

PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH NGUYÊN VỆ VÀ ỔN ĐỊNH CÓ TỔN THẤT GIÀN KHOAN TỰ NÂNG

**Ngô Tuấn Dũng, Phan Thanh Sơn, Lê Huy
Nguyễn Văn Quân, Đỗ Thanh Phương, Trần Công Thành**
Công ty CP Chế tạo Giàn khoan Dầu khí (PV Shipyard)
Email: dungngotuan@gmail.com

Tóm tắt

Bài báo trình bày bài toán phân tích ổn định nguyên vệ và ổn định có tổn thất cho giàn khoan tự nâng 400ft - Tam Đảo 05 theo yêu cầu của tiêu chuẩn ABS và IMO. Tải trọng gió được tính toán dựa trên mối quan hệ giữa góc nghiêng và các mức nước trong trường hợp ổn định nguyên vệ và ổn định có tổn thất. Trong phân tích ổn định nguyên vệ, vận tốc gió yêu cầu cho di chuyển nội mô và di chuyển đại dương tương ứng là 36m/s (70knot) và 51,5m/s (100knot). Đối với phân tích ổn định có tổn thất vận tốc gió yêu cầu là 25,72m/s (50knot).

Bài báo cũng giới thiệu phương pháp xây dựng mô hình tính toán phân tích ổn định trong trạng thái nổi và di chuyển; đưa ra các kiến nghị về quy trình tính toán thực hành và xử lý dữ liệu phân tích; ứng dụng phân tích tính toán ổn định cho giàn khoan Tam Đảo 05 trong điều kiện biển Việt Nam.

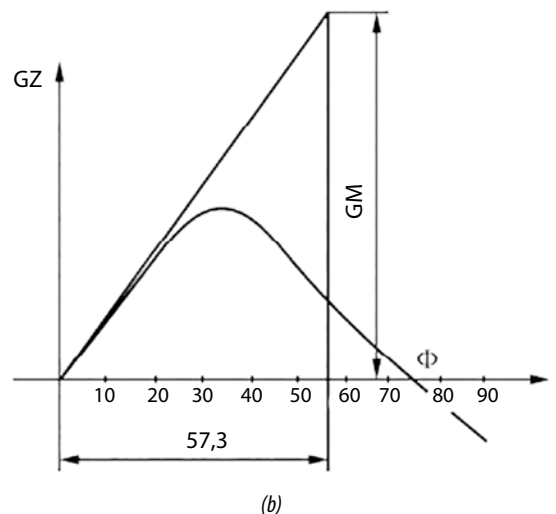
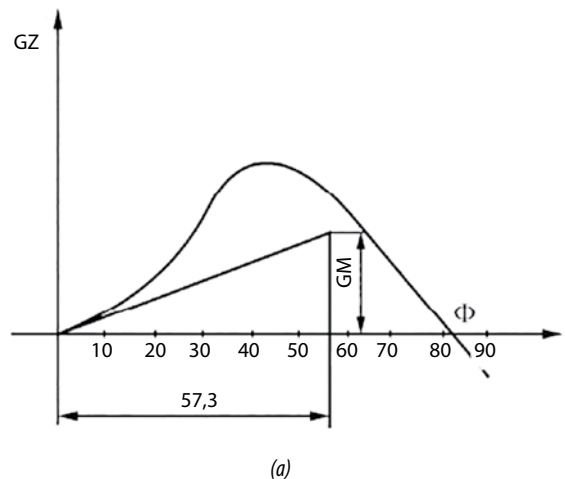
Từ khóa: Giàn khoan tự nâng, ổn định nguyên vệ, ổn định có tổn thất, Tam Đảo 05.

1. Giới thiệu

Ổn định tổng thể của giàn khoan tự nâng trong trạng thái nổi, di chuyển là yếu tố quan trọng trong công tác nghiên cứu thiết kế, chế tạo, đóng mới giàn khoan tự nâng. Khả năng ổn định của giàn khoan ảnh hưởng trực tiếp đến việc tính toán thiết kế lựa chọn kích cỡ, khả năng chuyên chở, công năng sử dụng của giàn. Đây là một trong những rào cản chính trong quá trình thiết kế giàn khoan tự nâng có thể hoạt động ở khu vực nước sâu, xa bờ, có điều kiện môi trường khắc nghiệt. Trong quá trình thiết kế giàn khoan tự nâng nói riêng và phương tiện nổi nói chung, khả năng ổn định là chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá chất lượng thiết kế công trình.

Độ lớn giá trị GM là thước đo độ dốc của đường cong ổn định. Nếu GM lớn, moment phục hồi tăng nhanh (Hình 1a). Moment này có thể nhanh chóng đuổi kịp và vượt qua giá trị moment nghiêng, chống lại khả năng quay lật của giàn khoan và dễ dàng kéo giàn khoan quay lại vị trí ban đầu khi moment nghiêng ngừng tác động. Ngược lại, khi độ dốc thể hiện bằng giá trị GM nhỏ (Hình 1b), diễn tiến đồ thị ổn định chậm, khả năng chống trả ngoại lực không lớn, moment phục hồi nhanh chóng trở về giá trị 0 hoặc thậm chí âm.

