



# TÍNH TOÁN KIỂM TRA ĐỘ BỀN KẾT CẤU CHÂN CÔNG TRÌNH BIỂN TỰ NÂNG TRONG TRẠNG THÁI DI CHUYỂN

**Đinh Quang Cường<sup>1\*</sup>, Phạm Thị Hằng<sup>2</sup>**

**Tóm tắt:** Trong trạng thái di chuyển, công trình biển tự nâng là một dạng công trình biển nổi, kích thước lớn. Khi di chuyển, kết cấu chân của công trình biển tự nâng được rút lên nên không trực tiếp chịu tải trọng sóng và dòng chảy mà chỉ chịu lực quán tính do dao động lắc của hệ dưới tác động của sóng và dòng chảy gây ra kèm theo các tải trọng khác. Để tính toán kiểm tra độ bền của kết cấu chân công trình biển tự nâng trong trạng thái di chuyển theo các tiêu chuẩn quy phạm hiện hành cần giải quyết hai bài toán quan trọng là xác định dao động lắc của giàn tự nâng và xác định lực quán tính tác động lên kết cấu chân do các dao động lắc nêu trên gây ra. Các vấn đề này sẽ được làm sáng tỏ trong bài báo và áp dụng cho giàn khoan tự nâng 400ft được chế tạo tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Kết cấu chân công trình biển tự nâng; trạng thái di chuyển; bài toán bền.

**Strength check for leg structure of jack up platform in transit condition**

**Abstract:** In transit condition, jack up platform is a type of floating structures with large dimensions. The legs of jack up platform are pulled up during transit, therefore they are not directly subjected to wave and current loads, they just bear inertial forces due to system's oscillation caused by wave and current actions and other loads. To analyze the stability of the legs of jack up platform in transit condition in accordance with the recognized code and standards, there are needs to tackle two important problems which are to determine the jack up platform's oscillation and the inertial forces acting on leg structures due to the oscillation mentioned above. These issues will be clarified in this article for 400-feet jackup rig which is fabricated in Vietnam.

**Keywords:** Leg structures of jack up platform; transit condition; strength checking.

Nhận ngày 12/4/2017; sửa xong 10/5/2017; chấp nhận đăng 30/5/2017

Received: April 12, 2017; revised: May 10, 2017; accepted: May 30, 2017



## 1. Giới thiệu

Giàn khoan biển tự nâng thuộc nhóm các công trình biển di động, hoạt động ở ba trạng thái, bao gồm: Trạng thái di chuyển, trạng thái nâng hạ và trạng thái khai thác. Trong trạng thái khai thác, hệ thống kết cấu giàn khoan tự nâng được tính toán như công trình biển cố định. Trong trạng thái nâng - hạ, hệ thống kết cấu của giàn khoan tự nâng được tính toán như một hệ thống hỗn hợp kết cấu - cơ khí. Trong trạng thái di chuyển, hệ thống kết cấu giàn khoan tự nâng được tính toán như một phương tiện nổi. Kết cấu phần thân của giàn khoan tự nâng trong trạng thái này được tính toán như kết cấu thân tàu, chịu trực tiếp tác động của các tải trọng công nghệ và tải trọng môi trường tác dụng lên hệ kết cấu trong khi đó kết cấu phần chân không trực tiếp chịu tải trọng sóng và dòng chảy. Ảnh hưởng của sóng và dòng chảy đến hệ thống kết cấu chân giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển được xác định thông qua lực quán tính gây ra do các dao động lắc của hệ thống dưới tác dụng của sóng và dòng chảy (Hình 1).



**Hình 1.** Giàn khoan tự nâng  
trong trạng thái di chuyển

<sup>1</sup>PGS.TS, Viện Xây dựng Công trình biển, Trường Đại học Xây dựng.

<sup>2</sup>KS, Viện Xây dựng Công trình biển, Trường Đại học Xây dựng.

