

NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO HỆ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM DÙNG ĐỂ XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ LẮNG ĐỘNG PARAFFIN TRONG DẦU THÔ (COLD FINGER)

Nguyễn Huỳnh Anh, Nguyễn Bá Khoa, Nguyễn Hiền Phong, Nguyễn Phan Trí

Ngô Thị Loan, Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Văn Hùng

Viện Dầu khí Việt Nam

Email: anhnguyenh@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2021.02-06>

Tóm tắt

Cold finger là phương pháp quan trọng đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô trong quá trình khai thác và vận chuyển, được sử dụng trong các phòng thí nghiệm về vận chuyển dầu khí.

Bài báo giới thiệu hệ thống thiết bị thí nghiệm dùng để xác định tốc độ lắng đọng paraffin trong dầu thô được nâng cấp, cải tiến từ thiết bị cũ tại Viện Dầu khí Việt Nam (VPI). Hệ thống thiết bị mới có công năng tương đương với các thiết bị thương mại nhập ngoại, đáp ứng yêu cầu phân tích mẫu của các nhà thầu khai thác dầu khí tại Việt Nam cũng như các nước trong khu vực.

Từ khóa: Lắng đọng paraffin, vận chuyển dầu thô.

1. Giới thiệu

Dầu thô là hỗn hợp phức tạp của các hợp chất hydrocarbon no (paraffin/wax), hydrocarbon thơm, asphaltene, naphthene và nhựa. Các phân tử hydrocarbon no có khối lượng phân tử lớn (thường được gọi là wax) là nguyên nhân chính gây lắng đọng paraffin, làm giảm lưu lượng, gây khó khăn cho quá trình vận chuyển dầu thô bằng đường ống.

Sự hình thành, tích tụ wax (lắng đọng paraffin) trong đường ống phụ thuộc nhiều vào chênh lệch nhiệt độ giữa dầu thô và thành ống vận chuyển. Quá trình lắng đọng paraffin trong đường ống vận chuyển dầu xảy ra khi [1, 2]:

- Nhiệt độ của dầu thô tại vị trí gắn thành bên trong của đường ống thấp hơn nhiệt độ xuất hiện tinh thể paraffin (wax appearance temperature) của dầu thô;
- Nhiệt độ tại mặt trong của thành ống thấp hơn nhiệt độ của dầu thô.

Ngoài 2 yếu tố quyết định trên, quá trình hình thành, tích tụ, lắng đọng paraffin trong đường ống vận chuyển dầu thô còn phụ thuộc vào yếu tố khác như: tốc độ dòng

chảy, chênh lệch áp suất, ứng suất trượt, tốc độ hồi lưu và độ nhớt của dầu thô [1, 2].

Để đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô được vận chuyển trong đường ống, các phòng thí nghiệm về vận chuyển dầu khí thường sử dụng phương pháp cold finger. Phương pháp này dựa trên nguyên tắc giả lập các điều kiện thực tế trong đường ống vận chuyển dầu khí, mô phỏng quá trình hình thành và phát triển lắng đọng paraffin trong đường ống bằng cách sử dụng ống kim loại hình trụ (ống làm lạnh) có nhiệt độ thấp (thường được đặt tại nhiệt độ bằng với nhiệt độ thực tế ở khu vực đáy biển nơi đường ống chạy qua), được nhúng trong mẫu dầu thô. Mẫu dầu thô này được duy trì ở nhiệt độ tương đương với nhiệt độ thực tế của dầu thô khi vận chuyển trong đường ống tại các công trình biển và được khuấy với tốc độ xác định để giả lập quá trình di chuyển của dầu thô trong đường ống thực tế.

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị cold finger sử dụng để đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô trong phòng thí nghiệm được thể hiện trong Hình 1.

Quá trình vận chuyển dầu khí tại Việt Nam thường xảy ra tình trạng lắng đọng paraffin do dầu thô Việt Nam chủ yếu thuộc loại dầu ngọt, có hàm lượng paraffin cao, có độ nhớt và nhiệt độ đông đặc cao; đa số đường ống dẫn dầu thô chạy dưới đáy biển, có nhiệt độ xuống đến 15 - 21 °C,



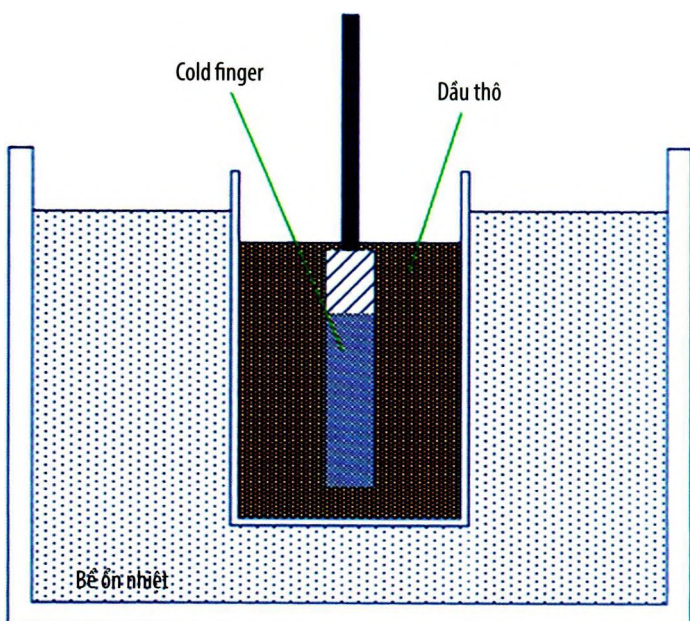
Ngày nhận bài: 12/11/2020. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 12/11 - 3/12/2020.
Ngày bài báo được duyệt đăng: 2/2/2021.

đặc biệt là đường ống cũ không được trang bị lớp cách nhiệt. Hiện tượng lắng đọng paraffin làm giảm khả năng lưu thông của dầu trong đường ống, tăng tổn hao áp suất trong quá trình vận chuyển, nghiêm trọng hơn là gây nguy cơ tắc nghẽn đường ống, phải xử lý tổn kém, tăng chi phí bảo trì bảo dưỡng hoặc gián đoạn cả hệ thống khai thác [3]. Hệ thống đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin bằng phương pháp cold finger trong phòng thí nghiệm có giá trị rất quan trọng trong phân tích mẫu phục vụ nghiên cứu đảm bảo dòng chảy tại Việt Nam.

