

# KHẢO SÁT TẢI TRỌNG CỦA CẦN TRỤC THÁP LEO SÀN TÁC ĐỘNG LÊN CÔNG TRÌNH

Trương Quốc Thành<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Mạnh<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Cần trục tháp leo sàn khi đứng trên công trình chịu các thành phần tải trọng phức tạp bao gồm các tải trọng thường xuyên, tải trọng làm việc thay đổi và tải trọng ngẫu nhiên. Việc tính toán tải trọng tác dụng từ cần trục lên công trình được xác định theo các trường hợp tải trọng được quy định theo TCVN 4244-2005. Khảo sát sự thay đổi của tải trọng từ cần trục tác dụng lên công trình theo khoảng cách giữa các gối tựa tháp trên công trình cũng như theo sự thay đổi chiều dài thân tháp được trình bày dưới dạng đồ thị sẽ đem lại tiện ích cho người sử dụng trong việc lựa chọn và bố trí cần trục trên công trình. Bài toán được thực hiện trên một cần trục cụ thể.

**Summary:** Climbing tower crane is subjected to complicated loads including dead, varying and arbitrary loads. The calculation of these loads acting on buildings follows the load combinations specified in TCVN 4244-2005. Investigation of the variation of loads transferred from the crane to building depending on spans between supports of the crane on the building and variations in the length of the crane tower is explained by diagrams, which is convenient in choosing and setting up the crane on building. This issue is conducted by using a particular crane.

Nhận ngày 12/11/2011, chỉnh sửa ngày 27/02/2012, chấp nhận đăng ngày 28/02/2012

## 1. Đặt vấn đề

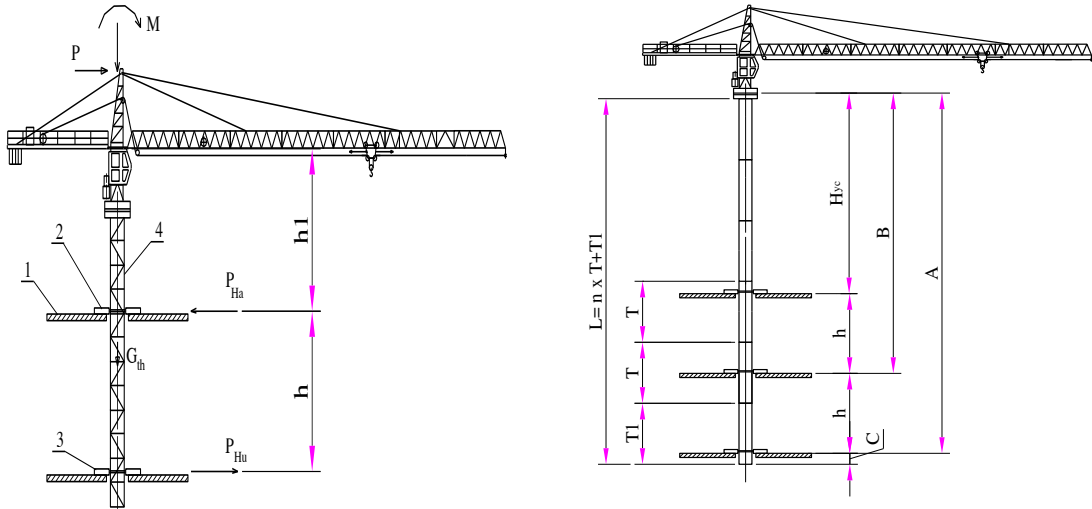
Nhà nhiều tầng có độ cao lớn còn gọi là nhà siêu cao tầng là các công trình chung cư, khách sạn, trụ sở làm việc có độ cao khoảng 120-150m trở lên với 30-80 tầng nhà. Để phục vụ thi công các công trình này bắt buộc phải sử dụng cần trục tháp tự nâng nằm trên công trình hay còn gọi là cần trục tháp leo sàn.

Cần trục tháp leo sàn khi làm việc được tựa trên công trình 1 thông qua hai khung đỡ tháp 2 và 3 cách nhau một khoảng là  $h$  (hình 1a). Ở trạng thái làm việc, toàn bộ trọng lượng cần trục được truyền qua khung đỡ dưới. Các thành phần tải trọng nằm ngang và mômen xoắn, mômen uốn từ cần trục truyền đến sẽ được cả hai khung đỡ tiếp nhận và truyền xuống công trình. Khác với cần trục tháp tự nâng nằm ngoài công trình, trong suốt quá trình làm nhiệm vụ của mình, chiều dài tháp cần trục là không đổi và thường nằm trong khoảng 25-45m [5]. Tuy nhiên, toàn bộ cần trục có khả năng trượt lên từ tầng thấp lên tầng cao theo sự phát triển chiều cao của công trình và nhờ vậy nó tăng được chiều cao nâng, đáp ứng được yêu cầu vận chuyển nguyên vật liệu phục vụ thi công toàn bộ công trình.

<sup>1</sup>PGS.TS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: quocthanh278@yahoo.com

<sup>2</sup>KS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG



a) Sơ đồ cần trục ở trạng thái làm việc

b) Sơ đồ cần trục ở trạng thái vượt lên cao

**Hình 1.** Sơ đồ bố trí cần trục tháp leo sàn: 1. Kết cấu chịu lực công trình (thường là dầm sàn); 2,3 Khung đỡ cần trục; 4. Cần trục tháp đầu quay loại tự nâng có chiều dài thân tháp không đổi

Khung đỡ tháp là một bộ phận quan trọng của cần trục tháp leo sàn và cũng là điểm khác biệt giữa cần trục tháp leo sàn so với cần trục khác. Nhiệm vụ của hệ khung đỡ là đảm bảo cho cần trục luôn được đứng thẳng và ổn định trong trạng thái làm việc cũng như trạng thái trượt cần trục lên cao. Hệ khung đỡ cần có cấu tạo đảm bảo được các yêu cầu sau:

- Tiếp nhận toàn bộ tải trọng thẳng đứng, tải trọng nằm ngang, mômen uốn và mômen xoắn từ cần trục truyền xuống qua thân tháp và truyền xuống kết cấu công trình;
- Dẫn hướng cho tháp và cho phép thân tháp trượt lên một cách nhẹ nhàng, đồng thời đảm bảo ổn định cho toàn bộ cần trục trong cả hai trường hợp làm việc và trượt;
- Kết cấu gọn nhỏ, dễ tháo lắp vì khi trượt cần trục lên trên, các khung đỡ này cũng phải di chuyển lên cao và thường được vận chuyển thủ công trong điều kiện không gian chật hẹp.

