

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM KHẢO SÁT LỰC KẸP ĐẦU CÁP TRÊN TANG BẰNG TẮM ĐỆM

STUDY ON DESIGN AND MANUFACTURING AN EXPERIMENTAL MODEL TO INVESTIGATE ROPE END CLAMPING FORCES ON A DRUM

NGUYỄN VĂN TỊNH*, NGUYỄN TIẾN NAM, CAO THÀNH DŨNG,
PHẠM VĂN MINH, PHẠM QUANG DŨNG

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email liên hệ: tinhnv@nuce.edu.vn

Tóm tắt

Trên hầu hết các cơ cấu nâng và tời cáp, cáp thép được truyền lực trực tiếp từ tang cuốn cáp, trong đó phổ biến nhất là loại tang cuốn một lớp cáp sử dụng kiểu cố định đầu cáp trên tang bằng tấm đệm. Vì vậy, việc nghiên cứu một cách đầy đủ về quá trình làm việc của các kẹp cáp trên tang nhằm đảm bảo khả năng truyền lực, độ an toàn và độ tin cậy là rất cần thiết. Bài báo trình bày nghiên cứu cơ sở lý thuyết và thiết kế, chế tạo mô hình thí nghiệm khảo sát lực kẹp đầu cáp trên tang bằng tấm đệm. Mô hình được thiết kế, chế tạo và khai thác tại Phòng nghiên cứu thực nghiệm cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho phép thiết lập nhiều dạng bài thí nghiệm khác nhau phục vụ nghiên cứu và đào tạo các chuyên ngành trong lĩnh vực kỹ thuật cơ khí.

Từ khóa: Lực ma sát, công thức lực ma sát Euler, tang cuốn cáp, kẹp đầu cáp, lực kẹp đầu cáp.

Abstract

In most lifting mechanisms and hoists, steel ropes are driven directly from rope drums, the most common of which is single-layer ones that use the rope end fixing method on drums with clamps. Thus, a complete study of the working process of rope clamps on a drum is essential to ensure transmission capability, safety, and reliability. The paper presents the theoretical foundation research, design, and manufacture of an experimental model to investigate rope end clamping forces on a drum. The model is designed, manufactured, and exploited at the Mechanical Experimental Research Department, Hanoi University of Civil Engineering. Based on this model, various types of experiments can be set up to serve research and training in mechanical engineering majors.

Keywords: Friction force, Euler-Eytelwein

formula, rope drum, rope end clamp, rope end clamping force.

1. Đặt vấn đề

Cụm tang cuốn cáp là cụm chi tiết quan trọng trong truyền động cáp, được sử dụng trong rất nhiều loại Máy xây dựng. Loại tang phổ biến hiện nay là loại cuốn một lớp cáp với tấm đệm cố định đầu cáp. Lực giữ đầu cáp trên tang là lực ma sát giữa cáp với tang và giữa cáp với tấm đệm tại vị trí kẹp cáp. Lực ma sát không đủ lớn có thể dẫn đến tuột cáp khi chịu tải động lớn. Để khắc phục hiện tượng đó, thực tế có hai nhóm giải pháp. Thứ nhất là làm tăng khả năng bám của cáp trên tang như tạo các rãnh trên tang và rãnh trên tấm đệm nhằm tăng hệ số ma sát tương đương [1, 2]; giảm tải cho kẹp cáp bằng cách cuốn cáp một đến hai vòng trên tang trước khi vào vùng kẹp cáp [1, 2]; sử dụng các tấm đệm động để kẹp cáp khi cáp dịch chuyển vào vùng làm việc [3]; hoặc ứng dụng lực từ trường giữa cáp và tang [4]. Thứ hai là tăng số tấm đệm hoặc tăng lực kẹp. Số lượng tấm đệm lớn sẽ làm kết cấu cụm tang phức tạp và cồng kềnh. Lực kẹp lớn gây bẹp cáp và có thể gây đứt các sợi thép tại vị trí mép tấm đệm. Như vậy, nhằm nâng cao khả năng làm việc cũng như độ tin cậy, sự tương tác giữa cáp với tang và các tấm đệm phải được xem xét một cách kỹ lưỡng. Vấn đề này cũng đã được xem xét nghiên cứu từ mô hình lý thuyết đến thực nghiệm đối với các kẹp cáp kiểu ma sát ở phần từ cáp thép được sử dụng trong các công trình xây dựng có kết cấu không gian lớn như trong [5, 6]. Do tính đặc thù, các mô hình này rất khó để ứng dụng cho nghiên cứu đối với cụm tang trên các máy xây dựng. Vì vậy, xây dựng mô hình nghiên cứu từ lý thuyết đến thực nghiệm để khảo sát và đánh giá lực kẹp đầu cáp trên tang bằng tấm đệm là cần thiết. Ngoài việc sử dụng mô hình để nghiên cứu chuyên sâu, nó còn được sử dụng như là một thiết bị thực hành trong đào tạo của các chuyên ngành kỹ thuật cơ khí liên quan, nhằm nâng cao chất lượng đào tạo, giúp người học hiểu sâu sắc hơn phần lý thuyết trong bài giảng và nâng cao kỹ năng thực hành, kỹ năng áp dụng lý thuyết vào thực tế.