Ngoài mục đích đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô, phương pháp cold finger còn được ứng dụng để đánh giá hiệu quả hóa phẩm ức chế lắng đọng paraffin bằng cách so sánh tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô trước và sau khi sử dụng hóa phẩm ức chế.

Từ những năm 2000, Viện Dầu khí Việt Nam đã sử dụng thiết bị đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin được gia công thô sơ theo thiết kế của Liên Xô cũ. Thiết bị này đã không còn khả năng sử dụng cung cấp dịch vụ cho các nhà thầu khai thác dầu khí do: thiết kế thô sơ, hay hỏng hóc; không kiểm soát được trạng thái làm việc của rotor, độ chính xác không cao; chỉ có khả năng thử nghiệm độc lập được 1 mẫu, không thể đồng thời kiểm tra chéo thí nghiệm; thời gian thử nghiệm kéo dài khi phân tích nhiều mẫu hoặc khi đánh giá tối ưu, so sánh hiệu quả hóa chất.

Trước yêu cầu thực tiễn trong việc cung cấp dịch vụ phân tích mẫu phục vụ nghiên cứu đảm bảo dòng chảy cho các nhà thầu khai thác dầu khí, trong đó có chỉ tiêu đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin, nhóm tác giả đã nghiên cứu giải pháp cải



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị cold finger

tiến hệ thiết bị cũ, nâng cấp lên thành hệ thiết bị với 6 cold finger, có thể quan sát mẫu trong chai thủy tinh trong quá trình thử nghiệm nhằm khắc phục các nhược điểm của hệ thiết bị cũ như:

- Cho phép lựa chọn nhiều tốc độ khuấy khác nhau bằng khuấy từ giúp giải lập dòng chảy của dầu thô trong đường ống chính xác hơn;
- Kỹ thuật kết nối dòng nóng/lạnh và điện tử theo kiểu tháo/ráp nhanh chóng, dễ dàng, thuận tiện và tăng tính linh động cho việc nghiên cứu, khảo sát chuyên sâu mức độ lắng đọng theo kích cỡ, chiều dài các cold finger, lượng dầu nghiên cứu;

Việc nghiên cứu nâng cấp hệ thiết bị này cũng giúp tiết giảm chi phí đầu tư so với mua mới thiết bị cold finger thương mại nhập khẩu với giá thành cao trên thị trường.

2. Thiết kế, cải tiến, nâng cấp hệ thống thiết bị cold finger cũ

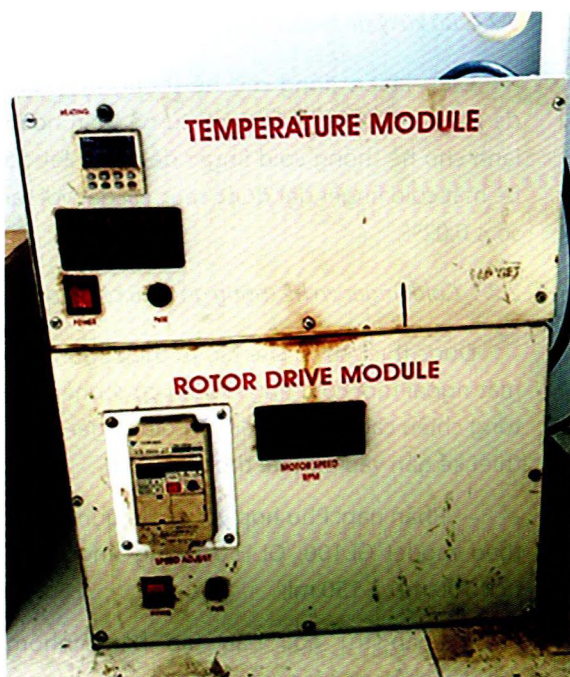
Trên cơ sở đánh giá, phân tích các ưu nhược điểm của hệ thống thiết bị cold finger tại Trung tâm Phân tích Thí nghiệm, Viện Dầu khí Việt Nam (VPI-Labs), cũng như tham khảo các loại cold finger của các phòng thí nghiệm trên thế giới, nhóm tác giả đã tiến hành thiết kế, cải tiến, nâng cấp hệ thống thiết bị cũ thành hệ thống thiết bị mới có đầy đủ các chức năng, bảo đảm tính chính xác, khả năng thử nghiệm tối ưu, tương đương với các loại thiết bị thương mại nhập khẩu có giá thành cao trên thị trường hiện nay.

2.1. Hệ thiết bị cold finger cũ tại Trung tâm Phân tích Thí nghiệm, Viện Dầu khí Việt Nam

Hệ thiết bị cold finger cũ được chế tạo thô sơ từ năm 2008 trên cơ sở nghiên cứu, tham khảo thiết kế của hệ thiết bị cold finger của Liên Xô cũ (Hình 2 và 3).

Nhược điểm của hệ thống thiết bị cold finger cũ tại VPI-Labs không đáp ứng được yêu cầu đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô cũng như đánh giá hiệu quả hóa phẩm do:

- Cốc chứa mẫu là loại cố định, thiết kế không linh hoạt, do đó yêu cầu lượng mẫu thử nghiệm khá nhiều (600 - 800 ml/lần);
- Do thiết kế chỉ có 1 cold finger, thời gian thực hiện phân tích mẫu kéo dài (mỗi thí nghiệm kéo dài từ 8 - 16 giờ);



Hình 2. Hệ ổn nhiệt kín của thiết bị cold finger cũ tại VPI-Labs



Hình 3. Cold finger được thiết kế nhúng vào hệ ổn nhiệt kín

- Việc bảo đảm tính đồng nhất về điều kiện thí nghiệm (nhiệt độ mẫu, nhiệt độ cold finger, tốc độ khuấy) không đảm bảo do việc thực hiện thí nghiệm với các mẫu khác nhau hoặc với mẫu được xử lý hóa chất được thực hiện nối tiếp nhau cùng với các thiết bị cũ có độ chính xác không cao;

- Thiết kế nhúng cold finger vào hệ ổn nhiệt kín nên không thể quan sát diễn biến của quá trình lắng đọng paraffin, làm cho việc đánh giá quá trình lắng đọng không chuẩn xác cũng như không kiểm soát được quá trình khuấy trộn mẫu của hệ thống khuấy bên trong;

- Thiết kế cold finger không thể tháo rời khỏi hệ gá đỡ phía trên làm cho thao tác cạo mẫu lắng đọng paraffin trên ngón khó khăn, dễ sai lệch kết quả;

- Hệ thống thiết bị đã cũ, các bộ phận ổn nhiệt, khuấy trộn rất hay hỏng hóc, ảnh hưởng lớn đến việc bảo đảm tiến độ thực hiện dịch vụ phân tích mẫu.

