TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ CỦA BỘ XÂY DỰNG
JOURNAL OF CONSTRUCTION

TẠP CHÍ XÂY DỰNG - eISSN 3030-4482

Khảo sát ảnh hưởng của hướng gió đến sự ổn định của vật nâng trên cần trục tháp

Surveying the impact of wind direction on the stability of loads on a tower crane boom

THS Nguyễn Thúc Tráng
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: thuctrang205@gmail.com

THÔNG TIN BÀI BÁO
Chuyên mục: Khoa học công nghệ
Ngày nhận bài: 25/4/2026
Ngày sửa bài: 15/5/2026
Ngày chấp nhận đăng: 01/6/2026
Ngày xuất bản Online: 28/7/2026
Tác giả liên hệ:
Email: thuctrang205@gmail.com

TÓM TẮT

Trong [1] tác giả đã trình bày kết quả nghiên cứu, xác định góc lắc của pa-lăng và vật nâng trên cần trục tháp trong chuyển động lắc lư của hệ thống dây cáp treo vật, với quy luật gió chọn trước và hướng gió không đổi. Trên cơ sở đó, bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, khảo sát ảnh hưởng của hướng gió đến sự ổn định của vật nâng, trong một hành trình làm việc độc lập giữa các quá trình: Nâng, quay cần và thay đổi tầm với.

Từ khóa: Cần trục tháp; dây cáp; vật nâng.

ABSTRACT

In chapter 1, author presented the research results, determining the shaking angle of Hook block and lifted items on Tower canes in the swing move of cable system lifting items, with the fixed law and unchanged direction of wind. As enlisted above, this article illustrates the research result, estimating the importance of wind direction to the stability of lifted items in a independently working process between steps: Lifting, turning jib and altering reach.

Keywords: Tower cranes; cable; items.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động lực học cần trục tháp đã được nghiên cứu trong nhiều năm qua và trên một loạt các khía cạnh khác nhau. Về động lực học, cần trục tháp đề cập đến các thông số động học của vật nâng đã xuất hiện trong một số nghiên cứu điển hình như: [2] thiết lập một mô hình gồm 20 biến để dự đoán số lần nâng chuyển trong một đơn vị thời gian của cần trục tháp; [3] tính toán thời gian nâng chuyển của cần trục tháp trong một hành trình định trước; còn [4, 5] nghiên cứu động lực học của cần cẩu tháp dạng cần nằm ngang, kết quả đã công bố là góc lắc của pa-lăng và vật nâng quanh điểm treo của dây cáp và xe đẩy. Tuy nhiên, các nghiên cứu này đều chưa xét đến tải trọng của gió tác động vào vật.

Khi cần cẩu tháp hoạt động, vật nâng được treo bởi hệ thống dây cáp luôn có tính linh động. Ngoài các chuyển động mong muốn còn xuất hiện một chuyển động thừa và không mong muốn của vật nâng, đó là sự lắc lư của nó quanh xe đẩy. Nguyên nhân xuất hiện lắc lư thừa đó là do tải trọng gió tác động lên bề mặt vật hoặc do các cơ cấu công tác trên cần trục chuyển động có gia tốc. Lắc lư thừa đó gây tải động phát sinh trong máy và dễ gây ra các nguy hiểm khác. Nếu vật nâng lắc lư càng mạnh thì tải động phát sinh trong máy càng lớn và khả năng gây nên các rủi ro khác cũng càng cao. Đánh giá sự ổn định của vật nâng là đánh giá tốc độ thay đổi vị trí của vật trong lắc lư thừa nêu trên. Nếu vật lắc lư càng yếu, nghĩa là nó thay đổi vị trí càng chậm thì ta nói vật càng ổn định.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hướng gió đến sự ổn định của vật nâng trong lắc lư thừa đã nêu, trên cần trục tháp dạng cần nằm ngang theo một quy luật gió chọn trước và trong một hành trình gồm: Nâng vật, quay cần và thay đổi tầm với.

2. MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CẦN TRỤC THÁP

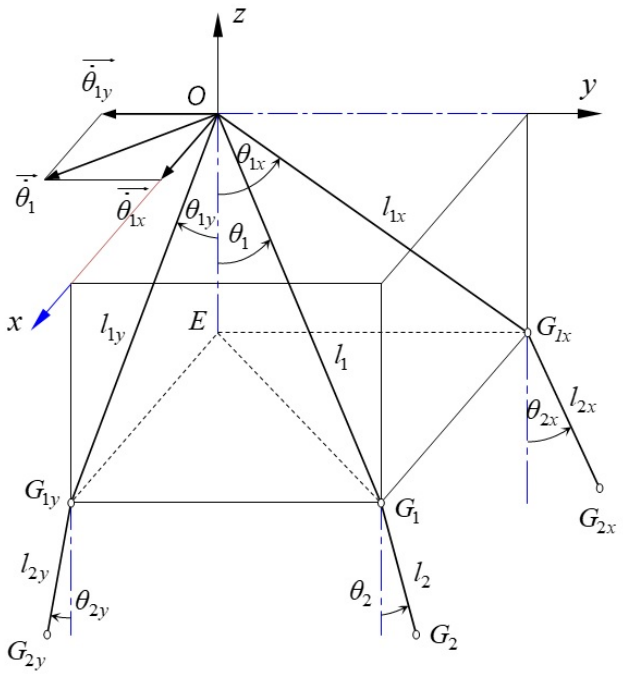
Cần trục tháp dạng cần nằm ngang có mô hình vật lý trên Hình 1. Bốn puly của xe đẩy là các đỉnh hình chữ nhật tâm *O*; *G*1 và *G*2 là trọng tâm của pa-lăng và vật nâng. Cần trục được vận hành bởi các thông số (s, l_1, ψ).

