

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ TỐI ƯU KẾT CẤU THÉP CẦU TRỤC

RESEARCH OPTIMAL STRUCTURAL DESIGN FOR CRANES

Nguyễn Hồng Tiến<sup>1,\*</sup>, Bùi Huy Kiên<sup>1</sup>, Trần Thị Thu Thủy<sup>1</sup>,  
Nguyễn Thị Thu Hương<sup>1</sup>, Trịnh Đồng Tính<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Trong những năm gần đây vấn đề thiết kế tối ưu kết cấu thép cầu trục có vai trò và ý nghĩa quan trọng, nhằm mục đích xác định kích thước hợp lý của kết cấu trên cơ sở đảm bảo đủ bền với trọng lượng nhỏ nhất, tương ứng với chi phí vật liệu nhỏ nhất, không chỉ cho phép giảm giá thành sản phẩm mà còn ảnh hưởng tốt đến các tính năng của kết cấu cầu trục. Với yêu cầu như vậy, việc tính toán kết cấu theo lý thuyết tối ưu là hết sức cần thiết.

**Từ khóa:** Thiết kế; tối ưu; kết cấu; phương pháp thiết kế; thép cầu trục.

## ABSTRACT

In recent years the problem optimal design of structural steel crane role and significance, aims to determine the appropriate size of the structure on the basis of ensuring adequate strength with minimum weight, corresponds to the minimum cost of materials, not only for reducing production costs but also good impact on the structural features of the crane. With such requirements, the calculation of the theoretical structural optimization is essential.

**Keywords:** Design, optimization, texture, design methods, steel crane.

<sup>1</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

\*Email: tiennhtn@gmail.com

Ngày nhận bài: 12/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 04/04/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2018

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cầu trục là loại máy cầu trục phổ biến nhất, dùng để phục vụ việc cơ giới hóa nâng chuyển vật nặng trong phân xưởng và trong kho. Cầu trục được sử dụng rộng rãi và tiện dụng để nâng hạ vật nặng, hàng hóa trong các phân xưởng cơ khí, nhà kho, bến bãi.

Trong cầu trục phần kết cấu kim loại chiếm 60-80% khối lượng toàn máy. Vì vậy việc chọn vật liệu và phương pháp tính để kết cấu kim loại đảm bảo đủ bền khi làm việc và đạt được chỉ tiêu kinh tế là điều rất quan trọng. Phần kết cấu kim loại thường có hai dạng chính: dạng hộp và dạng dàn, liên kết các bộ phận kết cấu với nhau bằng hàn hoặc bằng đinh tán.

Trong những năm gần đây vấn đề thiết kế tối ưu kết cấu thép cầu trục có vai trò và ý nghĩa quan trọng, nhằm mục đích xác định kích thước hợp lý của kết cấu trên cơ sở đảm bảo đủ bền với trọng lượng nhỏ nhất, tương ứng với chi phí vật liệu nhỏ nhất, không chỉ cho phép giảm giá thành sản phẩm mà còn ảnh hưởng tốt đến các tính năng của kết cấu cầu trục. Với yêu cầu như vậy, việc tính toán kết cấu theo lý thuyết tối ưu là hết sức cần thiết.

## 2. TỔNG QUAN VỀ TỐI ƯU HÓA KẾT CẤU THÉP CẦU TRỤC

### 2.1. Tổng quan về tối ưu hóa

Hiện nay trong thiết kế kết cấu ngoài việc yêu cầu độ bền, độ ổn định, độ cứng chúng ta cần thiết kế sao cho chi phí vật liệu, giá thành và trọng lượng toàn kết cấu là nhỏ nhất... nên việc tính toán tối ưu kết cấu là rất quan trọng.

Thiết kế tối ưu kết cấu thực chất là bài toán xác định đặc điểm hình học hợp lý của kết cấu thỏa mãn một số điều kiện ràng buộc và đảm bảo một số tiêu chuẩn nào đó là lớn nhất hay bé nhất.

