Journal of Mining and Earth Sciences

Website: http://jmes.humg.edu.vn

Research on the method of repairing gas lift pipeline from FPSO Ruby - II to Pearl wellhead platform

Chuyen Viet Do [1], Thinh Van Nguyen [2,*], Dung Anh Hoang [2]

[1] *PetroVietnam Exploration Production Corporation, Hanoi, Vietnam*
[2] *Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam*

ARTICLE INFO

Article history:
Received 18th Feb. 2021
Revised 19th May 2021
Accepted 11th June 2021

Keywords:
Gaslift production methods,
Gathering and transportation,
Subsea pipeline.

ABSTRACT

Some offshore oilfields of Vietnam such as Bach Ho, Rong, Dai Hung, Ruby,... are at this moment in the secondary recovery stage. Gas lift production is one of the suitable methods in this period. Gas lift has proved itself as a more advantageous method in comparisons with other mechanical methods applied at Ruby oilfield. On the Pearl wellhead platform located in Ruby field, a gas lift system is installed to serve for the extraction of petroleum. The system is provided with compressed gas supplied from the FPSO Ruby II through a subsea 6 inches pipeline gas lift. For the sake of effective producing activity, it is a vital task to ensure the safety of this pipeline system during operations. In the case of failures, reparation should be applied immediately to minimize shutdown time and reduce the cost of troubleshooting. This article presents the "smart flange" technique to repair the gas lift pipeline system from the FPSO Ruby - II to the Pearl wellhead platform. Results of the work provide realistic knowledge to propose practical solutions to the maintenance and reparation of this system and thus, improve its operation.

Copyright © 2021 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author
E - mail: nguyenvanthinh@humg.edu.vn
DOI: 10.46326/JMES.2021.62(3a).02

Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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

Nghiên cứu giải pháp sửa chữa tuyến ống dẫn khí gaslift từ tàu FPSO Ruby - II về giàn đầu giếng Pearl

Đỗ Viết Chuyền [1], Nguyễn Văn Thịnh [2,*], Hoàng Anh Dũng [2]

[1] *Tổng Công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí, Hà Nội, Việt Nam*
[2] *Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam*

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
Nhận bài 18/02/2021
Sửa xong 19/5/2021
Chấp nhận đăng 11/06/2021

Từ khóa:
Phương pháp khai thác gaslift,
Thu gom vận chuyển,
Tuyến ống ngầm.

TÓM TẮT

Trong giai đoạn khai thác thứ cấp này, gaslift là phương pháp khai thác được áp dụng phổ biến. Thực tế cho thấy, khai thác dầu bằng bằng phương pháp Gaslift có nhiều ưu điểm so với các phương pháp cơ học khác được áp dụng tại mỏ Ruby. Hệ thống cung cấp và dẫn khí gaslift là một trong những yếu tố quan trọng và thiết thực đối với điều kiện khai thác thực tế tại giàn Pearl thuộc mỏ Ruby. Nguồn khí nén được dẫn từ tàu FPSO Ruby - II về giàn Pearl thông qua tuyến ống ngầm gaslift 6 (in). Việc đảm bảo an toàn cho tuyến ống dẫn khí gaslift trong quá trình hoạt động đóng vai trò quan trọng, ảnh hưởng lớn đến hiệu quả của hoạt động khai thác gaslift tại giàn Pearl. Khi tuyến ống này xảy ra sự cố, cần phải có giải pháp kịp thời khắc phục, sửa chữa sao cho thời gian sửa chữa là ít nhất. Bài báo trình bày kỹ thuật nối ống thông minh để tiến hành sửa chữa tuyến ống dẫn khí gaslift từ tàu FPSO Ruby - II về giàn đầu giếng Pearl. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở để xây dựng và đề xuất các giải pháp hiệu quả trong việc sửa chữa, bảo dưỡng tuyến ống nhằm nâng cao khả năng vận hành hệ thống đường ống trong điều kiện thực tế của mỏ.

© 2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Mỏ Ruby thuộc lô 01&02 bể Cửu Long trong thềm lục địa Việt Nam, cách thành phố Vũng Tàu 155 km về phía đông. Độ sâu mực nước trung bình khoảng 50 m. Cuối tháng 12 năm 2017, mỏ Ruby đã được Tập đoàn dầu khí quốc gia Việt Nam (PVN) chuyển giao cho Tổng công ty thăm dò khai thác dầu khí Việt Nam (PVEP) trực tiếp điều hành và khai thác.