2.1. Thông số xác định vị trí của hệ thống treo vật trong chuyển động lắc lư

Gắn vào *O* hệ tọa độ *xyz* và điểm treo l_2 hệ $x_1y_1z_1$. Gọi θ_1, θ_2 là góc giữa l_1, l_2 với phương thẳng đứng (Hình 1).

Hình 1. Mô hình thực cần trục tháp cần nằm ngang

Trong chuyển động tương đối quanh *O*, hệ thống treo vật (OG_1G_2) gồm hai vật rắn là pa-lăng (khối lượng *m*1), vật nâng (khối lượng *m*2) và bốn bậc tự do [1] là: $\theta_{1x}, \theta_{1y}, \theta_{2x}, \theta_{2y}$ (Hình 2). Ta xác định được phần không gian chứa các trọng tâm G_1 và G_2 như sau:



Hình 2. Các thông số động học

G_1 thuộc phần không gian (+*x*) (phần không gian có $x_{G_1} > 0$) nếu như $\theta_{1y} > 0$, G_2 thuộc phần không gian (+x_1) nếu $\theta_{2y} > 0$ và ngược lại; G_1 thuộc phần không gian (+*y*) nếu như $\theta_{1x} > 0$, G_2 thuộc phần không gian (+y_1) nếu $\theta_{2x} > 0$ và ngược lại.

Từ hình hộp có ba kích thước EG_{1x}, EG_{1y}, EO ta nhận được:

$$\theta_1 = arc\cos\left(1+tg^2\theta_{1x}+tg^2\theta_{1y}\right)^{-1/2};\ \vec{\dot{\theta}}_1 = \vec{\dot{\theta}}_{1x} + \vec{\dot{\theta}}_{1y},\ \left|\vec{\dot{\theta}}_1\right| = \left(\left|\vec{\dot{\theta}}_{1x}\right|^2 + \left|\vec{\dot{\theta}}_{1y}\right|^2\right)^{1/2} \quad (1)$$

Một cách tương tự, ta cũng có:

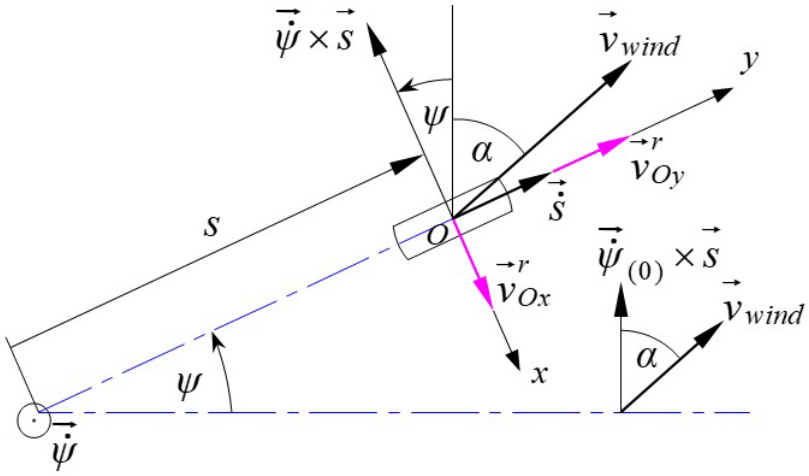
$$\theta_2 = arc\cos\left(1+tg^2\theta_{2x}+tg^2\theta_{2y}\right)^{-1/2};\ \vec{\dot{\theta}}_2 = \vec{\dot{\theta}}_{2x} + \vec{\dot{\theta}}_{2y},\ \left|\vec{\dot{\theta}}_2\right| = \left(\left|\vec{\dot{\theta}}_{2x}\right|^2 + \left|\vec{\dot{\theta}}_{2y}\right|^2\right)^{1/2} \quad (2)$$

2.2. Áp lực gió tác động lên bề mặt pa-lăng và vật nâng

Kí hiệu: ρ là khối lượng riêng của không khí; c_{1x}, c_{1y} và c_{2x}, c_{2y} là các hệ số hình dạng các bề mặt cản gió của pa-lăng và vật nhận phương *x*, *y* làm pháp tuyến; $\vec{v}^r_{Ox}$, $\vec{v}^r_{Oy}$ là các thành phần vận tốc trong chuyển động tương đối của *O* so với gió theo các hướng *x*, *y*. Vận tốc gió là $\vec{v}_{wind}$ còn hướng gió được xác định bởi góc α (Hình 3) sao cho 3 vector: $\vec{v}_{wind}, \vec{\dot{\psi}}_{(0)} \times \vec{s}, \vec{\dot{\psi}}$ theo thứ tự tạo thành tam diện thuận. Từ quan hệ vận tốc: $\vec{v}^r_O = \vec{v}_O - \vec{v}_{wind} = \vec{\dot{s}} + \left(\vec{\dot{\psi}} \times \vec{s}\right) - \vec{v}_{wind}$ và $\left|\vec{\dot{\psi}} \times \vec{s}\right| = s\dot{\psi}$, ta nhận được:

$$v^r_{Ox} = -s\dot{\psi} + v_{wind}\cos\left(\alpha+\psi\right),\ v^r_{Oy} = -v_{wind}\sin\left(\alpha+\psi\right).$$

