

THIẾT KẾ CÁC CHI TIẾT MÁY CHO MÔ HÌNH CẦN TRỤC THÁP

Ngô Bảo⁽¹⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận 13/10/2016; Chấp nhận đăng 20/02/2017; Email: ngobaobk@gmail.com

Tóm tắt

Bài viết này trình bày về thiết kế các chi tiết máy cho mô hình cần trục tháp phục vụ giảng dạy ở Khoa Xây dựng, Trường Đại học Thủ Dầu Một. Kết quả đạt được là đưa ra các bản vẽ để có thể chế tạo được một mô hình cần trục tháp thực tế, giúp ích trong giảng dạy và học tập nhiều môn học thuộc chuyên ngành xây dựng, đặc biệt là các môn thực hành.

Từ khóa: cần trục tháp, bàn nâng, bánh răng, đối trọng, động cơ điện, lồng nâng, tời kéo

Abstract

DESIGNING THE MODEL PARTS OF TOWER CRANES

This article presents the design of machine parts for tower crane model for teaching in the Faculty of Civil Engineering, University of Thu Dau Mot. The results achieved are given drawings to be able to build a model of the actual tower crane, helpful teaching and learning in many subjects in the specialty construction, especially in the subjects of practice.

1. Đặt vấn đề

Cần trục tháp và vận thăng là các máy lớn, giá thành cao, được dùng để nâng chuyển vật liệu khi xây dựng các toà nhà cao tầng. Đối với ngành xây dựng, nhu cầu học tập của sinh viên về máy xây dựng (như cần trục tháp và vận thăng) là không thể thiếu. Sinh cần thực hành, va chạm, thao thao tác với thực tế nhưng ta không thể mua các lớn này về cho các em thực tập, ta cũng không có nhà kho đủ lớn để chứa chúng. Để khắc phục hạn chế này, chúng tôi đưa ra phương án chế tạo máy mô hình để sinh viên thực hành, giúp sinh viên hiểu rõ hơn vấn đề khi đọc sách. *Mô hình kết hợp cần trục tháp và vận thăng* thu nhỏ ở phần trình bày dưới đây sẽ giúp ích rất nhiều cho sinh viên ngành xây dựng học tập, cho giảng viên soạn bài giảng thực hành và cho nhiều người khác muốn quan tâm.

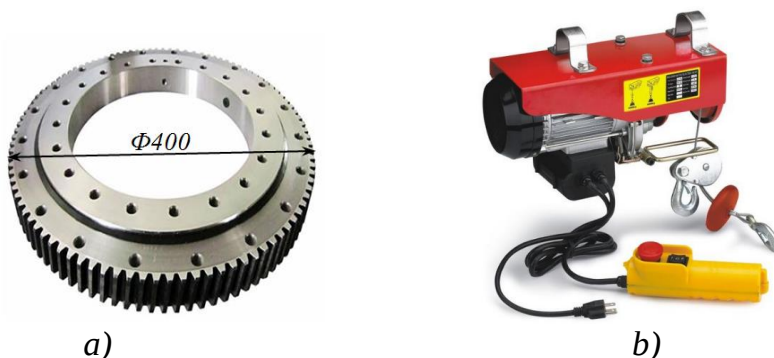
2. Cơ sở lý luận tính toán, thiết kế

Việc tính toán, thiết kế kích thước, hình dáng của mô hình cần trục tháp phụ thuộc vào các yếu tố: (1) Chịu lực tác dụng; (2) Chịu bền theo thời gian, (3) Chi tiết máy dùng cho mô hình phải phù hợp với các chi tiết máy tiêu chuẩn khác; (4) Kích thước tương xứng với khả năng của sinh viên ngành xây dựng. Đặc thù sinh viên ngành xây dựng là nam giới, nên mô hình dạy học ngành xây dựng cũng nên vừa đủ lớn để các em trải nghiệm. Dự kiến mô hình cao khoảng 5,5 m, nặng khoảng 300 kg; (5) Có phụ tùng thay thế khi có hư hỏng xảy ra; (6) Phù hợp kinh phí hiện có; (7) Có tính thẩm mỹ. Đây là mô hình dùng cho dạy học, chỉ chú trọng nhiều về nguyên lý làm việc, vận hành, tháo lắp mà không chú trọng đến việc nâng tải trọng.