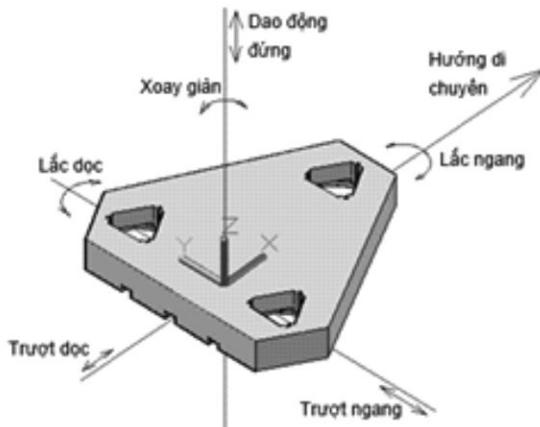
\*Tác giả chính. E-mail: cuongdq.vctb@gmail.com.



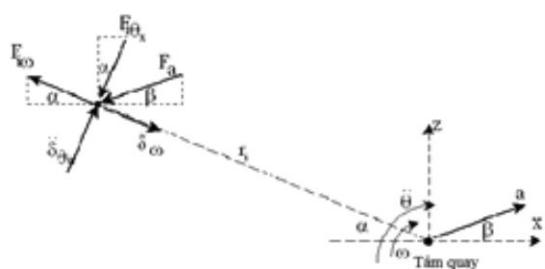
Bài báo này sẽ xác định lực quán tính tác động lên hệ thống kết cấu chân giàn khoan tự nâng sau đó sẽ tổ hợp lực quán tính với các tải trọng khác tác dụng trực tiếp lên hệ thống kết cấu chân để tính toán kiểm tra bền của hệ thống kết cấu chân giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển.



## 2. Phân tích chuyển động lắc của giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển



Hình 2. Chuyển động của giàn khoan tự nâng



Hình 3. Lực quán tính trong hệ trục tọa độ cầu

Hình 2 chỉ ra các thành phần của chuyển động lắc cơ bản bao gồm: trượt dọc, dao động đứng, trượt ngang, lắc ngang, lắc dọc, xoay. Khi sử dụng phương pháp phân tử biên để phân tích các dao động của hệ thống, hệ thống kết cấu được coi là tuyệt đối cứng và được rời rạc hóa thành hệ các chất điểm có khối lượng, có các đặc trưng hình học và cơ lý nối cứng với hệ trục tọa độ quy ước đặt tại trọng tâm của hệ (Hình 3), phương trình chuyển động lắc của giàn khoan tự nâng dưới tác dụng của tải trọng sóng và dòng chảy được viết như sau:

$$(M + A)\ddot{U} + C\dot{U} + KU = F(t) \quad (1)$$

trong đó:  $M$  là ma trận khối lượng của kết cấu trong hệ tọa độ tổng thể [1,2,9];  $A$  là ma trận khối lượng nước kèm với các thành phần  $A_j$ , tương ứng được tính theo véc tơ hàm thế sóng bức xạ  $\Phi^R$  và  $n_j$  là véc tơ pháp tuyến của phần tử có diện tích  $dS$  trên bề mặt ngập nước  $B$  của giàn tự nâng [1,2,9] :

$$A_{ij} = Re \left\{ \rho_w \iint_B \Phi_j^R n_i dS \right\} \quad (2)$$

trong đó:  $C$  là ma trận cản. Khi bỏ qua ảnh hưởng cản nhót của môi trường và cản nội kết cấu, các thành phần  $C_{ij}$  của ma trận này cũng được xác định theo véc tơ hàm thế sóng bức xạ  $\Phi^R$  theo công thức sau [1,2,9]:

$$C_{ij} = Im \left\{ \omega \rho_w \iint_B \Phi_j^R n_i dS \right\} \quad (3)$$

trong đó:  $\omega$  là tần số sóng có kẽ đén ảnh hưởng của dòng chảy thông qua hiệu ứng Doppler phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy và góc hợp bởi chiều của dòng chảy và chiều lan truyền của sóng tới và ảnh hưởng của vận tốc chuyển động của công trình [1,2];  $\rho_w$  là khối lượng riêng của nước biển. Lưu ý thành phần lực quán tính do nước kèm gây ra và lực cản chính là hai thành phần của lực sóng bức xạ.