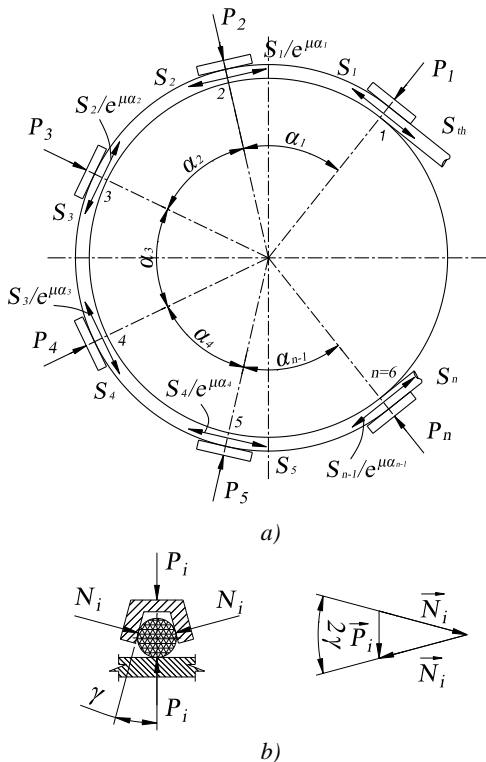
Trong khuôn khổ bài báo này sẽ giới thiệu việc nghiên cứu xây dựng cơ sở lý thuyết xác định lực kẹp đầu cáp trên tang bằng tấm đệm. Từ đó đề xuất thiết kế và chế tạo mô hình thí nghiệm. Các mô tả về cấu tạo, nguyên lý làm việc, các bước tiến hành thí nghiệm và kết quả một số thử nghiệm đối với bài toán cố định đầu cáp cũng được trình bày.

2. Cơ sở lý thuyết xác định lực kéo cáp tới hạn

Với kiểu cố định đầu cáp trên tang bằng tấm đệm, lực kẹp đầu cáp có thể tính toán bằng hai cách:

- Cách tính gần đúng, chỉ kể đến lực ma sát tại tấm đệm kẹp cáp mà bỏ qua ma sát giữa cáp và bề mặt tang.
- Cách tính chính xác hơn, tính đến cả lực ma sát giữa cáp và tang tại các cung nằm giữa các tấm đệm kẹp cáp.

Ta xét các trường hợp trên khi tang có một nhánh cáp nằm dưới các tấm đệm kẹp cáp như thể hiện trên Hình 1a. Khả năng chịu kéo của cụm cố định đầu cáp trên tang được giới hạn bởi lực kéo tới hạn S_{th} .



Hình 1. Sơ đồ tính toán lực kẹp đầu cáp trên tang

Theo cách tính gần đúng, lực kéo tới hạn S'_{th} được xác định theo lực ma sát tại các tấm đệm kẹp cáp chịu lực nén:

$$S'_{th} = \mu_0 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

Trong đó:

- P_i - Lực nén lên tấm đệm kẹp cáp thứ i ($i=1-n$) (xem trên Hình 1b);
- n - Số lượng tấm đệm kẹp cáp;
- μ_0 - Hệ số ma sát tính toán.