Do đó, yếu tố tính toán theo lực tác dụng (mục 1) thì chỉ còn tính sức bền của *phần đế* là đủ, việc tính bền cho các chi tiết khác xem như bỏ qua. Yếu tố mục 2, buộc ta phải dùng vật liệu khung là thép (thép bền hơn nhôm, nhựa, gỗ,...), các chi tiết tiêu chuẩn như: động cơ điện, bánh răng, ổ lăn, cáp, ròng rọc... ta phải dùng loại bền, có độ tin cậy cao. Yếu tố 3, 4, 5, 6, buộc ta phải chọn trước kích thước và giá thành của các chi tiết máy tiêu chuẩn sao cho phù hợp kinh phí hiện có. Từ đó, ta thiết kế kích thước các bộ phận khác tương xứng theo. Yếu tố 7, buộc ta phải suy tính sao cho hình dáng sản phẩm tạo ra phải hợp mắt và dễ chế tạo. Ngoài ra, có 2 bộ phận quan trọng làm ảnh hưởng đến kích thước của mô hình là:

Bộ phận khớp quay: Để khớp quay an toàn, dễ hoạt động, khi hư hỏng thì dễ thay thế... thì chỉ có cách dùng **ổ lăn kiểu mâm quay** (bạc đạn mâm quay như hình 1a). Ổ lăn này nếu chọn loại nhỏ nhất thì có đường kính vành răng ngoài cỡ 400 mm. Do đó, để bảo đảm tính thẩm mỹ thì mặt cắt ngang của thân cần trục tháp có đường kính trung bình không thể nhỏ hơn 400mm.

Tời kéo: Hiện tại trên thị trường có bán tời kéo nhỏ nhất là loại có sức nâng 150kg (hình 1b). Vì vậy, kích thước mô hình, kích thước của bộ phận đỡ, đường ray, bánh xe... cũng phải tương xứng với kích thước của loại tời kéo này.



Hình 1. Ổ lăn mâm quay và tời kéo

Từ các yếu tố ảnh hưởng nói trên đã đưa ta tới việc tính chọn kích thước hợp lý cho mô hình cần trục tháp là: Mặt cắt ngang của phần thân mô hình là hình vuông có kích thước 0,4m. Độ cao của mô hình phụ thuộc vào kích thước ngang của phần thân (bảo đảm tính thon gọn và thẩm mỹ). Do đó, độ cao trung bình được tác giả lấy theo quy tắc:

$$\text{Độ cao} = 13 \times \text{kích thước ngang phần thân} = 13 \times 0,4 = 5,2 \text{ (m)}$$

Để thiết kế được mô hình cần trục tháp đạt yêu cầu độ cao như trên và phù hợp các yêu cầu đặt ra thì ta dùng thép hộp 40 x 40 (mm) dày 1,4 mm để làm các đoạn tháp cơ sở. Các chi tiết khác thì thiết kế dựa theo tính phù hợp với chi tiết máy tiêu chuẩn, phù hợp thẩm mỹ và phù hợp với kinh phí hiện có.

3. Kiểm nghiệm độ bền của phần đế

Phần đế được làm bằng thép hộp 40 x 40 dày 1,4mm (hình 2a). Ta cần kiểm tra bền của phần này. *Các chân đế* được làm bằng thép hộp 60 x 40 dày 1,4mm. Ta không cần kiểm nghiệm sức bền cho các chân đế này, vì chúng chỉ là bộ phận kê, chi phí không đáng kể, ta dễ dàng thay đổi chúng khi cần thiết. Phần đế chịu toàn bộ trọng lượng **G** của cần trục. Để tính sức bền của phần đế, ta coi phần đế gồm 6 thanh thẳng, cùng chiều dài *l*, xếp song song sát nhau, chịu lực tập trung **G** tại trung điểm. Mỗi thanh thẳng có tiết diện hộp vuông rỗng, kích thước cạnh trong *a*, kích thước cạnh ngoài *b* (hình 2a). Theo ý tưởng thiết kế, ta lấy sơ bộ các số liệu như sau:

Khối lượng tổng của cần trục tháp là $m = 300 \text{ kg}$. Do đó, trọng lượng $G = 3000 \text{ N}$.
Cạnh của phần đế là $l = 1,2 \text{ m}$.