Mỏ Ruby được đưa vào khai thác từ tháng 10 năm 1998, bao gồm hai tầng khai thác là Mioxen và Móng. Tính đến thời điểm hiện nay, tổng sản lượng dầu khai thác từ mỏ khoảng 100 triệu thùng. Trữ lượng dầu trong vỉa tầng Mioxen ở cấp trung bình khoảng 170 triệu thùng, trong đó khai thác chủ yếu là MI - 09 và MI - 10. Số lượng giếng đã đưa vào khai thác ở mỏ Ruby là 50 giếng với sản lượng dầu khai thác như sau:

*Tác giả liên hệ
E - mail: nguyenvanthinh@humg.edu.vn
DOI: 10.46326/JMES.2021.62(3a).02

- Giàn Ruby A hiện có 12/20 giếng đang khai thác và cho sản lượng khoảng 3200 thùng/ ng.đêm. Tất cả các giếng đều khai thác bằng phương pháp Gaslift. Tổng lượng khí ép vào các giếng để khai thác tối thiểu vào khoảng 3,80 mmscfd/ ng.đêm.

- Giàn Ruby B có 11/14 giếng đang khai thác và cho sản lượng khoảng 3000 thùng/ ng.đêm. Tất cả các giếng đều phải khai thác bằng phương pháp Gaslift. Tổng lượng khí ép vào các giếng để khai thác tối thiểu vào khoảng 6,87 mmscfd/ ng.đêm.

- Giàn Pearl có 2/4 giếng đang khai thác và cho sản lượng khoảng 1350 thùng/ ng.đêm. Giếng 1P khai thác bằng phương pháp Gaslift. Tổng lượng khí ép vào giếng để khai thác tối thiểu vào khoảng 0,8 mmscfd/ ng.đêm. Giếng 2P chỉ khai thác lấy khí.

- Giàn Topaz có 3/4 giếng đang khai thác và cho sản lượng khoảng 1180 thùng/ ng.đêm. Tất cả các giếng đều phải khai thác bằng phương pháp Gaslift. Tổng lượng khí ép vào các giếng để khai thác tối thiểu vào khoảng 1,55 mmscfd/ ng.đêm.

- Giàn Diamond có 7/8 giếng đang khai thác và cho sản lượng khoảng 1670 thùng/ ng.đêm. Tất cả các giếng đều phải khai thác bằng phương pháp Gaslift. Tổng lượng khí ép vào các giếng để khai thác tối thiểu vào khoảng 3,25 mmscfd/ ng.đêm.

Như vậy, toàn mỏ Ruby hiện đang khai thác bằng phương pháp Gaslift và hoàn toàn phụ thuộc vào nguồn khí gaslift. Thực tế với áp suất của giếng như hiện nay, nếu không có nguồn khí gaslift để bơm ép vào thì đa số các giếng không thể khai thác được. Do đó, việc vận hành đường ống dẫn khí gaslift an toàn để duy trì nguồn khí cho các giếng là hết sức quan trọng trong quá trình khai thác mỏ.

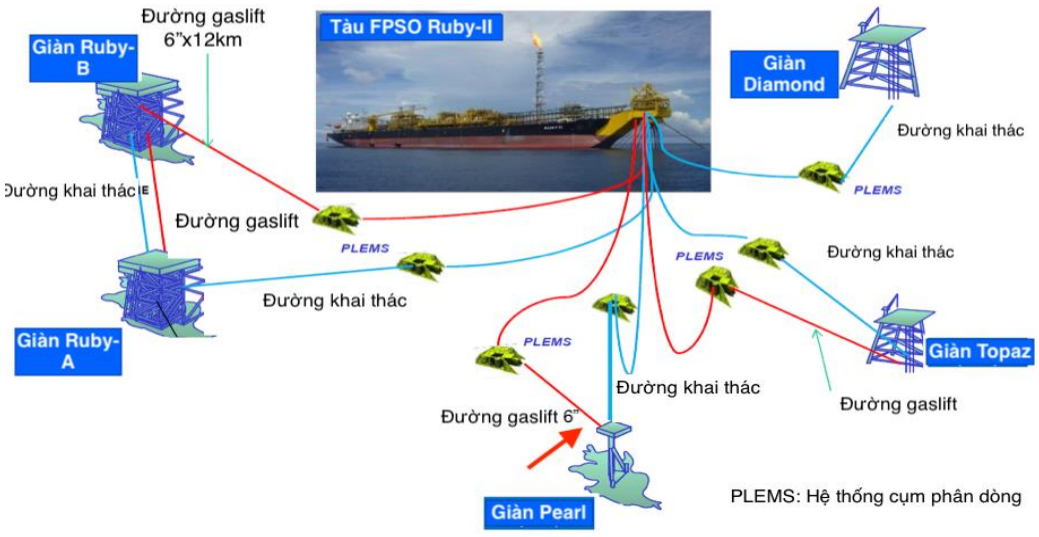
2. Tuyến ống dẫn khí gaslift từ tàu FPSO Ruby - II về giàn đầu giếng Pearl