Mặt khác, nếu GM lớn, chu kỳ lắc ngang sẽ ngắn dẫn đến ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn của giàn khoan. Chu kỳ lắc ngang ngắn thì tần suất lắc lớn và giàn sẽ lắc nhiều, gia tốc lắc lớn hoặc rất lớn làm dịch chuyển các thiết bị, máy móc trên giàn, hư hỏng kết cấu. Do đó, yêu cầu về chiều cao ban đầu GM không được thấp song cũng không được quá lớn.



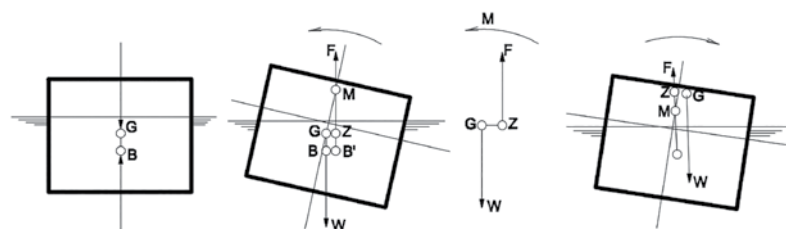
Hình 1. Đồ thị đường cong ổn định

Khi trọng tâm đứng (G) của tàu trùng với tâm nghiêng ngang (M), $GM = 0$, giàn khoan sẽ không còn khả năng ổn định. Khi G nằm cao hơn M, $GM < 0$, giàn khoan sẽ bị lật. Khi G nằm bên dưới M, giàn khoan có khả năng ổn định.

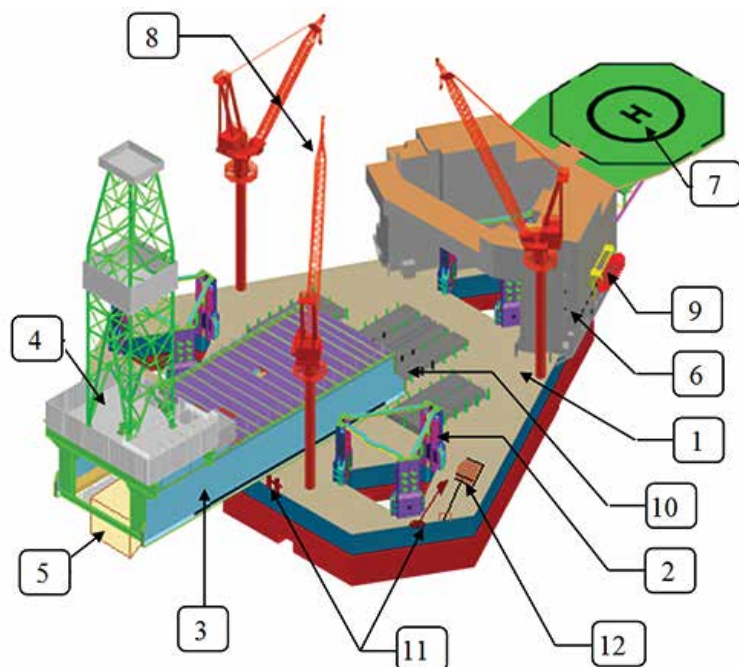
Ổn định nguyên vẹn là khả năng ổn định của giàn khoan (nguyên vẹn) trong trạng thái nổi và di chuyển trên biển dưới các tác động của moment nghiêng do gió và chuyển động do sóng, dòng chảy.

Ổn định có tổn thất (còn gọi là ổn định tai nạn hay ổn định hư hỏng) là khả năng ổn định của giàn khoan tự nâng khi có (các) khoang bị ngập nước do hư hỏng như: thùng thân giàn khoan, thùng vách kín nước, nước tràn từ khoang bị ngập nước sang khoang liền kề dưới các tác động của moment nghiêng do gió và chuyển động do sóng, dòng chảy.

Ổn định dự trữ là khả năng ổn định của giàn trong trường hợp có tổn thất (một khoang giàn bị ngập nước), không kể đến tác động của gió và thỏa mãn điều kiện $RoS \geq 7^\circ + 1,5\theta$, RoS không nhỏ hơn 10° .



Hình 2. Ổn định nghiêng ngang của giàn khoan



- | | | |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1. Thân giàn | 5. Sàn kéo căng đầu giếng | 9. Xuồng cứu sinh |
| 2. Kết cấu nâng hạ | 6. Khu nhà ở | 10. Sàn chứa cần khoan |
| 3. Hệ dầm công xôn (console) | 7. Sàn sân bay | 11. Hệ trụ neo, bích neo |
| 4. Sàn khoan | 8. Cần cẩu | 12. Hệ thống tời neo |

Hình 3. Hệ thống công nghệ chính trên thân giàn khoan tự nâng

2. Nghiên cứu xây dựng mô hình phân tích ổn định giàn khoan tự nâng

2.1. Thông số kỹ thuật giàn khoan tự nâng 400ft - Tam Đảo 05

Giàn khoan tự nâng 400ft - Tam Đảo 05 được thiết kế theo mẫu thiết kế JU - 2000E của Friede and Goldman (Mỹ). Thân giàn khoan có dạng tam giác cân, kích thước tổng thể 70,358 x 76 x 9,45m (dài x rộng x cao). Khi giàn khoan di chuyển trên mặt biển, thân giàn khoan tự nâng kín nước giữ cho giàn nổi và không bị nghiêng, lật dưới tác động của tải trọng. Khối nhà ở trên giàn khoan được thiết kế cho 140 người, khả năng chuyên chở 2.995 tấn (tối đa 6.488 tấn - Max. Variable Load) với trọng lượng không của giàn (lightship weight) khoảng 18.000 tấn.