Đối với tấm đệm kẹp cáp có rãnh hình thang và rãnh dạng cung tròn, hệ số ma sát tính toán được xác định tương ứng theo công thức (2) và (3) như sau:

$$\mu_0 = \mu + \frac{\mu_1}{\sin \gamma}, \quad (2)$$

$$\mu_0 = \mu + \frac{4\mu_1 \cdot \sin \gamma}{2\gamma + \sin(2\gamma)}, \quad (3)$$

Trong đó:

- μ - Hệ số ma sát giữa bề mặt cáp và tang;
- μ_1 - Hệ số ma sát giữa bề mặt cáp và tấm đệm.

Theo cách tính chính xác hơn, S''_{th} được xác định có tính đến lực ma sát giữa cáp và tang tại các cung 1-2; 2-3; ... (xem trên Hình 1a):

$$\begin{cases} S_1 = S''_{th} - F_1; \\ S_2 = \frac{S_1}{e^{\mu \cdot \alpha_1}} - F_2, \\ S_3 = \frac{S_2}{e^{\mu \cdot \alpha_2}} - F_3, \\ \dots \\ S_n = \frac{S_{n-1}}{e^{\mu \cdot \alpha_{n-1}}} - F_n, \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó:

- F_i - Lực ma sát tại tấm đệm kẹp cáp thứ i ($i=1-n$), $F_i = \mu_0 \cdot P_i$;
- α_i - Góc ôm của cáp trên tang tại cung thứ i ($i=1-n$).

Tại đầu tự do của cáp, lực căng của cáp $S_n = 0$. Nếu các góc ôm của cáp trên tang tại các cung có giá trị như nhau $\alpha_i = \alpha$ và lực nén trên các tấm đệm cũng như nhau $P_i = P$, lực kéo tới hạn được biến đổi từ (4) thành:

$$S''_{th} = \mu_0 \cdot P \cdot \frac{(e^{\mu \alpha})^n - 1}{e^{\mu \alpha} - 1}. \quad (5)$$

3. Mô hình thí nghiệm

3.1. Yêu cầu đối với mô hình thí nghiệm

- Mô hình thí nghiệm đề xuất thiết kế và chế tạo phải phản ánh được bản chất của nội dung bài thí nghiệm để xác định các thông số kỹ thuật và đánh giá

hiện tượng theo yêu cầu.

- Trên cơ sở lý thuyết của Mục 2 có thể thấy để quan sát được quá trình làm việc của các tấm đệm, sự tương tác giữa lực kẹp cáp và lực kéo ở trạng thái giới hạn (bắt đầu trượt) thì quá trình thí nghiệm phải quan sát được sự dịch chuyển của cáp thép và các tấm đệm, cùng với giá trị các lực tương ứng.

- Việc cài đặt giá trị các lực kẹp cáp và lực kéo phải dễ dàng và có thể điều chỉnh vô cấp.

- Các thiết bị lựa chọn để thiết lập mô hình là loại có sẵn trên thị trường.

- Mô hình thí nghiệm có thể kết nối được với máy vi tính để quan sát trực quan sự biến đổi các giá trị khảo sát và lưu trữ dữ liệu của quá trình thí nghiệm.

- Các đầu đo sử dụng phải đảm bảo độ chính xác cần thiết đối với thiết bị thí nghiệm.

- Kích thước khuôn khổ mô hình thí nghiệm và các thao tác thực hiện phải phù hợp và thuận tiện đối với người thực hiện.

