

# Ứng dụng phần mềm Sap2000 kiểm nghiệm khả năng chịu tải của kết cấu thép bộ công tác xe nâng hàng tự hành

ThS. PHÙNG CÔNG DŨNG; ThS. ĐỖ HỮU TUẤN

Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

ThS. NGUYỄN VĂN HÙNG

Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải

**TÓM TẮT:** Xe nâng hàng tự hành là máy nâng được sử dụng phổ biến phục vụ công tác nâng hạ, xếp dỡ hàng hóa tại các nhà kho, cảng biển, nhà ga, sân bay. Xe nâng có tính linh hoạt cao, đặc biệt là bộ công tác có thể thay đổi chiều cao nâng hàng trong một phạm vi rộng. Trong quá trình làm việc, kết cấu thép bộ công tác cũng là kết cấu chịu tải trọng trực tiếp từ hàng nâng. Chính vì vậy, kết cấu thép cần phải được tính toán thiết kế phù hợp với yêu cầu sử dụng cũng như đảm bảo khả năng chịu tải. Có nhiều phương pháp và phần mềm có thể áp dụng để tính toán, tuy nhiên với dạng kết cấu là khung chịu lực, phần mềm Sap2000 là phần mềm phù hợp nhất. Kết quả tính toán từ phần mềm có thể chỉ rõ các vị trí bất lợi trên kết cấu về ứng suất cũng như chuyển vị, từ đó giúp cho người thiết kế lựa chọn được mặt cắt phù hợp cho từng thành phần của kết cấu.

**TỪ KHÓA:** Xe nâng hàng, bộ công tác xe nâng hàng, phần mềm Sap2000.

**ABSTRACT:** Self-propelled forklifts are widely used for loading and unloading goods at warehouses, seaports, railway stations, and airports. Forklifts have great flexibility, especially since the working set can change the lifting height in a wide range. In the working process, the working set is subjected to loads from the goods. Therefore, the working set needs to be calculated and designed in accordance with the requirements of use as well as to ensure the load capacity. There are many methods and software that can be applied to calculate. However, with frame structure, Sap2000 software is the most suitable software. Calculation results from the software can indicate unfavorable positions on the structure in terms of stress as well as displacement. This helps the designer choose the appropriate section for each part of the structure.

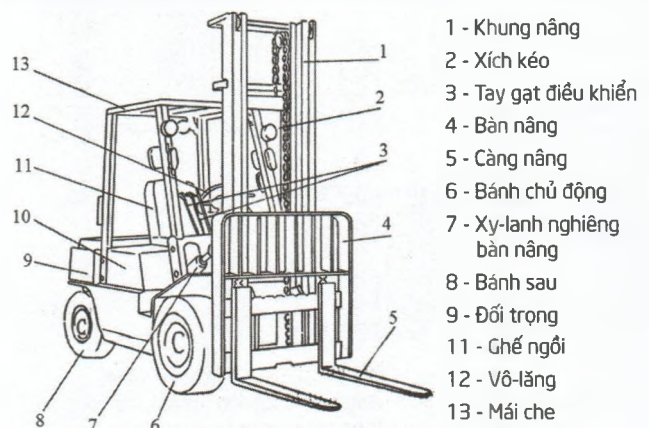
**KEYWORDS:** Lifting machine, Lifting machine's working equipment, Sap2000.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xe nâng hàng tự hành là một dạng của máy nâng vận chuyển được dùng để nâng hạ, vận chuyển các loại hàng kiện, hàng đóng gói, hàng hòm, container và các cấu kiện bê tông có trọng lượng tương đối lớn.

Cấu tạo đặc trưng của xe nâng hàng được thể hiện như Hình 1.1. Xe nâng gồm hai bộ phận chính là bộ di chuyển và bộ công tác nâng hàng. Bộ di chuyển có các cụm chi tiết tương tự như ở ô tô, tuy nhiên điểm khác biệt ở chỗ xe nâng có động cơ và cơ cấu định hướng lái đặt ở phía sau, còn cầu chủ động đặt ở phía trước. Đặc điểm khác biệt này là do khi mang hàng, phía trước xe chịu tải trọng lớn (bộ công tác và hàng nâng đặt phía trước máy); phía sau máy nhẹ hơn, dùng cầu sau làm cầu định hướng lái sẽ làm giảm nhẹ lực điều khiển khi xe cần chuyển hướng chuyển động.