Áp lực gió tác động lên các bề mặt cản gió của pa-lăng và vật nâng theo hai hướng *x*, *y* [1] như sau:



Hình 3. Các thành phần vận tốc

$$\begin{aligned}
\vec{W}_{1x} &= -\frac{1}{2}\rho c_{1x} S_{1x} \left|v^{r}_{Ox}\right| \vec{v^{r}}_{Ox} \\
\vec{W}_{1y} &= -\frac{1}{2}\rho c_{1y} S_{1y} \left|v^{r}_{Oy}\right| \vec{v^{r}}_{Oy} \\
\vec{W}_{2x} &= -\frac{1}{2}\rho c_{2x} S_{2x} \left|v^{r}_{Ox}\right| \vec{v^{r}}_{Ox} \\
\vec{W}_{2y} &= -\frac{1}{2}\rho c_{2y} S_{2y} \left|v^{r}_{Oy}\right| \vec{v^{r}}_{Oy}
\end{aligned} \tag{3}$$

2.3. Phương trình động lực học

Từ [1], hệ phương trình động lực học là:

$$\begin{cases}
\left(m_1 l_1^{\,2} + m_2 l_1^{\,2} + J_{G1x}\right)\ddot{\theta}_{1x} + m_2 l_1 l_2 cos\left(\theta_{1x} - \theta_{2x}\right)\ddot{\theta}_{2x} = -2\left(m_1 + m_2\right) l_1 \dot{l}_1 \dot{\theta}_{1x} - m_2 l_1 l_2 \sin\left(\theta_{1x} - \theta_{2x}\right)\dot{\theta}_{2x}^{\,2} \\
\quad -(m_1 + m_2) g l_1 \sin\theta_{1x} - m_2 g l_2 \sin\theta_{2x} - (P_{1y} + P_{2y}) l_1 cos\theta_{1x} - P_{2y} l_2 cos\theta_{2x}\ ; \\
m_2 l_1 l_2 cos\left(\theta_{1x} - \theta_{2x}\right)\ddot{\theta}_{1x} + \left(m_2 l_2^{\,2} + J_{G2x}\right)\ddot{\theta}_{2x} = -2 m_2 \dot{l}_1 l_2 cos\left(\theta_{1x} - \theta_{2x}\right)\dot{\theta}_{1x} - m_2 \ddot{l}_1 l_2 \sin\left(\theta_{1x} - \theta_{2x}\right) \\
\quad + m_2 l_1 l_2 \sin\left(\theta_{1x} - \theta_{2x}\right)\dot{\theta}_{1x}^{\,2} - m_2 g l_2 \sin\theta_{2x} - P_{2y} l_2 cos\theta_{2x}; \\
\left(m_1 l_1^{\,2} + m_2 l_1^{\,2} + J_{G1y}\right)\ddot{\theta}_{1y} + m_2 l_1 l_2 cos\left(\theta_{1y} - \theta_{2y}\right)\ddot{\theta}_{2y} = -2\left(m_1 + m_2\right) l_1 \dot{l}_1 \dot{\theta}_{1y} - m_2 l_1 l_2 \sin\left(\theta_{1y} - \theta_{2y}\right)\dot{\theta}_{2y}^{\,2} \\
\quad -(m_1 + m_2) g l_1 \sin\theta_{1y} - m_2 g l_2 \sin\theta_{2y} + (P_{1x} + P_{2x}) l_1 cos\theta_{1y} + P_{2x} l_2 cos\theta_{2y}\ ; \\
m_2 l_1 l_2 cos\left(\theta_{1y} - \theta_{2y}\right)\ddot{\theta}_{1y} + \left(m_2 l_2^{\,2} + J_{G2y}\right)\ddot{\theta}_{2y} = -2 m_2 \dot{l}_1 l_2 cos\left(\theta_{1y} - \theta_{2y}\right)\dot{\theta}_{1y} - m_2 \ddot{l}_1 l_2 \sin\left(\theta_{1y} - \theta_{2y}\right) \\
\quad + m_2 l_1 l_2 \sin\left(\theta_{1y} - \theta_{2y}\right)\dot{\theta}_{1y}^{\,2} - m_2 g l_2 \sin\theta_{2y} + P_{2x} l_2 cos\theta_{2y}.
\end{cases} \tag{4}$$

