

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP TỔ CHỨC THI CÔNG HỢP LÝ ĐỂ LẮP ĐẶT HỆ THỐNG NEO GIỮ CÔNG TRÌNH BIỂN NỔI TRONG ĐIỀU KIỆN BIỂN VIỆT NAM

Phạm Hiền Hậu¹, Nguyễn Đạt Thịnh²

¹Trường Đại học Xây dựng

²Liên doanh Việt - Nga "Vietsovetpetro"

Email: hauph@nuce.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu công nghệ thi công lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi đang được áp dụng trên thế giới. Dựa trên phân tích giải pháp thiết kế cho hệ thống neo giữ, năng lực cơ sở hạ tầng, thiết bị phương tiện hiện có ở Việt Nam và các nước lân cận, nhóm tác giả đã nghiên cứu xây dựng giải pháp tổ chức thi công hợp lý để thi công lắp đặt hệ thống dây neo các công trình biển nổi tại Việt Nam. Cuối cùng, các giải pháp này được ứng dụng cụ thể cho một bể chứa dầu nổi (FPSO) thuộc mỏ Tê Giác Trắng để đánh giá tính hiệu quả về kinh tế và kỹ thuật.

Từ khóa: Công trình biển nổi, FPSO, hệ thống dây neo, tổ chức thi công.

1. Mở đầu

Dịch vụ cung cấp các công trình biển nổi như bể chứa nổi để xử lý, chứa đựng và xuất dầu thô, gọi tắt là bể chứa nổi (FPSO) là một trong những dịch vụ chiến lược mang tính ổn định lâu dài của ngành Dầu khí Việt Nam do gắn liền với hoạt động khai thác các mỏ dầu. Các dự án này có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong việc hiện thực hóa chiến lược phát triển dịch vụ kinh doanh bể chứa nổi nói riêng và chiến lược phát triển kinh tế biển của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam nói chung. Việc đề ra giải pháp thi công lắp đặt biển hợp lý cho các công trình biển nổi như FSO/FPSO mang lại giá trị kinh tế cao, nếu tận dụng được nguồn trang thiết bị, nhân lực trong nước và kết hợp với thuê trang thiết bị chuyên dụng trong khu vực. Thông thường với giải pháp đóng mới FPSO thì các công ty trong nước phải đặt đóng mới các bể chứa nổi từ nước ngoài rồi kéo về Việt Nam, sau đó tiến hành thuê các đơn vị thi công nước ngoài lắp đặt hệ thống neo giữ để định vị công trình nổi tại vị trí mỏ, phục vụ công tác khai thác, chế biến, chứa đựng sản phẩm dầu khí. Đối với phương án hoán cải FPSO thì có thể chọn mua tàu dầu đã qua sử dụng rồi thực hiện công tác hoán cải thành bể chứa nổi, trường hợp này vẫn cần thi công lắp đặt hệ thống neo giữ tại chỗ. Như vậy, việc nghiên cứu các giải pháp thi công hợp lý để lắp đặt hệ thống neo giữ cho công trình biển nổi là thiết thực, tiến tới làm chủ và nội địa hóa được công tác thi công này.

Bài báo tổng kết công nghệ thi công lắp đặt hệ thống neo giữ các công trình biển nổi đang được áp dụng trên thực tiễn, tìm hiểu năng lực về cơ sở hạ tầng, thiết bị phương tiện hiện có ở Việt Nam và các nước lân cận, từ

đó nghiên cứu xây dựng giải pháp tổ chức thi công hợp lý để thi công lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi tại Việt Nam.

Nội dung nghiên cứu gồm các vấn đề chính sau: nghiên cứu tổng quan về các giải pháp neo giữ công trình biển nổi tại Việt Nam; nghiên cứu cơ sở hạ tầng, thiết bị phương tiện để từ đó xây dựng giải pháp thi công hệ thống neo giữ một cách hợp lý và kinh tế, phân tích những rủi ro có thể xảy ra và biện pháp khắc phục trong quá trình thi công; ứng dụng các kết quả nghiên cứu để lắp đặt hệ thống dây neo và cọc neo cho bể chứa nổi FPSO tại mỏ Tê Giác Trắng.

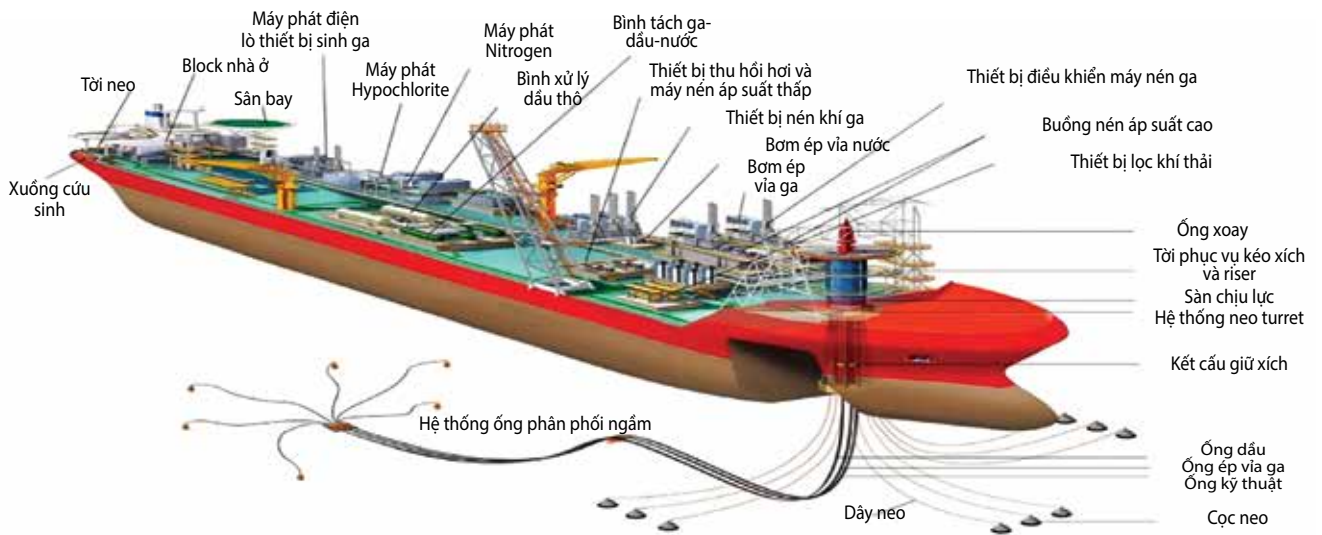
Hình 1 minh họa cấu tạo một công trình biển nổi dạng FPSO, gồm các bộ phận chính: khối thượng tầng, kết cấu nổi và hệ thống neo giữ theo dạng tháp Turret trong và các thiết bị ngầm của một bể chứa nổi điển hình.