Để lấy hàng, người lái hạ càng nâng (5) đến vị trí thấp nhất, điều khiển cặp xi-lanh (7) nghiêng khung (bộ công tác) về phía trước khoảng 3 - 4° để chỉnh vị trí máy sao cho đỉnh càng nâng vừa chạm đến đáy kiện hàng rồi cho máy tiến về phía trước, cho càng nâng ngấp hoàn toàn vào đáy kiện hàng, sau đó nghiêng khung nâng về sau khoảng 12 - 15°. Di chuyển hàng đến vị trí cần thiết, ta cần nâng càng nâng lên khoảng 0,5 m rồi mới di chuyển. Đến vị trí xếp hàng, nâng hàng lên chiều cao cần thiết, di chuyển xe vào đúng vị trí xếp hàng, nghiêng khung chính về phía trước và lùi máy, hàng được xếp xong máy lùi về vị trí ban đầu làm việc.



Hình 1.1: Cấu tạo chung của xe nâng hàng tự hành

Các xe nâng hàng sử dụng ở Việt Nam hầu hết là nhập khẩu từ nước ngoài: Đức, Nga, Hàn Quốc, Trung Quốc..., có rất nhiều loại sức nâng từ nhỏ, trung bình đến lớn và rất lớn. Hầu hết xe nâng hàng được sử dụng trong các xưởng chế tạo, sửa chữa, công trường xây dựng. Ở Việt Nam hiện nay chỉ mới dừng ở việc vận hành, sửa chữa, bảo dưỡng kỹ thuật xe nâng hàng, chưa có đơn vị chế tạo thành phẩm xe nâng hàng.

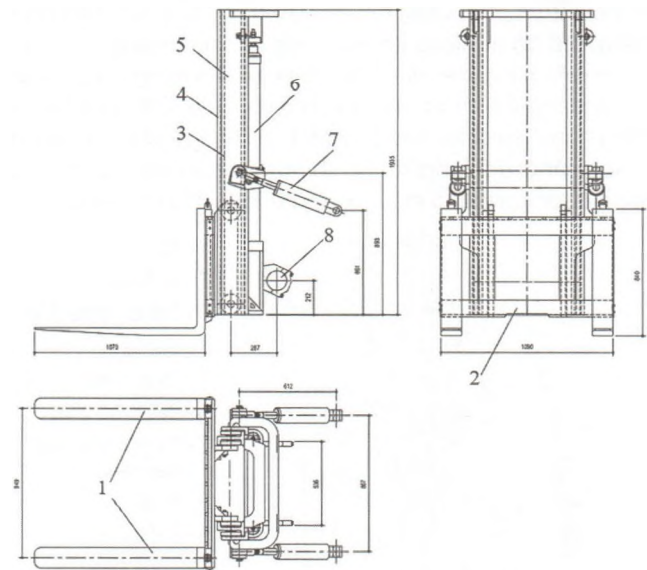
Do vậy, việc nghiên cứu, kiểm tra bền kết cấu thép bộ công tác xe nâng hàng tự hành là cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn, góp phần cho việc thiết kế và chế tạo trong nước.

**2. KẾT CẤU BỘ CÔNG TÁC CỦA XE NÂNG HÀNG**

Kết cấu mẫu xe lựa chọn để nghiên cứu là Maximal Model FD30T, với bộ thông số kỹ thuật theo Bảng 2.1.

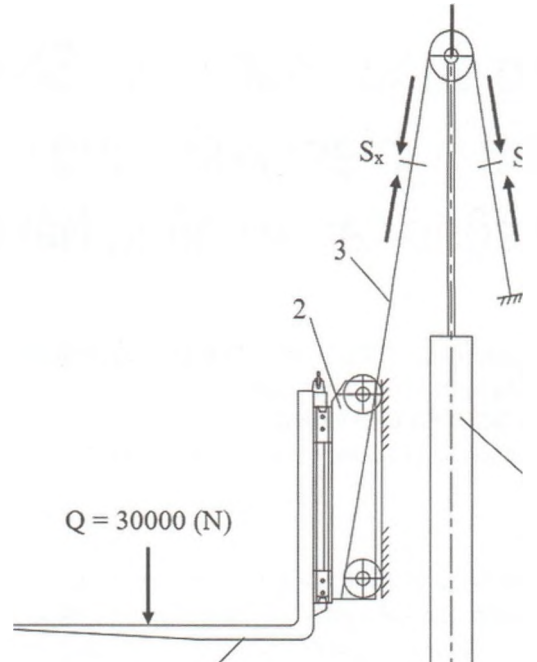
**Bảng 2.1. Thông số kỹ thuật của xe nâng hàng FD30T**