Ở đó:

$$P_{1x} = -m_1\left(-2\dot{s}\dot{\psi} - s\ddot{\psi}\right) - \frac{1}{2}\rho c_{1x} S_{1x}\left|v^{r}_{Ox}\right| v^{r}_{Ox};\quad P_{2x} = -m_2\left(-2\dot{s}\dot{\psi} - s\ddot{\psi}\right) - \frac{1}{2}\rho c_{2x} S_{2x}\left|v^{r}_{Ox}\right| v^{r}_{Ox};$$

$$P_{1y} = -m_1\left(\ddot{s} - s\dot{\psi}^2\right) - \frac{1}{2}\rho c_{1y} S_{1y}\left|v^{r}_{Oy}\right| v^{r}_{Oy};\qquad P_{2y} = -m_2\left(\ddot{s} - s\dot{\psi}^2\right) - \frac{1}{2}\rho c_{2y} S_{2y}\left|v^{r}_{Oy}\right| v^{r}_{Oy} \tag{5}$$

là trị số hợp lực tác động lên pa-lăng, vật nâng theo hướng *x* và *y*.

Với bộ thông số đầu vào xác định (vật nâng, gió và chế độ vận hành), hệ (4) với nghiệm $\left(\theta_{1x}, \theta_{1y}; \theta_{2x}, \theta_{2y}\right)$cùng đạo hàm cấp một của chúng được giải gần đúng bằng

phương pháp Runge - Kutta bậc bốn trên nền Matlab. Thay nghiệm tìm được vào (1) và (2) để xác định θ_1, θ_2 và $\dot{\theta}_1$, $\dot{\theta}_2$.

3. KHẢO SÁT TRÊN CẦN TRỤC THÁP QTZ40D

3.1. Vật nâng và hành trình nâng chuyển

Vật nâng là thùng khối hộp chứa bê tông ướt, kích thước (0,8×1,0×1,0)m và được nâng chuyển từ trạng thái tĩnh, chính tâm (O, G_1, G_2 thẳng đứng). Vị trí ban đầu của vật sao cho ba mặt liên tiếp nhận *x*, *y*, *z* làm pháp tuyến. Trọng tâm vật được nâng lên từ độ cao 0,5 m đến 41 m rồi quay cần góc 90^o ngược chiều kim đồng hồ, sau cùng là thay đổi tầm với từ 10 m đến 22 m. Các thông số của pa lăng và vật nâng như sau:

$$m_1 = 50kg;\ m_2 = 1800kg;\ J_{G_{1x}} = 0{,}8kgm^2;\ J_{G_{1y}} = 0{,}13kgm^2;\ J_{G_{2x}} = 300kgm^2;\ J_{G2y} = 245kgm^2;$$

$$S_{1x} = 0{,}16m^2;\ S_{1y} = 0{,}09m^2;\ S_{2x} = 1m^2;\ S_{2y} = 0{,}8m^2;\ c_{1x} = 0{,}8;\ c_{1y} = 0{,}75;\ c_{2x} = c_{2y} = 0{,}9;$$

$$g = 9{,}81m/s^2;\ \rho = 1{,}225kg/m^3.$$

3.2. Các thông số và chế độ vận hành cần trục

$s_{(0)} = 10m,\ l_{1(0)} = 45m,\ \ l_2 = 5m;$ Các quá trình: Nâng, quay cần và thay đổi tầm với, đều gồm ba giai đoạn: Tăng tốc, bình ổn và phanh. Với khuyến cáo tốc độ trong [6], khoảng thời gian và gia tốc của các giai đoạn trong mỗi quá trình được chọn trong Bảng 1.

Bảng 1. Thời gian và gia tốc của các giai đoạn trong mỗi quá trình

Giai đoạn tăng tốc		**Giai đoạn bình ổn**		**Giai đoạn phanh**	
Thời gian	Gia tốc	Thời gian	Gia tốc	Thời gian	Gia tốc
Quá trình nâng vật					
5 (s)	0,14 (m/s^2)	55 (s)	0	2,5 (s)	− 0,28 (m/s^2)
Quá trình quay cần					
5 (s)	π/220 (1/s^2)	17 (s)	0	5 (s)	− π/220 (1/s^2)
Quá trình thay đổi tầm với					
3 (s)	0,1 (m/s^2)	37 (s)	0	3 (s)	− 0,1 (m/s^2)

Chế độ vận hành cần trục theo thứ tự: Nâng, quay, thay đổi tầm với là độc lập; bắt đầu quay cần ở giây 70 và bắt đầu thay đổi tầm với ở giây thứ 105; hành trình kết thúc ở giây 148.

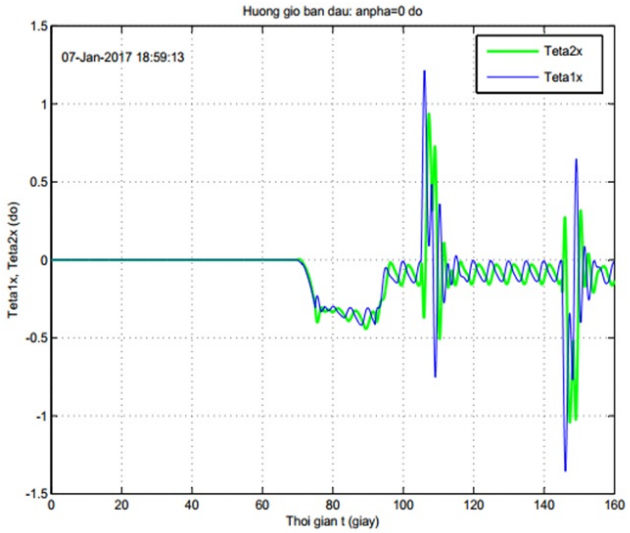
3.3. Quy luật gió và các hướng gió khảo sát