2. Các giải pháp thiết kế cho hệ thống neo công trình biển nổi tại Việt Nam

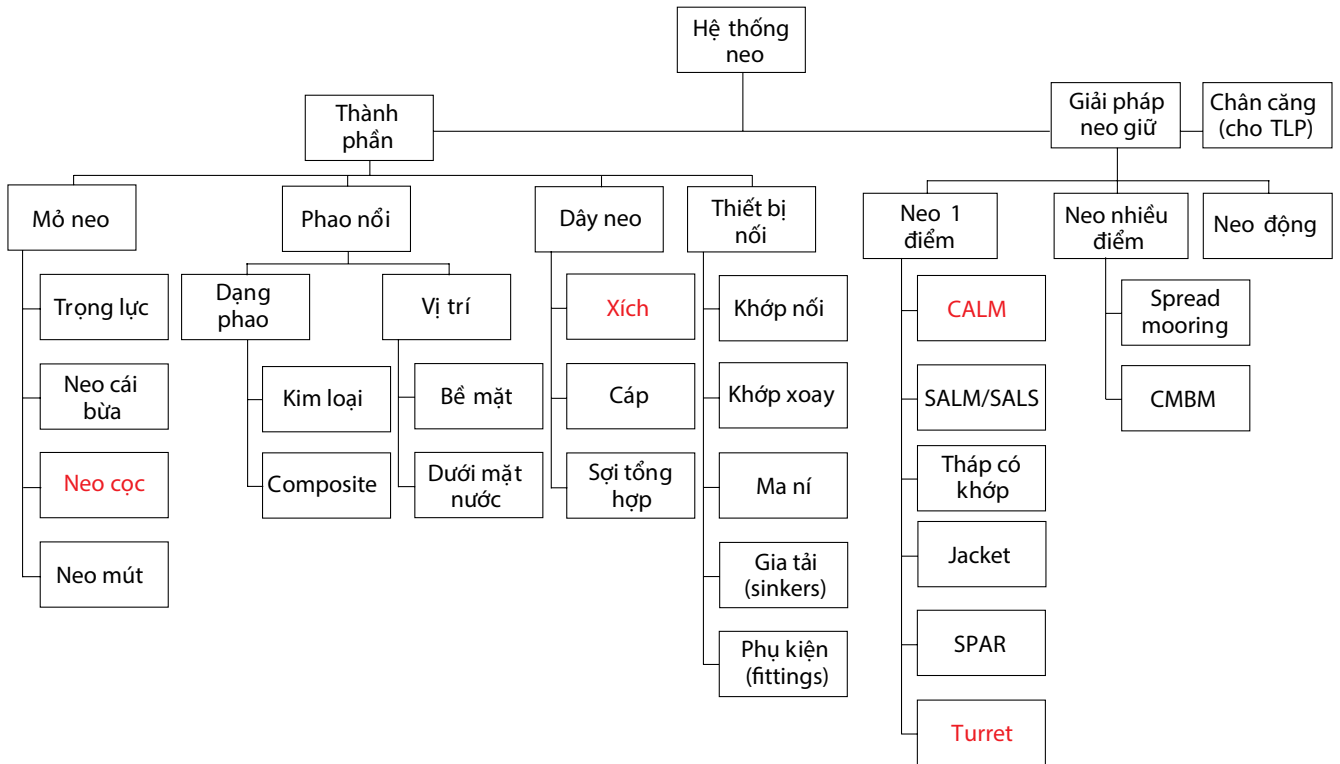
Trước khi nghiên cứu các phương án thi công hệ thống neo giữ, cần tìm hiểu về các giải pháp thiết kế hệ thống neo giữ công trình biển nổi, để đảm bảo nhiệm vụ neo giữ tại vị trí khai thác cho công trình nổi, đồng thời đảm bảo sự vận chuyển các sản phẩm khai thác (nhận/rót dầu) và truyền tải trọng từ công trình nổi sang các dây neo.

2.1. Các giải pháp neo giữ công trình nổi [1, 3]

- Bể chứa nổi FPSO để khai thác, xử lý, chứa đựng và xuất dầu có 3 dạng neo chính (Hình 2):



Hình 1. Cấu tạo chính của một bể chứa nổi FPSO điển hình [2]



Hình 2. Sơ đồ các dạng hệ thống neo và giải pháp neo giữ cho công trình nổi

+ Dạng neo động D.P (dynamic positioning): định vị động bằng thiết bị dẫn tiến ở bên sườn tàu, không có hệ dây neo.

+ Dạng neo nhiều điểm có 2 kiểu: neo cành cây CMBM (conventional multi buoy mooring) các dây neo phân nhánh chính-phụ kết hợp nhiều phao; neo chùm (spread mooring) các dây neo với đáy biển một cách độc lập tại nhiều điểm từ công trình nổi.

+ Dạng neo một điểm S.P.M (single point mooring): công trình nổi xoay quanh 1 điểm neo. Có nhiều kiểu khác

n nhau: dạng phao CALM (catenary anchor leg mooring); dạng neo chân đơn SALM/SALS (single anchor leg mooring); dạng tháp có khớp (articulated tower); dạng chân đế Jacket; dạng trụ nổi SPAR; dạng tháp Turret.

- Giàn bán chìm Semi-FPU (semi - floating production unit) neo giữ bằng dạng neo nhiều điểm.

- Giàn neo đứng TLP (tension leg platform) được neo giữ bằng hệ thống neo đứng là các chân căng có lực căng trước (tendons) và bệ móng.

2.2. Các dạng dây neo và mỏ neo [1, 2]

Dây neo dùng neo giữ công trình biển nổi có các loại vật liệu sau: dây xích có trọng lượng lớn, chịu mài mòn tốt, thích hợp cho neo giữ công trình nổi trong vùng nước nông và kết hợp dùng cho đoạn dây neo nằm trên mặt đất ở các vùng nước sâu; dây cáp: cấu tạo từ các bó cáp, kết hợp với dây xích để neo giữ công trình vùng nước vừa; dây thừng hoặc sợi tổng hợp có trọng lượng nhẹ, chịu lực kéo tốt, tuy nhiên giá thành cao, thường dùng cho vùng nước sâu và cực sâu.

Các dạng mỏ neo thông dụng dùng trong các công trình biển có thể được chia thành các loại chính sau: neo dạng cái bừa (drag-embedment anchors) và neo trọng lực (deadweight anchors or clumps) dùng trong trường hợp neo tạm thời cho các công trình phục vụ thi công hay khoan thăm dò; neo dạng cọc (pile anchors) cho nền đất tốt và neo mút (suction pile) dùng khi đất nền yếu không đóng cọc được. 2 loại sau này dùng đối với neo thời gian lâu dài cho các công trình khai thác.

Hình 2 là sơ đồ cấu tạo thành phần của hệ thống neo giữ và các giải pháp neo cho công trình biển nổi [2].

2.3. Hệ thống neo công trình biển nổi phù hợp với điều kiện biển Việt Nam [1]

- Các dạng hệ thống neo giữ: Xu hướng hiện nay của các công ty khai thác dầu khí là sử dụng neo một điểm dạng tháp Turret để neo giữ bể chứa nổi FPSO vì dạng neo này đỡ được nhiều ống dẫn dầu riser cũng như chịu được các điều kiện thời tiết đa dạng, giảm thiểu lực môi trường tác dụng lên dây do công trình có thể xoay quanh điểm neo giữ. Tuy nhiên, khi các điều kiện thời tiết ôn hòa, theo một hướng, hoặc khi công trình nổi phải đứng gần một giàn cố định do yêu cầu công nghệ (không cho phép quay quanh một điểm) thì dạng neo nhiều điểm kiểu neo chùm cho FPSO phù hợp thực tế hơn. Dạng này cũng dùng để neo giữ giàn bán chìm. Mặt khác, neo một điểm dạng CALM được dùng nhiều cho bể chứa nổi FPSO hoán cải từ tàu dầu. Còn hệ thống neo giữ giàn neo đứng TLP thì sử dụng hệ neo thẳng đứng bằng chân căng ứng suất trước gắn với bộ móng.