### 2.2. Tổng quan kết cấu thép cầu trục

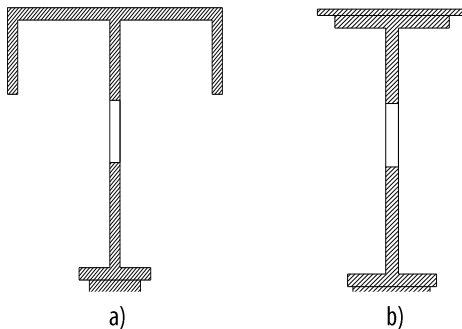
Kết cấu kim loại là phần dàn tựa chịu tải chính của cầu trục mà trên đó ta đặt các cơ cấu để thực hiện những chuyển động theo ý muốn. cấu tạo của kết cấu kim loại cầu trục gồm dầm chính, các dầm đầu và các bộ phận liên qua khác như sàn thao tác, lối đi, lan can...

Dựa vào kết cấu dầm chính, kết cấu kim loại cầu trục được chia làm hai loại: cầu trục một dầm và cầu trục hai dầm.

#### a) Dầm chính của cầu trục một dầm

Dầm chính thường chế tạo từ dầm thép hình chữ I. Kích thước dầm thép chữ I được chọn từ điều kiện đảm bảo độ bền, độ cứng và độ ổn định, được tính toán theo tải trọng nâng, khẩu độ và khả năng di chuyển của palăng theo gờ dưới của dầm. Ngoài ra cần kiểm tra độ cứng vững theo phương ngang của dầm trong điều kiện làm việc cụ thể. Trong trường hợp không đủ bền và không đủ ổn định thì tăng thêm độ cứng cho dầm bằng cách hàn thêm thanh giằng vào cạnh trên của dầm chính. Có thể hàn thêm thanh giằng một bên hoặc cả hai bên cho các loại cầu trục có khẩu độ nhỏ. Chiều dài thanh giằng được chọn theo điều kiện ổn định ngang của dầm chính.

Khi thanh giằng không đảm bảo độ cứng vững do khẩu độ lớn thì dùng dần một bên hoặc cả hai bên. Để tăng khả năng chống uốn cho dần, tăng khả năng tải mà không muốn tăng trọng lượng và kích thước của dần chính thì có thể xử lý dần chính theo phương án như hình 1.



Hình 1. Phương án giảm khối lượng

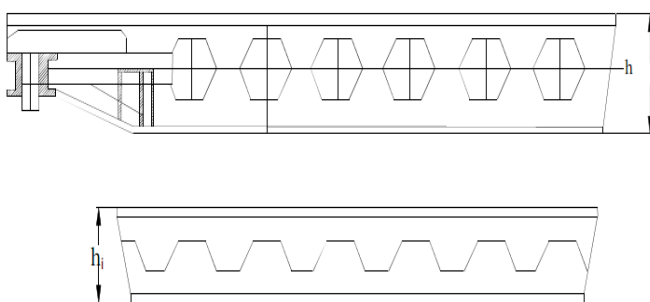
Thông thường cầu trục một dầm sử dụng dầm chính kiểu thép I chỉ dùng cho loại cầu trục có khẩu độ đến 15m, tải trọng nâng đến 10T, có thể dẫn động bằng tay hoặc bằng điện.

Cầu trục một dầm được chia thành hai loại: loại có bánh xe trên dầm đầu di chuyển chạy trên ray và loại chạy trên mặt cạnh dưới của dầm chữ I. Loại thứ hai thường gọi là cầu trục treo. So với loại thứ nhất thì cầu trục treo nhẹ hơn, có thể thiết kế khẩu độ lớn hơn và nâng được vật nặng cả ở trong và bên ngoài đường chạy của ray treo cơ cấu di chuyển cầu và có thể nối các đường ray giữa các phân xưởng với nhau.

#### b) Dầm chính của cầu trục hai dầm

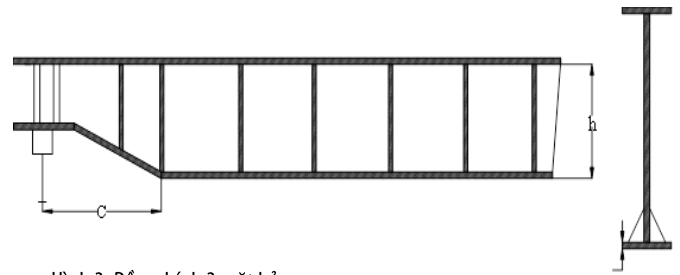
Đơn giản nhất của kết cấu cầu trục hai dầm là dùng hai dầm thép I đặt song song và gối đầu lên hai dầm đầu, trên dầm chữ I có đường ray để xe con di chuyển. Liên kết dầm chính với dầm đầu bằng hàn hoặc bu - lông.