$K$  là ma trận độ cứng của hệ được thiết lập bởi các lực phục hồi hay lực thuỷ tĩnh tác dụng lên mặt uớt  $S$  khi công trình giàn tự nâng thực hiện các dao động lắc. Các lực phục hồi này có xu hướng đưa công trình trở lại trạng thái cân bằng ban đầu [1,2,9];

$U, \dot{U}, \ddot{U}$  lần lượt là véc tơ các thành phần chuyển vị, vận tốc và gia tốc lắc của hệ;

$F(t)$  là véc tơ tải trọng sóng tác động lên thân nổi của kết cấu, do ảnh hưởng kích thước lớn, bao gồm các thành phần tải trọng do sóng tới và sóng nhiễu xạ gây ra được xác định theo các hàm thế sóng tới và sóng nhiễu xạ tương ứng. Bỏ qua ảnh hưởng của các yếu tố thủy động lực học bậc cao, thành phần thứ  $j$  ( $j = 1 \dots 6$ ) của véc tơ lực sóng bậc 1 có thể biểu diễn theo công thức (4), với  $\Phi$ , và  $\Phi_D$  lần lượt là hàm thế sóng tới và sóng nhiễu xạ [1,2,9]:

$$F_j(t) = \rho_w i \omega \iint_B (\Phi_j + \Phi_D) e^{-i\omega t} n_j dS \quad (4)$$



Các hàm thế vận tốc được xác định xấp xỉ dạng chuỗi tùy theo bậc khi giải phương trình Laplace 3 chiều trong vùng ảnh hưởng tương tác của bề mặt kết cấu nồi và môi trường nước khi xét đến các điều kiện biên được thiết lập thông qua các giả thiết như điều kiện môi trường nước là không nhớt, chuyển động không xoáy, điều kiện đáy biển không thấm nước, điều kiện cân bằng áp suất trên mặt thoảng, điều kiện bảo toàn động lượng và điều kiện xa vô cùng. Bài báo không nhằm mục đích đi sâu vào các phương pháp xác định và bậc của hàm thế là các vấn đề rất phức tạp mà hiện nay vẫn đang được tiếp tục nghiên cứu và phát triển trên thế giới, mà chỉ dừng lại ở việc áp dụng lý thuyết giải hàm thế bậc 1 phù hợp với phần mềm SACS 5.3 được sử dụng trong tính toán [2].

Trong trường hợp sóng tới được xem xét là quá trình ngẫu nhiên dùng được đặc trưng bởi hàm mật độ phô  $S_{\eta\eta}(\omega)$  thì hàm mật độ phô phản ứng  $S_{uu}(\omega)$  được xác định thông qua  $S_{\eta\eta}(\omega)$  theo quan hệ sau đây [1,2]:

$$S_{uu}(\omega) = RAO_u^2 \cdot S_{\eta\eta}(\omega) \quad (5)$$

với  $RAO_u$  là hàm truyền của phản ứng  $u(t)$  của kết cấu dưới tác dụng của sóng đơn vị ( $a=1m$ )  $\quad (6)$

Tổng quát, giá trị phản ứng cực đại của hệ (tại trọng tâm) được xác định theo công thức [2]:

$$u_{max} = \sqrt{2M_0^u \ln \frac{\tau}{T_z}} \quad (7)$$

trong đó:  $M_0$  là mô men bậc không của phô phản ứng đã xác định theo (5);  $\tau$  là khoảng thời gian cần xét phụ thuộc yêu cầu xác suất xuất hiện của phản ứng;  $T_z$  là chu kỳ cắt không của phản ứng.

Đối với chuyển động lắc thì theo tiêu chuẩn DnV [6] quy định: gia tốc lắc đứng giới hạn là 0.55g và chu kỳ dao động riêng lắc ngang nên  $< 7s$ .



### 3. Xác định lực quán tính tác động lên kết cấu chân giàn khoan tự nâng

Chuyển động lắc của trọng tâm hệ gây ra lực quán tính tác dụng tại điểm đặt khối lượng thứ i ( $m_i$ ) trên kết cấu chân theo các phương trình sau đây (Hình 3):

Lực quán tính xuất hiện dọc trục x [1,2]:

$$F_{i\alpha x} = -m_i a_{ix} \quad \text{với } a_{ix} = a \cos \beta \quad (8)$$

Lực quán tính li tâm và lực quán tính tiếp tuyến [1,2]:

$$F_{i\theta x} = -m_i (r_i \ddot{\theta}_{ix}) \quad (9)$$

$$F_{i\omega} = -m_i (r_i \omega^2) \quad (10)$$

Lực quán tính theo trục x do các thành phần gia tốc tịnh tiến và gia tốc xoay gây nên [1,2]:

$$F_{ix} = -m_i (a_{ix} + r_i \ddot{\theta}_{ix} \sin \alpha + r_i \omega^2 \cos \alpha) \quad (11)$$

trong đó:  $a$  là gia tốc lắc của trọng tâm hệ;  $\theta_{ix}$  là góc nghiêng do chuyển động lắc của khối lượng thứ i quanh trục x (rad);  $r_i$  là khoảng cách giữa điểm đặt khối lượng thứ i tới trọng tâm hệ;  $\alpha, \beta$  cụ thể trên Hình 3. Lực quán tính theo trục y được biểu diễn tương tự.