Tuyến đường ống gaslift 6 (in) dẫn khí từ tàu FPSO Ruby - II tới giàn đầu giếng Pearl có chiều dài 6,2 km (Hình 1), đường kính ngoài 168,3 mm và chiều dày 9,5 mm, vật liệu chế tạo là thép cacbon, mác thép là L415 (PVEP, 2007). Phần dưới biển bên ngoài cùng được bọc bằng lớp bê tông có độ dày 60 mm để ổn định ống và chống va đập cho ống. Ngoài ra ống còn được lắp hệ thống anode để chống ăn mòn từ nước biển dọc theo chiều dài ống. Toàn bộ tuyến ống được nằm trên giá đỡ, khoảng cách lắp giá đỡ ống theo thiết kế không quá 15 m. Các thông số cơ bản của tuyến ống trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số cơ bản của tuyến ống gaslift.

Thông số	Giá trị thiết kế
Áp suất thiết kế	127,6 bar
Nhiệt độ thiết kế	90 ^{0}C
Áp suất thử	159,5 bar

Trong quá trình hoạt động, để đảm bảo an toàn cho quá trình vận hành tuyến ống, công tác kiểm tra giám sát phải được thực hiện thường xuyên, nhằm kịp thời phát hiện các vấn đề phát sinh gây ảnh hưởng đến hoạt động của đường ống. Ngày 17 tháng 10 năm 2019 khi thực hiện công tác



Hình 1. Tuyến ống dẫn khí gaslift từ tàu FPSO Ruby - II về giàn Pearl.

kiểm tra giám sát đường ống bằng thiết bị ROV đã phát hiện bọt khí thoát ra từ mặt bích ở hai vị trí KP0.771 và KP0.800 và các bu lông liên kết mặt bích bị cong. Tại vị trí KP0.780 quan sát thấy bu lông liên kết hai mặt bích bị cong nhưng không có bọt khí thoát ra (Hình 2).

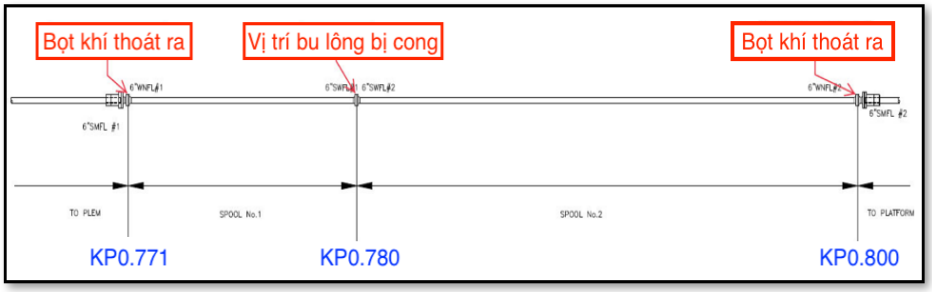
Chính vì vậy, việc nghiên cứu và tìm giải pháp phù hợp để sửa chữa đường ống này là rất cần thiết nhằm đảm bảo cung cấp đủ khí gaslift cho quá trình khai thác của giàn đầu giếng Pearl. Quá trình khắc phục sự cố phải đảm bảo an toàn, chất lượng với chi chí thấp trong thời gian ngắn nhất.