Theo [7], thiết bị nâng chuyển chỉ được làm việc khi vận tốc gió không vượt quá 13 m/s. Quy luật gió ở đây được giả định là tuần hoàn với chu kỳ 5 giây, gió thổi theo phương ngang, hướng gió không đổi và vận tốc gió theo các mốc thời gian: 0, 1, 2, 3, 4, 5 giây lần lượt là: 6, 7, 9, 10, 8, 6 m/s. Giá trị của vận tốc gió sau mỗi bước thời gian được xác định bằng phép nội suy tuyến tính. Ta khảo sát hai trường hợp của hướng gió ứng với các giá trị của góc α là: $0^0, 180^0$.

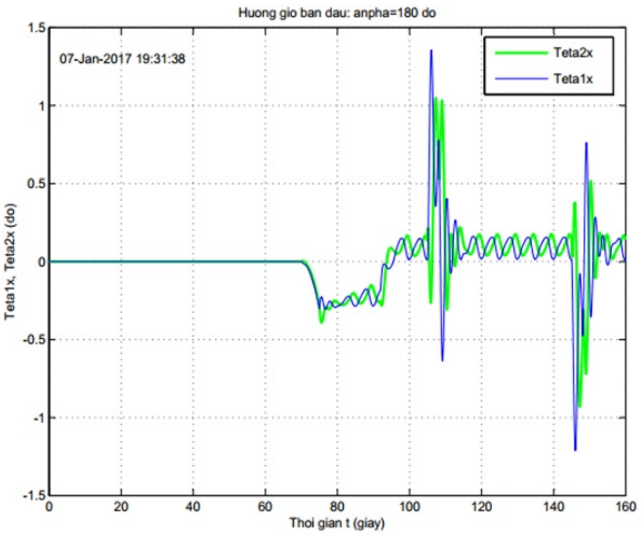
3.4. Kết quả và thảo luận

Kết quả từ Hình 4 đến Hình 7. Trong mọi thời điểm, các trị số $P_{1x}, P_{2x}, P_{1y}, P_{2y}$ đều nhỏ hơn rất nhiều so với $m_2 g$.

Quá trình nâng: $P_{1x}, P_{2x}, P_{1y}, P_{2y}$ chỉ chứa thành phần áp lực gió nên chúng rất nhỏ hoặc bằng không. Hơn nữa, do nâng vật chính tâm và từ trạng thái tĩnh nên vật khá ổn định; m_2 lớn hơn rất nhiều so với m_1 nên $\theta_2 \approx \theta_1$ (O, G_1, G_2 gần như thẳng hàng). Trường hợp $\alpha = 0^0$, G_1 thuộc phần không gian $(-x)$ và G_2 thuộc phần không gian $(-x_1)$; trường hợp $\alpha = 180^0$ thì G_1 thuộc phần không gian $(+x)$ và G_2 thuộc phần không gian $(+x_1)$. Quá trình quay cần: G_1 thuộc phần không gian $(-y)$ và G_2 thuộc phần không gian $(-y_1)$, chúng thay đổi vị trí rất nhanh và khá xa trong giây đầu tiên của các giai đoạn khởi động và phanh cần. Ở giai đoạn khởi động cần, trường hợp $\alpha = 180^0$ (vật quay ngược hướng gió) vị trí của vật thay đổi xa hơn so với trường hợp $\alpha = 0^0$. Tốc độ thay đổi vị trí của vật trong cả hai trường hợp không khác nhau nhiều trong suốt quá trình quay cần. Quá trình thay đổi tầm với: Ở giai đoạn đầu (xe đẩy khởi động), trường hợp $\alpha = 180^0$ vật thay đổi vị trí nhanh hơn và xa hơn, nhưng ở giai đoạn kết thúc thì ngược lại.