TT	Tên gọi	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Tải trọng nâng	Q	3.000	kg
2	Trọng tâm xe	C	500	mm
3	Trọng lượng xe	G	4.310	kg
5	Góc nghiêng khung nâng	$\alpha/\beta$	6/12	độ
6	Chiều cao khung nâng	h1	2.890	mm
7	Độ cao nâng tối đa	h3	3.000	mm
8	Chiều cao khung nâng tối đa	h4	3.400	mm
9	Chiều dài xe với càng nâng	L1	2.685	mm
10	Chiều dài xe tới bề mặt càng nâng	L2	2.685	mm
11	Chiều rộng xe	b1	2.080	mm
12	Càng nâng	Dày/Rộng/Cao	45x125x1.070	mm
14	Vận tốc nâng càng	Có tải/Không tải	470/500	mm
15	Vận tốc hạ càng	Có tải/Không tải	400/500	mm
17	Công suất động cơ	N	36,8	kW



1 - Càng nâng; 2 - Giá; 3 - Xích tải; 4 - Khung động; 5 - Khung tĩnh; 6 - Xi-lanh nâng tải; 7 - Xi-lanh nghiêng bộ công tác; 8 - Khớp liên kết bộ công tác với máy cơ sở

**Hình 2.1: Kết cấu chung bộ công tác của xe nâng hàng**



1 - Càng nâng; 2 - Bàn trượt; 3 - Xích tải; 4 - Xi-lanh nâng tải  
**Hình 2.2: Sơ đồ tính lực đẩy xi-lanh và lực căng xích**

Từ Hình 2.2, tính được lực đẩy cần thiết của một xi-lanh nâng tải (máy dùng hai xi-lanh nâng tải),  $F_{xi}$  (N). Trong thực tế, góc nghiêng của xích tải là rất nhỏ, do đó ta có:

$$F_{xi} = Q = 30000 \text{ (N)} \tag{1}$$

Cũng theo Hình 2.2, lực căng xích ở mỗi bên (máy dùng hai xích tải hai bên)  $S_x$  (N) được xác định như sau:

$$S_x = \frac{Q}{2} = 15000 \text{ (N)} \tag{2}$$

Trong đó:

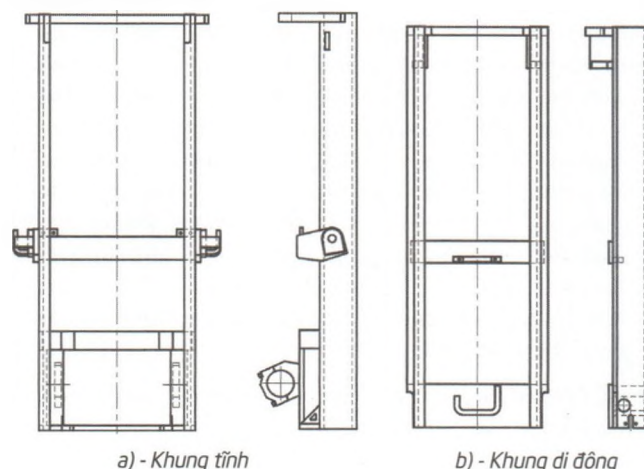
Q - Tải trọng của hàng nâng, Q = 30.000 (N).

Trong công thức (1) và (2) chưa tính đến các tải trọng bản thân và không tính lực quán tính trong quá trình nâng hạ, với giả thiết quá trình nâng diễn ra nhẹ nhàng nhờ vào hệ thống thủy lực được điều khiển trên xe nâng.