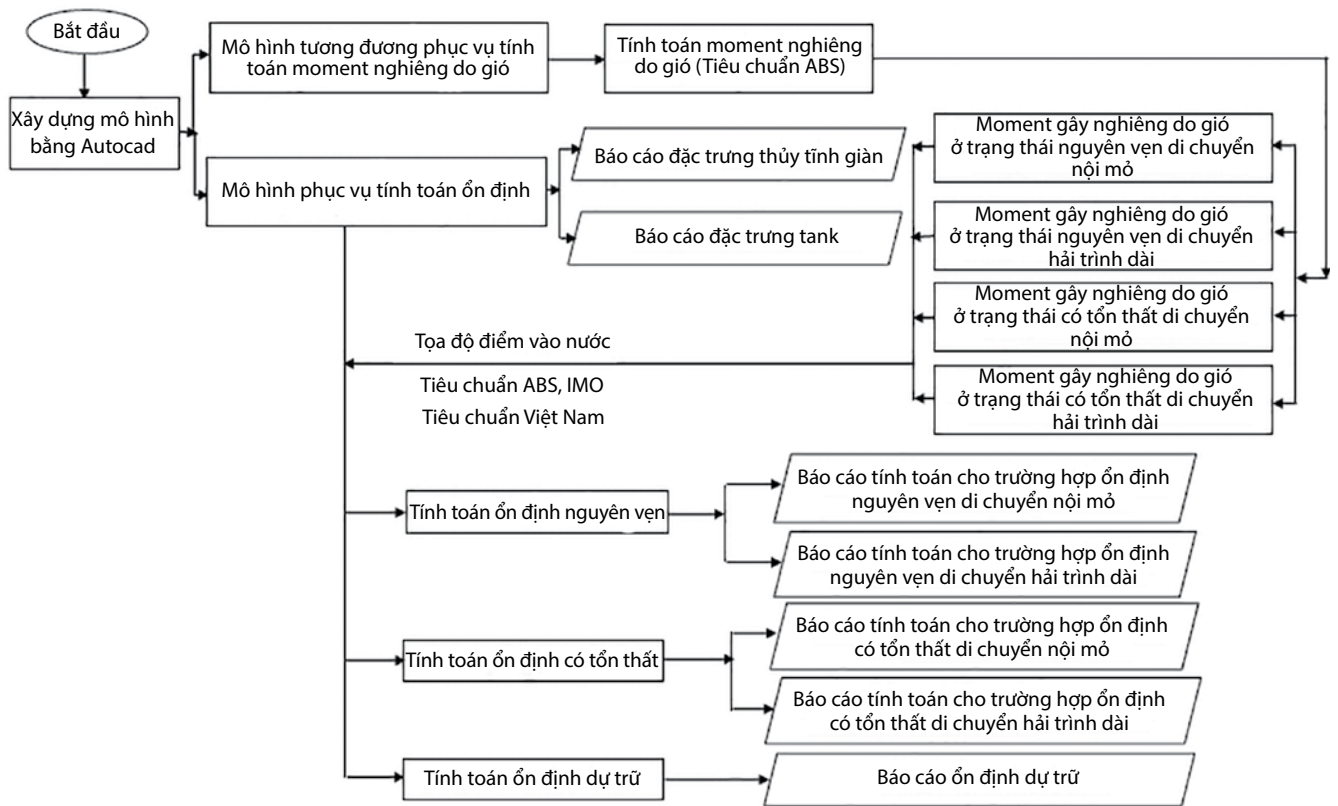
Chân giàn khoan là hệ kết cấu khung giàn không gian được thiết kế, chế tạo bằng thép cường độ cao có chiều dài chân 147m (481ft). Theo thiết kế mẫu 400ft - JU - 2000E, chân giàn khoan có thể nổi dài tối đa đến 167m (547ft) trong tương lai nếu cần nâng cấp. Khu vực hoạt động giàn khoan tự nâng ở độ sâu nước biển 120m (400ft) nước và khả năng khoan tới mỏ dầu khí với độ sâu 9km (30.000ft).