Do vậy, việc nghiên cứu để nâng cấp, cải tiến hệ thiết bị cold finger cũ tại VPI-Labs là cần thiết và cấp bách.

2.2. Hệ thiết bị cold finger cải tiến

Trên cơ sở phân tích ưu nhược điểm của các loại cold finger thương mại đang được sử dụng ở các phòng thí nghiệm trên thế giới, nhóm tác giả đã xác định các yêu cầu kỹ thuật chính của hệ thống thiết bị cold finger cần nâng cấp như sau:

- Được thiết kế gồm 6 cold finger, thực hiện thí nghiệm đồng thời với điều kiện về nhiệt độ mẫu, nhiệt độ cold finger, tốc độ vòng quay khuấy mẫu giống nhau;

- Thiết kế linh động, có thể tháo lắp cold finger dễ dàng;

- Có cảm biến nhiệt độ trong từng cold finger, đảm bảo kiểm soát nhiệt độ với độ chính xác đến 0,1 °C bằng hệ thống van đóng mở 2 chiều tự động để điều chỉnh lưu lượng chất tải lạnh trong hệ thống làm lạnh;

- Chai chứa mẫu có thể thay đổi dễ dàng, với dung tích mẫu thực hiện nhỏ và có thể thay đổi (100 ml);

- Hệ sử dụng bể ổn nhiệt rộng kèm với thiết bị bếp từ dạng tấm chìm với 6 vị trí khuấy tương ứng với 6 vị trí chai mẫu;

- Thiết kế hệ thống gá đỡ nhẹ gắn 6 cold finger có khả năng di chuyển dễ dàng;

- Thiết kế tổng thể hệ thống phải gọn gàng, dễ dàng bố trí trong phòng thí nghiệm.

Dựa trên các yêu cầu kỹ thuật chính trên đây, nhóm tác giả đã phác thảo được Sơ đồ nguyên lý của hệ thống như trong Hình 4.

Sau khi thiết kế chi tiết và tiến hành thi công, lắp đặt, hệ thống thiết bị cold finger tại Viện Dầu khí Việt Nam đã được đưa vào sử dụng đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật dựa theo nguyên lý hoạt động để ra (Hình 5).

Hệ thiết bị cold finger bao gồm các thành phần chính sau:

2.2.1. Bể lạnh tuần hoàn

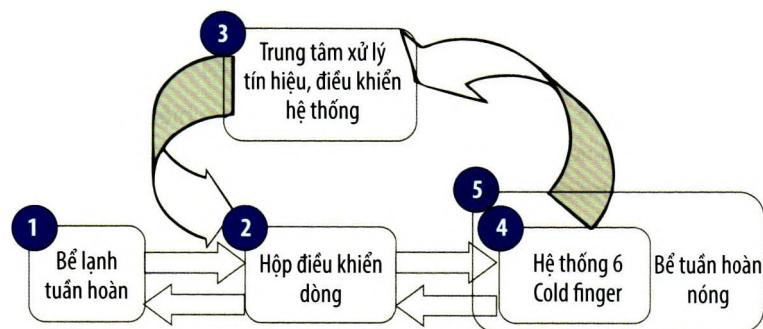
Dùng để duy trì nhiệt độ cho dòng lạnh, làm lạnh các cold finger với khoảng điều chỉnh nhiệt độ từ -45 °C đến 200 °C với độ ổn định nhiệt độ là ±0,01 °C.

2.2.2. Bộ ổn nhiệt có bơm tuần hoàn cho dòng nóng

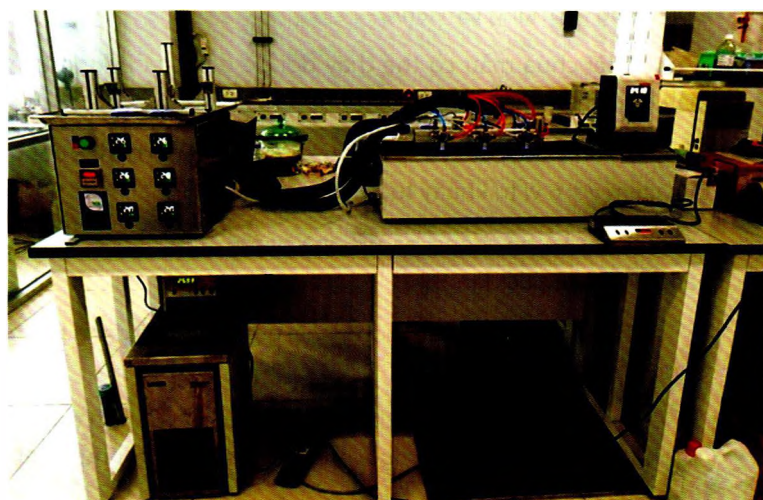
Dùng để duy trì nhiệt độ các mẫu dầu thô thử nghiệm được chứa trong các chai chứa mẫu có gắn các cold finger. Hệ thống có khoảng điều chỉnh nhiệt độ lên đến 150 °C.