Đối với loại có tải trọng lớn hơn thường sử dụng dầm I nhưng có gia cố mặt sàn công tác và có lan can cả hai phía (hình 2). Để tăng khả năng chịu tải và giảm độ võng có thể sử dụng biện pháp gia công để tăng chiều cao dần



Hình 2. Cấu trúc 2 dầm chính dùng thép chữ I

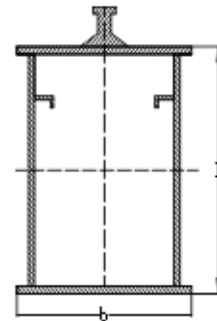
Một dạng thường dùng nữa là dùng thép tấm liền hàn thành 3 mặt hở. Kết cấu cơ bản của loại này bao gồm một tấm đứng dọc, một tấm trên và một tấm dưới và các gân tăng cứng được hàn vuông góc và cách quãng với tấm đứng dọc. Phía trên của tấm trên có đặt ray cho xe con di chuyển (hình 3).



Hình 3. Dầm chính 3 mặt hở

Dạng thường dùng nhất cho dầm chính của cầu trục hai dầm là hộp kín 4 mặt. Mặt cắt ngang của dầm thường có hình chữ nhật. Kích thước cơ bản là chiều cao  $h$  và chiều rộng hộp  $b$ . Để đảm bảo độ bền, cứng vững thường chọn theo [1]:

$$h = \left( \frac{1}{14} \div \frac{1}{18} \right) L \text{ (mm)}$$



Hình 4. Dầm hộp kín 4 mặt

Chiều cao phần đầu dầm và chiều dài phần nghiêng thường chọn:  $h_0 = (0,4 \div 0,6)h$ ;  $c = (0,1 \div 0,2)L$  (mm)

Chống xoắn dầm kích thước  $b$  lấy theo:

$$b = (0,33 \div 0,5)h \text{ (mm)}$$

Chiều dày thành không nhỏ hơn 6mm, tấm trên có đặt ray nên tối thiểu bằng 6mm.

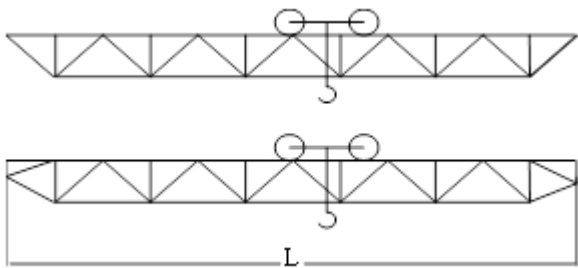
Một kiểu dầm chính thường được sử dụng nữa là kiểu dàn. Kiểu dàn có ưu điểm là trọng lượng nhỏ hơn kiểu dầm hộp nên được dùng cho cầu trục hai dầm có khẩu độ và tải trọng lớn. Dầm kiểu dàn không gian được thể hiện trên hình 4.

Kiểu dầm hộp tuy có nặng hơn nhưng chế tạo đơn giản hơn, độ cứng vững trong mặt phẳng đứng tốt hơn, độ bền chịu tải trọng thay đổi cao hơn dầm kiểu dàn không gian.

#### c) Dầm đầu

Dầm đầu của kết cấu kim loại cầu trục thường được chế tạo bằng thép CT3. Kết cấu có thể theo một trong hai dạng thông dụng: dạng ] [ chế tạo từ thép hình U ghép lưng lại hoặc dầm hộp.

Dạng thứ nhất thường được dùng khi dầm chính được làm từ thép I, còn loại thứ 2 khi dầm chính dạng hộp. Trên các dầm đầu được lắp các cụm bánh xe chủ động và cụm bánh xe bị động của cơ cấu di chuyển cầu. Liên kết giữa dầm chính và dầm đầu được thực hiện bằng mối ghép hàn hoặc mối ghép bulông.



Hình 5. Dầm chính kiểu dàn

**3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

Nghiên cứu tối ưu trong bài báo cáo chỉ đưa ra so sánh giữa phương pháp kinh nghiệm với phương pháp được lựa chọn.