### 4. Phân tích các trường hợp tải trọng và tổ hợp tải trọng để tính toán kết cấu chân giàn khoan tự nâng trong quá trình di chuyển

Trong quá trình di chuyển tải trọng tác dụng lên chân giàn khoan tự nâng chia làm 2 dạng cơ bản. Tải trọng tĩnh và tựa tĩnh bao gồm: Trọng lượng bản thân giàn, tải trọng công nghệ bố trí trên giàn, tải trọng gió. Tải trọng thay đổi (tác dụng động): Các thành phần lực quán tính do chuyển động lắc gây ra bởi ảnh hưởng của sóng và dòng chảy đã được trình bày trong mục 2 và 3.

Tải trọng gió F tác động lên một phần tử kết cấu chân giàn có thể được tính theo tiêu chuẩn API với công thức tổng quát chung như sau [4]:

$$F = (\rho_a / 2) u^2 C_s A \quad (12)$$

trong đó:  $\rho_a$  là khối lượng riêng không khí;  $C_s$  là hệ số cản hình dáng (với phần tử thanh ống  $C_s = 0.5$ );  $A$  là diện tích cản gió chiếu vuông góc với phương gió thổi;  $u$  là vận tốc gió tính toán ở cao độ tương ứng với trọng tâm phần tử đang xét.

Theo các tiêu chuẩn hiện hành như [3,6] tổ hợp tải trọng để tính toán kết cấu nồi trong trạng thái di chuyển được xét trong ba trạng thái tác động chính với phương pháp tổ hợp tải trọng như sau (các tổ hợp này được xét tương ứng với các chiều của chuyển động khác nhau):



- Tác động dọc hướng di chuyển (Head Sea): Tổ hợp gồm lắc dọc, lắc đứng, trượt dọc, gió (tương ứng) và dòng chảy (tương ứng).

- Tác động vuông góc với hướng di chuyển (Beam Sea): Tổ hợp gồm lắc ngang, lắc đứng, trượt ngang, gió (tương ứng) và dòng chảy (tương ứng).

- Tác động theo phương chéo (Quartering Sea): Tổ hợp gồm 50% lắc dọc, 50% lắc ngang, lắc đứng, gió (tương ứng) và dòng chảy (tương ứng).

## 5. Kiểm tra bền kết cấu chân giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển

Kiểm tra bền phần tử thanh dạng ống:

- Đổi với phần tử chịu nén uốn kiểm tra bền theo công thức sau [4,9] :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_e}\right) F_b} \leq 1.0 \quad (13)$$

- Đổi với phần tử chịu kéo uốn kiểm tra bền theo công thức sau [4,9] :

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (14)$$

trong đó:  $f_a$  là ứng suất dọc trực của phần tử;  $F_a$  là ứng suất dọc trực cho phép [4,9];  $C_m$  là hệ số giảm ứng suất kể đến ảnh hưởng của sự biến đổi mô men [4,9];  $f_{bx}, f_{by}$  lần lượt là ứng suất uốn theo phương trực x,y;  $F'_e$  là ứng suất Euler [4,9];  $F_b$  là ứng suất uốn cho phép của phần tử [4,9].

Kiểm tra chọc thủng nút theo 2 điều kiện sau [4]:

$$\left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{IPB}^2 + \left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{OPB}^2 \leq 1.0 \quad (15)$$

$$\left|\frac{v_p}{v_{pa}}\right|_{AX} + \frac{2}{\pi} \arcsin \sqrt{\left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{IPB}^2 + \left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{OPB}^2} \leq 1.0 \quad (16)$$

trong đó:  $v_p, v_{pa}$  lần lượt là ứng suất gây chọc thủng và ứng suất chọc thủng cho phép của ống chủ [4], AX, IPB, OPB tương đương với ứng suất dọc trực, ứng suất uốn trong và ngoài mặt phẳng.