- Các dạng dây neo và mỏ neo phù hợp với điều kiện biển Việt Nam: Dây xích và cọc.

+ Dây xích thường được sử dụng phổ biến nhất cho neo giữ công trình biển nổi vùng nước nông do có ưu điểm là trọng lượng bản thân lớn và khả năng chịu mài mòn cao. Dây xích thích hợp dùng cho dây neo ở vùng

nước nông như tại Việt Nam, nhằm tăng khoảng cách từ điểm dây xích tiếp xúc với đáy biển đến điểm neo, tránh cho neo bị nhỏ, hoặc dùng xích cho đoạn dây neo nằm trên mặt đất tại các vùng biển sâu hơn.

+ Đối với mỏ neo, căn cứ vào địa chất thực tế của các vùng mỏ ở Việt Nam, chủ yếu là lớp đất sét pha cát dạng chặt, sét chặt, dạng neo cọc thường được sử dụng phổ biến cho bể chứa nổi (neo lâu dài), còn neo cái bừa thường dùng cho giàn bán chìm (neo tạm thời).

3. Xây dựng giải pháp tổ chức thi công hợp lý để lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi tại Việt Nam

Trên thế giới đã có một số nghiên cứu của các tác giả trong nước [4, 5] và quốc tế về thi công hệ thống neo giữ cho công trình biển nổi. Điển hình như tác giả Huailiang Li [6] trong báo cáo ở Hội nghị công trình biển quốc tế (ISOPE) tại Bắc Kinh đã giới thiệu phương pháp lắp đặt ngoài biển cho 2 phao neo Turret trong, hệ dây neo và cọc cho FPSO tại vùng biển phía Nam Trung Quốc, sử dụng tàu cầu, thiết bị búa đóng cọc, tàu dịch vụ và một số thiết bị thi công ngầm chế tạo riêng.

Tuy nhiên, khi thi công hệ thống neo giữ của công trình biển nổi trong điều kiện Việt Nam cần dựa theo các phương pháp thi công phù hợp với các giải pháp neo giữ, trang thiết bị và phương tiện thi công, điều kiện môi trường... tại Việt Nam.

Dựa trên cơ sở lựa chọn các dạng hệ thống neo công trình biển nổi đã phân tích ở mục 2, trong phần này đưa ra cơ sở để lựa chọn giải pháp tổ chức thi công hợp lý để lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi, cụ thể là lắp đặt xích và cọc neo cho vùng biển Việt Nam. Phương pháp này được xây dựng dựa trên các đặc điểm về điều kiện môi trường tại vùng biển thi công, độ sâu mực nước ở khu vực mỏ, phương tiện thi công và sơ bộ chi phí để thực hiện giải pháp.

3.1. Các căn cứ xuất phát để xây dựng giải pháp tổ chức thi công hợp lý để lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi

- Căn cứ vào các tiêu chuẩn thiết kế và thi công để xuất phương án: dựa trên các tiêu chuẩn: API [3], ABS [7], DNV [8, 9];

- Căn cứ vào độ sâu nước: Ở Việt Nam các mỏ đang khai thác và mới được phát hiện hầu hết ở độ sâu dưới 150m nước và là mỏ biên về góc độ kinh tế. Để khai thác hiệu quả các mỏ này, cần nghiên cứu áp dụng hệ thống khai thác theo quan điểm “giàn và các trang thiết bị phải

phù hợp”. Đáp ứng quan điểm này mô hình sử dụng các giàn đầu giếng kiểu giàn nhẹ kết hợp 1 FSO/FPSO có công suất thích hợp cho quá trình khai thác, chứa, xử lý và xuất dầu thì chi phí đầu tư ban đầu cũng như chi phí duy trì và thanh lý mô sẽ thấp nhất.

- Điều kiện môi trường vùng biển thi công: Các yếu tố địa lý, khí hậu, thủy văn cũng có sự tác động không nhỏ đối với công tác vận chuyển và các quá trình công nghệ khai thác dầu. Vùng biển thềm lục địa phía Nam chịu ảnh hưởng gió mùa nhiệt đới, hình thành 2 mùa rõ rệt.

- Sai số lắp đặt: Yêu cầu sai số trong khi lắp đặt cọc, xích neo để đảm bảo khả năng chịu lực cũng như hệ thống các supports, risers, PLEM... [7 - 9];

- Phương tiện, trang thiết bị thực hiện việc thi công: Các phương tiện hiện có ở Việt Nam và ở khu vực Đông Nam Á có thể huy động được để thực hiện dự án hiệu quả cả về kỹ thuật và thương mại: tàu cầu Hoàng Sa: khả năng cầu 2 x 600 tấn, 21 - 39m; tàu cầu, tàu rải ống Trường Sa: 2 x 300 tấn, 21 - 39m; tàu rải ống, tàu cầu Côn Sơn: 1 x 540 tấn, 26 - 35m; tàu Maersk Assister; tàu Skandi Singapore; tàu Long Hải 2; tàu Hải Sơn; tàu Đại Lãnh; sà lan “VSP-05”; các tàu dịch vụ AHT; robot ngầm điều khiển từ xa remotely operated vehicle (ROV) [2].

3.2. Giải pháp tổ chức thi công hợp lý lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi [2]

3.2.1. Nghiên cứu phương tiện hạ thủy xích xuống tàu, sà lan

Căn cứ vào thông số kỹ thuật về kích thước của tàu/sà lan và độ sâu mực nước tại vị trí cảng hạ thủy để chọn vị trí cầu cảng phù hợp. Từ đó xác định phương án sử dụng cầu thích hợp.

- Sử dụng phương tiện cầu bánh xích/cầu cảng

(Hình 3): Trường hợp tàu/sà lan có thể cập trực tiếp vào cầu cảng để thực hiện việc bốc dỡ hàng thì có thể sử dụng phương tiện cầu bánh xích, bánh hơi hoặc cầu cảng để đưa hàng lên boong.

Hình 3 và 4 thể hiện hình ảnh của phương tiện cầu bánh xích/cầu cảng và tàu cầu, phục vụ cho quá trình thi công hạ thủy xích từ các đoàn xe chuyên dụng trên bãi lắp ráp xuống tàu hoặc sà lan để vận chuyển trên biển.

- Sử dụng phương tiện tàu cầu (Hình 4): Trong trường hợp độ sâu nước ở vị trí cảng bị hạn chế, tàu phải cập vào cảng thông qua tàu cầu, cần phải sử dụng tàu cầu để hạ thủy xích xuống tàu, sà lan; hoặc xích được đưa trực tiếp lên boong tàu cầu để thực hiện việc lắp đặt biển. Hạn chế lớn nhất của phương án này là khả năng thực hiện rất chậm do móc cầu nâng hạ mất nhiều thời gian, mặt khác không kinh tế. Do vậy, chỉ sử dụng trong tình huống bất buộc.

3.2.2. Lựa chọn hợp lý phương tiện vận chuyển cọc, xích trên biển

Có 2 sự lựa chọn: Sử dụng sà lan hoặc tàu để vận chuyển.

