ẢNH HƯỞNG CỦA LỰC CẢN ĐẾN DAO ĐỘNG CỦA KẾT CẤU THÉP CẦN TRỤC THÁP KHI NÂNG HÀNG TỪ MẶT NỀN

EFFECTS OF RESISTANCE ON THE STEEL STRUCTURE OF TOWER CRANES WHEN LIFTING GOODS FROM THE FLOOR

ThS. **Nguyễn Thị Xuân Hương**, ThS. **Vũ Văn Tập**
Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT

Cần trục tháp là một loại máy nâng chuyển được sử dụng rất phổ biến trong các lĩnh vực xây dựng và đóng tàu. Khi làm hàng, kết cấu thép của cần trục tháp luôn có các dao động không mong muốn. Với xu hướng thiết kế giảm khối lượng, các dao động đó bị chậm tắt làm giảm độ bền mỏi của kết cấu, làm cản trở các hoạt động khai thác của cần trục như ảnh hưởng đến quá trình làm việc theo quy chuẩn của cần trục, ảnh hưởng đến các hoạt động nâng chuyển chính xác trong công việc lắp ráp, ảnh hưởng đến cabin lái, đến sức khỏe người điều khiển. Bài báo này trình bày những nghiên cứu về dao động tự do có cản của kết cấu thép cần trục tháp khi nhấc hàng khỏi mặt nền.

Từ khóa: *Cần trục tháp; Dao động.*

ABSTRACT

Tower crane is a type of material handling machinery used very commonly in the fields of construction and shipbuilding. When loading goods, the steel structure of the tower crane always has unwanted vibrations. With the design trend of reducing weight, those oscillations are slow to turn off, descrease the fatigue strength of the structure, hindering the crane's exploitation activities such as affecting the standard working process of the crane, affecting the correct lifting operations in assembly work, affecting the driver's cabin, and the operator's health. This paper presents studies on hindered free oscillations of tower crane steel structures when lifting goods from the floor.

Keywords: *Tower crane; Oscillation.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để thiết lập phương trình chuyển động mô tả hệ khảo sát, đối với hệ rời rạc như trong hình 1, thuận tiện nhất là dùng phương trình Lagrange loại 2, [1], [2].

Phương trình Lagrange loại 2 được viết có dạng:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_j} = F(t) \text{ (j=1,2,3…)}$$

Trong đó: L=T-Π ; T- Hàm động năng của hệ; Π- Hàm thế năng của hệ, Φ- Hàm hao tán của hệ, F(t)- Lực suy rộng.

$$T = \frac{1}{2}.\sum_{i,k=1}^{n} a_{i,k}.\dot{q}_i.\dot{q}_k$$

$$\Pi = \frac{1}{2}.\sum_{i,k=1}^{n} C_{ik}.q_i.q_k.$$

$$\Phi = \frac{1}{2}.\sum_{i,k=1}^{n} .b_{i,k}.\dot{q}_i.\dot{q}_k$$

Sự tắt dao động đàn hồi của kết cấu xảy ra theo quy luật hàm số mũ. Cơ năng của hệ bị hao tán do ma sát, một phần cơ năng chuyển sang nhiệt năng, chuyển động của hệ khi đó bị tắt dần. Hàm hao tán của hệ tỷ lệ với vận tốc của các chất điểm thuộc hệ, [3].

2. XÁC ĐỊNH HỆ SỐ p ĐỂ HỆ THỰC HIỆN DAO ĐỘNG TẮT DẦN [4], [5].

Xét hệ như hình 1, hàm hao tán có dạng:

$\Phi = \frac{1}{2}b.\dot{q}^2$ với b là hệ số cản b > 0 và lực cản suy rộng sẽ là: $Q_c = -\frac{\partial\Phi}{\partial\dot{q}} = -b.\dot{q}$

Áp dụng phương trình Lagrange 2:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial\dot{q}_j}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = -\frac{\partial\pi}{\partial q} + Q_c$$

Ta được: my" + by'+ c.y=0 (1). Đặt:

$2.\varepsilon = \frac{b}{m} > 0; p^2 = \frac{c}{m} \geq 0$

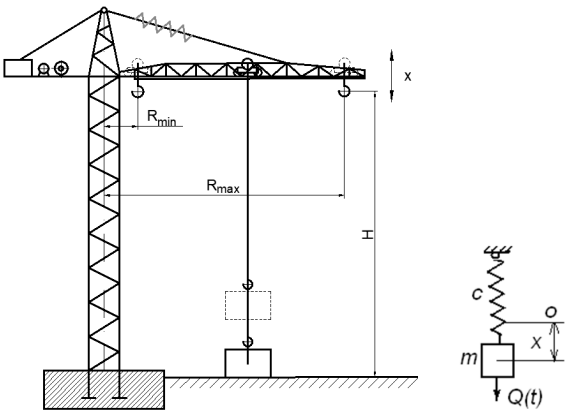
Phương trình (1) viết lại là: y'+2.ε.y'+ p^2.y=0 (2). Đây là phương trình vi phân của dao động tự do khi kể đến lực cản tỷ lệ với vận tốc của các chất điểm thuộc hệ.

Phương trình đặc trưng:

$r^2 + 2.\varepsilon.r + p^2 = 0$ có nghiệm:

$$r = -\varepsilon \pm \sqrt{\varepsilon^2 - p^2}$$

Với lực cản nhỏ, ε < p, hệ sẽ thực hiện dao động tắt dần. Khi đó, $r_{1,2}$ là những số phức liên hợp. Nghiệm tổng quát của phương trình vi phân (1) có dạng: $y = e^{-\varepsilon.t}.(C_1.\cos\omega.t + C_2.\sin\omega.t)$ (3). Trong đó, $\omega = \sqrt{p^2 - \varepsilon^2}$. Các hằng số C_1; C_2 được xác định từ điều kiện đầu: Khi t = 0 → y = y_0; $\dot{y} = \dot{y}_0$ ta được: $C_1 = y_0; C_2 = \frac{\dot{y}_0 + \varepsilon.y_0}{\omega}$



H.a *H.b*

Hình 1. Sơ đồ thực cần trục tháp (H.a) và sơ đồ tính hệ một khối lượng (H.b)

Đặt $C_1 = A.\sin\beta; C_2 = A.\cos\beta \rightarrow$

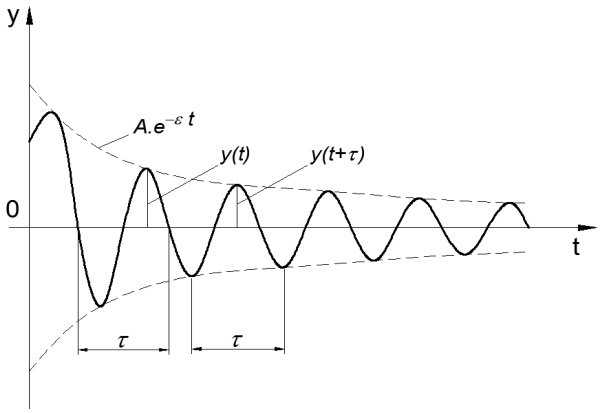
$A = \sqrt{C_1 + C_2}$; $tg\beta = \frac{C_1}{C_2}$;

Biểu thức (3) có thể viết dưới dạng:

$y = A.e^{-\varepsilon.t}.\sin(\omega.t + \beta)$(4). Trong đó: ω: Tần số dao động tự do có cản: $\omega = \sqrt{p^2 - \varepsilon^2}$. A, β là những hằng số tích phân được xác định từ điều kiện đầu.

Nghiệm (4) biểu diễn dao động tắt dần (Hình 2). Thừa số $e^{-\varepsilon t}$ sẽ giảm dần theo thời gian và những độ lệch liên tiếp của hệ khỏi vị trí cân bằng cũng giảm. Độ lệch $A.e^{-\varepsilon t}$ giảm theo quy luật hàm số mũ và tiệm cận tới 0. ☞

Biên độ dao động ban đầu y_{max} – đặc trưng cho độ cứng động của kết cấu thép trong khoảng thời gian t được xác định: $y = y_{max}.e^{-\varepsilon.t}$. Chu kỳ τ_1 của dao động tắt dần được xác định theo công thức: $\tau_1 = \frac{2.\pi}{\omega}$.