Để sửa chữa tuyến ống ngầm dưới nước, có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau (Abdullah nnk., 2019). Có thể sử dụng các đoạn ống măng xông rồi hàn vào vị trí ống bị hỏng; thay thế đoạn ống bị hỏng và dùng phương pháp hàn dưới nước để nối ống,... Các phương pháp này thường tốn thời gian thi công, hiệu quả không cao. Đối với tuyến ống dẫn khí gaslift 6 (in) từ tàu FPSO Ruby - II về giàn Pearl có thể áp dụng phương pháp truyền thống để sửa chữa. Tuy nhiên, quá trình sửa chữa cần kéo ống lên boong tàu để thi công, điều này có thể gây biến dạng ống, thời gian thi công dài, tốn kém về chi phí sửa chữa,... Trên cơ sở các nghiên cứu thực tế đối với tuyến ống, đồng thời căn cứ vào trình độ kỹ thuật và các trang thiết bị hiện có, nhóm tác giả đề xuất giải pháp sửa chữa đường ống này bằng kỹ thuật nối ống thông minh (smart flange) để nối ống. Sử dụng "smart flange" để lắp vào 2 đầu ống được cắt và thi công 2 đoạn ống mới để lắp nối thay cho đoạn ống hỏng đã cắt bỏ. Việc áp dụng phương pháp này giúp giảm lượng chiều dài ống phải thay (Moghaddam and Mohammadnia, 2014). Cũng như không phải thi công hàn dưới đáy biển, dễ thi công, rút ngắn thời gian sửa chữa và giảm chi phí nhất. Các kỹ thuật chi tiết của phương pháp này được thể hiện ở các nội dung dưới đây.

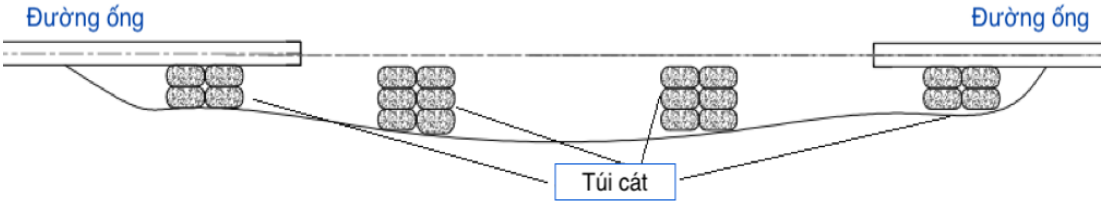
3. Quy trình sửa chữa đường ống dẫn khí gaslift từ tàu FPSO Ruby - II về giàn Pearl

Quá trình kiểm tra, thử hệ thống định vị động DPS (Dynammic Positioning System) của tàu phải được thực hiện trước khi tàu vào vùng 500 m (vùng an toàn tính từ tâm giàn) của giàn và trước khi thực hiện công tác lặn. Khi tàu đã vào vị trí, thợ sửa chữa sẽ thực hiện các công việc: kiểm tra tổng thể tại các vị trí mặt bích bị rò rỉ và điều kiện thực tế của các bu lông; đánh dấu vị trí cắt trên ống trước khi cắt thay thế; dọn vệ sinh sạch và loại bỏ các vật gây cản trở tại khu vực làm việc. Kết thúc quá trình kiểm tra tổng thể sẽ tiến hành quá trình chuẩn bị dưới đáy biển. Lúc này, các túi cát trong hộp sắt được bố trí xếp đặt bằng cần cẩu để kê túi cát phía dưới ống tại 2 vị trí đoạn ống sẽ được lắp đặt (các Hình 3, 4).

Sau khi hoàn thành công việc trên, thợ sửa chữa sẽ xác định điểm cắt ở 2 đầu đoạn ống. Dùng dụng cụ cắt thủy lực với áp lực nước cao và những dụng cụ khác để tháo bỏ bê tông và làm sạch bề mặt kim loại. Tiếp theo, thợ sửa chữa sẽ kiểm tra để xác định tình trạng bất thường trên ống đường



Hình 2. Vị trí hư hỏng của tuyến ống gaslift 6 (in) dẫn khí từ tàu FPSO Ruby-II tới giàn Pearl.



Hình 3. Vị trí các túi cát được sử dụng.