2.2. Quy trình tính toán, phân tích ổn định giàn khoan tự nâng

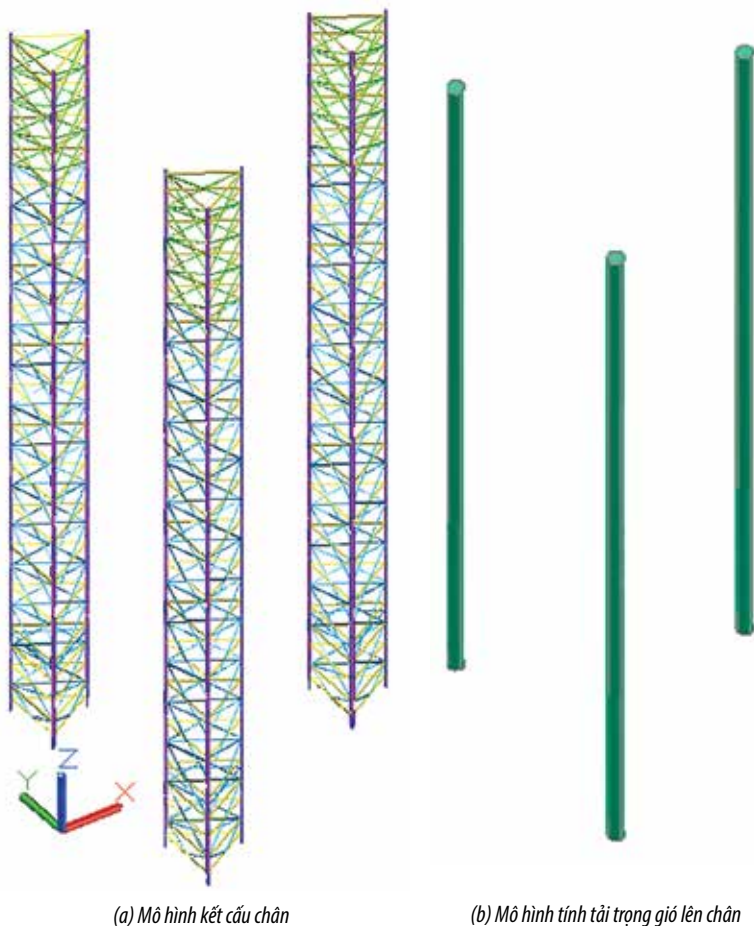
Trên cơ sở nghiên cứu yêu cầu tiêu chuẩn quy phạm, các hướng dẫn kỹ thuật, quá trình tính toán phân tích ổn định nguyên vẹn và ổn định có tổn thất giàn khoan tự nâng được thực hiện theo trình tự như Hình 4.

2.3. Nghiên cứu xây dựng mô hình chân giàn khoan tự nâng

Chân giàn khoan tự nâng 400ft - Tam Đảo 05 có mặt cắt ngang dạng tam giác, kiểu kết cấu khung giàn không gian, bao gồm hệ thống thanh giằng ngang, giằng chéo, các ống chính và hệ thống thanh răng, với chiều dài chân tổng thể là 166,98m (chưa bao gồm kết cấu đế chân) (Hình 5).



Hình 4. Quy trình phân tích, tính toán ổn định giàn khoan tự nâng

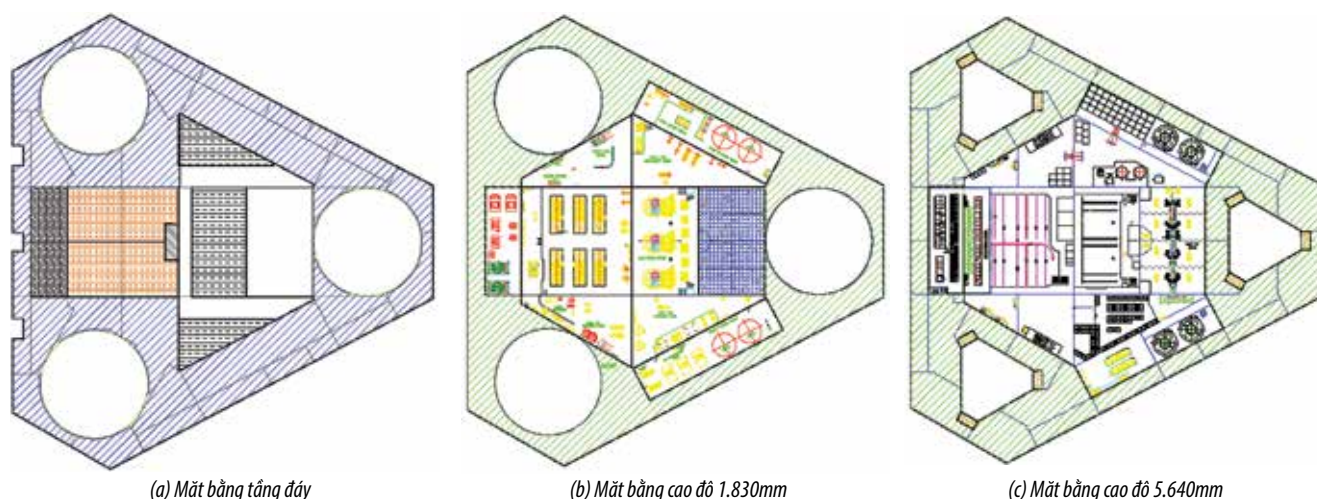


Hình 5. Mô hình kết cấu chân giàn khoan tự nâng Tam Đảo 05

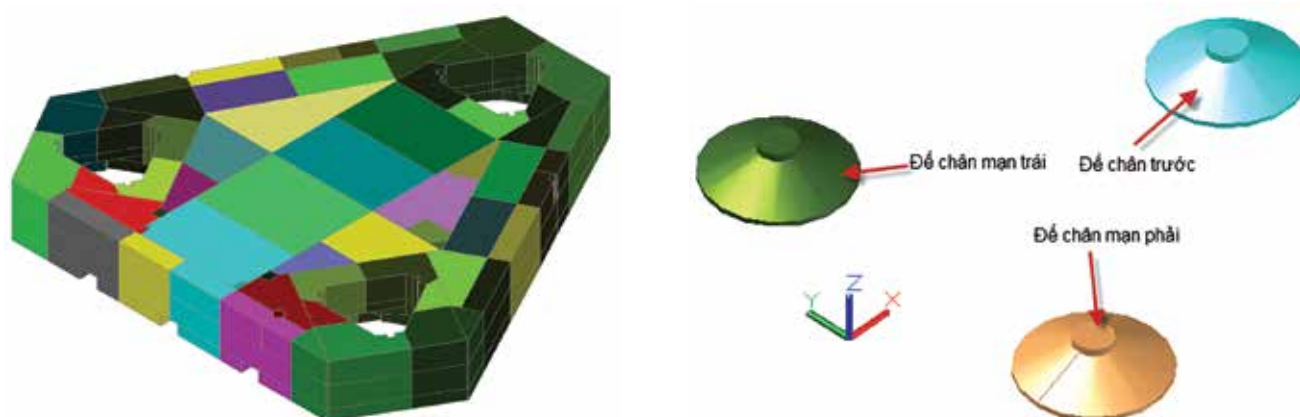
Trong bài toán phân tích đánh giá ổn định nổi giàn khoan tự nâng, để đơn giản, thuận tiện cho việc mô hình và tính toán các thông số đầu vào mà vẫn đảm bảo tính chính xác, hệ kết cấu chân giàn khoan tự nâng Tam Đảo được mô hình tương đương thành hình trụ với đường kính tương đương là $D = 5,2\text{ft}$ (1,585m) và hệ số cản tương đương là $C_d = 2.247$ (tham khảo tính toán theo chuẩn ABS [1], SNAME [2]).