Hệ thống khung đỡ bao gồm 3 chiếc. Hai khung đỡ luôn ở vị trí làm việc đảm bảo cho tháp ổn định. Khung đỡ thứ ba được sử dụng như là khung đỡ trung gian và chỉ được sử dụng khi trượt cần trục lên (hình 1b). Để trượt cần trục lên cao hiện nay thường sử dụng xi lanh thủy lực bố trí tại sàn đặt khung đỡ dưới.

Khi lựa chọn cần trục bố trí trên công trình, ngoài các yêu cầu về các thông số làm việc phải đáp ứng được các đòi hỏi của công tác xây lắp như sức nâng, tầm với, chiều cao nâng như các cần trục tháp khác thì đối với cần trục tháp leo sàn phải biết được tải trọng từ cần trục tác dụng lên công trình thông qua các khung đỡ tháp. Các giá trị tải trọng này phải nhỏ trong điều kiện có thể và không vượt quá khả năng chịu lực của kết cấu công trình. Ngoài ra, các thành phần tải trọng này sẽ là thông số đầu vào phục vụ tính toán thiết kế khung đỡ tháp, kiểm tra bền kết cấu tháp cần trục và tính toán cơ cấu nâng đẩy tháp.

Trong bài này tác giả trình bày bài toán xác định các thành phần tải trọng từ cần trục tác dụng lên khung đỡ tháp ứng với các tổ hợp tải trọng khác nhau theo TCVN 4244.2005, "Thiết bị nâng - thiết kế, chế tạo và kiểm tra kỹ thuật". Bài toán được thực hiện trên một cần trục tháp cụ thể.

## 2. Tải trọng và tổ hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu cần trục

Cho đến nay ở Việt Nam vẫn chưa có tiêu chuẩn riêng phục vụ cho tính toán thiết kế cần trục tháp. Chỉ có TCVN 4244-2005 “Thiết bị nâng - thiết kế, chế tạo và kiểm định kỹ thuật” là tiêu chuẩn duy nhất hiện nay đang được áp dụng. Tiêu chuẩn này có quy định về tải trọng và các trường hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu và các cơ cấu công tác của thiết bị nâng. Qua thực tế sử dụng cũng như đã có một số công trình nghiên cứu áp dụng tiêu chuẩn này [6] cho thấy nó hoàn toàn có thể áp dụng cho tính toán kết cấu thép cần trục tháp.

### 2.1 Tải trọng tác dụng lên cần trục ở trạng thái làm việc bao gồm

- Tải trọng do trọng lượng bản thân: Các thành phần tải trọng này được chia làm hai phần chính tương ứng với phần quay và phần không quay.

+ Phần quay bao gồm: trọng lượng cần, đỉnh tháp cùng các bộ phận trên nó, đối trọng, cần mang đối trọng và các bộ phận đặt trên nó. Các thành phần tải trọng này được đặt tại trọng tâm của chúng. Để tiện cho tính toán, các thành phần tải trọng này được quy về trục quay của máy.

+ Phần không quay: trọng lượng toàn bộ thân tháp cùng thiết bị đặt trên nó  $G_{Th}$ . Tải trọng này có phương trùng với trục quay của máy và cũng là đường trục của thân tháp .

- Tải trọng làm việc: là tải trọng di động gồm trọng lượng xe con và vật nâng  $Q + Q_x$  trong đó tải trọng nâng  $Q$  có giá trị thay đổi theo đường đặc tính tải trọng của cần trục. Trong phạm vi bài toán xác định tải trọng từ cần trục tác dụng lên công trình thì phần kết cấu đầu quay như đỉnh tháp, cần, cần mang đối trọng v.v... không có sự thay đổi cả về kết cấu cũng như giá trị tải trọng tác dụng lên nó, vì vậy có thể lấy vị trí của xe con mang tải lớn nhất tương ứng với tầm với lớn nhất cho phép đối với mức tải đó để tính toán .

- Tải trọng quán tính:

+ Tải trọng quán tính do vật nâng gây ra khi phanh trong quá trình hạ vật được xác định theo TCVN 4244-2005.

+ Tải trọng quán tính tiếp tuyến và tải trọng quán tính li tâm tác dụng lên các khối lượng tham gia chuyển động quay trong thời kỳ mở máy cơ cấu quay.

+ Tải trọng quán tính khi mở máy và phanh cơ cấu di chuyển xe con tác dụng lên khối lượng vật nâng và xe con.

- Tải trọng gió tác dụng lên vật nâng, xe con, các bộ phận thiết bị và kết cấu thép cần trục được tính với áp lực gió tương ứng với các trường hợp tải trọng khác nhau. Áp lực gió ở trạng thái làm việc được lấy là  $q_{gII} = 250 \text{ N/m}^2$  ứng với mọi độ cao.

### 2.2 Tải trọng tác dụng lên cần trục ở trạng thái không làm việc bao gồm

- Tải trọng do trọng lượng bản thân: Các thành phần tải trọng này được lấy giống như trường hợp cần trục làm việc. Có thêm tải trọng do trọng lượng xe con đặt ở vị trí trên dàn cần tương ứng với tầm với nhỏ nhất.

