach to Study on Thixotropic Properties of wax Crude Oils From Dragon and White Tiger Fields Offshore Vietnam*, SPE-54374, pp.1-6.
- [3] Hà Văn Bích, Tống Cảnh Sơn và Lê Đình Hòe (2003), “Mô hình lắng đọng paraffin “mềm” trong đường ống vận chuyển dầu tại các mỏ của Xí nghiệp Liên doanh Vietsovpetro”, *Hội nghị Khoa học công nghệ: 25 năm Viện Dầu khí xây dựng và trưởng thành*, Hà Nội, tr. 510-521.
- [4] Phung Dinh Thuc, Ha Van Bich, Tong Canh Son, Le Dinh Hoe, V.P. Yugovskoi (2003), “The problem in transportation of high waxy crude oils through submarine pipelines at JV VSP oil fields, offshore Viet Nam”, *Journal of Canadian petroleum technology - Solutions for production optimization*, **42(6)**, pp.3-6.
- [5] V.P. Yugovskoi, Hà Văn Bích, Tống Cảnh Sơn, Lê Đình Hòe (1996), “Проблема транспорта бьюкозастыбающих нефтей по подводным трубопроводам”, *Нефтяное хозяйство*, **8**, pp.12-16.
- [6] Ф.И. Бадиков, Долгов, Hà Văn Bích, Tống Cảnh Sơn, Nguyễn Phan Phúc, V.P. Yugovskoi, Lê Đình Hòe (1997), “Проблема асфальтосмолпарафиновых отложений в трубопроводах при перекачке нефтей”, *Материалы III международной конференции по химии нефти*, 2-5 Декабря, Томск, Россия.
- [7] Nguyễn Hoài Vũ, Phan Đức Tuấn, Phạm Thành Vinh, Tống Cảnh Sơn (2016), “Ứng dụng mô hình mô phỏng để nghiên cứu đánh giá trạng thái hoạt động của đường ống vận chuyển dầu ở Liên doanh Việt - Nga Vietsovpetro”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **7**, tr.51-56.