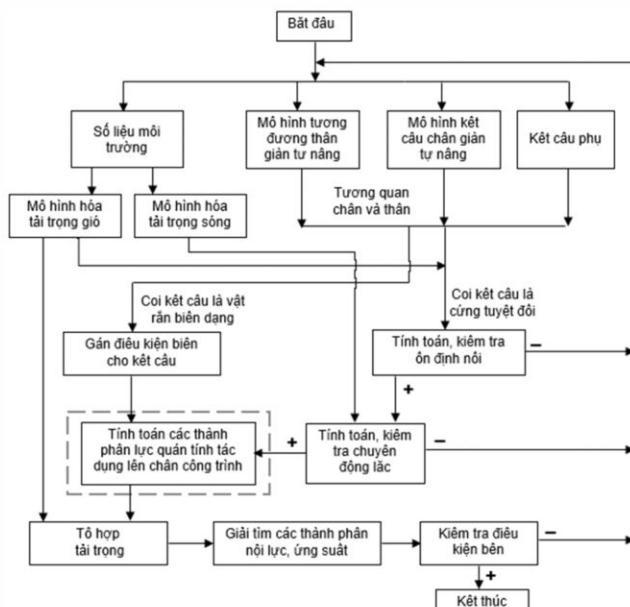
## 6. Sơ đồ thuật toán các bài toán cần giải quyết để tính toán kiểm tra độ bền kết cấu chân công trình biển tự nâng trong trạng thái di chuyển

Tác động của các yếu tố môi trường biển tới công trình giàn khoan tự nâng được giả thiết gây ra hai dạng phản ứng độc lập nhau:

- Phản ứng của vật thể cứng tuyệt đối dưới dạng dao động lắc theo 6 bậc tự do.

- Phản ứng của vật thể đàn hồi dưới dạng ứng suất biến dạng của kết cấu.

Ở giai đoạn tính toán kiểm tra độ bền của kết cấu chân công trình biển tự nâng trong trạng thái di chuyển, giả thiết liên kết nối giữa chân và thân là các liên kết khớp. Sơ đồ thuật toán tổng thể được mô tả như trên Hình 4.



**Hình 4.** Thuật toán tính toán kiểm tra điều kiện bền kết cấu chân giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển



## 7. Kiểm tra bền kết cấu chân giàn khoan tự nâng 400 ft trong trạng thái di chuyển

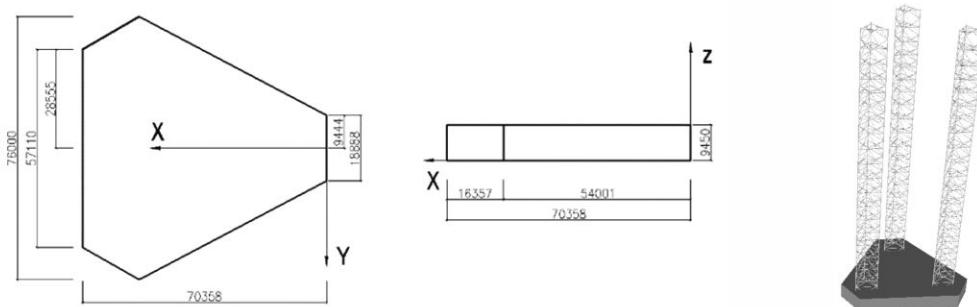
### 7.1 Các số liệu ban đầu

Quy mô kết cấu giàn khoan tự nâng 400ft: Chiều dài lớn nhất của thân là 70.4 m; Bề rộng lớn nhất của thân là 76 m; Chiều cao của thân là 9.45 m; Số lượng chân giàn là 3 chân.

Trong tính toán các tải trọng môi trường thường tính toán với 8 hướng sóng, gió và dòng chảy, tuy nhiên trong phạm vi bài báo chỉ tính toán với hướng đông bắc (NE) với các số liệu môi trường sau: Vận tốc gió tính toán: 36 m/s; Chiều cao sóng đáng kể  $H_s$ : 3m; Chu kì sóng tương ứng  $T_s$ : 6s; Vận tốc dòng chảy mặt  $V_{s-total}$ : 0.57 m/s; Vận tốc dòng chảy ở độ sâu 20m  $V_{20-total}$ : 0.5 m/s; Vận tốc dòng chảy trung bình  $V_{m-total}$ : 0.48 m/s; Vận tốc dòng chảy đáy  $V_{b-total}$ : 0.43m/s.