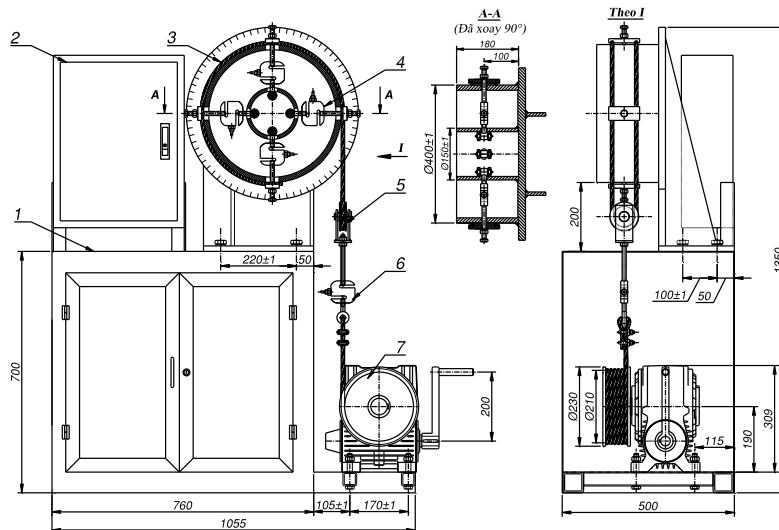
3.2. Cấu tạo và tính năng của mô hình thí nghiệm đề xuất

Mô hình thí nghiệm đáp ứng được các mục tiêu của bài toán đặt ra và đảm bảo các yêu cầu ở trên được đề xuất như trên Hình 2. Nó bao gồm cụm tang 3 lắp cố định trên khung thép của bàn thí nghiệm 1, trên vành tang lắp hai nhánh cáp có lực kéo căng được tạo

bởi puly cân bằng 5 với cơ cấu căng cáp 7 (bao gồm từ tay quay, hộp giảm tốc trục vít - bánh vít đến tang cuốn cáp), các tấm đệm tạo lực nén lên cáp nhờ bu lông đai ốc với các Load cell 4 để kiểm soát lực nén. Bu lông liên kết với Load cell 4 cho phép nó có thể quay tự do quanh vành tang nhờ đầu còn lại liên kết với trục lắp hai ổ bi tỳ vào thành trong của ống nhỏ (lỗ trên vành tang và ống nhỏ để xỏ bu lông qua có hình ô van dọc theo trục cáp). Do thí nghiệm chỉ phân tích lực ma sát giữa tang và cáp nên cáp thép được kẹp chặt trong rãnh hình thang của tấm đệm (khi đạt giá trị lực kéo tới hạn S_{ph} , cáp cùng bu lông và tấm đệm trượt trên tang, bu lông và tấm đệm quay quanh trục tang một góc, và cáp không trượt tương đối trong rãnh tấm đệm). Việc điều chỉnh lực kẹp cáp trên các tấm đệm nhờ vào việc căn chỉnh các đai ốc ngay phía trên tấm đệm. Trên vành tang có kẻ các vạch đều nhau để có thể quan sát sự dịch chuyển của kẹp cáp khi cáp trượt trên bề mặt tang. Load cell 6 là cảm biến lực kéo của hai nhánh cáp.

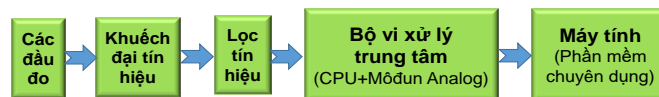
Các đầu đo lực có sai số đo không vượt quá 0,03%. Tín hiệu thu được từ các cảm biến được khuếch đại, lọc tín hiệu rồi sau đó đến bộ vi xử lý trung tâm và máy vi tính. Trên Hình 3 là sơ đồ nguyên lý kết nối các load cell với hệ thống điện (trong tủ điện 2 của Hình 2).

Mô hình thí nghiệm sau khi chế tạo như trên Hình



Hình 2. Cấu tạo thiết bị thí nghiệm

- 1. Bàn thí nghiệm; 2. Tủ điện; 3. Cụm tang cuốn cáp; 4. Load cell 0,5 tấn; 5. Puly cân bằng;
- 6. Load cell 0,5 tấn; 7. Cơ cấu căng cáp.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý kết nối các thiết bị cảm biến



a)



b)



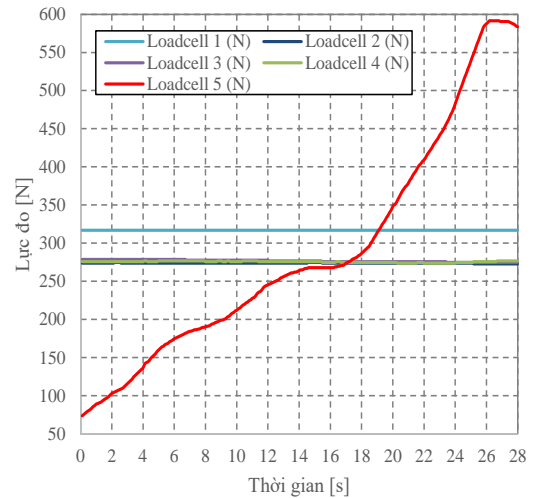
c)