- Tải trọng gió được kể đến bao gồm gió tác dụng lên tháp, đối trọng, các cơ cấu công tác, cabin. Gió thổi trong mặt phẳng chứa cần và có hướng từ trước ra sau sẽ nguy hiểm hơn so với thổi từ sau ra trước. Cần chú ý ở trạng thái gió bão, phanh cơ cấu quay được nói lỏng để phần quay có thể quay tự do theo chiều gió. Áp lực gió trong trường hợp này được lấy là  $q_{gIII} = 1300 \text{ N/m}^2$  ứng với phần kết cấu chắn gió có độ cao lớn hơn 100m (tốc độ gió 46m/s) và  $q_{gIII} = 1100 \text{ N/m}^2$  ứng với độ cao nhỏ hơn 100m (tốc độ gió 42m/s) [4].

### 2.3 Tải trọng tác dụng lên cần trục ở trạng thái trượt lên cao

- Tải trọng do trọng lượng bản thân: Các thành phần tải trọng này được lấy giống như trường hợp cần trục làm việc. Có thêm tải trọng do trọng lượng xe con và đốt tháp được treo trên móc đặt ở vị trí trên dàn cần tương ứng với tầm với đảm bảo cân bằng cho hệ cần trục khi kích nâng. Tuy nhiên trong trường hợp xấu nhất có thể xảy ra khi kích nâng tháp không có đốt tháp cân bằng này, vì vậy có thể bỏ qua thành phần này (thiên về an toàn).

- Tải trọng gió được kể đến bao gồm gió tác dụng lên tháp, đối trọng, các cơ cấu công tác, cabin. Gió thổi theo cả hai phương song song với cần từ sau ra trước và vuông góc với cần. Cần chú ý khi trượt tháp, gió không được vượt quá cấp 5 [3]. Áp lực gió trong trường hợp này được lấy theo gió cấp 5 là  $q_{GC5} = 55 \text{ N/m}^2$  ứng với mọi độ cao của kết cấu.

### 2.4 Các trường hợp tải trọng và tổ hợp tải trọng

Theo TCVN 4244-2005 có 3 trường hợp tải trọng khi tính toán kết cấu cần trục tháp:

- Trường hợp tải trọng I: Cần trục làm việc không có gió. Tổ hợp tải trọng tác dụng lên hệ bao gồm (Tổ hợp I): trọng lượng bản thân, tải trọng nâng có kể đến hệ số động  $\psi$ , tải trọng quán tính phát sinh do cơ cấu quay và cơ cấu thay đổi tầm với làm việc. Tất cả các tải trọng trên được nhân thêm với hệ số khuếch đại  $\gamma_c = 1,05 - 1,08$  ứng với cần trục làm việc ở nhóm chế độ A3 và A4.

- Trường hợp tải trọng II: Cần trục làm việc có gió trong giới hạn cho phép. Có hai tổ hợp tải trọng:

+ Tổ hợp II.1: Tải trọng tác dụng lên hệ gồm: Các thành phần tải trọng như trường hợp I, bổ sung thêm tải trọng gió ở trạng thái làm việc trong mặt phẳng chứa cần và thổi theo hướng từ sau ra trước.

+ Tổ hợp II.2: Tải trọng tác dụng lên hệ bao gồm: Các thành phần tải trọng như trường hợp I, bổ sung thêm tải trọng gió ở trạng thái làm việc thổi vuông góc với mặt phẳng chứa cần.

- Trường hợp tải trọng III: Cần trục chịu các tải trọng bất thường. Có bốn tổ hợp tải trọng ứng với trường hợp này:

+ Tổ hợp III.1: Cần trục không làm việc chịu tác động của tải trọng gió mạnh nhất. Tải trọng tác dụng lên hệ bao gồm: Các thành phần tải trọng do trọng lượng bản thân và tải trọng gió ở trạng thái không làm việc trong mặt phẳng chứa cần và thổi theo hướng từ trước ra sau.

+ Tổ hợp III.2: Cần trục dưới tác dụng của tải trọng thử. Tải trọng tác dụng lên hệ bao gồm: Các thành phần tải trọng do trọng lượng bản thân và tải trọng thử tĩnh hoặc động cần trục. Khi thử động mức tải tăng lên 1,1, được nhân thêm hệ số động lực  $\psi$  sẽ lớn hơn hệ số vượt tải khi thử tải tĩnh là 1,25. Vì vậy, trường hợp tải trọng nâng khi thử tải sẽ lấy giá trị ứng với thử tải động.

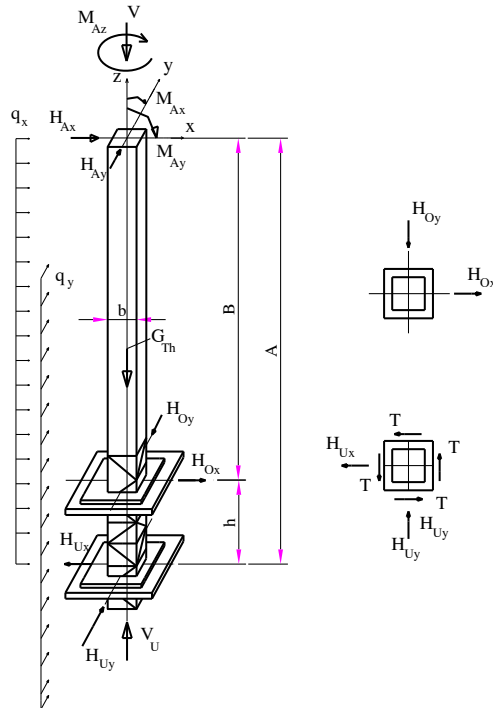
+ Tổ hợp III.3: cần trục trong trạng thái trượt lên cao, chịu tác động của trọng lượng bản thân, lực cản trượt và lực đẩy của hệ kích nâng, tải trọng gió ứng với gió cấp 5 thổi theo hướng vuông góc với dàn cần.