ống và tiếp tục tháo bỏ lớp nhựa PP phủ bên ngoài bằng áp lực nước, máy mài bằng thủy lực hoặc bàn chà và xác định điểm lắp đặt "smart flange". Đối với vị trí thứ hai, công đoạn tháo và làm sạch được thực hiện tương tự như vị trí thứ nhất. Sau khi đã làm sạch được các lớp phủ bên ngoài và bề mặt kim loại ống lộ ra, thợ sửa chữa sẽ đánh dấu điểm cắt ở vị trí thứ nhất và lấy dấu tạm tại vị trí thứ hai. Điểm cắt cuối cùng tại vị trí thứ hai sẽ được xác định sau.

Cắt đoạn ống 6 (in): Sau khi đã đánh dấu điểm cắt trên ống, thợ sửa chữa sẽ cắt các đoạn ống và đưa ra vị trí phù hợp để cẩu lên boong tàu.

Lắp đặt hai đoạn ống mới: Hai đoạn ống mới để đấu nối thay thế sẽ được thi công ở trên bờ và phải tiến hành thử áp lực nước để kiểm tra độ kín và độ an toàn của chi tiết. Công đoạn lắp đặt các đoạn ống này gồm các bước:

- Kiểm tra bằng mắt thường để phát hiện các hư hỏng thông thường phát sinh do quá trình vận chuyển.

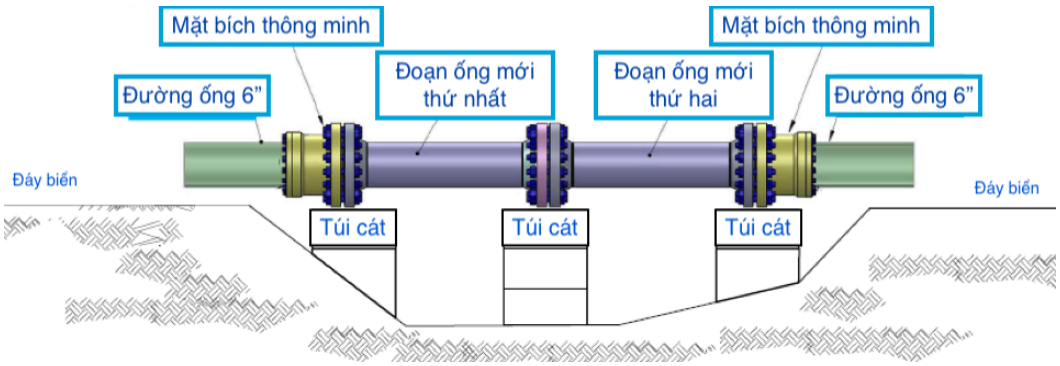
- Kiểm tra độ oval của đầu ống bằng thước chuyên dùng.

- Đảm bảo bề mặt đầu đoạn ống đã được làm sạch và chiều dài đoạn đầu ống đã làm sạch phải bằng hoặc lớn hơn chiều dài của "smart flange". Đầu ống được vát mép đúng tiêu chuẩn để hỗ trợ việc lắp "smart flange".

Lắp đoạn ống thứ nhất: Hạ đoạn ống thứ nhất xuống đúng vị trí lắp đặt như bản vẽ thiết kế. Tiến hành bịt bích, sử dụng thiết bị hỗ trợ căn chỉnh (Hình 5) và thực hiện công việc lắp ống.

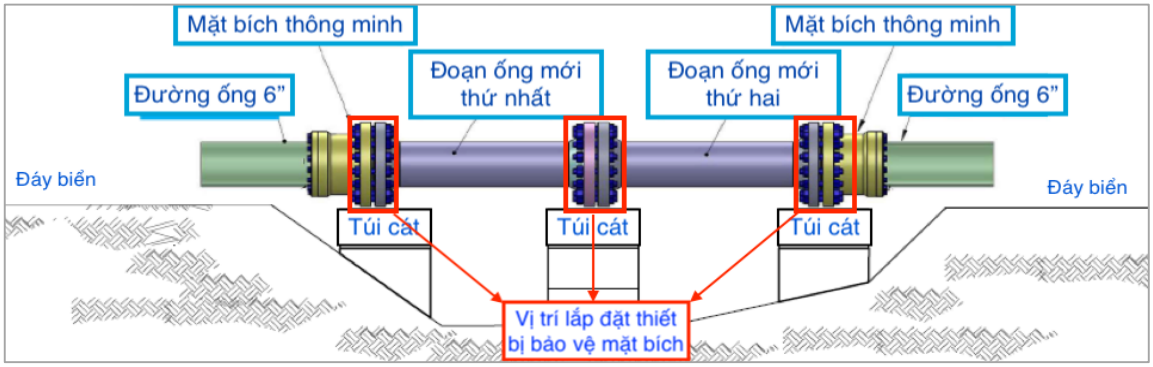
Lắp đoạn ống thứ hai: Hạ đoạn ống mới thứ hai xuống đúng vị trí như bản vẽ thiết kế. Thợ lặn sẽ cân chỉnh đoạn ống mới thứ hai này cho thẳng với đoạn ống thứ nhất và thẳng với lỗ vị trí mặt bích thứ nhất và tiến hành lắp đoạn ống thứ 2.