Tải trọng tác dụng lên càng nâng là tải trọng phân bố đều, được xác định như sau:

$$q = \frac{Q}{2.L} = \frac{30000}{2.1070} = 14 \text{ (N/mm)} \tag{3}$$

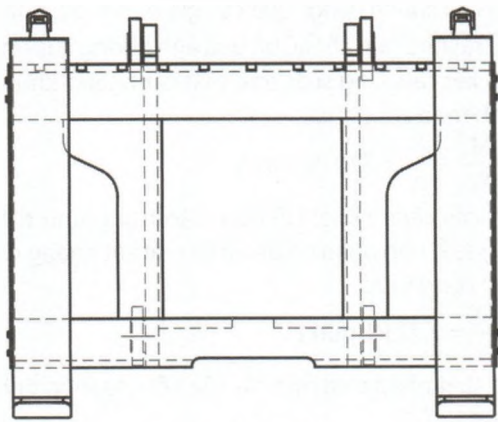
Kết cấu thép của bộ công tác xe nâng hàng được thể hiện theo Hình 2.3.



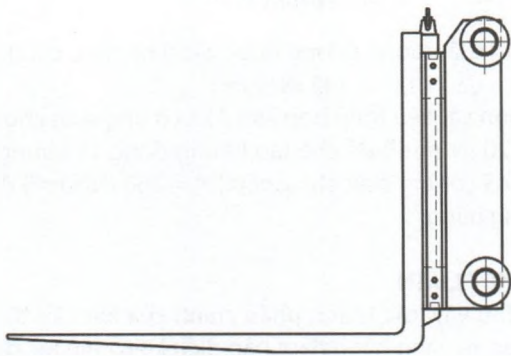
a) - Khung tĩnh

b) - Khung di động



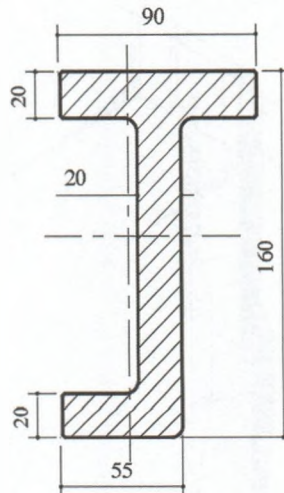


c) - Giá trượt

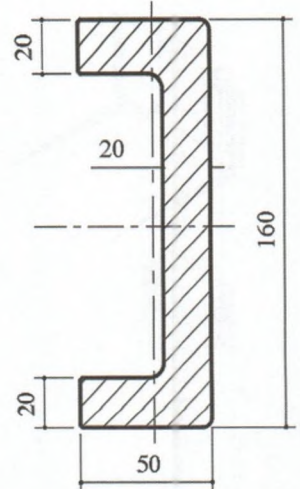


d) - Càng nâng

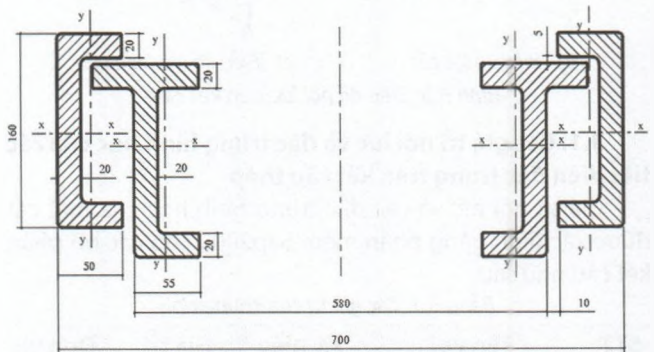
Hình 2.3: Các cụm kết cấu thép của bộ công tác xe nâng hàng



a) - Mặt cắt khung động



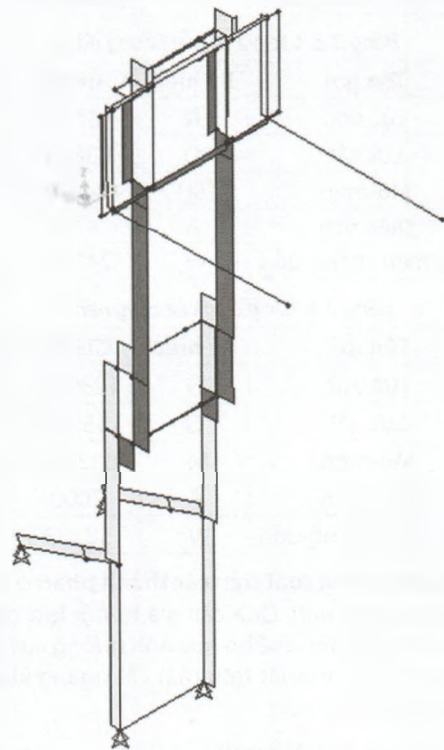
b) - Mặt cắt khung tĩnh



c) - Tương quan lắp ghép

Hình 3.2: Tiết diện đặc trưng và lắp vị trí tương quan của khung tĩnh và khung động