+ Tổ hợp III.4: cần trục trong trạng thái trượt lên cao, chịu tác động của trọng lượng bản thân, lực cản trượt và lực đẩy của hệ kích nâng, tải trọng gió ứng với gió cấp 5 thổi theo hướng song song với cần từ sau ra trước.

- Để tiện trong tính toán, các thành phần tải trọng thẳng đứng, tải trọng nằm ngang và mômen tác dụng lên phần quay cần trục được rời về đỉnh tháp có vị trí tại tâm của thiết bị tựa quay. Khi này trong sơ đồ tính chỉ còn các thành phần ngoại lực tác dụng lên đỉnh tháp bao gồm: Mômen uốn theo hai phương  $M_{Ax}$ ,  $M_{Ay}$ , lực ngang theo hai phương  $H_{Ax}$ ,  $H_{Ay}$ , lực theo phương đứng tác dụng trùng với tâm tháp  $V$  và mômen xoắn tháp  $M_z$ .

### 3. Sơ đồ tính và phân tích lực tác dụng lên khung đỡ tháp

Để xác định tải trọng tác dụng lên khung đỡ tháp trên và dưới ở các trạng thái làm việc, không làm việc và trạng thái trượt tháp lên cao, sử dụng sơ đồ hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tải trọng tác dụng lên cần trục

- Các thành phần tải trọng tác dụng lên hệ bao gồm:
    - + Tải trọng thẳng đứng  $V$  tác dụng từ phần quay lên đỉnh tháp.
    - + Tải trọng nằm ngang  $H_A$  tác dụng từ phần quay lên đỉnh tháp theo hai phương  $ox$  và phương  $oy$ .
    - + Mômen tác dụng từ phần quay lên đỉnh tháp theo 3 phương  $M_{Ax}$ ,  $M_{Ay}$ ,  $M_{Az}$ ;
    - + Tải trọng gió coi phân bố đều lên thân tháp đoạn từ đỉnh tháp đến khung đỡ phía dưới. Khi gió thổi theo phương  $ox$  thì giá trị lực gió  $q_y = 0$ , còn gió thổi theo phương  $oy$  thì giá trị  $q_x = 0$ . Ở đây  $q$  gọi là lực gió trung bình phân bố trên một mét chiều dài tháp.
    - + Trọng lượng toàn bộ thân tháp (phần không quay)  $G_{Th}$ .
- Các thành phần tải trọng này được xác định tùy theo trạng thái làm việc của cần trục và được tính theo các trường hợp tải trọng khác nhau.
- Các thành phần tải trọng tác dụng lên khung đỡ trên được xác định như sau:
    - + Tổng ngoại tải  $H_x$ ,  $H_y$  do các thành phần lực ngang theo trục  $x$  và trục  $y$  gây ra:

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

$$\begin{aligned} H_x &= H_{Ax} + q_x \cdot \frac{h}{2} + q_x \cdot (A-h) = H_{Ax} + q_x \cdot \frac{h}{2} + q_x \cdot B \\ H_y &= H_{Ay} + q_y \cdot \frac{h}{2} + q_y \cdot (A-h) = H_{Ay} + q_y \cdot \frac{h}{2} + q_y \cdot B \end{aligned} \quad (1)$$

+ Mômen ngoại lực gây ra đối với điểm đặt khung đỡ 1 là  $M_x$ ,

$$\begin{aligned} M_x &= M_{Ax} + H_{Ax} \cdot (A-h) + q_x \cdot \frac{(A-h)^2}{2} = M_{Ax} + H_{Ax} \cdot B + q_x \cdot \frac{B^2}{2} \\ M_y &= M_{Ay} + H_{Ay} \cdot (A-h) + q_y \cdot \frac{(A-h)^2}{2} = M_{Ay} + H_{Ay} \cdot B + q_y \cdot \frac{B^2}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

Để đảm bảo an toàn, trong tính toán, thành phần mômen do lực gió  $q_x$ ,  $q_y$  tác dụng lên đoạn tháp giữa hai khung đỡ không được kể đến do nó có chiều làm giảm giá trị mômen (do gió tác dụng một cách ngẫu nhiên).

- Phản lực tại các khung đỡ tác dụng lên tháp:

Để đảm bảo an toàn, coi khung đỡ phía trên chịu toàn bộ thành phần tải trọng ngang và mômen xoắn  $M_z$  gây ra, còn khung đỡ phía dưới chỉ chịu thành phần lực do mômen uốn  $M_x$ ,  $M_y$  gây ra. Ngoài ra, khung đỡ dưới chịu toàn bộ tải trọng thẳng đứng từ cần trục truyền tới (giả thiết này đạt được nhờ chọn giải pháp kết cấu khung đỡ tháp).