Bảng 1 so sánh 2 phương án vận chuyển.

3.2.3. Lựa chọn quy trình thực hiện việc thi công đưa cọc xuống nước

- Phương án 1: Sử dụng phương pháp kéo trượt cọc từ sà lan;

- Phương án 2: Sử dụng phương tiện cầu nâng cọc và đưa xuống nước.

Bảng 2 phân tích tính hợp lý của các phương án thi công đưa cọc xuống nước.



Hình 3. Cầu bánh xích/cầu cảng



Hình 4. Tàu cầu

Bảng 1. So sánh 2 phương án vận chuyển

Phương án 1: Dùng sà lan vận chuyển	Phương án 2: Dùng tàu vận chuyển xích chuyên dụng (kiềm công tác rải xích)
<p>Ưu điểm: Khối lượng vận chuyển lớn, có thể vận chuyển đồng thời cọc và xích cùng lúc trong quá trình thi công, có thể chủ động việc huy động sà lan.</p> <p>Nhược điểm:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Việc sử dụng sà lan đòi hỏi tàu cầu lắp đặt phải có khả năng cầu với bán kính lớn để có thể cầu xích. - Phải lắp đặt các thiết bị hỗ trợ trên sà lan trong quá trình thi công như tời, bollards... - Thời gian thi công bị kéo dài do việc đưa sà lan cập vào tàu cầu, di chuyển ra ngoài nhiều lần. - Chi phí tăng cao do huy động sà lan và bộ tàu kéo, thời gian sử dụng sà lan kéo dài trong suốt quá trình thi công xích. 	<p>Ưu điểm:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Xích được chứa dưới hầm tàu, việc kiểm soát xích xoắn khi ra khỏi tàu để rải thực hiện dễ dàng hơn. - Thời gian thi công được cải thiện hơn rất nhiều do sử dụng hệ thống phụ trợ được lắp đặt trên tàu: tời, cầu phụ, bollards... các hệ thống này làm việc đồng bộ với nhau. Mặt khác, loại bỏ được thời gian cho việc sà lan cập vào để cầu xích, thời gian này đôi khi còn phụ thuộc vào điều kiện thời tiết. - Chi phí có thể được tiết kiệm hơn do thời gian sử dụng tàu ngắn, tiết kiệm việc sử dụng sà lan chở xích. <p>Nhược điểm: Phải thuê tàu cầu có khoang chứa xích.</p>

Bảng 2. Tính hợp lý giữa các phương án thi công đưa cọc xuống nước

Sử dụng phương pháp kéo trượt cọc từ sà lan	Sử dụng phương tiện cầu nâng cọc và đưa xuống nước
<p>Ưu điểm: Có thể sử dụng tàu cầu với khả năng nâng tải không lớn, chỉ đủ để đưa cọc vào vị trí khung đóng cọc.</p> <p>Nhược điểm:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Thời gian sử dụng sà lan kéo dài, không kinh tế do thực hiện việc đưa từng cọc vào vị trí và thực hiện công tác đóng cọc. - Việc thực hiện việc kéo cọc xuống sà lan khá nhạy cảm với điều kiện thời tiết, đặc biệt là điều kiện sóng. 	<p>Ưu điểm:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rút ngắn thời gian sử dụng sà lan vận chuyển cọc. - Có thể chủ động thực hiện việc đưa cọc xuống nước trước, dùng tàu cầu đưa toàn bộ cọc xuống đáy biển rồi giải phóng sà lan khi chưa thể thực hiện ngay việc kết nối xích với cọc. <p>Nhược điểm: Sử dụng ROV phải thao tác nhiều lần khi đưa cọc xuống mặt đáy biển và khi thu hồi cọc đưa vào vị trí để đóng cọc.</p>

3.2.4. Quy trình thực hiện việc thi công đóng cọc và thả xích neo

Trình tự thực hiện việc thi công đóng cọc và thi công xích được thể hiện trong Hình 5.

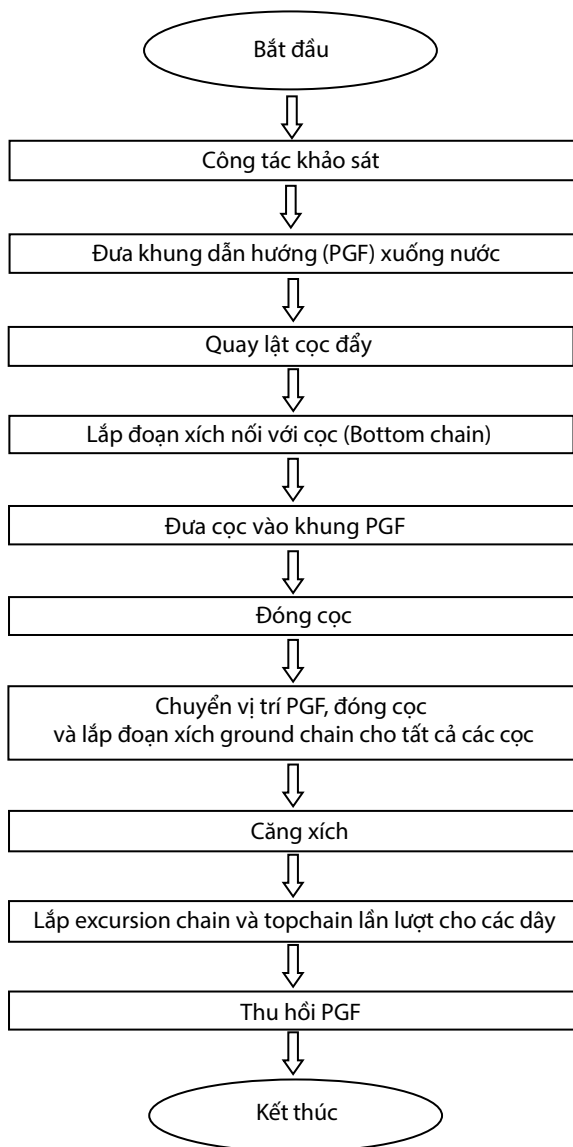
- Thi công đóng cọc:
 - + Phương án 1: Sử dụng phương tiện khung đóng cọc PGF thả trước dưới nước để đóng cọc, cấu tạo PGF như Hình 6.
 - + Phương án 2: Sử dụng khung sàn tàu để đóng cọc. Khác với phương pháp trên, phương pháp này sử dụng khung đóng cọc được gắn vào sàn tàu để thực hiện việc đóng cọc.
- Thi công rải xích:
 - + Phương án 1: Sử dụng tàu cầu để rải xích;
 - + Phương án 2: Sử dụng tàu rải xích.

Ưu điểm việc sử dụng tàu rải xích chuyên dụng có hầm chứa xích có thể loại bỏ những tồn tại của phương án dùng tàu cầu thi công rải xích. Hầm chứa xích có thể đảm bảo việc cất giữ xích cho thực hiện việc lắp đặt, đảm bảo việc kiểm tra một cách hệ thống cho xích trước khi đưa vào trong hầm (tránh xoắn xích).