Hình 4. a) Mô hình thiết bị thí nghiệm đã được chế tạo; b) Giao diện khai báo thông tin thí nghiệm; c) Giao diện của chương trình trong quá trình thí

4a với các thiết bị và vật tư lựa chọn có sẵn trong nước. Phần mềm chuyên dụng được lập trình và cài đặt trên máy tính có giao diện bằng tiếng Việt, trực quan và dễ dàng sử dụng. Trên Hình 4b và 4c là giao diện của chương trình thí nghiệm khi bắt đầu khai báo thông tin buổi thí nghiệm và khi bắt đầu thực hiện thí nghiệm. Các thông số khảo sát là các lực với giá trị có thể quan sát trực tiếp trên màn hình dưới dạng số hoặc dưới dạng đồ thị biến thiên giá trị lực đo theo thời gian. Tất cả các thông số này cùng với các thông tin của mỗi lần thí nghiệm được lưu trữ lại trong các file Microsoft Excell riêng biệt trên máy tính ở dạng bảng dữ liệu

như Bảng 1 và dạng đồ thị như Hình 5.

Ngoài các tính năng được nêu ở trên, ngay phía



Hình 5. Đồ thị biến thiên giá trị lực trên các đầu đo

dưới bàn thí nghiệm được thiết kế là một tủ đựng đồ gồm hai ngăn. Các thiết bị phụ trợ phục vụ trong quá trình thí nghiệm như thước kẹp, bộ cờ lê, cáp điện,... được cất giữ một cách gọn gàng và tiện lợi. Việc di chuyển và lắp đặt thiết bị thí nghiệm này cũng rất nhẹ nhàng và cơ động do nó lắp đặt trên bốn cụm bánh xe với các khóa bánh xe khi cần cố định tại một vị trí.

3.3. Quy trình khảo sát lực kẹp đầu cáp trên tang bằng tấm đệm

Quy trình khảo sát lực kẹp đầu cáp trên tang bằng tấm đệm có thể được tiến hành như sau:

- Nghiên cứu kỹ cơ sở lý thuyết tính toán và các yếu tố ảnh hưởng đến lực kéo giới hạn.

- Tính toán các giá trị S'_{th} và S''_{th} theo công thức (1) và (4) với các giá trị P_i ($i=1-4$) cho trước và $\alpha = 90^\circ$, $n = 4$. Do thí nghiệm chỉ xét trường hợp cáp có thể trượt trên tang nên trong các công thức lấy giá trị $\mu_0 = \mu$.

- Tìm hiểu mô hình thí nghiệm và so sánh với mô hình tính toán lý thuyết.

- Tìm hiểu các bước thực hiện khảo sát trên mô hình thí nghiệm và các quy định an toàn.

- Thiết lập trên thiết bị thí nghiệm các lực nén lên các tấm đệm. Tiếp theo, quay tay quay của cơ cấu căng cáp. Đồng thời quan sát sự dịch chuyển tương đối của tấm đệm so với các vạch trên vành tang. Từ đó cho thấy mức độ ổn định của cụm cố định đầu cáp dưới tác dụng của lực kéo. Trạng thái tới hạn của cụm cố định đầu cáp trên tang được tính tại thời điểm dịch chuyển của tấm đệm cuối cùng. Giá trị lực kéo tới hạn