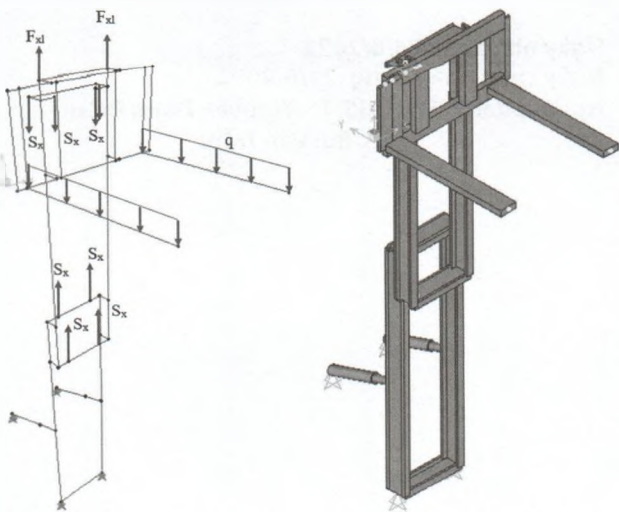
Biểu đồ nội lực tính toán bằng phần mềm Sap2000 được thể hiện theo Hình 3.3.



a) - Biểu đồ lực dọc trục

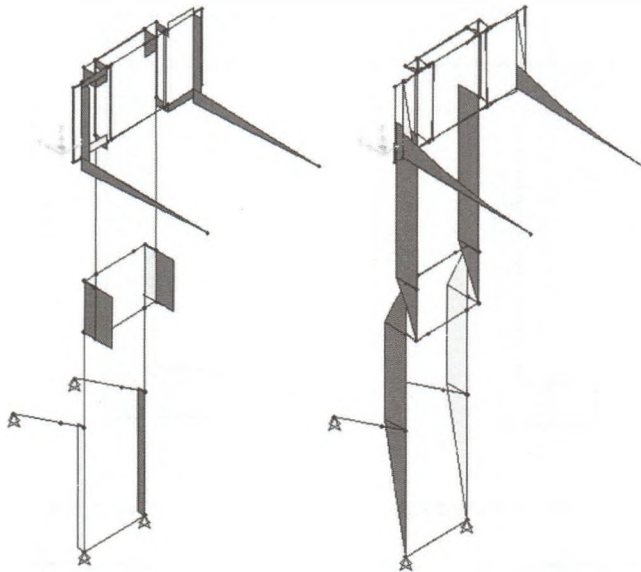
### 3. ÁP DỤNG PHẦN MỀM SAP2000 TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP BỘ CÔNG TÁC

Sơ đồ tính xây dựng bằng phần mềm Sap2000 mô tả kết cấu tương đương với kết cấu thực, các thanh được mô tả bằng đường tâm. Các vị trí liên kết được lý tưởng hóa để bỏ qua lực ma sát. Kết cấu được xét ở trạng thái làm việc với chiều cao nâng lớn nhất. Trên sơ đồ đặt lực, xi-lanh nâng tải và xích tải được thay thế bằng các lực  $F_{x1}$  và  $S_x$  đã tính ở mục 2.



a) - Sơ đồ tính; b) - Sơ đồ kết cấu (không thể hiện xích và xi-lanh nâng tải)

Hình 3.1: Sơ đồ tính của bộ công tác máy nâng



b) - Biểu đồ lực cắt c) - Biểu đồ mô-men uốn  
**Hình 3.3: Biểu đồ nội lực trên kết cấu**

**3.1. Các giá trị nội lực và đặc trưng hình học của các tiết diện đặc trưng trên kết cấu thép**

Giá trị nội lực và các đặc trưng hình học của mặt cắt được xác định bằng phần mềm Sap2000 cho các bộ phận kết cấu như sau:

*Bảng 3.1. Các giá trị của khung tĩnh*

STT	Tên gọi	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Lực dọc	N	12897,6	N
2	Lực cắt	Q	1,579.10 <sup>-7</sup>	N
3	Mô-men	M <sub>y</sub>	- 8664883	N.mm
4	Diện tích	A	546,965	mm <sup>2</sup>
5	Mô-men chống uốn	W <sub>x</sub>	19806,763	mm <sup>3</sup>

*Bảng 3.2. Các giá trị của khung động*

STT	Tên gọi	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Lực dọc	N	-16759.32	N
2	Lực cắt	Q	-1,386.10 <sup>-7</sup>	N
3	Mô-men	M <sub>y</sub>	- 8483933	N.mm
4	Diện tích	A	671.3	mm <sup>2</sup>
5	Mô-men chống uốn	W <sub>x</sub>	24575,7	mm <sup>3</sup>

*Bảng 3.3. Các giá trị của càn nâng*

STT	Tên gọi	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Lực dọc	N	12897,6	N
2	Lực cắt	Q	-15556.53	N
3	Mô-men	M <sub>y</sub>	- 8322741	N.mm
4	Diện tích	A	7000	mm <sup>2</sup>
5	Mô-men chống uốn	W <sub>x</sub>	58333	mm <sup>3</sup>

**3.2. Kiểm tra ứng suất trên các thành phần của kết cấu**

- *Kết cấu khung tĩnh:* Qua các giá trị nội lực, nhận thấy lực cắt Q rất nhỏ nên có thể bỏ qua ảnh hưởng của ứng suất tiếp trên kết cấu. Ứng suất trên mặt cắt ngang khung tĩnh được tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{|M_x|}{W_x} + \frac{N}{A} = 460 \text{ (N/mm}^2\text{)} \tag{4}$$

- *Kết cấu khung động:* Qua các giá trị nội lực, nhận thấy lực cắt Q rất nhỏ nên có thể bỏ qua ảnh hưởng của ứng suất tiếp trên kết cấu. Ứng suất trên mặt cắt ngang khung tĩnh được tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{|M_x|}{W_x} + \frac{N}{A} = 370 \text{ (N/mm}^2\text{)} \tag{5}$$

- *Kết cấu càn nâng:* Để đơn giản trong tính toán, giả thiết ứng suất tiếp phân bố đều trên mặt cắt ngang và được tính theo công thức:

$$\tau = \frac{Q}{A} = 2,22 \text{ (N/mm}^2\text{)} \tag{6}$$

Ứng suất pháp trên mặt cắt của kết cấu thép tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{|M_x|}{W_x} + \frac{N}{A} = 144 \text{ (N/mm}^2\text{)} \tag{7}$$

Ứng suất tương đương được xác định theo công thức:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = 145 \text{ (N/mm}^2\text{)} \tag{8}$$

Chọn vật liệu thép hợp kim 15X có ứng suất cho phép  $[\sigma] = 520 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  để chế tạo khung động và khung tĩnh thép C45 có ứng suất cho phép  $[\sigma] = 260 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  để chế tạo càn nâng.

**4. KẾT LUẬN**

- Như vậy, các thành phần chính của kết cấu thép bố công tác xe nâng hàng đảm bảo điều kiện chịu lực ở trạng thái làm việc bất lợi nhất.

- Phần mềm Sap2000 cho kết quả tính toán đáng tin cậy.

**Tài liệu tham khảo**

- [1]. Đỗ Hữu Tuấn, Bùi Văn Trầm, Phùng Công Dũng (2021), *Máy nâng vận chuyển*, NXB. Xây dựng.
- [2]. Trương Quốc Thành, Phạm Quang Dũng (1999) *Máy và thiết bị nâng*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Vũ Đình Lai, Nguyễn Xuân Lựu, Bùi Đình Nghi (2011), *Sức bền vật liệu*, NXB. GTVT.
- [4]. Bùi Đức Vinh (2001), *Phân tích và thiết kế kết cấu bằng phần mềm Sap2000*, NXB. Thống kê.

**Ngày nhận bài: 04/6/2022**

**Ngày chấp nhận đăng: 21/6/2022**

**Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Đăng Điệm  
 TS. Bùi Văn Trầm**