### 7.2 Mô hình hóa hệ thống kết cấu công trình giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển theo phương pháp phần tử hữu hạn

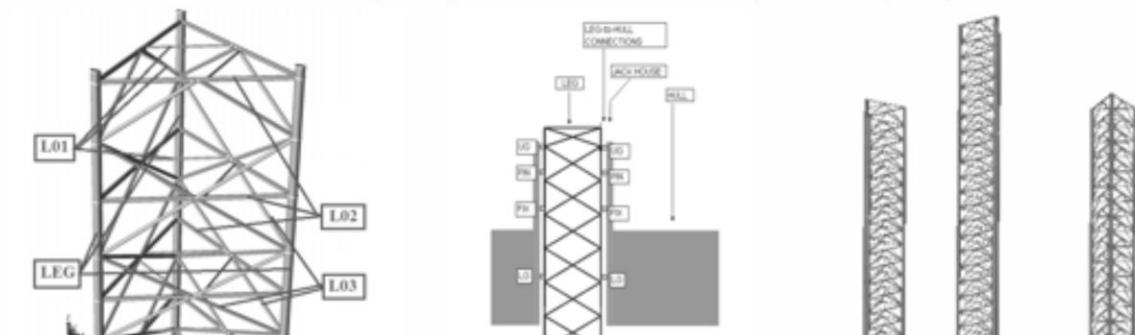
Hệ thống kết cấu công trình giàn khoan tự nâng 400ft được mô hình hóa theo phương pháp phần tử hữu hạn như Hình 5, Hình 6. Vấn đề mô hình hóa kết cấu, mô hình hóa các liên kết, mô hình hóa các kết cấu đặc biệt bao gồm ống chính làm việc đồng thời với các thanh răng và các điều kiện biên để tính toán kết cấu công trình giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển được thực hiện theo tiêu chuẩn DnV [5] và API [4].



a) Mô hình hóa tương đương thân giàn khoan tự nâng

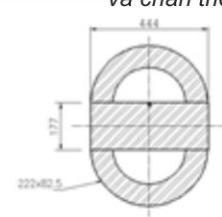
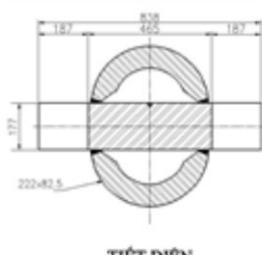
b) Sơ đồ tính tổng thể giàn khoan tự nâng khi di chuyển

**Hình 5. Mô hình tương đương thân và sơ đồ tính kết cấu giàn khoan tự nâng 400ft**



a) Một phần mô hình kết cấu chân

b) Liên kết giữa thân tương đương và chân theo DnV



c) Mô hình hóa ống chính có bánh răng



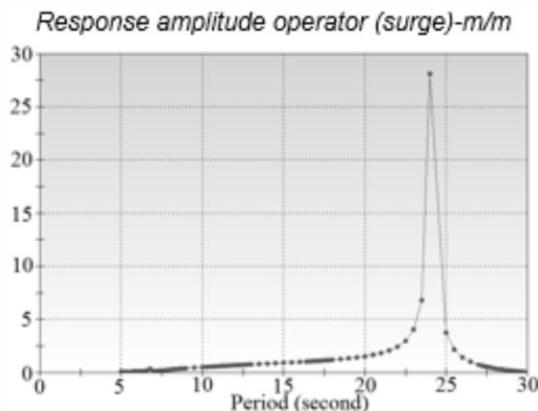
d) Sơ đồ tính tổng thể giàn khoan tự nâng 400ft khi di chuyển

**Hình 6. Mô hình hóa kết cấu chân, liên kết chân với thân và sơ đồ tính tổng thể hệ thống kết cấu giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển theo phương pháp phần tử hữu hạn**

Tổ hợp tải trọng: Lực quán tính do dao động lắc của hệ thống tác động lên chân của giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển được tổ hợp với các tải trọng khác (bản thân, công nghệ, gió,...) để tính toán kiểm tra bền kết cấu chân giàn khoan tự nâng 400ft trong trạng thái di chuyển. Các trường hợp tải trọng và tổ hợp tải trọng được thực hiện theo Noble Denton [3] và DnV [6].