Bảng 1. Bảng trích suất thống kê dữ liệu đo

TT	Ngày	Giờ	Mã TN	Chế độ	Time (s)	Load cell 1 - đệm 1 (N)	Load cell 2 - đệm 2 (N)	Load cell 3 - đệm 3 (N)	Load cell 4 - đệm 4 (N)	Load cell 6 - kéo (N)	Thực hiện	Tên TN
145	25/03/21	14:28:12	1	2	14,5	275,66	276,64	273,70	316,86	266,83	Tinhnv	P1.1
146	25/03/21	14:28:12	1	2	14,6	275,66	276,64	274,68	316,86	267,81	Tinhnv	P1.1
147	25/03/21	14:28:12	1	2	14,7	275,66	276,64	274,68	316,86	267,81	Tinhnv	P1.1
148	25/03/21	14:28:12	1	2	14,8	275,66	276,64	274,68	316,86	267,81	Tinhnv	P1.1
149	25/03/21	14:28:12	1	2	14,9	275,66	276,64	274,68	316,86	267,81	Tinhnv	P1.1
150	25/03/21	14:28:12	1	2	15	275,66	276,64	274,68	316,86	267,81	Tinhnv	P1.1
151	25/03/21	14:28:12	1	2	15,1	275,66	276,64	274,68	316,86	267,81	Tinhnv	P1.1

Bảng 2. Giá trị lực kéo giới hạn phụ thuộc theo lực nén lên các tấm đệm

Lần	Lực nén trên các tấm đệm (N)				Lực kéo giới hạn lý thuyết (N)		Lực kéo giới hạn thực (N)	$\frac{S''_{th} - S'_{th}}{S'_{th}}$	$\frac{Q_{th} - S'_{th}}{S'_{th}}$	$\frac{Q_{th} - S''_{th}}{S''_{th}}$
	P_1	P_2	P_3	P_4	S'_{th}	S''_{th}	Q_{th}			
1	275,7	276,6	273,7	316,9	171,4	256,0	267,8	49%	56%	5%
2	508,2	482,7	487,6	475,8	293,1	429,8	569,0	47%	94%	32%
3	753,4	976,1	810,3	804,4	501,6	737,7	1010,0	47%	101%	37%
4	719,1	802,5	860,4	749,5	469,7	695,0	936,9	48%	99%	35%

Q_{th} là giá trị đo trung bình sau ba thí nghiệm với cùng một bộ giá trị của lực nén. Sau đó, điền các giá trị vào bảng có dạng như Bảng 2.

- Xác định mức độ ảnh hưởng của lực ma sát giữa cáp và tang, chênh lệch giữa giá trị lực kéo giới hạn thực nghiệm với giá trị lý thuyết và phân tích chúng.

- Đánh giá kết quả và đề xuất kiến nghị.

Ngoài ra, có thể thiết lập các quy trình thí nghiệm cho các bài thí nghiệm khác trên mô hình này như khảo sát hệ số ma sát giữa tang và cáp thép, ảnh hưởng của số tấm đệm,...

3.4. Kết quả một số thử nghiệm trên mô hình

Tiến hành thí nghiệm khảo sát lực kẹp đầu cáp trên mô hình theo quy trình ở trên với cáp thép $\phi 9$ và bề mặt tang không xẻ rãnh. Các kết quả đo thu được được thống kê và lưu lại. Trên Bảng 1 là trích xuất dữ liệu đo tại thời điểm tấm đệm cuối cùng bị trượt và Hình 5 là đồ thị biến thiên giá trị lực trên các đầu đo trong khi thực hiện thí nghiệm lần 1.

Thời điểm tấm đệm cuối cùng dịch chuyển được quan sát trên mô hình thí nghiệm tương ứng với sự không biến thiên về giá trị lực và sự thay đổi về dạng của đồ thị lực kéo cáp cũng được ghi nhận. Khả năng kéo của cụm cố định đầu cáp bằng tấm đệm nếu kê đến lực ma sát giữa cáp thép và bề mặt tang ở khoảng

giữa các tấm đệm tăng lên đáng kể (đến trên 45%). Việc tính toán lực kẹp theo cách tính gần đúng có xu thế thiên về an toàn. Tuy nhiên, để tạo ra lực giữ cáp lớn theo yêu cầu thì lực kẹp cáp có thể rất lớn nên gây ra bẹp cáp và đứt các sợi thép của cáp tại mép tấm đệm. Ở những trường hợp đó nên xem xét việc tính toán thiết kế cụm kẹp đầu cáp theo hướng tính toán chính xác.