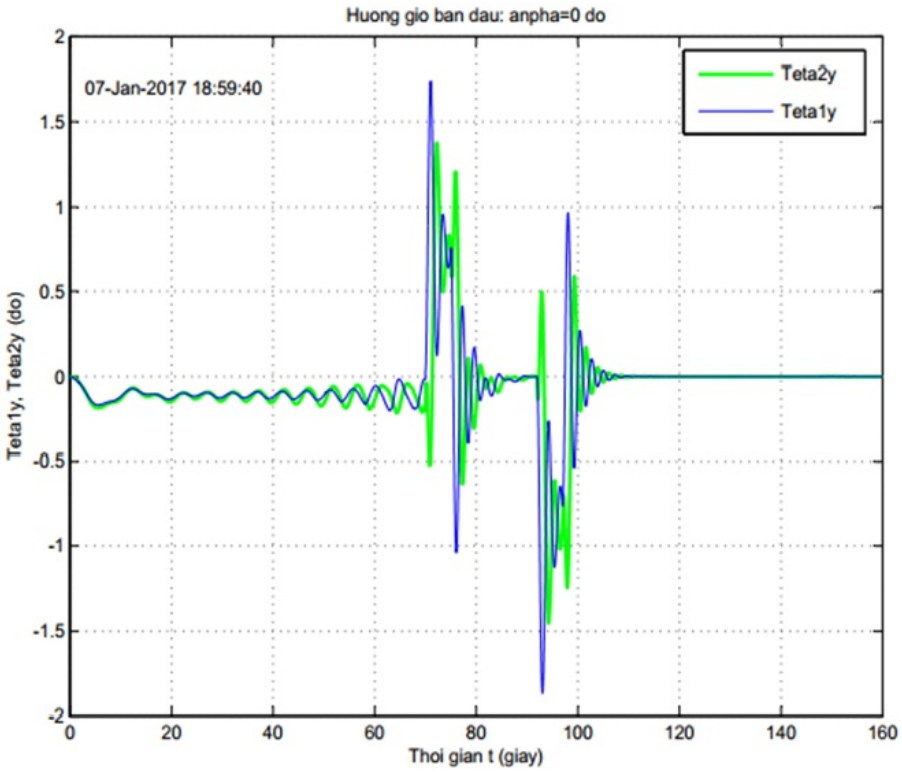


$a)\ \alpha = 0^0$

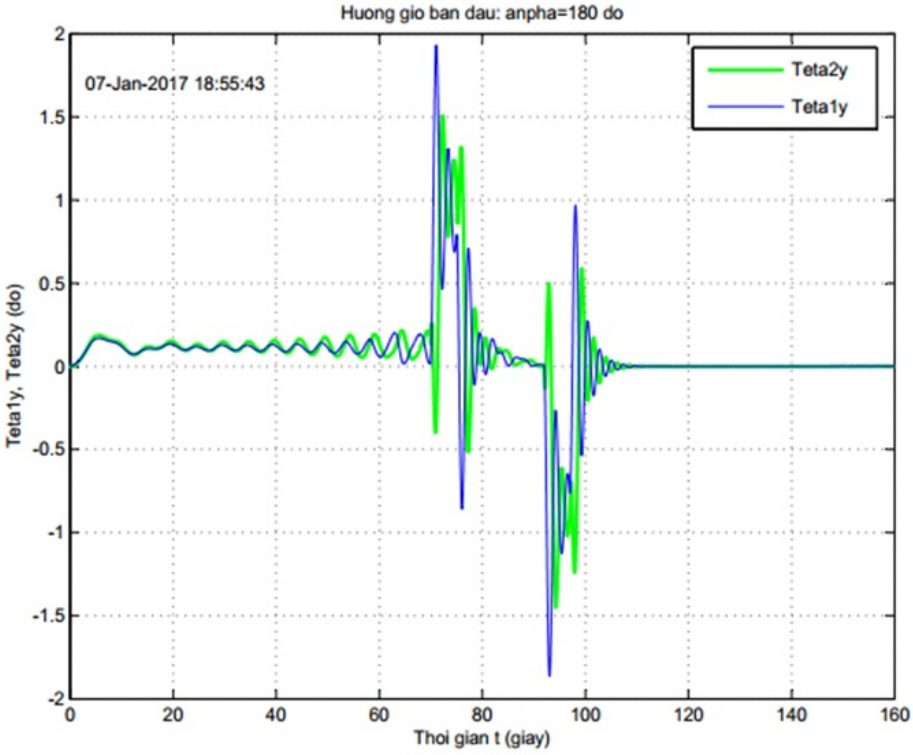


$b)\ \alpha = 180^0$

Hình 4. Sự thay đổi θ_{1x}, θ_{2x}

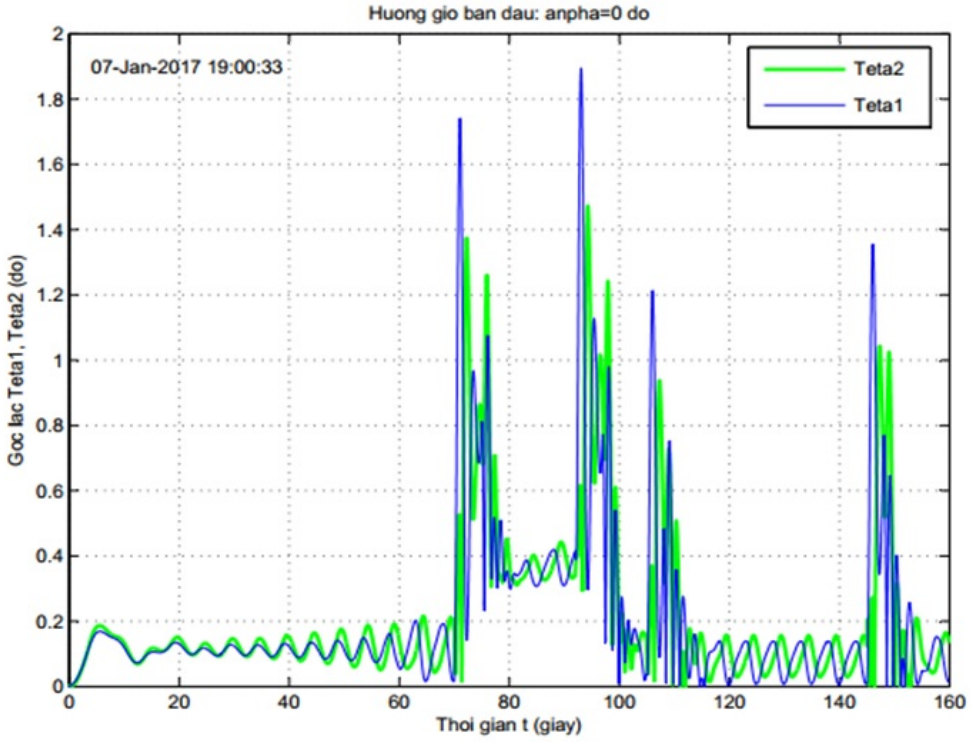


$a)\ \alpha = 0^0$

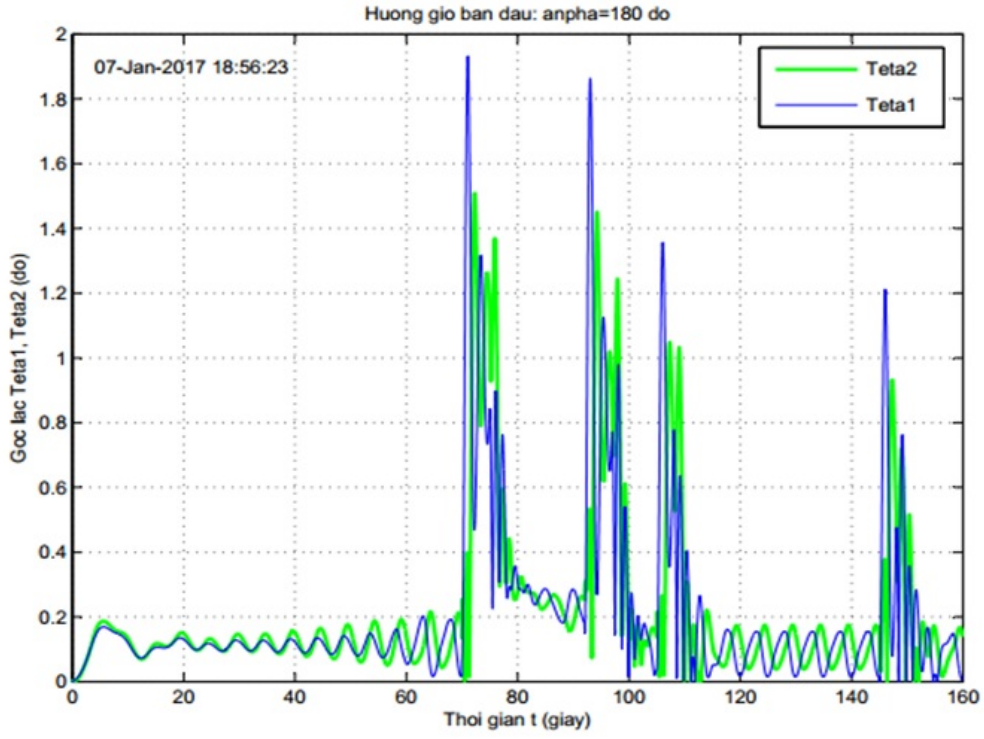


$b)\ \alpha = 180^0$

Hình 5. Sự thay đổi θ_{1y}, θ_{2y}

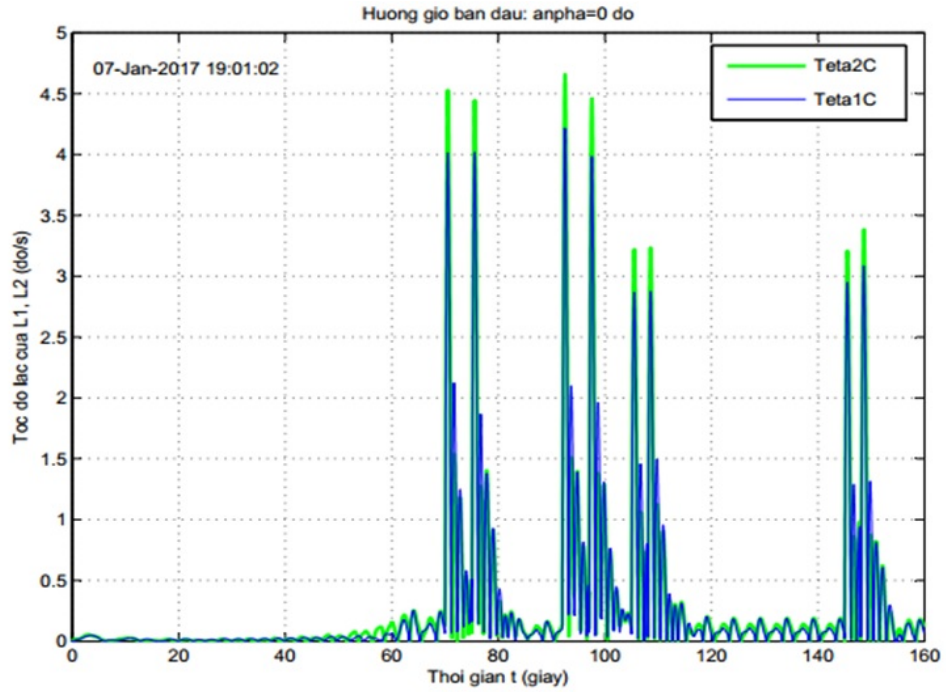


$a)\ \alpha = 0^0$

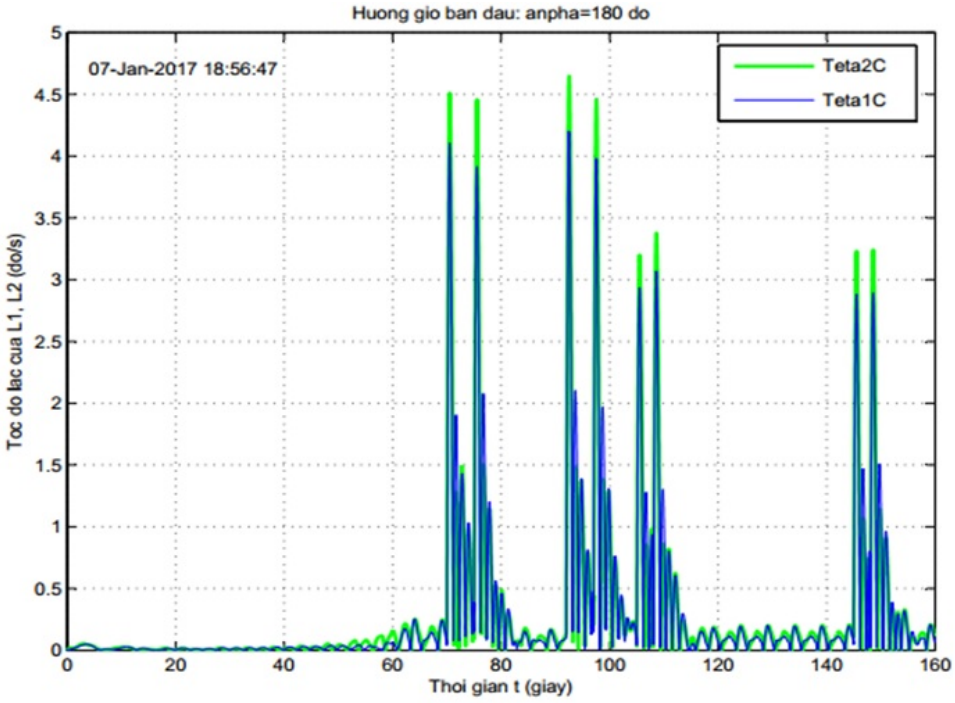


$b)\ \alpha = 180^0.$

Hình 6. Sự thay đổi θ_1, θ_2



$a)\ \alpha = 0^0$



$b)\ \alpha = 180^0$

Hình 7. Sự thay đổi $\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2$

4. KẾT LUẬN

Vật nâng chuyển trên cần trục tháp thường có khối lượng hàng nghìn kg, trong khi đó diện tích bề mặt cản gió không quá lớn. Kết quả chỉ ra rằng tốc độ gió quy định trong [7] không ảnh hưởng nhiều đến sự ổn định của vật trong chuyển động lắc lư của nó. Minh