**3.1. Xây dựng mục tiêu, hàm ràng buộc**

Phương pháp mô tả ở đây đã bỏ qua ảnh hưởng của tải trọng ngang tác dụng lên kết cấu dầm. Thực tế, trong quá trình vận hành mỗi khi cơ cấu di chuyển cầu, khởi động hoặc phanh, các tải trọng này xuất hiện. Độ lớn của chúng phụ thuộc vào khối lượng và gia tốc di chuyển. Để đánh giá ảnh hưởng của chúng theo công thức thực nghiệm xác định được tiết diện dầm chính như sau:

Tiết diện hợp lý về mặt khối lượng của dầm chịu uốn được đánh giá bằng tỷ số  $W / \sqrt{F^3}$  nếu cùng diện tích tiết diện F mà dầm có mômen chống uốn W càng lớn thì càng tiết kiệm vật liệu. Vì vậy, tiết diện hợp lý nhất là tiết diện hình chữ I có tấm biên dày nhất có thể khi mà điều kiện ổn định tổng thể và ổn định cục bộ của tấm thành và tấm biên cho phép.

Các thông số hình học của dầm như chiều cao h, chiều rộng b, chiều dày thành  $\delta$  và biên  $\delta_b$  được xác định phù hợp với các yêu cầu của trạng thái giới hạn thứ nhất và thứ hai: độ bền, ổn định, độ cứng. Khi này dầm phải có khối lượng nhỏ nhất và có tính công nghệ cao. Theo công thức thực nghiệm ta có cách tính:

**• Dầm đơn giản**

Mômen chống uốn nhỏ nhất theo biểu thức:

$$W_{tc} \geq \frac{M}{m_k R_k} \tag{1}$$

Trong đó:  $R_k$  - cường độ tính toán khi kéo của vật liệu

$m_k$  - hệ số điều kiện làm việc

M - mômen chống uốn

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq m_k R_k \tag{2}$$

**• Dầm tổ hợp**

Kích thước tiết diện dầm tổ hợp cũng được xác định sơ bộ theo điều kiện độ bền để tìm được mômen chống uốn  $W_{ct}$ , chiều dày thành  $\delta_1$  và diện tích tiết diện các tấm biên  $F_b$  được xác định:

$$\delta = \frac{Q}{h_t m_k R_c}; F_b \geq \frac{0,8 M_{max}}{h m_k R_k} \text{ (mm}^2\text{)} \tag{3}$$

Trong đó: Q - lực cắt (kN)

$R_c$  - cường độ tính toán theo cắt (kN)

$M_{max}$  - mômen uốn lớn nhất (N.mm)

$h \approx h_d \approx h_t$  - khoảng cách giữa trọng tâm hai biên (mm)

$$\tau = \frac{QS_n}{J_n \delta_t} \leq m_k R_c \tag{4}$$

$S_n$  - Mômen tĩnh của một nửa tiết diện nguyên đối với trục trung hòa

$J_n$  - mômen quán tính tiết diện nguyên của dầm

$\tau$  - ứng suất tiếp của tiết diện có lực cắt lớn nhất (N/mm<sup>2</sup>)

Khi dầm bị uốn ở cả hai mặt cần kiểm tra:

$$\sigma = \frac{M_x y}{J_{xt}} \mp \frac{M_y x}{J_{yt}} \leq m_k R_k \tag{5}$$

Trong đó:

$J_{xt}, J_{yt}$  - mômen quán tính tiết diện thực của dầm đối với trục x và y tương ứng.

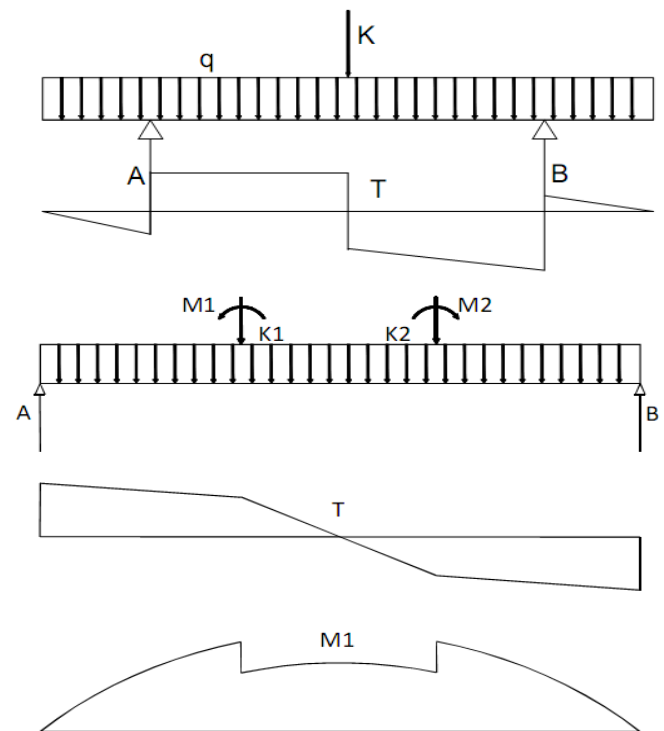
Nếu tiết diện ngang của dầm đồng thời có giá trị mômen uốn M và lực cắt Q lớn (dầm liên tục nhiều nhịp...) thì cần kiểm tra ứng suất tương đương tại thớ tiếp giáp biên với thành theo công thức:

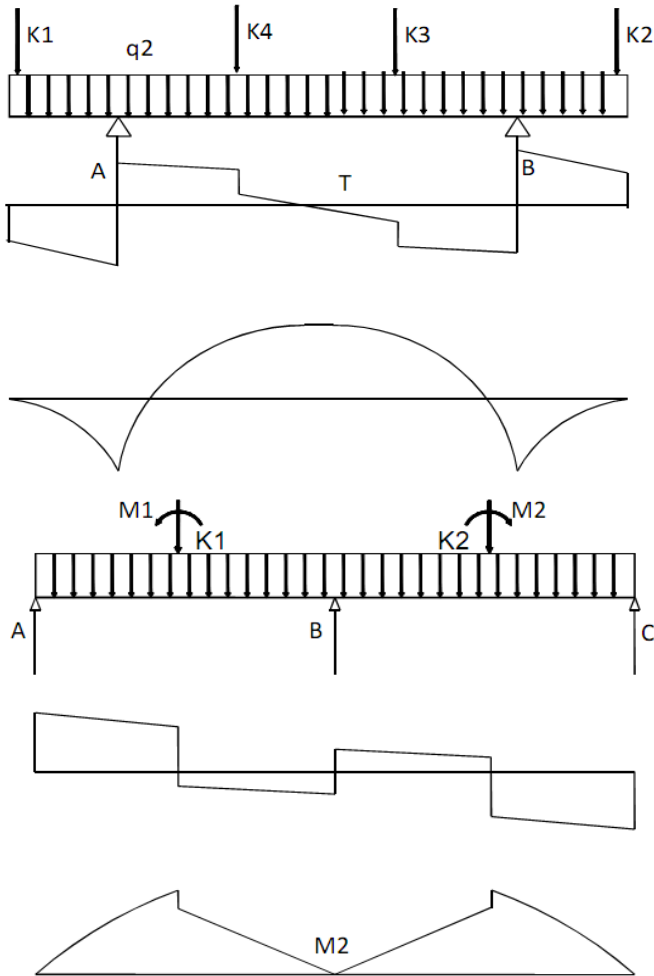
$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq [\sigma]$$

$$\text{Hay } \sigma_{td} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq m_k R$$

R - cường độ tính toán theo uốn

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  - ứng suất pháp và tiếp trên thành dầm tại mức đường hàn biên (hoặc đỉnh tán) ở hướng song song và vuông góc với trục dầm.





Hình 6. Biểu đồ mômen uốn và lực cắt của các dầm đầu khác nhau

### • Xác định chiều cao dầm

Chiều cao dầm tiết diện không đổi có thể xác định bằng cách khác gọi là chiều cao tối ưu theo quan điểm dầm có khối lượng nhỏ nhất khi có mômen chống uốn cần thiết  $W_{ct}$  thỏa mãn điều kiện (1). Nếu gọi  $F$  là diện tích tiết diện dầm,  $F_b$  là diện tích tiết diện một tấm biên ta có:

$$F_b = 0,5(F - h_t \delta_t) \quad (\text{mm}^2) \quad (6)$$

Mômen chống uốn của dầm chữ I:

$$W_{ct} = 2F_b \left( \frac{h_t}{2} \right)^2 \frac{2}{h_t} + \frac{\delta_t h_t^3}{12} \frac{2}{h_t} = F_b h_t + \frac{\delta_t h_t^2}{6} \quad (7)$$

Từ đó có:

$$F = \frac{2W_{ct}}{h_t} + \frac{2\delta_t h_t}{3} \quad (\text{mm}^2) \quad (8)$$