3.2.5. Quy trình thực hiện việc thi công kết nối xích neo vào công trình nổi

Quá trình kết nối xích neo vào công trình nổi hoặc vào phao neo như sau:

- Giữ công trình để vị trí tâm đúng vị trí tâm lý thuyết và đúng hướng yêu cầu. Duy trì hướng của công trình trong khi kết nối các xích giữ đầu tiên.
- Tàu lắp đặt xích sẽ tiếp cận vị trí cách công trình tối thiểu 20m (vị trí tương đối, tùy thuộc vào điều kiện thao tác công trình và tàu lắp đặt xích).
- Đội thi công từ vị trí công trình sẽ đưa dây cáp môi sang tàu lắp đặt xích để thực hiện việc kết nối tời với xích. Khi đó, tời sẽ thả dẫn cáp để đưa xuống kết nối vào xích trên tàu.
- Tời trên công trình nổi kéo lên cho đến khi mắt xích đầu tiên được đưa vào bàn chắn xích.
- Giải phóng tời, căng xích đạt đến chiều dài như thiết kế.
- Lắp đặt hệ giàn giáo, chuẩn bị cắt phần xích thừa trên bàn chắn xích.



Hình 5. Trình tự thực hiện việc thi công đóng cọc và lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi

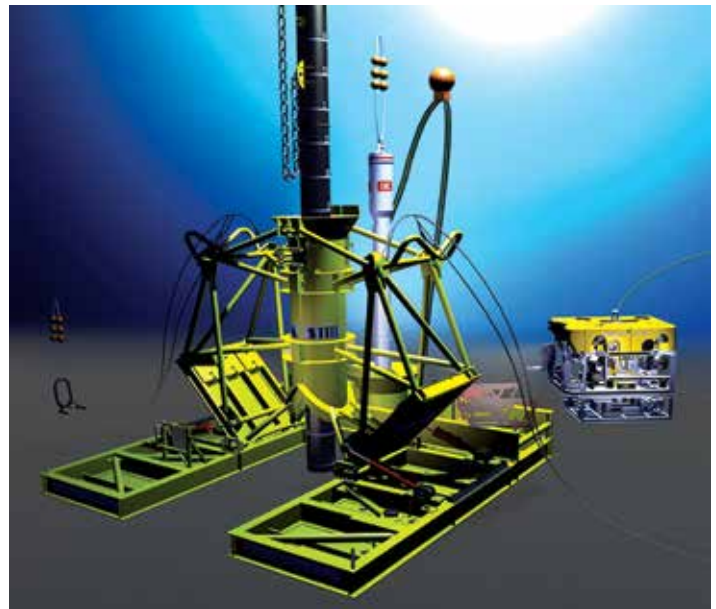
3.2.6. Tiêu chí đánh giá phương án thi công hợp lý

Giải pháp hợp lý của phương án là:

- Sử dụng trang thiết bị có sẵn trong nước để vận chuyển trên bờ ra vị trí hạ thủy;
- Sử dụng tàu bè, sà lan có sẵn trong nước để vận chuyển trên biển, lắp đặt và đóng cọc;
- Kết hợp với thuê phương tiện thi công tàu rải xích chuyên dụng AHT có cấu dạng A-Frame và có khả năng chứa xích để kiểm soát xoắn xích ở giai đoạn thi công vận chuyển lắp đặt xích.

3.2.7. Các bài toán cơ bản để phục vụ thi công lắp đặt hệ thống dây neo công trình biển nổi

- Tính toán thiết kế thiết bị nâng cọc;



Hình 6. Khung dẫn hướng đóng cọc (pile guide frame)

- Tính toán ổn định hạ khung đóng cọc xuống nước và thu hồi;
- Tính toán nhấc cọc từ sà lan đưa vào vị trí và nâng cọc từ đáy biển;
- Tính toán thiết kế cho sàn đóng cọc (trường hợp sử dụng sàn tàu đóng cọc);
- Tính toán đóng cọc;
- Tính toán rải cáp và căng cáp;
- Tính toán thiết kế cho cáp nâng lắp đặt xích;
- Tính toán nâng và thu hồi xích;
- Tính toán kéo cáp vào bàn chắn xích.

3.2.8. Những rủi ro có thể xảy ra

- Búa đóng cọc/cọc đẩy bị mắc kẹt vào cọc đóng không thể thu hồi;
- Khung đóng cọc không thể mở ra được bằng hệ thống thủy lực;
- Cọc bị phá hủy trong lúc đóng cọc: sự cố đầu cọc bị phá hủy khi đóng, sự cố vách cọc bị xé khi đóng, sự cố cọc chưa đóng hết thì bị chới;
- Dây cáp thu hồi xích bị hỏng hoặc mất;
- Xoắn xích vượt quá giới hạn tiêu chuẩn cho phép;
- Cầu bị hỏng; tời bị hỏng; ROV bị hỏng;
- Thiết bị D.P không hoạt động;
- Thiết bị định vị trên tàu bị hỏng.

3.3. Nhận xét đánh giá về giải pháp tổ chức thi công hệ thống neo cho công trình nổi

Trên cơ sở nghiên cứu giải pháp tổ chức thi công hợp lý để lắp đặt hệ thống dây neo, có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Hoàn toàn có thể sử dụng cơ sở hạ tầng bến bãi ở một số bãi chế tạo, lắp ráp ở Việt Nam để tiếp nhận tàu bè mớn nước lên đến 8m cũng như các vật tư thiết bị cần thiết phục vụ cho dự án lắp đặt hệ thống xích neo với tải trọng lớn.

- Có thể sử dụng tốt các phương tiện bờ để có thể đảm bảo hoàn thành việc dỡ xích từ tàu hàng và đưa xích xuống tàu lắp đặt theo tiến độ để ra và đạt được hiệu quả kinh tế nếu kết hợp phương tiện cầu bánh xích và cầu bánh hơi một cách linh hoạt.

- Khi thực hiện tổ chức thi công lắp đặt ngoài biển, nên chia thành 2 giai đoạn khác nhau:

- + Việc lắp đặt cọc và đoạn xích cuối thì sử dụng phương tiện tàu cầu có sẵn sẽ mang lại hiệu quả kinh tế hơn do có thể tận dụng được nguồn trang thiết bị, máy móc và nhân lực ở Việt Nam.

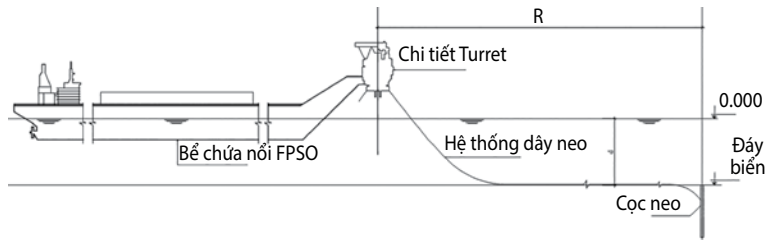
- + Trong giai đoạn tiếp theo khi lắp đặt các đoạn xích còn lại và kết nối xích vào công trình nổi thì chỉ cần tàu có khả năng chuyên chở xích và cầu vừa đủ để nâng được xích, phương án thuê tàu chuyên dụng rải xích, có hầm chứa xích và kiểm soát xoắn xích được lựa chọn để mang lại hiệu quả kinh tế tốt hơn và thời gian thi công ngắn hơn.