2.2.3. Bộ khuấy từ 6 vị trí đặt trong bể ổn nhiệt loại khối liền

Dùng để khuấy, duy trì dòng của các mẫu dầu thô trong các chai mẫu của quá trình thử nghiệm. Bộ khuấy gồm 6 vị trí khuấy, mỗi vị trí có khả năng khuấy tối đa lên đến 3 lít. Điều kiện vận hành cho phép lên đến 200 °C trong không khí và 100 °C trong nước.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý của hệ thiết bị cold finger cải tiến



Hình 5. Hệ thiết bị cold finger cải tiến hoàn thiện

2.2.4. Bộ xử lý tín hiệu, điều khiển hệ thống

Điều khiển đóng mở hệ thống ống dẫn để phân chia dòng cồn lạnh từ bể tuần hoàn lạnh cho hệ thống cold finger để giữ nhiệt độ bề mặt cold finger đạt đúng mức cài đặt với sai số ≤ 0,02%.

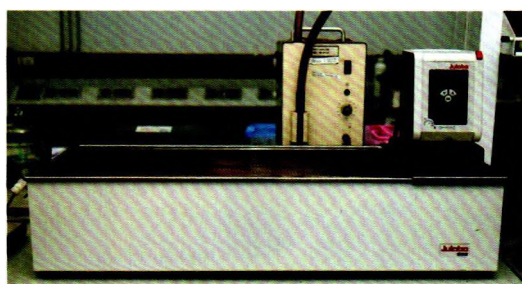
2.2.5. Cold finger và hệ thống giá đỡ 6 cold finger

Được thiết kế và chế tạo từ thép không gỉ, mặt ngoài mỗi cold finger gồm có 4 phần với tổng chiều cao là 79 mm. Mỗi cold finger được thiết kế gắn vào một hệ thống gồm:

- Phần nắp: Phù hợp với các lọ đựng mẫu theo model GL100, GL150 tương ứng dung tích 100 ml và 150 ml;
- Phần trụ nối: Cấu tạo bằng nhôm nguyên chất, có 3 tầng rãnh trong, giúp kết nối



Hình 6. Bể lạnh tuần hoàn Lauda



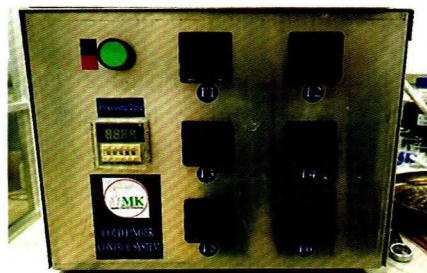
Hình 7. Bể ổn nhiệt Julabo Corio CD-B33



Hình 8. Bộ khuấy từ chìm



Hình 9. Bộ điều khiển khuấy từ



Hình 10. Trung tâm xử lý tín hiệu, điều khiển hệ thống



Hình 11. Các thành phần của một hệ cold finger



Hình 12. Lắng đọng paraffin lên cold finger

được giắc cắm nhanh để kết nối với cold finger cũng như kết nối với nắp lọ thí nghiệm và ruột cold finger;

- Phần cổng kết nối là một hệ thống các cổng để kết nối cảm biến nhiệt, dòng lạnh và dòng nóng. Phần này được dán nhãn, đánh số thứ tự của cold finger;

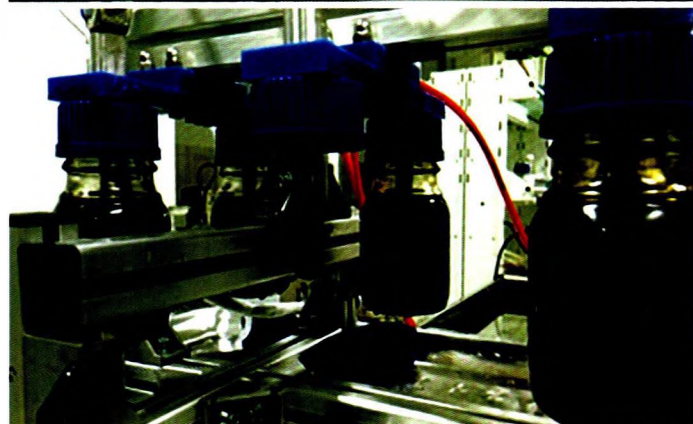
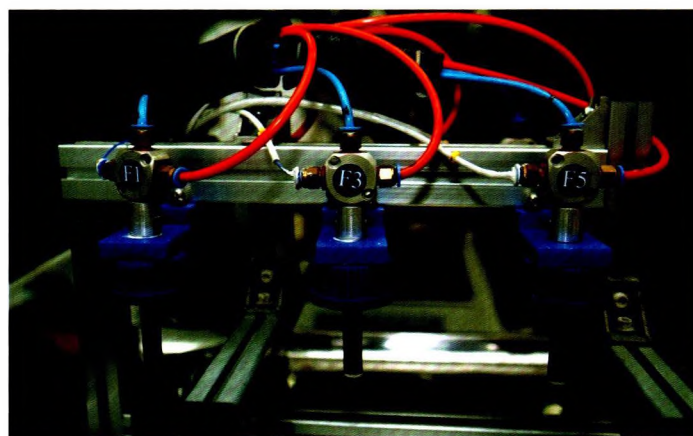
- Phần đế: Toàn bộ cold finger được cố định vào một đế nhựa u-PVC màu xanh, đế nhựa này giúp treo hệ thống cold finger cố định lên 1 giàn treo. Giàn treo này cũng giúp định vị 6 lọ mẫu vào đúng 6 vị trí của bếp từ khi thực hiện thí nghiệm trong bể nóng.

Sau khi thực hiện thí nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô, paraffin lắng đọng sẽ bám lên cold finger như trong Hình 12.

Để có thể cố định 6 cold finger với nhau, nhóm tác giả đã thiết kế hệ giá đỡ bằng thép không gỉ được thiết kế gắn 6 cold finger song song thành 2 hàng với chiều cao được tính toán để các chai mẫu có thể ngập hết trong bể ổn nhiệt nóng (Hình 13).

3. Thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô trên hệ thống thiết bị cold finger tại Viện Dầu khí Việt Nam

Hiện nay, có 3 loại quy trình đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô bằng phương pháp cold finger được sử dụng phổ biến tại Việt Nam cũng như trên thế giới. Điểm khác biệt duy nhất giữa các quy trình này chính là cài đặt nhiệt độ cold finger và nhiệt độ dầu thô thử nghiệm. Nhóm tác giả đã lựa chọn quy trình trong đó bể điều nhiệt được duy trì ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ cold finger, tương đương với nhiệt độ của dòng dầu trong quá trình vận chuyển hoặc nhiệt độ gọi là "nhiệt độ dầu". Nhiệt độ cold finger sẽ được duy trì tương đương với nhiệt độ đáy biển hoặc được xác định dựa trên nhiệt độ xuất hiện tinh thể paraffin của mẫu dầu thô, tạo nên sự chênh lệch nhiệt độ đủ để xuất hiện lượng paraffin bám lên bề mặt cold finger.



Hình 13. Hệ giá đỡ 6 cold finger

3.1. Đối tượng thử nghiệm

Nhóm tác giả sử dụng 4 mẫu dầu thô từ mỏ Rạng Đông và mỏ Cá Ngừ Vàng để thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin. Ngoài ra, thử nghiệm cũng được thực hiện đối với mẫu dầu thô có sử dụng hóa phẩm ức chế lắng đọng paraffin VPL-14/982 được phát triển bởi Viện Dầu khí Việt Nam với hàm lượng là 500 ppm.

3.2. Điều kiện thử nghiệm

Thử nghiệm được thực hiện với nhiệt độ dầu thô 55 °C, nhiệt độ cold finger tương ứng với nhiệt độ đáy biển là 21 °C, tốc độ

vòng quay được cài đặt tại 300 vòng/phút, thời gian thực nghiệm là 6 giờ.

Tốc độ lắng đọng được tính như sau:

$$\tau = \frac{m \times 24}{2\pi \times r \times h \times t \times 1000}$$

Trong đó:

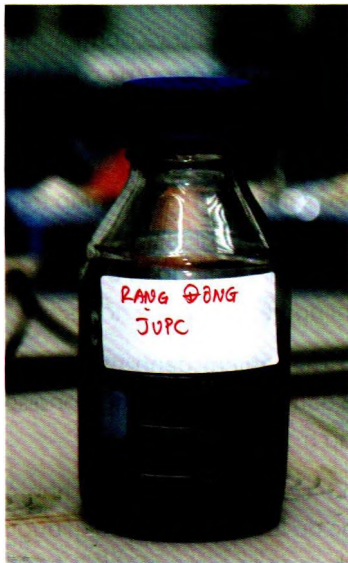
- τ: Tốc độ lắng đọng paraffin (kg/m²/ngày);
- m: Khối lượng paraffin bám dính trên cold finger (g);
- r: Bán kính cold finger (m);
- h: Chiều cao bám dính của cold finger (m);
- t: Thời gian (giờ).

3.3. Kết quả thử nghiệm

3.3.1. Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với dầu thô mỏ Rạng Đông

Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với dầu thô mỏ Rạng Đông được thể hiện trong Bảng 1 - 3.

Đánh giá độ lệch kết quả thí nghiệm đối với cùng một mẫu, trong cùng một điều kiện thí nghiệm, trên cùng một cold finger được tổng hợp tính toán trong Bảng 4.



Hình 14. Dầu thô mỏ Rạng Đông



Hình 15. Dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với dầu thô mỏ Rạng Đông chưa xử lý hóa chất lần 1

Nhiệt độ dầu thô (°C)	Nhiệt độ cold finger (°C)	Thời lượng (giờ)	Cold finger	Khối lượng bám dính (g)	Độ lệch so với kết quả trung bình (%)	Tốc độ lắng đọng (kg/m ² /ngày)
55	21	6	1	0,8020	5	3,27
			2	0,8745	4	3,57
			3	0,8449	0	3,45
			4	0,7870	7	3,21
			5	0,8784	4	3,59
			6	0,8711	3	3,56
			Trung bình	0,8430		3,44

Bảng 2. Kết quả thực nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với dầu thô mỏ Rạng Đông chưa xử lý hóa chất lần 2

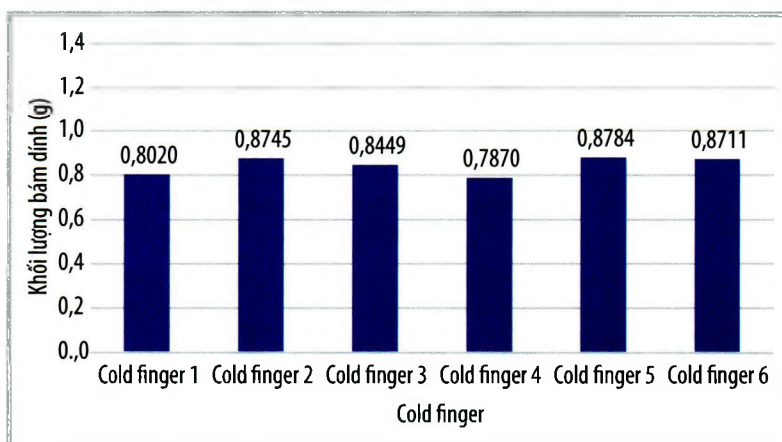
Nhiệt độ dầu thô (°C)	Nhiệt độ cold finger (°C)	Thời lượng (giờ)	Cold finger	Khối lượng bám dính (g)	Độ lệch so với kết quả trung bình (%)	Tốc độ lắng đọng (kg/m ² /ngày)
55	21	6	1	0,8425	1	3,44
			2	0,8292	3	3,39
			3	0,8648	2	3,53
			4	0,8443	1	3,45
			5	0,8542	0	3,49
			6	0,8756	3	3,58
			Trung bình	0,8518		3,48

Bảng 3. Kết quả thực nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với dầu thô Rạng Đông chưa xử lý hóa chất lần 3