+ Với khung đỡ trên:

$$H_{Ox} = \frac{M_x}{h} + H_x; H_{Oy} = \frac{M_y}{h} + H_y; T = \frac{M_z}{2b} \quad (3)$$

+ Với khung đỡ dưới: Cũng giống như trên, để đảm bảo an toàn, thành phần lực ngang do gió tác dụng lên khung đỡ dưới không được kể đến do có chiều ngược lại với thành phần ngẫu lực do mômen gây ra.

$$H_{Ux} = \frac{M_x}{h}; H_{Uy} = \frac{M_y}{h}; V_U = V + G_m \quad (4)$$

- Từ (1), (2), (3), (4) với chú ý ( $A=B+h$ ), rút ra lực tác dụng lên khung đỡ tháp phụ thuộc vào khoảng cách  $h$ :

$$H_{Ox} = \frac{M_{Ax} + H_{Ax} \cdot A + A^2 \cdot \frac{q_x}{2}}{h}; H_{Oy} = \frac{M_{Ay} + H_{Ay} \cdot A + A^2 \cdot \frac{q_y}{2}}{h} \quad (5)$$

$$H_{Ux} = \frac{M_{Ax} + H_{Ax} \cdot A + A^2 \cdot \frac{q_x}{2}}{h} - H_{Ax} - A \cdot q_x + q_x \cdot \frac{h}{2};$$

$$H_{Uy} = \frac{M_{Ay} + H_{Ay} \cdot A + A^2 \cdot \frac{q_y}{2}}{h} - H_{Ay} - A \cdot q_y + q_y \cdot \frac{h}{2} \quad (6)$$

- Từ (5) và (6) cho thấy thành phần lực ngang tác dụng lên khung đỡ trên sẽ lớn hơn khung đỡ dưới, mặt khác khoảng cách giữa hai khung đỡ thấp ảnh hưởng lớn tới lực tác dụng lên các khung đỡ thấp, và từ đó ảnh hưởng đến các bộ phận làm việc của cần trục:

+ Khi khoảng cách này quá nhỏ dẫn đến giá trị thành phần lực ngang tác dụng lên khung đỡ thấp lớn. Để đảm bảo khả năng chịu lực, kết cấu khung đỡ cũng như liên kết giữa khung đỡ với kết cấu sàn công trình bắt buộc phải to lên để đủ bền. Khi khoảng cách này quá lớn sẽ dẫn tới giá trị các thành phần lực ngang nhỏ. Điều này cho phép giảm nhỏ kết cấu khung đỡ. Tuy nhiên nếu khoảng cách này lớn sẽ dẫn tới chiều dài thân tháp tăng lên, làm tăng trọng lượng chung cần trục.

+ Ngoài ảnh hưởng đến kết cấu khung đỡ thì khi các thành phần phản lực ngang từ khung đỡ tác dụng lên tháp lớn dẫn tới các thanh biên và các thanh giằng tháp, nơi tiếp xúc với các mặt tỳ của khung đỡ có thể không đủ bền do phải chịu lực tập trung quá lớn.

+ Giá trị lực ngang khung đỡ lớn sẽ tăng lực ma sát giữa thân tháp với mặt tỳ của khung đỡ trong quá trình trượt tháp đi lên, ảnh hưởng đến khả năng nâng của kích thủy lực.

- Theo công thức (5) và (6) thì lực tác dụng lên khung đỡ thấp cũng tăng khi chiều dài phần tháp đứng tự do B tăng lên. Chiều dài phần tháp này trong thực tế phải đảm bảo cần trục có đủ độ cao nâng tính từ mặt sàn trên cùng nơi đặt khung đỡ thứ hai tới tâm móc cẩu ở vị trí cao nhất, đồng thời phải đủ khoảng cách để đặt khung đỡ thứ 3 sau khi thi công xong các sàn phía trên và bắt đầu tiến hành trượt tháp. Theo [3], [5] thì cứ thi công xong 2 đến 4 tầng thì người ta lại tiến hành trượt tháp lên phía trên một lần và chiều dài phần tháp đứng tự do nằm trong khoảng 15-30m với cần trục cỡ trung bình và 25-45m ở cần trục loại nặng.

- Qua các nhận xét trên có thể thấy, ứng với chiều dài nhỏ nhất của đoạn tháp đứng tự do  $B_{min}$  sẽ có một khoảng cách tối thiểu  $h_{min}$  giữa hai khung đỡ thấp mà ứng với nó các thành phần lực ngang tác dụng lên khung đỡ trên và dưới sẽ là lớn nhất và nằm trong giới hạn đảm bảo các điều kiện làm việc bình thường của cần trục. Cụ thể là kết cấu khung đỡ và liên kết khung đỡ với công trình không bị phá hủy, thân tháp không bị phá hủy về bền, biến dạng không vượt quá giới hạn và quá trình trượt tháp diễn ra bình thường, nghĩa là lực cản trượt tháp không vượt quá khả năng của xi lanh thủy lực.

- Các thành phần lực ngang ứng với khoảng cách tối thiểu  $h_{min}$  khi chiều dài đoạn tháp tự do là  $B_{min}$  được gọi là lực giới hạn  $max H_{Ox}$ ;  $max H_{Oy}$ ;  $max H_{Ux}$ ;  $max H_{Uy}$

Có thể thấy khi tăng chiều dài đoạn tháp đứng tự do B, để đảm bảo điều kiện các thành phần lực ngang tác dụng lên khung đỡ thấp không vượt quá lực giới hạn thì bắt buộc phải tăng khoảng cách giữa các khung đỡ  $h_{min}$ . Từ điều kiện:

$$H_{Ox} \leq \max H_{Ox} \quad (7)$$

có thể xác định được giá trị  $h_{min}$  cho các trường hợp có chiều dài đoạn tháp đứng tự do B khác nhau .

Từ (5), (6) với chú ý  $B = (A - h_{Ox})$  và  $A = (n.T + T1 - C)$ , rút ra :

$$h_{Ox} = \frac{M_{Ax} + H_{Ax} \cdot (nT + T1 - C) + (nT + T1 - C)^2 \cdot \frac{q_x}{2}}{\max H_{Ox}} \quad (8)$$

tương tự có:

$$h_{Oy} = \frac{M_{Ay} + H_{Ay} \cdot (nT + T1 - C) + (nT + T1 - C)^2 \cdot \frac{q_y}{2}}{\max H_{Oy}} \quad (9)$$

trong đó n là số đốt tháp cơ bản bố trí trên cần trục; T là chiều dài một đốt tháp cơ bản;  $T_1$  là chiều dài đốt tháp dưới cùng; C là khoảng mút thừa bắt buộc của đốt tháp dưới cùng (hình 1b).