4. Áp dụng thực hiện phương án tổ chức thi công lắp đặt hệ thống dây neo bể chứa dầu nổi cho công trình FPSO Tê Giác Trắng

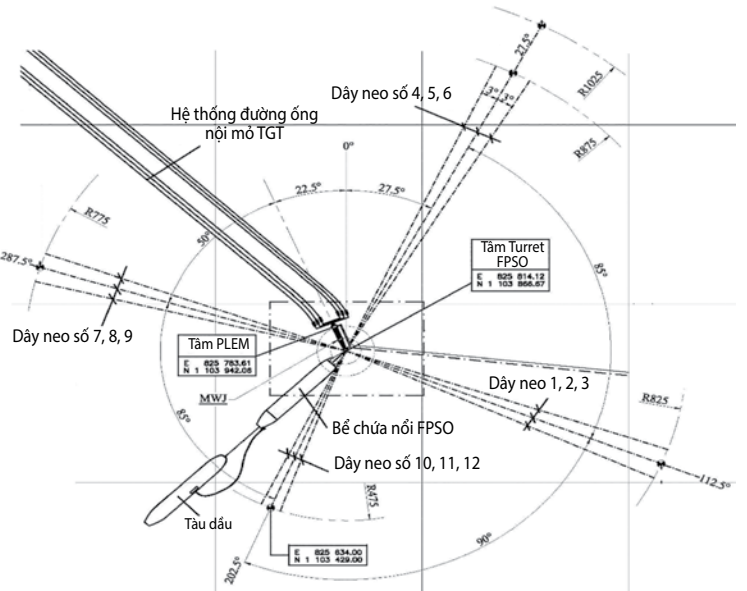
4.1. Số liệu đầu vào [10]:

FPSO được xây dựng tại mỏ Tê Giác Trắng (độ sâu trung bình 43m nước).

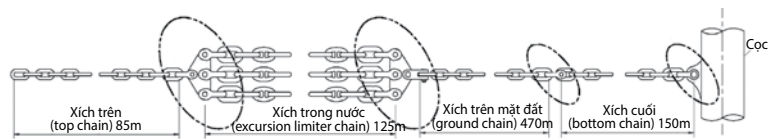
- Hệ thống neo, xích neo bể chứa dầu nổi FPSO Tê Giác Trắng: Hệ dây gồm 12 dây xích chia thành 4 cụm, mỗi xích phân thành các đoạn: đoạn xích cuối, đoạn xích trên đáy biển (ground chain), đoạn xích trong nước (excursion limiter



Hình 7. Sơ đồ mặt đứng FPSO Tê Giác Trắng



Hình 8. Sơ đồ mặt bằng hệ thống neo FPSO Tê Giác Trắng



Hình 9. Cấu tạo đường dây neo trong 1 cụm dây (nối xích tại các vị trí khoan tròn)



Hình 10. Tập kết xích, chế tạo cọc trên bãi lắp ráp



Hình 11. Kiểm tra độ vừa của ma ni vơ tại cọc



(a)



(b)

Hình 12. Vận chuyển xích (a) và búa đóng cọc (b) bằng đoàn xe bánh lốp ra vị trí hạ thủy



Hình 13. Hạ thủy cọc xuống sà lan vận chuyển

chain), đoạn xích trên (top chain), các dây xích được kết nối vào cọc được đóng xuống độ sâu thiết kế. Hình 7 - 9 là sơ đồ bố trí hệ thống neo và cấu tạo dây.

Hệ 12 cọc x 35,5m được chia thành 4 nhóm, mỗi nhóm 3 cọc được phân bố xung quanh hệ tháp neo Turret. Hệ thống xích neo và các cọc neo được thiết kế để giữ bể chứa dầu nổi FPSO tại vị trí trong mọi điều kiện sóng gió, theo yêu cầu của thiết kế.

4.2. Phương án thi công hợp lý hệ thống dây neo bể chứa dầu nổi FPSO Tê Giác Trắng

4.2.1. Quy trình thi công các giai đoạn lắp đặt xích và cọc neo [2]

- Công tác chuẩn bị: Chuẩn bị trang thiết bị, vật tư, bến bãi, phương tiện thi công. Xích được tập kết tại bãi lắp ráp. Cọc được chế tạo trên bãi lắp

ráp; kiểm tra độ vừa của ma ní (Shackles) vào tai cọc (Hình 10 và 11).

- Công tác vận chuyển ra vị trí hạ thủy: Vận chuyển xích, cọc, búa đóng cọc và các trang thiết bị ra bờ cảng bằng đoàn xe bánh lốp (xe trailer). Trailer là đoàn xe bánh lốp để vận chuyển công trình có khối lượng lớn trên bãi lắp ráp (Hình 12).

Xích được vận chuyển từ kho đến bờ cảng phù hợp để hạ thủy xuống tàu vận chuyển. Mỗi đường dây xích được chia thành nhiều bó xích để thi công, trung bình 5 bó xích/đường dây, trọng lượng mỗi bó xích khoảng 16 tấn. Căn cứ vào mức độ công kênh của xích mà chọn lựa phương tiện phù hợp. Đoàn xe trailer được sử dụng để vận chuyển những đoạn xích có nhiều bó xích, còn lại có thể sử dụng xe tải để vận chuyển. Ưu điểm của xe tải là vận chuyển nhanh, tuy nhiên lại giới hạn về số lượng vận chuyển và địa hình.

- Công tác hạ thủy:

+ Dùng cầu bánh xích thi công hạ thủy cọc xuống sà lan vận chuyển (tải trọng nâng 85 tấn ở bán kính 25m), 12 cọc dài $L = 35,5\text{m}/\text{cọc}$, trọng lượng 65 tấn (Hình 13).

Thực hiện công tác chuẩn bị trên sà lan: khung đỡ cọc, cáp chằng buộc; thực hiện móc cáp nâng cọc, dùng cầu bánh xích đưa cọc xuống, chằng buộc cọc trên sà lan.

+ Dùng cầu bánh xích và cầu cảng đưa xích xuống tàu chở xích chuyên dụng AHT, tàu này thuê của Singapore, xích được đặt trên tàu và đưa vào hầm chứa xích theo đúng quy trình kiểm soát xoắn xích và thứ tự đặt xích.

- Vận chuyển trên biển: Căn cứ vào khả năng vận chuyển của tàu và sà lan, có thể vận chuyển một lần hoặc chia thành nhiều chuyến.