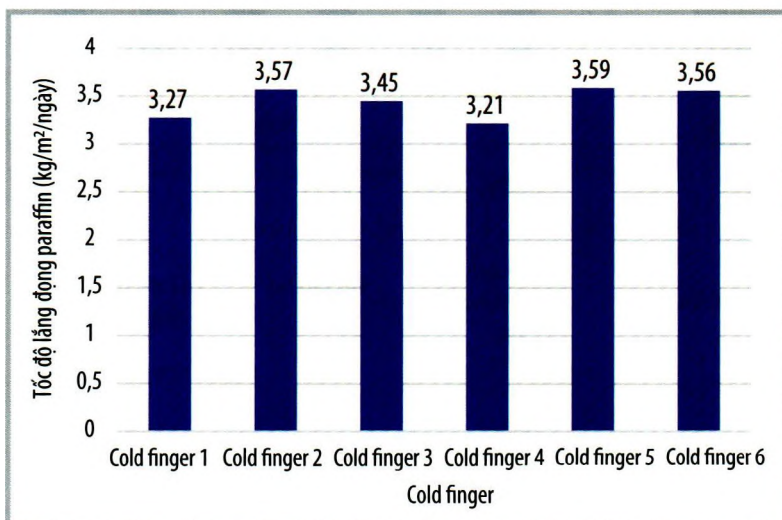
Nhiệt độ dầu thô (°C)	Nhiệt độ cold finger (°C)	Thời lượng (giờ)	Cold finger	Khối lượng bám dính (g)	Độ lệch so với kết quả trung bình (%)	Tốc độ lắng đọng (kg/m ² /ngày)
55	21	6	1	0,8034	4	3,28
			2	0,8611	2	3,52
			3	0,8498	1	3,47
			4	0,8002	5	3,27
			5	0,8718	4	3,56
			6	0,8549	2	3,49
			Trung bình	0,8402		3,43

Bảng 4. Kết quả thực nghiệm độ lệch đối với dầu thô mỏ Rạng Đông trên các cold finger

Nhiệt độ dầu thô (°C)	Nhiệt độ cold finger (°C)	Thời lượng (giờ)	Cold finger	Khối lượng bám dính lần 1 (g)	Khối lượng bám dính lần 2 (g)	Khối lượng bám dính lần 3 (g)	Khối lượng bám dính trung bình (g)	Độ lệch nhỏ nhất (%)
55	21	6	1	0,8020	0,8425	0,8034	0,8160	3
			2	0,8745	0,8292	0,8611	0,8549	3
			3	0,8449	0,8648	0,8498	0,8532	1
			4	0,7870	0,8443	0,8002	0,8105	4
			5	0,8784	0,8542	0,8718	0,8681	2
			6	0,8711	0,8756	0,8549	0,8672	1



Hình 16. Biểu đồ so sánh mức độ bám dính của dầu thô mỏ Rạng Đông lên các cold finger lần 1



Hình 17. Biểu đồ so sánh tốc độ lắng đọng của dầu thô mỏ Rạng Đông lên các cold finger lần 1

Kết quả trên Bảng 4 cho thấy độ lệch nhỏ nhất giữa kết quả của 3 lần thí nghiệm với kết quả trung bình trên cùng một cold finger chỉ là 4%. Điều này cho thấy độ ổn định của từng cold finger trên thiết bị là khá tốt.

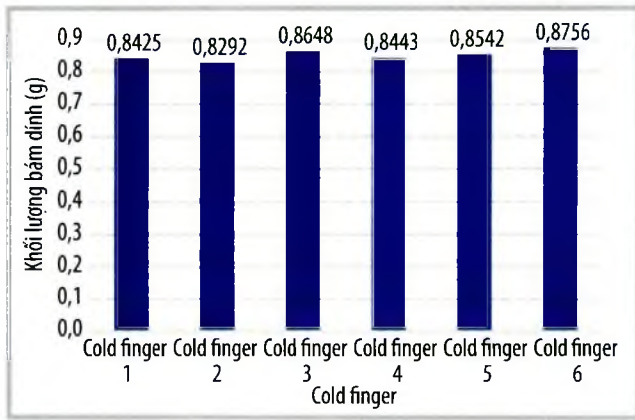
Hình 17 - 22 thể hiện các kết quả thử nghiệm đối với từng cold finger trong thử nghiệm, khối lượng bám dính của từng cold finger trong thử nghiệm đối với mẫu dầu mỏ Rạng Đông và tốc độ bám dính.

3.3.2. Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng

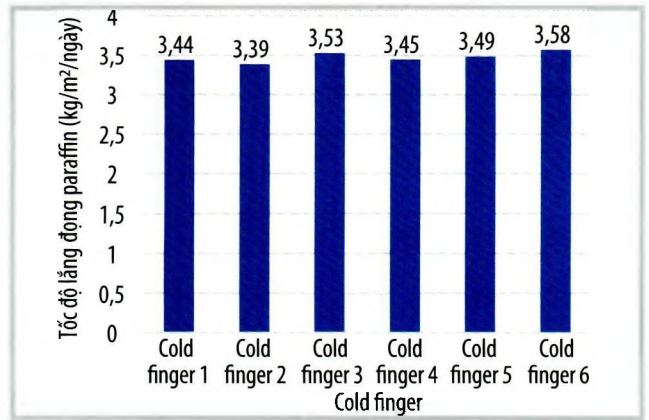
Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với mẫu dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng chưa xử lý hóa chất PPD được thể hiện trong Bảng 5.

Kết quả thử nghiệm độ lặp lại giá trị khối lượng paraffin bám dính trên các cold finger cho thấy, độ lặp của các kết quả khá tốt, giá trị dao động từ 2 - 9%.

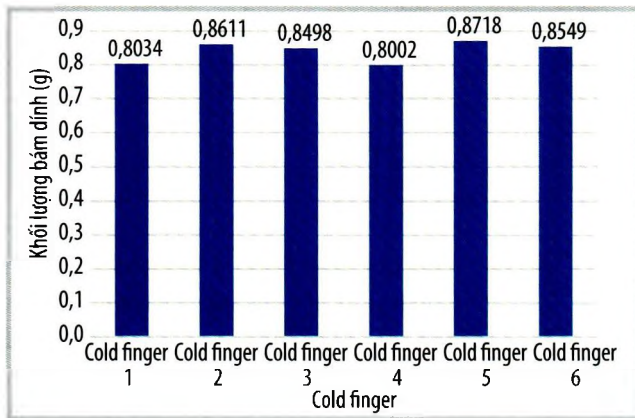
Hình 23, 24 là các kết quả thử nghiệm đối với từng cold finger trong thử nghiệm, khối lượng bám dính của từng cold finger trong thử nghiệm đối với mẫu dầu mỏ Cá Ngừ Vàng và tốc độ bám dính.