2.4. Nghiên cứu xây dựng mô hình thân và đế chân giàn khoan

Thân giàn khoan tự nâng là kết cấu bản vỏ thành mỏng, kín nước được chế tạo từ thép cường độ cao theo tiêu chuẩn quốc tế, gồm các thành bao, mặt bên (side shell), sàn đáy (bottom deck), sàn lưng (tank top) sàn trung gian (intermediate deck), sàn chính (main deck) và các vách giữa chia thân giàn vừa là các vách tăng cứng, chia khoang. Các thiết bị chính, các khu vực phục vụ các hoạt động trên giàn chủ yếu được đặt trong thân giàn khoan. Thân giàn khoan cũng chính là bệ đỡ cho hệ dầm console đỡ sàn khoan và tháp khoan, khối nhà ở, tời, cầu



Hình 6. Sơ đồ bố trí khoang vách của thân giàn khoan tự nâng Tam Đảo 05



Hình 7. Mô hình chi tiết các khoang kết và đế chân

và hệ thống thiết bị trên mặt boong chính và các nhân viên làm việc trên giàn. Khi giàn nổi và di chuyển trên mặt biển, phần thân giàn khoan tự nâng đóng vai trò giữ cho giàn nổi, ổn định không bị nghiêng lật dưới tác động của tải trọng. Sơ đồ sắp xếp, bố trí các khoang, kết và các phòng của giàn khoan tự nâng gồm:

- Khu buồng máy phát chính;
- Buồng bơm bùn;
- Bồn bể chứa xi măng;
- Kho chứa dụng cụ và thiết bị cơ khí;
- Các kết nước dằn;
- Kết chứa các dung dịch khoan, hóa phẩm;
- Các kết nước sinh hoạt, kết nước dầu.

Trên mặt boong chính bố trí hệ sàn khoan, tháp khoan, các hệ thống bơm, cầu, các hệ thống thông gió và khu nhà ở, sân bay.

Đế chân giàn khoan (spud can), khi hạ đặt giàn khoan tự nâng cắm sâu vào nền đất giúp giàn ổn định trong

quá trình vận hành và giảm áp lực của giàn lên nền đất. Trong quá trình nổi và di chuyển, nhằm tăng lượng choán nước, tăng thêm lực đẩy nổi (tăng thêm moment chống nghiêng cho giàn) thì hệ đế chân được đóng kín (hoàn toàn kín nước). Đế chân giàn khoan tự nâng Tam Đảo 05 có dạng chóp tròn, đường kính ngoài $D = 9.144\text{mm}$, cao $H = 5.945\text{mm}$, với thể tích choán nước là $V = 1965,3\text{m}^3$.

Mô hình 3D thân và chân giàn khoan (Hình 7) gồm các vách, khoang chứa trong thân và đế chân được xây dựng mô hình bằng các phần mềm đồ họa 3D như Rinhos, AutoCad 3D, sau đó chuyển vào phần mềm chuyên dụng GHS [3] để tiến hành tính toán phân tích và đánh giá ổn định của giàn.

Các hạng mục kết cấu và thiết bị khác trên mặt boong chính như: hệ kết cấu dầm console đỡ (cantilever), sàn khoan, tháp khoan (drilling floor & derick), kết cấu nâng đỡ thiết bị nâng hạ (jacking system), hệ thống bơm, cầu giàn, các hệ thống thông gió và khu nhà ở, sân bay được mô hình 3D bằng phần mềm GHS [3] và phần mềm Rinhos theo kích thước tương đương của hình bao ngoài (Hình 8).

3. Nghiên cứu tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng

3.1. Các yêu cầu tải trọng tác dụng

Đối với bài toán phân tích ổn định của giàn tự nâng, tải trọng tác động chủ yếu lên giàn khoan tự nâng trong quá trình nổi di chuyển nội mô (field transit) và quá trình di chuyển hải trình dài (ocean transit) là tải trọng gió và lực đẩy nổi của bản thân giàn khoan (tương ứng với mớn nước của giàn). Gió là nguyên nhân chủ yếu gây nên moment gây nghiêng cho giàn, vận tốc gió tính toán được áp dụng cho các trạng thái di chuyển theo tiêu chuẩn ABS [1] như sau:

- Ổn định nguyên vẹn: Vận tốc gió tối thiểu áp dụng cho quá trình di chuyển nội mô không thấp hơn 70knot (36m/s), quá trình di chuyển hải trình dài trên đại dương là 100knot (51,4m/s).
- Ổn định tổn thất: Vận tốc gió áp dụng cho tính toán trong cả hai quá trình di chuyển là 50knot (25m/s).