Hình 2. Biểu đồ suy giảm dao động

Hay: $\tau_1 = \frac{2.\pi}{\omega} = \frac{2.\pi}{p.\sqrt{1-\frac{\varepsilon^2}{p^2}}} = \frac{\tau}{\sqrt{1-\frac{\varepsilon^2}{p^2}}}$ với:

τ- Chu kỳ dao động tự do khi không có cản. Nếu ε rất nhỏ so với p thì $\tau_1 \approx \tau$. Khi đó, coi lực cản nhỏ không ảnh hưởng đến dao động của kết cấu.

3. KẾT LUẬN

Độ lệch lớn nhất của hệ khỏi vị trí cân bằng tại thời điểm t nào đó là: $y(t)= A.e^{-\varepsilon t}$. Sau thời gian τ_1, tức là thời điểm $(t+\tau_1)$ độ lệch ấy sẽ là: $y(t+\tau_1)= A.e^{-\varepsilon(t+\tau 1)}$ và $\frac{y_t}{y_{(t+\tau_1)}} = \frac{A.e^{-\varepsilon.t}}{A.e^{-\varepsilon.(t+.\tau_1)}} = e^{\varepsilon.\tau_1}$. Công thức trên cho thấy, tỷ số giữa hai độ lệch lớn nhất kế tiếp về cùng một phía của hệ không đổi và vì $e^{\varepsilon.\tau_1} > 1$ nên độ lệch đó giảm dần theo thời gian.

Trong thực tế, ta thường xác định tỷ số hai biên độ sau "n" chu kỳ: $\frac{y_t}{y_{(t+n.\tau_1)}} = \frac{A.e^{-\varepsilon.t}}{A.e^{-\varepsilon.(t+n\tau_1)}} = e^{\varepsilon.n.\tau_1}$. Thời gian tắt dao động của kết cấu t tương ứng với số chu kỳ n (t=n. τ_1). Thời gian tắt dao động của kết cấu t có thể xác định theo 2 điều kiện: Khi biên độ giảm còn 5% giá trị ban đầu tức $\frac{y}{y_{max}} = \frac{1}{20}$ thì $t = \frac{\tau_1}{\gamma} ln\, 20 \approx 3.\frac{\tau_1}{\gamma}$.

Và khi biên độ giảm đến giá trị quy định trước nào đó: $t = \frac{\tau_1}{\gamma} ln \frac{y_{max}}{y_{min}}$

Với $\gamma = ln\frac{y_t}{y_{(t+\tau_1)}} = ln\, e^{\varepsilon.\tau_1} = \varepsilon.\tau_1 = \frac{1}{n} ln \frac{y_{(t)}}{y_{(t+n.\tau_1)}} = \frac{\tau_1}{t} ln \frac{y_{(t)}}{y_{(t+n.\tau_1)}}$ là độ tắt loga.

Kết quả tính toán hệ số p và các tính toán khác ở trên có thể áp dụng cho hầu hết các loại cần trục trong việc xét ảnh hưởng của lực động khi nâng hàng tới kết cấu thép.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT21-22.40.❖

Ngày nhận bài: **08/4/2022**
Ngày phản biện: **16/4/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. GS,TS. Nguyễn Văn Khang (1998); *Dao động kỹ thuật,* NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
[2]. GS,TSKH. Đỗ Sanh (2004); *Động lực học máy,* NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
[3]. GS,TSKH. Đỗ Sanh (2005); *Cơ học tập 2 - Động lực học,* NXB. Giáo dục.
[4]. TS. Trần Văn Chiến (2005); *Động lực học máy trục,* NXB. Hải Phòng.
[5]. TS. Trần Văn Chiến (2005); *Kết cấu thép máy nâng chuyển,* NXB. Hải Phòng.