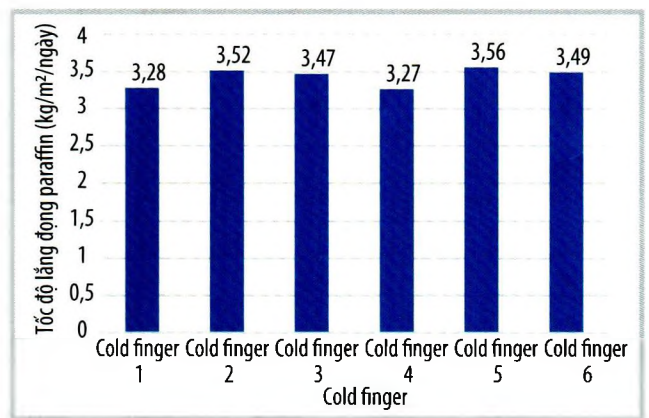
Hình 18. Biểu đồ so sánh mức độ bám dính của dầu thô mỏ Rạng Đông lên các cold finger lần 2



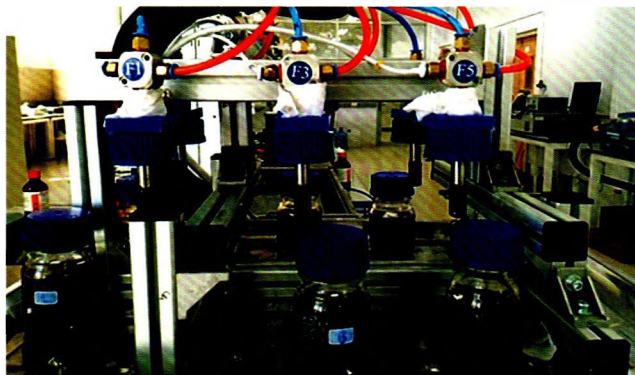
Hình 19. Biểu đồ so sánh tốc độ lắng đọng của dầu thô mỏ Rạng Đông lên các cold finger lần 2



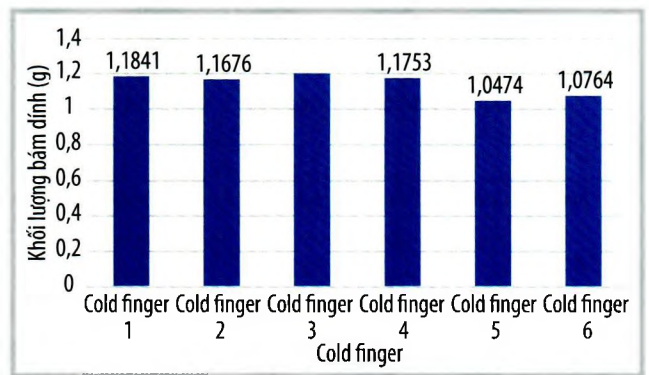
Hình 20. Biểu đồ so sánh mức độ bám dính của dầu thô mỏ Rạng Đông lên các cold finger lần 3



Hình 21. Biểu đồ so sánh tốc độ lắng đọng của dầu thô mỏ Rạng Đông lên các cold finger lần 3



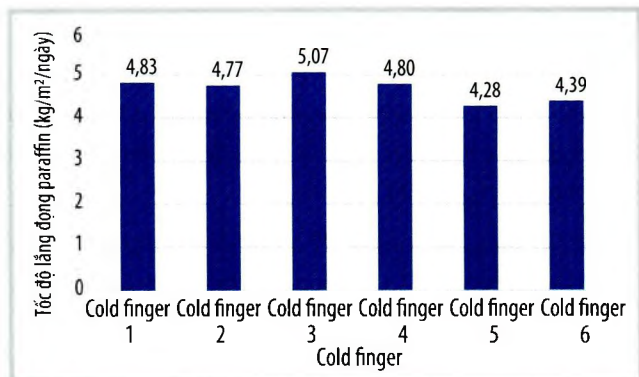
Hình 22. Paraffin của dầu thô Rạng Đông bám dính lên các cold finger sau thử nghiệm



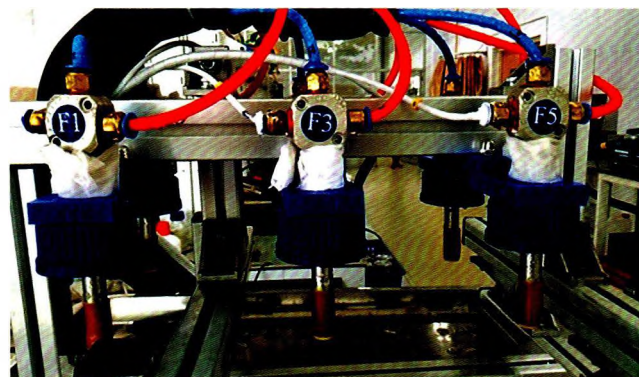
Hình 23. Biểu đồ so sánh mức độ bám dính của dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng lên các cold finger

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với mẫu dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng chưa xử lý hóa chất

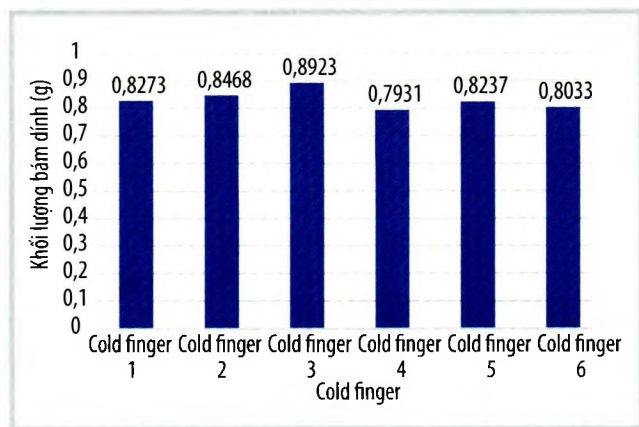
Nhiệt độ dầu thô (°C)	Nhiệt độ cold finger (°C)	Thời lượng (giờ)	Cold finger	Khối lượng bám dính (g)	Độ lặp lại (%)	Tốc độ lắng đọng (kg/m²/ngày)
55	21	6	1	1,1841	3	4,83
			2	1,1676	2	4,77
			3	1,2424	8	5,07
			4	1,1753	2	4,80
			5	1,0474	9	4,28
			6	1,0764	6	4,39
			Trung bình	1,1489		4,69