Thử kín Kamos gasket: Khi tất cả các công việc lắp 2 đoạn ống mới và 2 "smart flange" hoàn thành, thợ sửa chữa sẽ thực hiện thử kín Kamos gasket để đảm bảo công việc xiết ốc cho các điểm nối mặt bích đảm bảo kín. Sau khi việc thử kín Kamos gasket được hoàn thành, ba thiết bị bảo vệ mặt bích sẽ được hạ xuống biển để lắp đặt cho ba vị trí kết nối mặt bích.



Hình 4. Vị trí lắp đặt các đoạn ống nối.

Hình 5. Quá trình căn chỉnh đoạn ống thứ nhất.



Hình 6. Ba vị trí lắp đặt Thiết bị bảo vệ mặt bích.

Lắp thiết bị bảo vệ mặt bích: Thiết bị bảo vệ mặt bích sẽ được lắp vào đúng vị trí yêu cầu (Hình 6). Khi quá trình này được hoàn tất, thợ sửa chữa sẽ thực hiện kiểm tra lần cuối và ghi chép lại kết quả cho những điều không bình thường cũng như chụp hình quay phim.

Kiểm tra rò rỉ của tuyến ống sau khi thay: Trước khi thực hiện công việc kiểm tra rò rỉ, cần phải bơm nước và phóng Pig để làm sạch đường ống (Boyun Gou, 2007; PVEP, 2019), công việc thử kín cho toàn bộ đường ống được bố trí trên tàu FPSO Ruby - II. Áp suất thử bằng 1,15 lần áp suất làm việc lớn nhất cho phép (Geoge, 2003). Trong quá trình nâng áp sẽ ghi nhật ký khoảng 1 bar/lần đối với các thông số như áp suất của ống thử, thể tích của nước bơm vào, nhiệt độ môi trường xung quanh.

Bơm nước tăng áp: Bơm nước để nâng áp với tỷ lệ không vượt quá 1 bar/phút cho đến khi đạt tới 35 bar và giữ áp suất khoảng 30 phút, kiểm tra sự thay đổi của lượng không khí trong ống và phải xả lượng không khí trong ống không vượt quá 0,2% thể tích tính toán của ống. Sau khi tính toán xử lý lượng không khí đạt kết quả, tiếp tục tăng áp suất và tốc độ tăng không vượt quá 1 bar/phút tới 50% áp suất thử. Khi đạt 50% áp suất thử, sẽ giữ ổn định trong 30 phút.

Trong quá trình giữ áp suất để theo dõi, nếu kết quả áp suất bị giảm xuống dưới giới hạn cho phép thì phải bơm tăng áp trở lại và giữ theo dõi lại ít nhất 4 giờ. Nếu kết quả giữ áp suất 4 giờ đạt kết quả chấp thuận thì sẽ tiếp tục thực hiện giữ áp suất trong 24 giờ để theo dõi. Trong quá trình bơm và giữ áp suất, sẽ tiến hành lặn để kiểm tra lại rò rỉ cho các điểm nối liên quan đến đoạn ống mới thay thế.

Việc thử kín cho tuyến ống sẽ được xem xét và công nhận hoàn thành khi đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật với các tiêu chí như sau:

- Không thấy giảm áp suất thử khi kiểm tra;
- Kết quả thử áp suất dao động trong phạm vi không quá ±0,2% áp suất thử trong 24 giờ giữ áp suất;
- Việc giữ áp suất sẽ hoàn thiện khi quá trình giữ áp suất 24 giờ đạt kết quả chấp thuận.