Tùy theo trường hợp tải trọng, cũng như giá trị tải trọng ngang giới hạn được chọn khi tính toán khung đỡ tháp cũng như quy định mức tải lớn nhất tác dụng lên công trình ( $\max H_{Ox}$  hay  $\max H_{Oy}$ ) mà giá trị  $h_{min}$  sẽ được chọn một trong hai giá trị được xác định theo (8) và (9).

- Trong thực tế, chiều cao của các tầng nhà trong một công trình có thể khác nhau và chiều cao tầng nhà của từng công trình cũng khác nhau. Vì vậy với một cần trục tháp leo sàn khi làm việc, khoảng cách giữa các khung đỡ tháp cũng phải thay đổi theo độ cao của tầng nhà. Tuy nhiên khoảng cách này không được nhỏ hơn giá trị tối thiểu  $h_{min}$  ứng với mỗi chiều dài đoạn tháp đứng tự do B. Để tiện lợi trong sử dụng khi có sự thay đổi chiều dài đoạn tháp tự do B, đối với mỗi cần trục cần phải chỉ ra được khoảng cách giữa các khung đỡ tháp tối thiểu  $h_{min}$  tương ứng với từng chiều dài đoạn tháp đứng tự do B hoặc tổng chiều dài tháp A.

- Cũng từ (5) và (6) cho thấy giá trị lực ngang tác dụng lên khung đỡ tháp và từ đó truyền xuống nền giảm đi khi khoảng cách giữa các khung đỡ h tăng lên. Đối với mỗi công trình, có thể chọn khoảng cách h phù hợp với khả năng chịu lực của nó. Khi khả năng chịu lực nhỏ, tăng khoảng cách h lên, còn khi khả năng chịu lực lớn, cho phép chọn khoảng cách nhỏ, thậm chí tới giá trị  $h_{min}$ . Cũng tương tự như trên, để tiện cho sử dụng, đối với mỗi cần trục, có thể chỉ ra các giá trị lực tác dụng lên khung đỡ với khoảng cách giữa các khung đỡ là khác nhau.

#### 4. Khảo sát bài toán trên một cần trục cụ thể

- Bài toán xác định tải trọng từ cần trục tác dụng lên công trình được tiến hành trên cần trục tự nâng nằm ngoài công trình VICOX-CTM 80 khi tiến hành cải tạo cần trục này thành cần trục tháp leo sàn [2]. Cần trục có đặc tính kỹ thuật như sau [1]: Sức nâng khi cần dài 50m với số nhánh cáp treo vật  $a=4$ : 6000kg khi tầm với  $R \leq 14,56m$ ; 1320kg ở tầm với  $R=50m$ . Tầm với lớn nhất  $R_{max} = 50m$ ; Chiều cao nâng khi tháp đứng tự do 40,75m; Tốc độ nâng hạ vật khi  $a=4$ : 3,8/15,0/30 m/ph; khi  $a=2$  là 7,6/30/60 m/ph; Tốc độ di chuyển xe con: 25/50 m/ph; Tốc độ quay 0-0,8 v/ph. Tháp cần trục được ghép nối từ nhiều đoạn tháp cơ sở. Kích thước đốt tháp cơ sở : 1,6x1,6m x3,75m. Ở trạng thái đứng tự do cần trục được ghép bởi 10 đốt tháp cơ sở và đạt chiều cao nâng tối đa là 40,75m. Các đốt tháp cơ sở là giống nhau và có khối lượng mỗi đốt  $G_0 = 1480kg$ . Tổng khối lượng phần quay là 35000 kg.

- Tải trọng từ phần quay tác dụng xuống đỉnh tháp bao gồm các thành phần tải trọng ngang  $H_{Ax}, H_{Ay}$ ; lực thẳng đứng V và mômen theo 3 trục  $M_x, M_y, M_z$  được xác định theo sơ đồ lực tác dụng trên hình 3.

+ Lực thẳng đứng :

$$V = G_{da} + G_{TB} + G_{Cd} + G_{dt} + G_C + G_{Xe+Q} \quad (10)$$

+ Lực ngang:

$$H_{Ax} = P_g \cdot h_{dt} + P_{gdt} + P_{lrc} + P_{ltQ} + P_{gQ} + P_{Xe} \quad (11)$$

$$H_{Ay} = P_{gC} \cdot L_C + P_{gCd} + P_g \cdot H_{dt} + P_{TTC} + P_{TTQ} \quad (12)$$

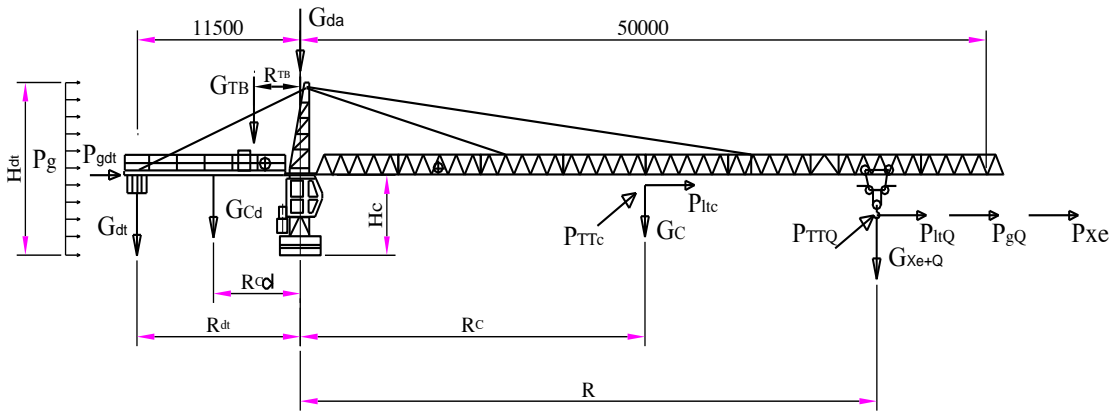


+ Mômen:

$$M_{Ax} = G_C \cdot R_C + G_{X+Q} \cdot R + (P_{ltc} + P_{ltQ} + P_{gQ} + P_{Xe}) \cdot H_C - G_{Cd} \cdot R_{cd} - G_{dt} \cdot R_{dt} - G_{TB} \cdot R_{TB} + P_g \cdot \frac{H_{dt}^2}{2} + P_{gdt} \cdot H_C \quad (13)$$

$$M_{Ay} = P_g \cdot \frac{H_{dt}^2}{2} + (P_{TTC} + P_{TTQ}) \cdot H_C + (P_{gdt} + P_{gc} \cdot L_C + P_{gQ} + P_{gCd}) \cdot H_C \quad (14)$$

$$M_Z = P_{gc} \cdot L_C \cdot R_C + P_{TTC} \cdot R_C + P_{gQ} \cdot R + P_{TTQ} \cdot R \quad (15)$$



Hình 3. Sơ đồ lực tác dụng phần quay cần trục

- Giá trị của chúng được tính toán cho 3 trường hợp tải trọng với 7 tổ hợp tải khác nhau theo TCVN 4244-2005 với chú ý là các thành phần tải trọng gió, quán tính cũng như tải trọng do trọng lượng vật nâng trong các công thức ở trên được kể đến hay không tùy thuộc vào từng trường hợp tải trọng.

- Các thành phần tải trọng từ phần quay tác dụng lên đỉnh tháp thông qua thiết bị tựa quay được tính theo các trường hợp tải trọng phân tích ở mục 2.

**Bảng 1.** Tải trọng tác dụng lên đỉnh tháp cần trục theo các trường hợp tải trọng khác nhau

Thành phần tải trọng	Trường hợp I	Trường hợp II		Trường hợp III			
	TH I	TH II.1	TH II.2	TH III.1	TH III.2	TH III.3	TH III.4
V (N)	466452	466452	466452	350000	439700	350000	350000
$H_{Ax}$ (N)	3841	10025	3841	22428	0	956	0
$H_{Ay}$ (N)	241	241	15959	0	0	0	3495
$M_{Ax}$ (Nm)	1222142	1257026	1222142	50187	1314892	83896	78500
$M_{Ay}$ (Nm)	1306	1306	101062	0	0	0	19914
$M_Z$ (Nm)	4717	4717	278017	0	0	0	25250

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

- Lực tác dụng lên khung đỡ tháp được xác định cho trường hợp nguy hiểm nhất. Khi này tháp có chiều dài A là lớn nhất tương ứng với 10 đoạn tháp, trong đó đoạn tháp dưới cùng được cải tạo từ đoạn tháp cơ bản. Khoảng cách giữa hai khung đỡ là nhỏ nhất  $h_{min} = 6m$ . Khi này chiều dài đoạn tháp đứng tự do là B= 30,25m và tổng chiều dài tháp A=36,25m. Tải trọng gió phân bố tác dụng lên tháp lấy tương tự như gió tác dụng lên đỉnh tháp.

- Từ (5), (6) tính được giá trị các thành phần lực tác dụng lên khung đỡ tháp theo các trường hợp tải trọng khác nhau (bảng 2) với chú ý các thành phần lực gió trong các công thức được lấy theo từng trường hợp tải trọng.

**Bảng 2.** Tải trọng tác dụng lên khung đỡ tháp theo các trường hợp tải trọng khác nhau khi A=36,25m và h=6m

Thành phần tải trọng	Trường hợp I	Trường hợp II		Trường hợp III			
	TH I	TH II.1	TH II.2	TH III.1	TH III.2	TH III.3	TH III.4
$H_{Ox}$ (N)	226896	305552	226891	328602	219149	27643	13083
$H_{Oy}$ (N)	1674	1673	148742	0	0	0	32319
$T_O$ (N)	1474	1474	86880	0	0	0	7891
$H_{Ux}$ (N)	223055	284754	223055	250082	219149	24293	13083
$H_{Uy}$ (N)	1433	1432	122010	0	0	0	26430
$V_U$ (N)	633452	633452	633452	517000	606700	517000	517000

- Nhận xét:

+ Các lực tác dụng lên khung đỡ trên và dưới ở tổ hợp tải trọng II.1 có giá trị phản lực ngang là lớn hơn cả trong các tổ hợp tải trọng ở TH I, TH II.2, vì vậy nó sẽ được dùng để tính toán kết cấu khung đỡ tháp, kiểm tra bền thân tháp và xác định tải trọng tác dụng lên công trình. Trường hợp tải trọng thứ III, đặc biệt TH III.1 có thành phần tải trọng ngang là lớn nhất, tuy nhiên xuất hiện không thường xuyên, vì vậy nó được dùng để kiểm tra bền hệ khung đỡ tháp cũng như tính liên kết giữa khung đỡ với công trình và kiểm tra bền thân tháp.