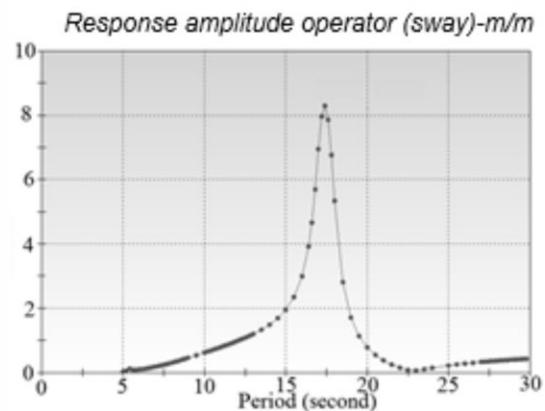
### 7.3 Một số kết quả tính toán kiểm tra bền kết cấu chân giàn khoan tự nâng 400ft trong trạng thái di chuyển

Phân tích các chuyển động lắc của giàn khoan tự nâng 400ft trong giai đoạn di chuyển tại vùng biển Nam Việt Nam được nhóm tác giả thực hiện nhờ sử dụng chương trình phần mềm chuyên dụng SACS [2]. Một số kết quả đại diện được thể hiện trên Hình 7.



a) RAO của chuyển động trượt dọc (m/m)

Đỉnh lớn nhất: 28.1 m/m, Tại chu kỳ: T = 24s



b) RAO của chuyển động trượt ngang (m/m)

Đỉnh lớn nhất: 8.3 m/m, Tại chu kỳ: T = 17s

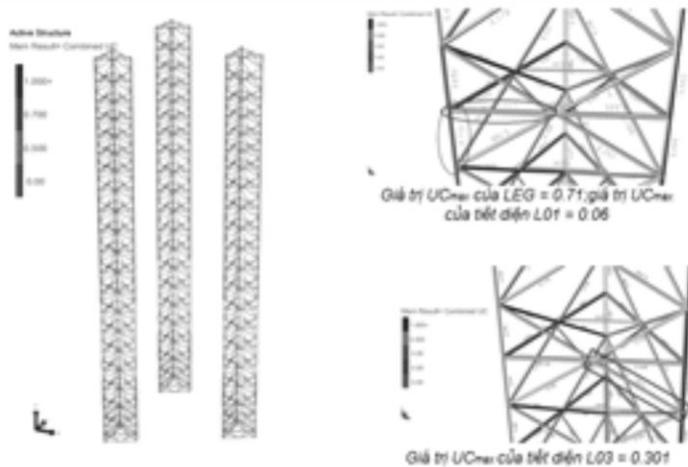
**Hình 7.** RAO của chuyển động trượt dọc và trượt ngang của giàn khoan tự nâng 400ft khi di chuyển

Gia tốc của hệ thống được xác định từ việc giải phương trình chuyển động (1). Tích số của gia tốc với khối lượng cho ta lực quán tính. Kết quả lực quán tính lên hệ thống kết cấu công trình giàn khoan tự nâng 400ft khi di chuyển xem Bảng 1.

**Bảng 1.** Kết quả tải trọng quán tính tác động lên chân giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển

Tổ hợp tải trọng	Gia tốc góc			Gia tốc trượt/g			Tổng tải trọng			Tổng mô men		
	Lắc ngang	Lắc dọc	Xoay	Trượt dọc	Trượt ngang	Lắc đứng	Trượt dọc	Trượt ngang	Lắc đứng	Lắc ngang	Lắc dọc	Xoay
	(Độ/s <sup>2</sup> )			(m/s <sup>2</sup> )			(kN)			(kN.m)		
S11	0	-4.9	0	-0.22	0	-0.22	4477	0	20183	-540.7	1.15E6	119
S12	0	-4.9	0	-0.22	0	0.18	4477	0	6762	-181	1.15E6	119
S13	0	4.9	0	0.22	0	-0.22	-4477	0	-5171	138.3	-1.15E6	-119
S14	0	4.9	0	0.22	0	0.18	-4477	0	-18593	498.2	-1.15E6	-119
S15	-7.9	0	0	0	0.34	-0.26	0	-7019	8722	1.82E6	78.3	63
S16	-7.9	0	0	0	0.34	0.14	0	-7019	-4700	1.82E6	-42.2	63
S17	7.9	0	0	0	-0.34	-0.26	0	7019	8747	-1.82E6	78.5	-63
S18	7.9	0	0	0	-0.34	0.14	0	7019	-4675	-1.82E6	-42	-63