Tuyến ống sau khi được sửa chữa hoàn thiện, sản lượng khai thác của giàn Pearl đã được cải thiện theo hướng tăng lên. Áp suất khai thác của giếng nằm trong khoảng 310÷340 psi. Áp suất đóng giếng khoảng 1000 psi. Tổng lượng khí ép vào cho giếng để khai thác vào khoảng 0,8 mmscfd/ ng.đêm. Sản lượng khai thác lúc này được xác định qua hệ thống đo lưu lượng của giếng. Kết quả đo cho thấy, sản lượng khai thác của giàn Pearl khi ống hỏng (không có khí gaslift để khai thác) và sau khi sửa chữa ống (có khí gaslift để khai thác) chênh lệch khoảng 1000 thùng/ ng.đêm. Điều đó cho thấy việc áp dụng phương pháp nối ống thông minh đạt hiệu quả cao.

4. Kết luận

Tuyến ống dẫn khí gaslift 6 (in) từ tàu FPSO Ruby - II về giàn Pearl là tuyến ống rất quan trọng. Khi tuyến ống này gặp sự cố sẽ làm cho hoạt động khai thác gaslift của giàn Pearl bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Vì vậy, việc ứng dụng phương pháp nối ống thông minh khi sửa chữa tuyến ống dẫn khí gaslift từ tàu FPSO - Ruby II về giàn đầu giếng Pearl đã đáp ứng tốt yêu cầu đặt ra của thực tế sản xuất. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Sử dụng phương pháp nối ống thông minh "smart flange" để tiến hành các công đoạn sửa chữa tuyến ống đảm bảo dễ thực hiện, chi chí thấp. Việc áp dụng phương pháp này giúp giảm chiều

dài đoạn ống cần thay và không phải thi công hàn dưới đáy biển, rút ngắn thời gian sửa chữa và nâng cao hiệu quả khai thác dầu khí tại giàn đầu giếng Pearl.

- Sau khi tuyến ống được sửa chữa hoàn thiện, tổng lượng khí ép vào giếng để khai thác vào khoảng 0,8 mmscfd/ng.đêm. Sản lượng khai thác của giàn Pearl đã tăng thêm khoảng 1000 thùng/ng.đêm. Điều đó cho thấy áp dụng phương pháp nối ống thông minh đạt hiệu quả cao.

- So với các phương pháp sửa chữa truyền thống trước đây, phương pháp nối ống thông minh thực hiện rất đơn giản, giảm chi phí về nhân lực và thiết bị, rút ngắn thời gian thi công, đảm bảo an toàn và đáp ứng tốt các yêu cầu về kỹ thuật. Kết quả của phương pháp nối ống thông minh "smart flange" đã được các cơ quan đăng kiểm của Việt Nam cũng như quốc tế công nhận và đánh giá cao.

Đóng góp của các tác giả

Nguyễn Văn Thịnh, xây dựng bố cục, phân tích số liệu, biên tập và hiệu đính nội dung bài báo; Hoàng Anh Dũng bổ sung thông tin, hiệu chỉnh nội dung; Đỗ Viết Chuyền tham gia vào quá trình biên tập, hiệu đính thông tin, phân tích kết quả nghiên cứu, cung cấp dữ liệu cho bài báo.

Tài liệu tham khảo

Abdullah Eidaninezhad, Pegah Ziyaei, Arman Zare. (2019). An overview of marine pipeline repair methods. *8th International Offshore Industries Conference,* Tehran, 11.

Boyun Gou. (2007). *Petroleum Production Engineering.* Elsevier Science & Technology Books.

Geoge A.Antaki. (2003). *Piping & Pipeline and Engineering.* Aiken, South Carolina. U.S.A.

Moghaddam A. S., & Mohammadnia S. (2014). Three dimensional finite element analysis of 4 inch smart flange on offshore pipeline, *Ocean Systems Engineering*, *4*(4), 279 - 291.

PVEP. (2007). *Flow assurance study report.* Pearl development project.

PVEP. (2019). *Pigging Operation from Pearl Platform to FPSO Ruby II.* Pigging Operation Report.