3.2. Tính toán áp lực gió

Theo tiêu chuẩn ABS [1] áp lực gió tính toán (P) được phân chia theo chiều cao phù hợp với hệ số hình dạng và chiều cao, công thức xác định như sau:

$$P = f \times V_k^2 \times C_h \times C_s$$

Trong đó:

$f = 0,611$ (0,0623, 0,00338) tương ứng với các đơn vị tính toán N/m^2 (kgf/m^2 , lbf/ft^2);

V_k : Vận tốc gió, m/s;

C_h : Hệ số theo chiều cao tính toán;

C_s : Hệ số hình dạng kết cấu.

3.3. Tính toán lực tác động do gió

Tính toán lực gió dựa vào áp lực gió và diện tích mặt chắn gió theo tiêu chuẩn ABS [1] theo công thức sau:

$$F_i = \sum P_i \times A_i$$

Trong đó:

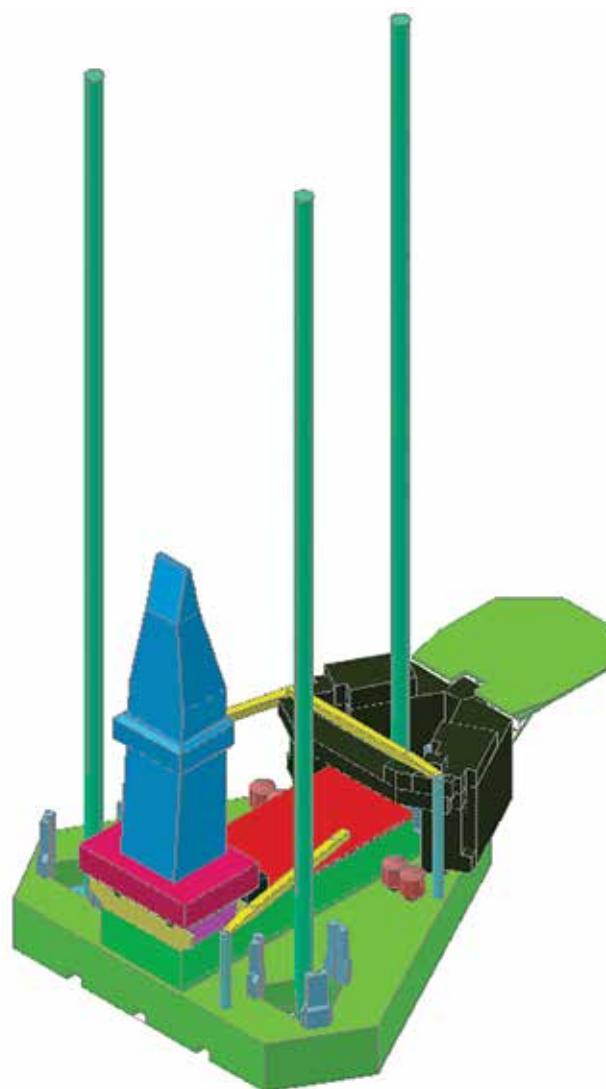
F_i : Lực gió tác động vào phần tử thứ i của mô hình;

A_i : Diện tích chắn gió phía trên đường mặt nước của phần tử thứ i của mô hình;

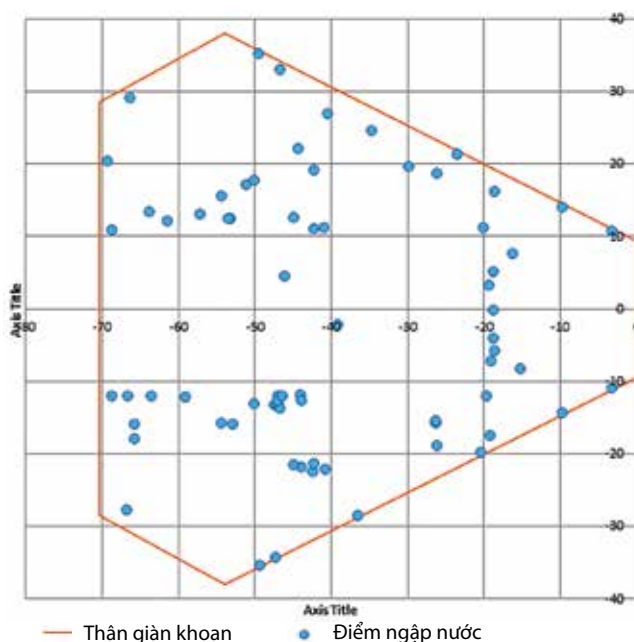
P_i : Áp suất gió lên phần tử thứ i.

3.4. Tính toán moment gây nghiêng do gió

Moment gây nghiêng do gió được tính toán tương



Hình 8. Mô hình tổng thể tính toán moment gây nghiêng do gió



Hình 9. Điểm ngập nước trên giàn khoan Tam Đảo 05

ứng với lực gió tác động lên phần tử chắn theo các mặt khác nhau, được xác định theo công thức:

$$M_i = \sum F_i \times h_i$$

Trong đó:

M_i : Moment gây nghiêng do gió tương ứng của phần tử thứ i của mô hình;

F_i : Lực gió tác động vào phần tử thứ i của mô hình;

h_i : Chiều cao của phần tử thứ i tính từ tâm xoay của giàn tới tâm diện tích chắn gió.