- Thi công lắp đặt hệ thống dây neo bể chứa dầu:

+ Công tác khảo sát: Tàu thực hiện việc khảo sát sẽ tiến hành định vị trí cho khu vực lắp đặt cọc và vị trí thả neo. Thiết bị điều khiển tự động dưới nước (ROV - remotely operated vehicle) sẽ tiến hành công việc khảo sát cho vị trí hạ khung đóng cọc, vị trí cọc và cho tuyến xích lắp đặt;

+ Cầu khung đóng cọc PGF xuống nước tại vị trí đóng cọc (Hình 14);

+ Dùng tàu cầu (A-Frame) nâng cọc khỏi sà lan ở vị trí nằm ngang và đưa xuống đáy biển;

+ Ghi lại vị trí cọc, lắp lại thao tác cầu cho tất cả các cọc, giải phóng sà lan;

- Nhấc cọc lên từ đáy biển, đưa cọc về vị trí thẳng đứng tựa vào khung kết cấu (Hình 14);

+ Kéo xích lên boong từ hầm chứa xích, đánh dấu mắt



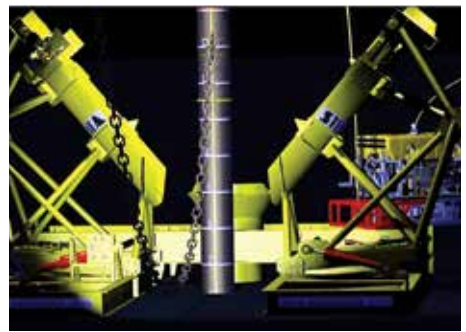
Hình 14. Đưa khung đóng cọc vào vị trí, cấu cọc nằm ngang, đưa cọc về vị trí thẳng đứng



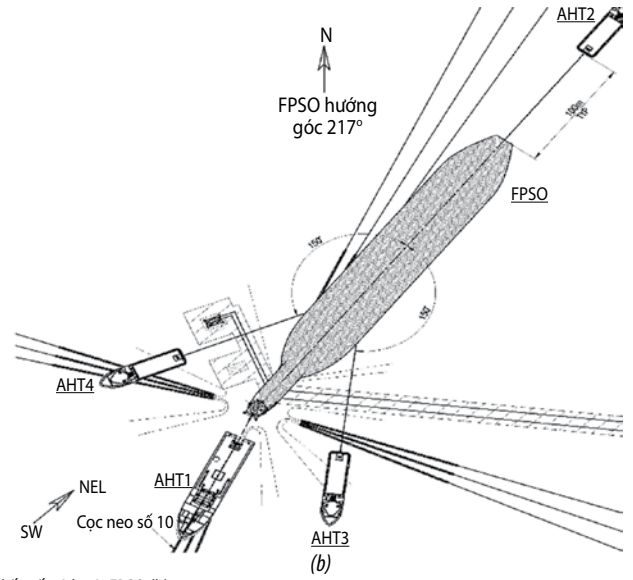
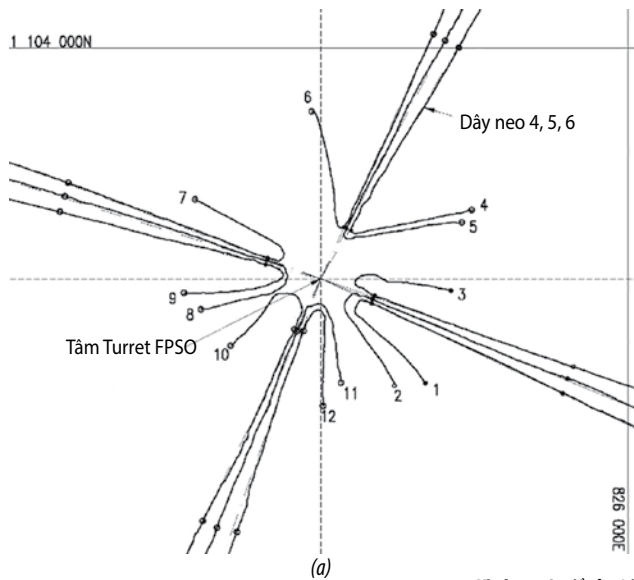
Hình 15. Kiểm soát xoắn xích trên tàu



Hình 16. Nối đoạn xích cuối vào cọc



Hình 17. Đóng cọc trong khung PGF



Hình 18. Sơ đồ rải xích (a) và kết nối xích với FPSO (b)

xích để kiểm soát xoắn xích trên tàu (Hình 15), kết nối đoạn xích đầu tiên vào tai cọc bằng ma ní (chốt an toàn hình chữ U dùng để nối ghép giữa dây cáp hoặc xích với tai cọc) (Hình 16).

+ Cọc được đưa vào vị trí khung đóng cọc. Kết nối búa và thực hiện công tác đóng cọc đến độ sâu thiết kế, thu hồi búa (Hình 17).

+ Mở khung đóng cọc, di chuyển đến vị trí các cọc khác để đóng cọc và lắp đoạn xích đầu tiên - xích sát đáy cho tất cả các cọc neo còn lại.

- Các bước lắp đặt các đoạn xích còn lại: sử dụng dụng cụ có cấu dạng A-Frame có hầm chứa xích. Thu hồi đoạn xích cuối lên tàu, căng đoạn xích này, nối tiếp các đoạn xích thứ 2 (xích trên mặt đất) rồi lần lượt lắp đoạn xích thứ 3 (xích trong nước), lắp đoạn xích thứ 4 (xích trên), khảo sát hoàn tất lắp xích. Các xích được rải theo sơ đồ Hình 18a để tránh chồng lên nhau [2, 11].

- Kiểm soát xoắn xích trong khi thi công: đánh dấu các mắt xích, so sai số với độ xoắn cho phép.

+ Sai số quy định cho việc lắp đặt cọc theo các tiêu chuẩn:

Bảng 3. Sơ bộ đánh giá hiệu quả kinh tế của giải pháp sử dụng

Các tiêu chí đánh giá		Phương án thực hiện		Kết luận về áp dụng giải pháp
		Dùng phương tiện có sẵn (tàu cầu nội địa)	Áp dụng giải pháp thuê tàu chuyên dụng rải xích	
Về mặt kỹ thuật	Đáp ứng được sai số lắp đặt theo yêu cầu	Đáp ứng được	Kiểm soát tốt hơn	Có hiệu quả
	Khả năng kiểm soát xoắn xích	Còn nhiều hạn chế	Kiểm soát tốt hơn	Có hiệu quả
	Tiến độ thực hiện	62 ngày	40 ngày	Có hiệu quả
Về mặt thương mại (USD)	So sánh giá trị kinh tế cho việc thi công đóng cọc và lắp đặt xích neo khi sử dụng 2 loại phương tiện khác nhau	24.308.094	18.566.197	Có hiệu quả

Sai số bán kính vị trí lắp đặt cọc: ± 2,5m, độ thẳng đứng của cọc: ± 5°, hướng của cọc: ± 5°

+ Sai số trong quá trình lắp đặt xích:

Sai số lắp đặt yêu cầu cho vị trí cuối cùng của tâm neo là ± 1m, đường rải xích: ± 5m, độ xoắn cho phép: 0,5° cho mỗi mắt xích, vị trí rải cho đoạn xích trong nước: ± 2m

- Thi công kết nối các xích neo vào tàu FPSO (Hình 18b): Khảo sát lại xích trước khi di chuyển tàu. Kết nối xích vào tháp neo Turret của FPSO sử dụng cáp mỗi lần lượt kết nối tất cả các xích còn lại lên bàn xích của Turret tàu FPSO, căng xích neo đạt lực căng trước thiết kế, cắt xích thừa. Kết thúc quá trình thi công.

4.2.2. Tiêu chí đánh giá phương án thi công hợp lý

Giải pháp hợp lý của phương án là:

- Sử dụng trang thiết bị có sẵn trong nước để thực hiện việc vận chuyển ra vị trí hạ thủy;
- Sử dụng tàu bè, sà lan có sẵn trong nước thực hiện việc vận chuyển, lắp đặt và đóng cọc;
- Kết hợp với thuê phương tiện thi công tàu rải xích chuyên dụng AHT có cấu dạng A-Frame và có khả năng chứa xích để kiểm soát xoắn xích ở giai đoạn thi công vận chuyển lắp đặt xích.