Lực quán tính ở Bảng 1 là đầu vào để tính toán kiểm tra kết cấu chân công trình giàn khoan tự nâng 400ft trong trạng thái di chuyển. Sử dụng phần mềm SACS 5.3 giải ra nội lực, ứng suất của phần tử kết hợp các điều kiện kiểm tra ở các công thức (13),(14),(15),(16) thu được kết quả kiểm tra bền kết cấu chân giàn khoan tự nâng 400 ft trong trạng thái di chuyển như Hình 8.



**Hình 8.** Kết quả tính giá trị  $UC_{max}$  (Unity Check) kết cấu chân giàn tự nâng 400ft cho giai đoạn di chuyển

Khi kiểm tra các thanh theo tiêu chuẩn API, giá trị  $UC_{max} = 0.71$  (trên phần tử ống chính LEG)  $< 1$  chứng tỏ toàn bộ kết cấu chân công trình giai đoạn di chuyển thỏa mãn điều kiện bền thanh. Kết quả giá trị UC lớn nhất nằm ở các thanh vị trí ngay trên các thanh liên kết thân và chân, tại những thanh này kết cấu khi di chuyển nguy hiểm nhất. Kiểm tra bền nút: nút có giá trị UC lớn nhất = 0.504  $< 1$ , do vậy các nút đảm bảo điều kiện không bị chọc thủng.



## 8. Kết luận

Bài báo đã đưa ra được thuật toán tổng quát để tính toán kiểm tra độ bền của kết cấu chân công trình biển tự nâng trong trạng thái di chuyển.

Các phản ứng tương tác giữa vật thể nổi kích thước lớn hình dạng phức tạp với sóng và dòng chảy được xác định bằng phương pháp phần tử biên, làm cơ sở để xác định lực quán tính tác động lên chân của kết cấu giàn tự nâng khi mô hình hóa độc lập kết cấu chân trong bài toán kiểm tra độ bền.

Các kết quả nghiên cứu trong bài báo này chỉ là ban đầu. Trong thời gian tới đây, nhóm nghiên cứu của Viện Xây dựng Công trình biển Trường Đại học Xây dựng sẽ tiếp tục trình bày các kết quả nghiên cứu phân tích kết cấu công trình giàn khoan tự nâng trong các trạng thái khai thác và vận hành,...

## Tài liệu tham khảo

- ANSYS/AQWA (2013), ANSYS/AQWA Theory Manual (2013); AQWA User Manual (2012).
- SACS (2015), Structure Analysis Computer System) User Manual.
- Noble Denton International LTD (2009), Guide lines for Loadout/General guidelines for marine transportation, Noble Denton.
- American Petroleum Institute (API)-RP-2A-WSD, 21<sup>th</sup> Edition (2010), Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working stress Design.
- DNV-OS-H101 (2005), Offshore standard, Marine operation general.
- DNV-RP-H103 (2010), Modelling and analysis of Marine operations , ALE.
- American Bureau of Shipping (2008), Rule for Building and Class - Mobile offshore drilling unit.
- American Bureau of Shipping (2008), Rule for Classification of Marine Vessels and Structure.
- American Institute of Steel Construction (2005), Manual of Steel Construction, (AISC), 9th edition.
- Kim Y.B. (2003), Dynamic Analysis of Multiple-Body Floating Platforms Couple with Mooring lines and risers. Doctor Philosophy, Texas A&M University.
- Rahman M. (1988), Three Dimension Green's Function for Ship Motion at Forward Speed.
- Clauss G.F., Stutz K. (2001), "Time Domain Analysis of Floating Bodies with Forward Speed", Proceedings of OMAE'01, Rio de Janeiro, Brazil.
- Cassidy M. J. (1999), Non-Linear Analysis of Jack-Up Structures Subjected to Random Waves, Doctoral Dissertation, University of Oxford.