Lấy đạo hàm bậc nhất và cho  $\frac{dF}{dh_t} = 0$  ta có:

$$\frac{dF}{dh_t} = \frac{2W_{ct}}{h_t^2} + \frac{2\delta_t}{3} = 0 \quad (9)$$

Ta tìm được chiều cao tối ưu của dầm chữ I tiết diện đối xứng:

$$h_t^{tu} = \sqrt{\frac{3W_{ct}}{\delta_t}} \quad (\text{mm}) \quad (10)$$

Đối với dầm hộp trong công thức (10)  $\delta_t$  được tính là chiều dày hai thành.

$$F_b = \frac{W_{ct}}{h_t} + \frac{\delta_t h_t}{6} \quad (\text{mm}^2) \quad (11)$$

Khi chọn chiều cao  $h_t^{tu}$  ta tìm được diện tích tiết diện của một bên.

$$F_b = \frac{\delta_t h_t}{6} = \frac{F_t}{6} \quad (\text{mm}^2) \quad (12)$$

Trong đó:  $F_t$  - diện tích thành dầm chữ I hoặc hai thành ở dầm hộp.

Ứng suất tiếp  $\tau$  hướng dọc trục dầm:

$$\tau = \frac{QS_b}{J_n \delta_t} \quad (13)$$

Với:  $Q$  - lực cắt lớn nhất của tiết diện khảo sát

$S_b$  - mômen tĩnh tiết diện nguyên của mộ bên đối với trục trung hòa

Lực trượt  $T$  tính trên một đơn vị chiều dài của liên kết:

$$T = \tau \delta_t = \frac{QS_b}{J_n} \quad (\text{kN}) \quad (14)$$

$$\text{Suy ra: } \tau = \frac{QS_b}{2J_n \beta h_h} \leq m_k R_{hg} \quad (15)$$

$R_{hg}$  - cường độ tính toán đường hàn góc

Một yếu tố quan trọng khác khi thiết kế tối ưu tiết diện dầm chính là vấn đề công nghệ. Thông thường các tấm thép sử dụng tạo dầm hộp được chọn theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất thép tấm. Các kích thước chiều cao, chiều rộng dầm cũng được chuẩn hóa để phù hợp với khổ thép, giảm thiểu phần thép thừa bị cắt đi không sử dụng được vào việc khác, trở thành phế liệu. Do đó làm giảm tính thực tế của tiết diện tối ưu.

Một giải pháp khác để thiết kế tối ưu tiết diện là giải bài toán này trên miền rời rạc của các kích thước công nghệ nêu trên. Kết quả sẽ tránh được các bất cập khi tối ưu trên miền rời rạc và sau đó làm tròn kết quả, là tăng kích thước (nếu làm tròn lên) hoặc giảm độ bền và độ cứng (nếu làm tròn xuống). Có thể sử dụng modul Solver trong excel với thuật toán GRG2 tích hợp sẵn để giải bài toán [10].

Các kích thước lẻ được làm tròn đến mm và  $\geq 6$ ; chiều cao và chiều rộng tấm làm tròn đến dm.

### 3.2. Một số kết quả tính toán

Với việc áp dụng các công thức đã trình bày và điều kiện giống nhau sử dụng modul Solver trong excel với thuật toán GRG2 tích hợp sẵn để giải bài toán [10] để so sánh phương pháp kinh nghiệm với kết quả [12], kết quả tính toán được trình bày trên bảng 1 ÷ 5.

Bảng 1. Kết quả tính toán tối ưu theo PPKN với tải Q=5tấn, Q=16 tấn

Khẩu độ L	Q=5t					Q = 16t				
	10m	12,5m	16m	20m	25m	10m	12,5m	16m	20m	25m
Chiều rộng B (mm)	170	200	230	270	310	250	290	300	370	410
Chiều cao H (mm)	510	590	700	800	930	770	870	1020	1130	1270
Chiều dày thành bên t1,2 (mm)	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8
Chiều dày thành trên tt (mm)	7	7	7	7	7	7	7	8	8	9
Chiều dày thành dưới td (mm)	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8
Diện tích tiết diện A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	8174	9524	11234	12954	15034	12334	14054	18570	21160	27018
Ứng suất uốn giữa dầm (MPa)	133,84	121,9	111,69	104,09	96,25	189,8	181,34	156,56	148,19	129,51
Ứng suất cắt đầu dầm (MPa)	5,87	5,05	4,25	3,71	3,18	12,66	11,18	8,17	7,37	5,74
Độ võng (mm)	13,22	16,42	20,82	26,73	33,3	12,58	16,74	20	27,13	33,05