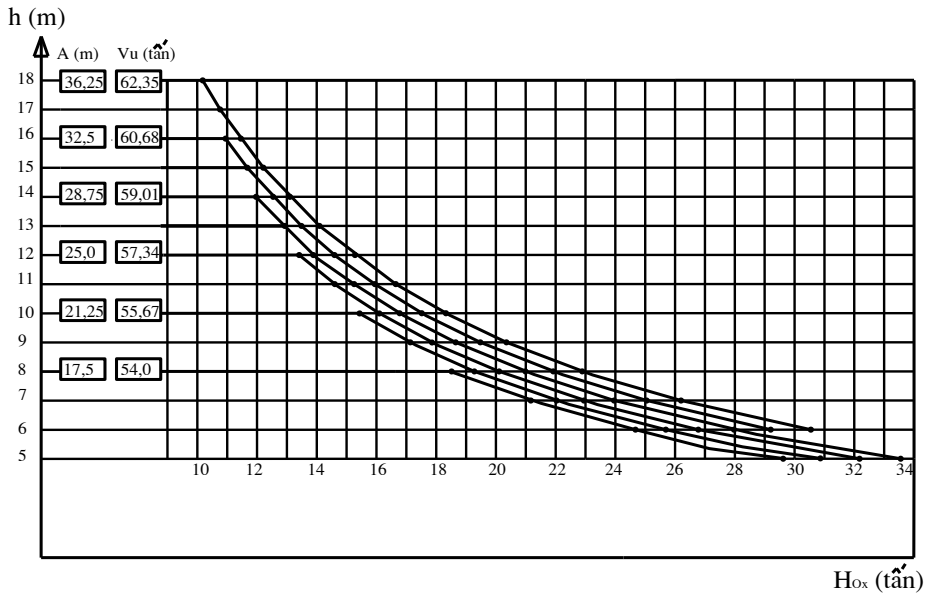
+ Các lực tác dụng lên khung đỡ trên và dưới ở tổ hợp tải trọng III.3 và III.4 có giá trị tương ứng với trạng thái trượt cần trực đi lên dùng để tính kiểm tra khả năng làm việc của hệ thống kích nâng đẩy tháp.

- Xác định lực tác dụng lên khung đỡ khi khoảng cách giữa các khung đỡ thay đổi.

Để đảm bảo khả năng trượt tháp lên thì phần chiều dài đoạn tháp tự do B phải đủ lớn để có thể đặt bộ trung gian thứ ba lên sàn tầng trên cùng, có nghĩa là  $A > 2.h$  (hình 1) hay  $h < \frac{A}{2}$ .

Ngoài ra, khoảng cách giữa các khung đỡ tháp tối thiểu  $h_{min}$  phải đảm bảo sao cho lực tác dụng lên các khung đỡ không quá lớn vượt quá khả năng chịu lực của khung đỡ cũng như của kết cấu công trình.

Cho giá trị khoảng cách giữa các gối đỡ h khác nhau, tiến hành tính toán lực tác dụng lên khung đỡ tháp cho các trường hợp tải trọng II.1 ứng với chiều dài tháp thay đổi. Để tiện cho sử dụng, tiến hành vẽ đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa chiều dài tháp, khoảng cách giữa các khung đỡ và lực ngang tác dụng lên khung đỡ trên  $H_{Ox}$ , lực thẳng đứng tác dụng lên khung đỡ dưới  $V_U$  (hình 4). Người sử dụng có thể chọn chiều dài tháp cũng như khoảng cách h phù hợp với khả năng chịu lực của kết cấu công trình.



**Hình 4.** Đồ thị biểu diễn lực tác dụng lên khung đỡ tháp

- Khoảng cách giữa các gối đỡ  $h_{min}$  được xác định từ công thức (8) cho các trường hợp chiều dài tháp khác nhau để đảm bảo giá trị lực ngang  $H_{Ox}$  tác dụng lên khung đỡ nằm trong giới hạn là 30 tấn được cho trên bảng 3.

**Bảng 3.** Giá trị khoảng cách khung đỡ tháp nhỏ nhất ứng với chiều dài tháp A khác nhau khi lực ngang lớn nhất tác dụng lên khung đỡ là 30 tấn

A (m)	17,5	21,25	25,0	28,75	32,5	36,25
$h_{min}$ (m)	4,94	5,144	5,363	5,597	5,846	6,111

## 5. Kết luận

- Cần trục tháp leo sàn khi đứng trên công trình chịu các thành phần tải trọng phức tạp bao gồm các tải trọng thường xuyên, tải trọng làm việc thay đổi và tải trọng ngẫu nhiên. Việc tính toán tải trọng tác dụng từ cần trục lên công trình được xác định theo các trường hợp tải trọng được quy định theo TCVN 4244-2005.

- Tải trọng cần trục tác dụng lên công trình được xác định là lớn nhất trong các trường hợp tải trọng cơ bản ứng với cần trục làm việc với trạng thái chất tải bất lợi nhất.

- Tải trọng từ cần trục tác dụng lên công trình thay đổi theo chiều dài tháp cần trục cũng như khoảng cách giữa hai điểm tựa của tháp trên kết cấu công trình. Một đồ thị biểu diễn mối tương quan giữa lực tác dụng lên công trình và chiều dài tháp cũng như khoảng cách giữa các gối đỡ được xây dựng cho một cần trục cụ thể sẽ giúp cho người sử dụng lựa chọn để bố trí cần trục trên công trình sao cho có lợi nhất.

## Tài liệu tham khảo

1. Vũ Liêm Chính, “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo cần trục tháp”, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH Bộ xây dựng mã số NDR-12.01.

## *KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG*

2. Trương Quốc Thành, “Nghiên cứu thiết kế cải tạo cần trục tháp thành cần trục tháp leo sàn”, *Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu KH năm 2011*.
3. Nguyễn Xuân Trọng, (2010), *Thi công nhà cao tầng*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
4. TCVN 4244-2005, *Thiết bị nâng - Thiết kế, chế tạo và kiểm tra kỹ thuật*.
5. The Crane Range - Potain - Copyright. Reproduction interdite - Potain1992 - Grupe Legris Industries.
6. Trần Nhất Dũng, Phạm Quang Dũng, Dương Trường Giang, “Xây dựng phần mềm để thiết kế cần trục tháp theo tiêu chuẩn Việt Nam”- *Tạp chí KHKT số13 (12-2009)* - Học Viện Kỹ thuật Quân sự.