chứng rõ nhất cho khẳng định đó là trong quá trình nâng, vật được nâng chính tâm và các hợp lực theo phương ngang tác động lên vật chỉ là áp lực gió, từ kết quả ta thấy θ_2, θ_1 cũng như $\dot{\theta}_2$, $\dot{\theta}_1$ là rất nhỏ.

Với một chế độ vận hành theo quy luật chọn trước, cùng với quy luật thay đổi vận tốc gió thì sự ổn định của vật không thay đổi nhiều với các hướng gió khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Thúc Tráng. Nghiên cứu động lực học cần cẩu tháp dạng cần nằm ngang khi phối hợp các quá trình nâng vật, thay đổi tầm với và quay cần. Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, 179 (10), tr. 319- 326, 2016.

[2] Leung, W. T. and Tam, C. M. Models for Assessing Hoisting Times of Tower Cranes. Journal of construction engineering and management. 125(6), pp. 385-391, 1999.

[3] Tam, C. M., Tong, K. L. and Chan, K.W. Genetic Algorithm for Optimizing Supply location around tower crane. Journal of construction engineering and management, 127(4), pp. 315-321, 2001.

[4] Shih-Chung Jessy Kang, Eduardo Miranda. Numerical Methods to Simulate and Visualize Detailed Crean Activities. Article in computer- Aided Civil and Infrastructure Engineering, April 2009, pp. 179, 2009.

[5] Prof.dr. Doçi Ilir, Prof.ass. Lajqi Shpetim. Rotational Motion of Tower crean - Dynamic Analysis and regulation Using Schematic Modeling. Intrernational Scientific Journal “Mathematical Modeling”, 2019.

[6] Nguyễn Đăng Điệm. Cần trục tháp xây dựng. NXB. Xây dựng, tr. 108 & 278, 2014.

[7] QCVN 7:2012. Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về An toàn lao động đối với thiết bị nâng. Internet: https://vienchatluong.vn>quy-chuan (truy cập: tháng 4/2025).