Bảng 2. Kết quả tính toán tối ưu theo PPKN với tải Q=20 tấn, Q=32 tấn

Khẩu độ L	Q = 20t					Q = 32t				
	10m	12,5m	16m	20m	25m	10m	12,5m	16m	20m	25m
Chiều rộng B (mm)	290	320	340	370	410	380	550	370	390	480
Chiều cao H (mm)	860	960	1070	1200	1340	980	980	1160	1310	1460
Chiều dày thành bên t1,2 (mm)	6	6	7	8	9	6	6	8	9	9
Chiều dày thành trên tt (mm)	7	7	8	9	10	7	7	9	10	10
Chiều dày thành dưới td (mm)	6	6	7	8	9	6	6	8	9	9
Diện tích tiết diện A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	13934	15524	19870	25218	31568	16544	18754	24578	30648	35058
Ứng suất uốn giữa dầm (MPa)	185,91	186,8	170,37	151,03	135,2	183,6	178,06	179,24	162,91	153,32
Ứng suất cắt đầu dầm (MPa)	14,27	12,76	9,82	7,66	6,1	17,67	17,666	11,21	8,8218	7,9035
Độ võng (mm)	11,12	15,67	20,98	25,93	32,56	9,812	15,31	20,445	25,587	34,235

Bảng 3. Kết quả tính toán tối ưu theo [12] với tải Q=20 tấn, Q=32 tấn

Khẩu độ L	Q = 5t					Q = 16t				
	10m	12,5m	16m	20m	25m	10m	12,5m	16m	20m	25m
Chiều rộng B (mm)	140	160	180	210	250	380	350	420	360	340
Chiều cao H (mm)	530	610	720	830	960	720	840	970	1130	1290
Chiều dày thành bên t1,2 (mm)	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8
Chiều dày thành trên tt (mm)	6	6	6	6	6	6	7	6	7	8
Chiều dày thành dưới td (mm)	6	6	6	6	6	6	7	6	7	8
Diện tích tiết diện A <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	7896	9096	10656	12336	14376	13056	14812	16536	20664	25824
Ứng suất uốn giữa dầm (MPa)	147,32	137,3	127,98	117,96	107,1	159,5	158,8	159,2	153	143,9
Ứng suất cắt đầu dầm (MPa)	5,63	4,88	4,12	3,57	3,08	13,54	11,6	10	7,36	5,642
Độ võng (mm)	13,65	17,44	22,57	28,49	35,35	12,19	15,76	22,79	28,43	35,71

Bảng 4. Kết quả tính toán tối ưu theo [12] với tải Q=20 tấn, Q=32 tấn

Khẩu độ L	Q = 20t					Q = 32t				
	10m	12,5m	16m	20m	25m	10m	12,5m	16m	20m	25m
Chiều rộng B (mm)	430	460	530	407	370	570	700	630	670	480
Chiều cao H (mm)	810	860	970	1189	1300	970	950	980	1140	1440
Chiều dày thành bên t <sub>1,2</sub> (mm)	6	6	6	7	8	6	6	6	7	9
Chiều dày thành trên tt (mm)	6	7	7	7	12	6	7	11	11	12
Chiều dày thành dưới td (mm)	6	7	7	7	11	6	7	11	11	11
Diện tích tiết diện A <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	14736	16592	18892	23102	28942	18336	21032	25356	30392	36546
Ứng suất uốn giữa dầm (MPa)	157,46	159,1	156,85	160	148,3	159,3	159,33	158,64	150,04	159,18
Ứng suất cắt đầu dầm (MPa)	15,14	14,28	12,64	8,41	7,1	19,79	20,25	19,79	14,53	8,92
Độ võng (mm)	10,72	15,81	22,71	28,57	35,64	9,14	14,7	22,37	28,53	35,63

Bảng 5. So sánh kết quả giữa hai phương pháp trên

Tỷ lệ (%) A1/A2	Khẩu độ L (m)				
	10m	12,5m	16m	20m	25m
Q = 5t	103,52	104,71	105,42	105,01	104,58
Q = 10t	99,59	103,08	104,76	109,81	101,77
Q = 16t	94,47	94,88	112,30	102,40	104,62
Q = 20t	94,56	93,56	105,18	109,16	109,07
Q = 32t	90,23	89,17	96,93	100,84	95,93