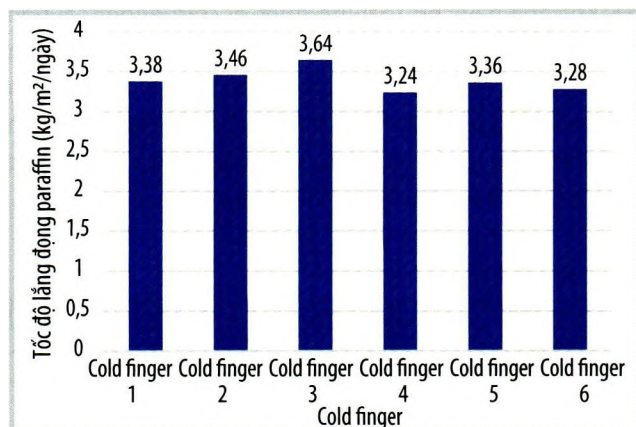
Hình 24. Biểu đồ so sánh tốc độ lắng đọng của dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng lên các cold finger



Hình 25. Paraffin của dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng bám dính lên các cold finger sau thử nghiệm



Hình 26. Biểu đồ so sánh độ bám dính dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng đã xử lý bằng PPD VPL-14/982 hàm lượng 500 ppm



Hình 27. Biểu đồ so sánh tốc độ lắng đọng của dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng đã xử lý bằng PPD VPL-14/982 hàm lượng 500 ppm

Bảng 6. Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin đối với mẫu dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng đã xử lý bằng PPD VPL-14/982 hàm lượng 500 ppm

Nhiệt độ dầu thô (°C)	Nhiệt độ cold finger (°C)	Thời lượng (giờ)	Cold finger	Khối lượng bám dính (g)	Độ lặp lại (%)	Tốc độ lắng đọng (kg/m ² /ngày)
55	21	6	1	0,8273	0	3,38
			2	0,8468	2	3,46
			3	0,8923	7	3,64
			4	0,7931	5	3,24
			5	0,8237	1	3,36
			6	0,8033	3	3,28
			Trung bình	0,8311		3,39



Hình 28. Paraffin của dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng, đã được xử lý bằng PPD VPL-14/982 hàm lượng 500 ppm

3.3.3. Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin dầu thô mỏ Cá Ngừ Vàng đã được xử lý bằng PPD VPL-14/982 hàm lượng 500 ppm

Đánh giá độ lặp của kết quả trên từng cold finger đối với mẫu đã được xử lý bằng PPD VPL-14/982 hàm lượng 500 ppm trong các điều kiện cài đặt như đối với mẫu dầu thô Cá Ngừ Vàng chưa xử lý hóa chất, kết quả được chỉ ra trong Bảng 6.

Kết quả thử nghiệm độ lệch của giá trị khối lượng paraffin bám dính trên các cold finger cho thấy, độ lệch của các kết quả khá tốt, tối đa 7%.

Để đánh giá mức độ ổn định của kết quả thử nghiệm, khối lượng bám dính và tốc độ bám dính trên từng cold finger đối với mẫu dầu mỏ Cá Ngừ Vàng đã xử lý bằng PPD VPL-14/982 hàm lượng 500 ppm được trình bày trong Hình 26 và 27.

4. Kết luận

Các kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thiết bị cold finger cải tiến tại Viện Dầu khí Việt Nam có mức độ ổn định về kết quả phân tích khá cao giữa các ngón và giữa các lần thí nghiệm khác nhau.

Kết quả này cho thấy hệ thiết bị cold finger cải tiến hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật để thực hiện dịch vụ phân tích, đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô cũng như đánh giá hiệu quả sử dụng hóa phẩm PPD, phục vụ công tác phân tích theo yêu cầu của các công ty khai thác dầu khí tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

[1] Viện Dầu khí Việt Nam, "Nghiên cứu xây dựng quy trình đánh giá tốc độ lắng đọng paraffin của dầu thô theo phương pháp cold finger và thiết kế cải tiến Hệ thống thiết bị cold finger hiện có", 6/2019.

[2] Kosta J. Leontaritis, "The wax deposition envelope of gas condensates", *Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 4 - 7 May 1998*. DOI: 10.4043/8776-MS.

[3] Nguyễn Thúc Kháng, Từ Thành Nghĩa, Tống Cảnh Sơn, Phạm Bá Hiển, Phạm Thành Vinh và Nguyễn Hoài Vũ, *Công nghệ xử lý và vận chuyển dầu nhiều paraffin ở thềm lục địa Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2016.

RESEARCH AND BUILD A TESTING EQUIPMENT SYSTEM FOR DETERMINING PARAFFIN DEPOSITION RATE OF CRUDE OIL (COLD FINGER)

**Nguyen Huynh Anh, Nguyen Ba Khoa, Nguyen Hien Phong, Nguyen Phan Tri
Ngo Thi Loan, Nguyen Thanh Tung, Nguyen Van Hung**

Vietnam Petroleum Institute
Email: anhnguyenh@vpi.pvn.vn

Summary

Cold finger is an important method to evaluate paraffin deposition rate of crude oil during its production and transportation. This method is used in oil and gas transportation laboratories.

The article introduces the new testing system for determining the paraffin deposition rate of crude oil, which has been upgraded from the old testing system at the Vietnam Petroleum Institute (VPI). The new system has functions similar to imported commercial equipment, meeting all the requirements for sample testing from oil and gas production companies in Vietnam as well as in other countries in the region.

Key words: Paraffin deposition, crude oil transportation.