Lực kéo tới hạn thực tế lớn hơn so với lực kéo ở cách tính toán chính xác từ 5% đến 37% tùy thuộc vào lực nén lên các tấm đệm. Độ chênh lệch này tăng lên khi các lực nén trên tấm đệm tăng. Điều này có thể giải thích là do một phần ảnh hưởng của biến dạng cáp và bề mặt tang tại điểm kẹp làm hệ số ma sát bị thay đổi so với ban đầu. Song đề có thể kết luận chính xác và tường minh về vấn đề này cần tiếp tục thực hiện các kiểm nghiệm khác trên mô hình này.

4. Kết luận

Bài báo đề xuất và xây dựng mô hình thí nghiệm khảo sát lực kẹp đầu cáp trên tang bằng tấm đệm trên cơ sở lý thuyết xác định lực kẹp đầu cáp trên tang có kể đến ảnh hưởng của lực ma sát giữa cáp và bề mặt tang. Quy trình tiến hành thí nghiệm đối với bài toán khảo sát cũng đã được trình bày.

Mô hình thiết bị thí nghiệm đề xuất có cấu tạo đơn

giản, dễ chế tạo và hoàn toàn khả thi với điều kiện vật tư thiết bị trong nước.

Một mô hình thí nghiệm đã được chế tạo, lắp đặt và khai thác tại Phòng nghiên cứu thực nghiệm cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội. Việc xây dựng và chế tạo thêm thiết bị thí nghiệm này giúp giảng viên nâng cao chất lượng giảng dạy và nghiên cứu khoa học, giúp người học được học lý thuyết đi đôi với thực hành và bước đầu tiếp cận với việc nghiên cứu chuyên môn. Đây cũng là một chủ trương lớn của Bộ Giáo dục và Đào tạo nhằm nâng cao chất lượng giáo dục các cơ sở giáo dục đại học.

Nhiều dạng bài toán thí nghiệm hoặc thực hành có thể thiết lập trên mô hình thiết bị thí nghiệm này như các dạng bài toán liên quan đến lực ma sát trên sợi dây, bài toán ảnh hưởng của lực kẹp, số bu lông kẹp,...

Kết quả một số thử nghiệm trên mô hình cho thấy: Lực kéo giới hạn thực tế của cụm kẹp cáp luôn lớn hơn giá trị lực kéo trong tính toán lý thuyết theo cách tính chính xác từ 5% đến 37%; và có thể lớn hơn đến gấp hai lần so với lực kéo trong tính toán lý thuyết theo cách tính gần đúng. Như vậy, tùy theo từng trường hợp cụ thể để áp dụng cách tính phù hợp trong thiết kế cụm kẹp cáp trên tang nhằm đảm bảo độ bền, độ ổn định và độ bền lâu của liên kết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Scheffler, M., Feyrer, K., and Matthias, K., *Fördermaschinen - Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge*. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1998.
- [2] Vũ Liêm Chính, Phạm Quang Dũng, Trương Quốc Thành, *Cơ sở thiết kế máy xây dựng*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội, 2002.
- [3] Schumann, P., Schmidt, T., and Leonhardt, T., *High Traction Clamp Hoists to Solve the Conflict between Maximum Lifetime of the Rope and Traction of the Hoist*. Logist. J., pp.1-7, 2016.
- [4] Nguyễn Văn Tịnh, Trần Quỳnh Trang, *Nghiên cứu ứng dụng lực từ trên các bộ truyền động bằng cáp thép*, Tạp chí cơ khí Việt Nam, số 10, 31-38, 2020.
- [5] Bechtold, M., & Saal, H., *Load carrying behaviour of cable clamps*, IABSE Symposium Report, Vol.88(5), pp.156-161, 2004.
- [6] Ruan, Y., Luo, B., Ding, M., Huang, L., & Guo, Z., *Theoretical and Experimental Study on the Antisliding Performance of Casting Steel Cable Clamps*, *Advances in Civil Engineering*, pp.1-18, 2019.

Ngày nhận bài:	29/6/2021
Ngày nhận bản sửa lần 01:	06/8/2021
Ngày nhận bản sửa lần 02:	26/8/2021
Ngày duyệt đăng:	29/8/2021