Dựa vào các tiêu chí trên và các điều kiện cụ thể của ví dụ áp dụng, có thể đánh giá sơ bộ hiệu quả kinh tế của giải pháp áp dụng (Bảng 3).

4.3. Các bài toán cơ bản để phục vụ thi công lắp đặt hệ thống neo bể chứa dầu nổi

Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, các bài toán tiêu biểu được xem xét: Tính toán căng xích; tính toán thả và thu hồi xích; kiểm tra yêu cầu của phao nổi; tính toán giữ đoạn xích trên; tính toán giữ xích trong nước.

4.4. Các sự cố và biện pháp khắc phục trong khi thi công lắp đặt hệ thống dây neo FPSO Tê Giác Trắng

Sự cố vách cọc bị xé khi đóng: Nguyên nhân do chiều dài liên kết giữa búa đóng cọc và cọc đẩy dài hơn so với yêu cầu. Giải pháp: cắt đoạn cọc có vách bị xuyên qua bởi cọc đẩy nếu vị trí tai móc xích nằm bên dưới. Trường hợp không thực hiện được, cọc mới sẽ được đóng tại vị trí lân cận để thay thế.

ROV bị trôi mất: Nguyên nhân là điều kiện thời tiết không thuận lợi và việc kiểm tra điều kiện làm việc của ROV không đảm bảo, dòng chảy mạnh cuốn dây mềm kết nối với ROV vào chân vịt của tàu. Giải pháp: giữ tàu tại vị trí, huy động ROV dự trữ để thay thế.

5. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu tổng kết công tác tổ chức thi công để lắp đặt hợp lý hệ thống dây neo công trình biển nổi nói chung và áp dụng cụ thể cho bể chứa dầu nổi (FPSO) trong điều kiện biển Việt Nam, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Có thể sử dụng cơ sở hạ tầng bến bãi ở một số bãi chế tạo, lắp ráp ở Việt Nam để tiếp nhận tàu mới nước lên đến 8m cũng như các vật tư thiết bị cần thiết phục vụ cho dự án lắp đặt hệ thống xích neo với tải trọng lớn.
- Có thể sử dụng tốt các phương tiện trên bờ để có thể đảm bảo hoàn thành việc dỡ xích từ tàu hàng và đưa xích xuống tàu lắp đặt theo tiến độ để ra và đạt được hiệu quả kinh tế nếu kết hợp phương tiện cầu bánh xích và cầu bánh hơi một cách linh hoạt.
- Khi thực hiện dự án vận chuyển, lắp đặt trên biển, nếu dự án chia thành 2 giai đoạn khác nhau thì việc sử dụng phương tiện tàu cầu, sà lan có sẵn ở Việt Nam thực hiện trong giai đoạn 1 cho việc vận chuyển, lắp đặt cọc, đoạn xích cuối sẽ mang lại hiệu quả kinh tế hơn do có thể tận

dụng được nguồn trang thiết bị, máy móc và nhân lực tốt. Còn trong giai đoạn 2 khi vận chuyển lắp đặt các đoạn xích còn lại và kết nối xích vào hệ thống thì chỉ cần tàu cầu có khả năng chuyên chở xích và cầu vừa đủ để nâng được xích và có khả năng kiểm soát xoắn xích. Giai đoạn này, phương án tìm kiếm thuê tàu phù hợp hoặc đầu tư tàu bè chuyên dụng sẽ được xem xét để mang lại giá trị kinh tế tốt hơn.

- Đánh giá được các tình huống rủi ro có thể xảy ra trong suốt quá trình thi công để có phương án đề phòng, khắc phục kịp thời.

Cần phát triển nghiên cứu cho điều kiện độ sâu nước lớn hơn để áp dụng một cách khoa học vào phân tích đánh giá lựa chọn phương án thi công trong điều kiện Việt Nam tại vùng nước sâu.

Các dự án FSO/FPSO cung cấp cho các mỏ có ý nghĩa quan trọng trong việc hiện thực hóa chiến lược phát triển dịch vụ kinh doanh bể chứa nổi nổi riêng và chiến lược phát triển kinh tế biển của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam nói chung. Với nguồn lực có sẵn trong nước, cần có kế hoạch đầu tư trang thiết bị, nguồn nhân lực để mở rộng phạm vi hoạt động nâng cao hiệu quả kinh tế.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Hiền Hậu. *Luận chứng khoa học kỹ thuật và kinh tế phục vụ thiết kế xây dựng công trình biển nước sâu kiểu bể chứa nổi và rót dầu FSO/FPSO ở vùng nước sâu lựa chọn từ 150m - 500m, Thềm lục địa Việt Nam*. Nhánh 5 - Đề tài NCKH cấp Nhà nước KC.09.15/06-10. 2009.

2. Phạm Hiền Hậu, Nguyễn Đạt Thịnh. *Nghiên cứu xây dựng giải pháp thi công hợp lý để lắp đặt hệ thống neo giữ*

các công trình biển nổi trong điều kiện biển Việt Nam. Báo cáo tổng quan đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở. 81-2015/KHXD. 2015.

3. API RP 2SK 3rd edition. *Recommended practice for design and analysis of stationkeeping systems for floating structures*. American Petroleum Institute (API). 2005.

4. Nguyễn Ngọc Vinh, Đinh Khắc Minh, Nguyễn Tất Hoàn, Nguyễn Văn Điệp. *Lựa chọn giải pháp đóng mới và hoán cải các kho chứa nổi cho các mỏ khai thác dầu khí trên thềm lục địa Việt Nam*. Tạp chí Dầu khí. 2013; 3: trang 51 - 61.

5. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải số 14 tháng 6/2008*.

6. Huailiang Li, Yongxin Chen, Weiwei Xie, Shihui Xue, Chen He, Alan M.Wang. *Installation of STP Mooring System and FPSO Hookup*. International Offshore and Polar Engineering Conference Beijing, China. 20 - 25 June, 2010.

7. ABS. *Guide for building and classing floating production installations*. American Bureau of Shipping Incorporated by Act of Legislature of the State of New York. 1862.

8. DNV. *Positioning mooring*. Offshore standard DNV-OS-301. Det Norske Veritas. 2001.

9. DNV. *DNV Rules for marine operations*. Det Norske Veritas.

10. Genesis Oil & Gas Consultant Ltd. *Geotechnical parameter review for TGT studies*.

11. UMW. *Deepnautic proposal for transport, installation & hookup of TGT FPSO*.

A STUDY OF APPROPRIATE SOLUTIONS FOR CONSTRUCTION AND INSTALLATION OF FLOATING STRUCTURES' MOORING SYSTEM IN VIETNAM'S SEA CONDITIONS

Pham Hien Hau¹, Nguyen Dat Thinh²

¹National University of Civil Engineering

²Vietsovpetro

Email: hauph@nuce.edu.vn

Summary

This paper presents the technologies applied in the construction and installation of mooring systems for floating structures in the world. Based on design solutions for the mooring systems, the existing infrastructure capacity, equipment and facilities in Vietnam and in the neighbouring countries, appropriate solutions have been developed for the construction and installation of floating structures' mooring systems in Vietnam. It is then specifically applied on a floating production storage and offloading (FPSO) structure operating at Te Giac Trang field to evaluate the economic and technological efficiency.

Key words: *Floating structures, FPSO, mooring systems, construction solutions.*