**Nhận xét:**

Qua các bảng số liệu trên ta thấy, diện tích được tính theo phương pháp tối ưu [12] khi sử dụng modun Solver trong excel với thuật toán GRG2 tích hợp sẵn để giải bài toán [10] nhỏ hơn so với diện tích được tính theo phương pháp kinh nghiệm diện tích giảm đi khoảng 8 - 10%, điều này cho thấy khối lượng của cầu trục giảm đi đáng kể nhưng vẫn đảm bảo điều kiện làm việc, điều này sẽ làm giảm khối lượng của kết cấu kim loại đồng nghĩa với việc giảm giá thành của cầu trục.

Tính theo phương pháp kinh nghiệm có nhược điểm, các thông số tính trong một khoảng rất rộng, điều này dễ dẫn đến việc kết cấu thừa nguyên vật liệu, gây lãng phí.

Với việc tính theo phương pháp tối ưu sẽ cho ta kết quả chính xác hơn.

**4. KẾT LUẬN**

Với việc đưa ra kết quả tính toán theo phương pháp tối ưu, ta nhận thấy rằng, diện tích giảm đi khoảng 8 - 10%, điều này cho thấy khối lượng của cầu trục giảm đi đáng kể.

Việc tính toán theo phương pháp tối ưu giúp người thiết kế xác định được chính xác diện tích tiết diện cần thiết nhưng vẫn đủ các yêu cầu làm việc, người thiết kế không cần phải lựa chọn các thông số trong một khoảng rộng như phương pháp kinh nghiệm trước đây.

Tính toán theo phương pháp kinh nghiệm dễ dẫn đến khối lượng của kết cấu lớn, gây lãng phí nguyên liệu và công lắp đặt. Bằng các bảng số liệu và đồ thị cho thấy diện tích tiết diện đã giảm so với phương pháp tối ưu bằng phương pháp kinh nghiệm

Dựa vào các bảng số liệu có thể thấy đối với tải trọng Q = 5 tấn phương án tính toán tối ưu [12] có tiết diện nhỏ hơn phương pháp kinh nghiệm. Đối với tải trọng Q từ 16 tấn đến 32 tấn nhưng khẩu độ từ 10m đến 12,5m thì phương pháp kinh nghiệm lại đạt được tiết diện nhỏ hơn [12]. Còn lại ta đều thấy tải trọng của phương án [12] cho kết quả đáng lựa chọn hơn.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Huỳnh Văn Hoàng, Đào Trọng Thường, 1975. *Tính toán máy trục*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. *TCVN 2737:1995 - Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*. NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [3]. *TCXD 299:1999 - Chỉ dẫn tính toán thành phần động của tải trọng gió theo TCVN 2737:1995*. NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Trọng Hiệp. *Chi tiết máy*. NXB Giáo dục Việt Nam.
- [5]. Đào Trọng Thường, 1986. *Máy nâng chuyển*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [6]. Huỳnh Văn Hoàng, Trần Thị Hồng, Lê Hồng Sơn. *Kết cấu thép của thiết bị nâng*. NXB Đại học Quốc gia TP HCM.
- [7]. TCVN 4244:2005 - Thiết bị nâng: Thiết kế chế tạo và kiểm tra kỹ thuật.
- [8]. Verschoof J., 2002. *Cranes - Design, Practice, and Maintenance*. 2nd Ed., Professional Engineering Publishing Limited, London and Bury St Edmunds, UK
- [9]. Kolarov I. *Metal structure of material handling machines*, Technica, Sofia.
- [10]. Trịnh Đông Tính, 2011. *Ảnh hưởng của tải trọng tính toán và thông số kết cấu lên kích thước tối ưu của dầm chính cầu trục hai dầm dạng hộp*. Bảo cáo khoa học nhân dịp 55 năm thành lập Đại học Bách Khoa - Hà Nội.
- [11]. Trần Văn Chiến. *Kết cấu thép máy nâng chuyển*. NXB Hải Phòng.
- [12]. Nguyễn Hồng Tiến, 2013. *Thiết kế tối ưu kết cấu thép cầu trục*. Luận văn thạc sĩ chuyên ngành Cơ học kỹ thuật, Đại học Bách khoa Hà Nội.