3.5. Phân tích điểm ngập nước

Điểm ngập nước (downflooding points) là các vị trí quan trọng được sử dụng trong đánh giá sự ổn định nguyên vẹn và ổn định có tổn thất của giàn khoan để phân định cực trị mà tại đó giàn được coi là chìm và mất ổn định. Tùy thuộc vào các điều kiện được áp dụng, các điểm này có thể là vị trí các lỗ thông hơi, hoặc vị trí kín nước mà có thể mở được ra biển như ô cửa sổ, cửa kín nước, nắp hầm. Trong trạng thái các khoang, bể chứa bị thủng, tất cả các điểm ngập nước được xem như là không kín nước. Sơ đồ vị trí các điểm ngập nước của giàn khoan Tam Đảo 05 như Hình 9.

4. Các tiêu chí đánh giá ổn định

Theo yêu cầu của tiêu chuẩn quy phạm, thông qua các phân tích ở trên thì điều kiện để cho giàn khoan tự nâng ổn định là giá trị $GM > 0$. Tuy nhiên, theo tiêu chuẩn [4] thì để nghị tính toán thực hành với giá trị GM không được nhỏ hơn 0,15m.

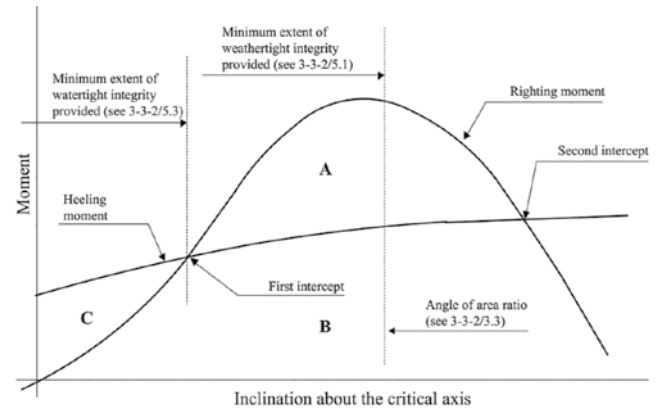
Ngoài ra, theo tiêu chuẩn ABS - Phân cấp giàn khoan tự nâng [1] để giàn khoan tự nâng ổn định cần thỏa mãn các điều kiện cụ thể như Hình 10.

5. Kết quả phân tích ổn định nổi và di chuyển

Sau khi thực hiện bài toán phân tích và đánh giá ổn định giàn khoan tự nâng 400ft - Tam Đảo 05 bằng phần mềm chuyên dụng GHS [3], cho từng điều kiện môi trường, trọng tải, mớn nước nổi và di chuyển, xác định được miền an toàn vận hành giàn Tam Đảo 05 trong quá trình nổi và di chuyển trên biển [4].

Kết quả tính toán phân tích ổn định nguyên vẹn và ổn định có tổn thất của giàn tự nâng 400ft trong trạng thái nổi và di chuyển trên biển, khu vực nội mô và di chuyển trên đại dương giúp kiểm tra và vận hành giàn khoan tự nâng an toàn.

Kiểm tra ổn định nguyên vẹn [1]:

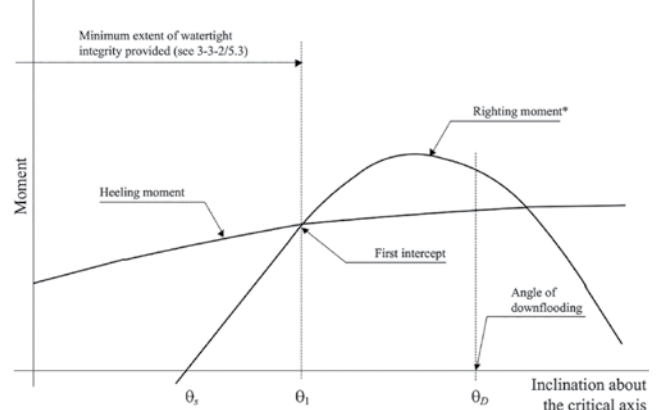


Điều kiện: Tỷ lệ diện tích giới hạn dưới đường cong moment kháng nghiêng (moment phục hồi) từ vị trí góc nghiêng ngang bằng

0 (không nghiêng) tới vị trí góc vào nước hoặc điểm giao thứ hai (tương ứng với giá trị nào nhỏ hơn) phải lớn hơn hoặc bằng 1,4 lần diện tích phía dưới đường cong moment gây nghiêng do gió lấy tại cùng một góc.

$$[A + B] > 1,4 [B + C]$$

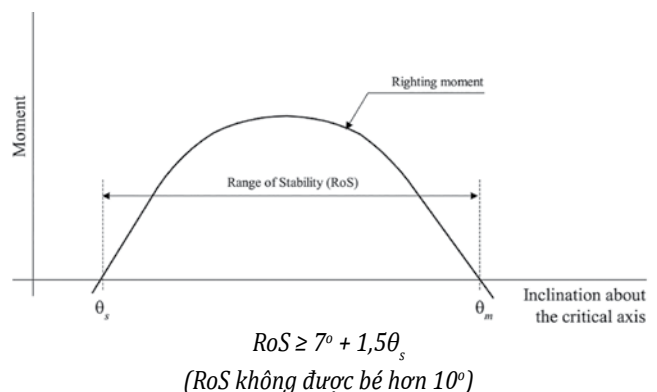
Kiểm tra ổn định có tổn thất [1]:



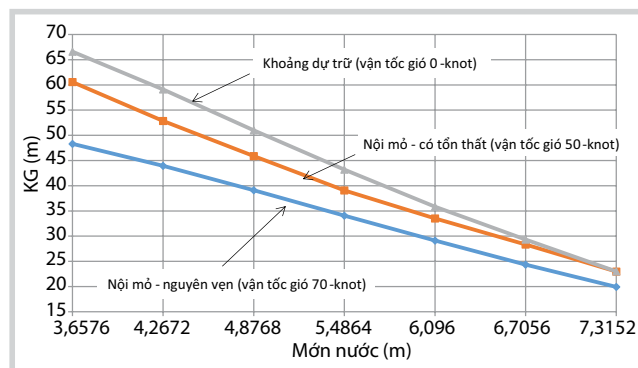
Điều kiện: Moment kháng nghiêng lớn hơn hoặc bằng moment gây nghiêng, góc ngập lớn hơn góc của điểm cắt thứ nhất.

$$M_{ph} \geq M_{ng}; \theta_D \geq \theta_1$$

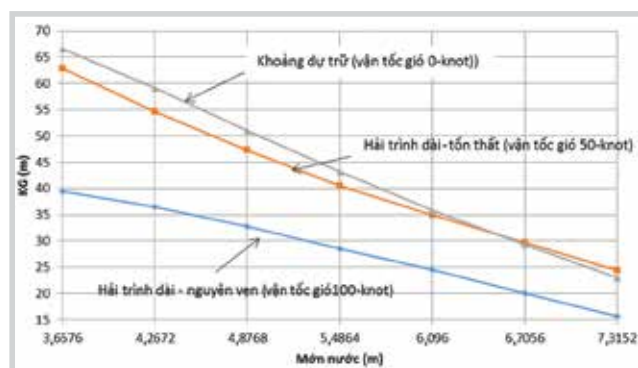
Khoảng dự trữ ổn định:



Hình 10. Các điều kiện để giàn khoan tự nâng ổn định



Hình 11. Giá trị chiều cao trọng tâm (KG) cho phép hành trình ngắn, nội mô



Hình 12. Giá trị KG cho phép hành trình dài, trên đại dương

6. Kết luận và kiến nghị

Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết, phương pháp và quy trình tính toán phân tích ổn định nguyên vẹn và ổn định có tổn thất giàn khoan tự nâng trong trạng thái nổi và di chuyển trên biển với hải trình ngắn, nội mô và di chuyển

dài, trên đại dương [5]. Phương pháp và quy trình này đã được áp dụng trong quá trình thiết kế tính toán giàn khoan tự nâng 400ft - Tam Đảo 05. Kết quả tính toán phân tích được sử dụng để vận hành giàn khoan tự nâng 400ft - Tam Đảo 05 an toàn kể từ ngày bàn giao giàn cho Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro" (ngày 12/8/2016).

Phương pháp và quy trình này có thể áp dụng để phân tích ổn định cho các giàn khoan tự nâng nổi riêng và các phương tiện nổi nói chung trong quá trình thiết kế cũng như kiểm nghiệm, kiểm tra các kết quả thiết kế công trình.

Tài liệu tham khảo

1. Americal Bureau of Shiping (ABS). *Rules for building and classing - Mobile offshore drilling units*. 2016.
3. Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). *Site specific assessment of jack-up units*. Technical & Research Bulletin 5 - 5A. 2008.
5. GHS. *General hydrostatics*. www.ghsport.com.
7. Americal Bureau of shiping (ABS). *Rules for classification of marine vessels and structure*. 2016.
9. Ngô Tuấn Dũng. *Nghiên cứu tính toán, phân tích ổn định nguyên vẹn và ổn định có tổn thất giàn khoan tự nâng 400ft trong trạng thái thi công hạ thủy, trạng thái nổi và di chuyển trên biển*. Đề tài cấp Nhà nước SPQG.02b.01-KC-05. 2017.

ANALYSIS OF INTACT AND DAMAGE STABILITY OF JACKUP RIG

Ngo Tuan Dung, Phan Thanh Son, Le Huy
 Nguyen Van Quan, Do Thanh Phuong, Tran Cong Thanh
 Petrovietnam Marine Shipyard Joint Stock Company
 Email: dungngotuan@gmail.com

Summary

The paper presents both the intact and damage stability criteria and analysis methodology for 400ft Tam Dao 05 Jackup Rig that meets the stability requirements as laid out in the ABS MODU and IMO Rules. The wind force calculation is based on the heel angles together with the drafts for both intact and damaged conditions. The intact stability analyses are computed for field and ocean transits with wind speed of 36m/s (70knots) and 51.5m/s (100knots) respectively, while the damaged stability analyses are computed with wind speed at 25.72m/s (50knots) in both transit conditions.

The paper also illustrates the computer model of a jack-up rig in field and ocean transits condition, the processing of environment data and an analysis of stability by direct integration method, and recommends a stability analysis methodology procedure applicable in practice. Example calculations are presented for the Tam Dao 05 Jackup Rig under the sea conditions of Vietnam.

Key words: Jackup rig, intact stability, damage stability, Tam Dao 05.