Tiết diện thép hộp vuông có đặc trưng hình học:

- Kích thước cạnh trong: $a = 0,0372 \text{ m}$, kích thước cạnh ngoài $b = 0,04 \text{ m}$.

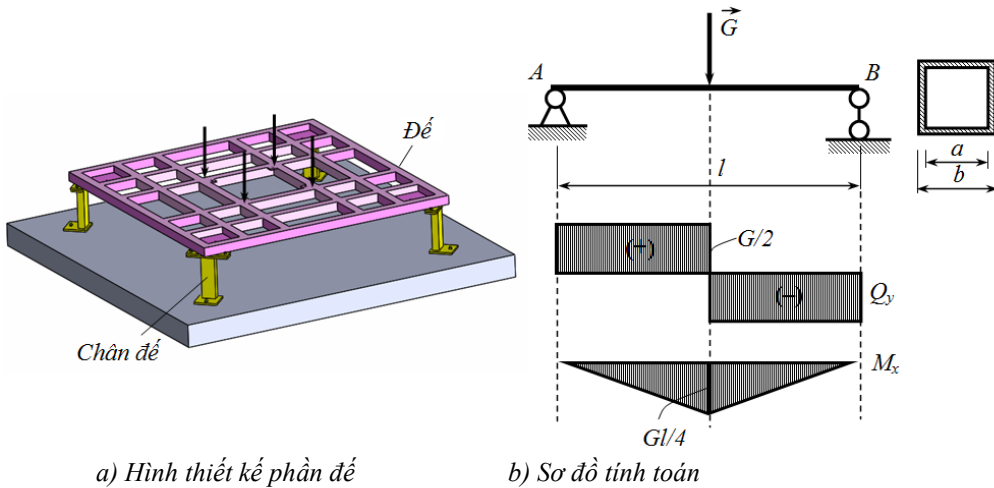
- Diện tích mặt cắt ngang: $S = b^2 - a^2 = 0,04^2 - 0,0372^2 = 2,16 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)}$

- Mômen chống uốn: $W_x = W_y = \frac{b^3 - a^3}{6} = \frac{0,04^3 - 0,0372^3}{6} = 2,087 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$

- Mômen quán tính: $J_x = J_y = \frac{b^4 - a^4}{12} = \frac{0,04^4 - 0,0372^4}{12} = 5,375 \cdot 10^{-8} \text{ (m}^4\text{)}$

- Ứng suất pháp cho phép của thép là $[\sigma] = 1,6 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$

- Ứng suất tiếp cho phép của thép là $[\tau] = 0,8 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$



a) Hình thiết kế phần đế

b) Sơ đồ tính toán

Hình 2. Tính toán phần đế cần trục tháp

Xét riêng 1 thanh, theo lý thuyết sức bền, ta vẽ được biểu đồ lực cắt và biểu đồ mômen uốn như hình 2b. Từ đó, ta thấy tại tiết diện nguy hiểm có lực cắt là $Q_y = G/2$ và mômen uốn là $M_x = Gl/4$. Phần đế gồm 6 thanh thẳng, tiết diện vuông như trên, nên mômen chống uốn của phần đế là: $W'_x = W'_y = 6 \cdot 2,087 \cdot 10^{-6} = 12,522 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$.

Ta kiểm tra điều kiện bền của phần đế theo 2 tiêu chí sau:

a) Kiểm tra điều kiện bền theo ứng suất pháp:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{G \cdot l}{4 \cdot W'_x} = \frac{3000 \cdot 1,2}{4 \cdot 12,522 \cdot 10^{-6}} \approx 0,72 \cdot 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$\text{Ta thấy: } \sigma \approx 0,72 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 \leq [\sigma] = 1,6 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 \quad (1)$$

b) Kiểm tra điều kiện bền theo ứng suất tiếp:

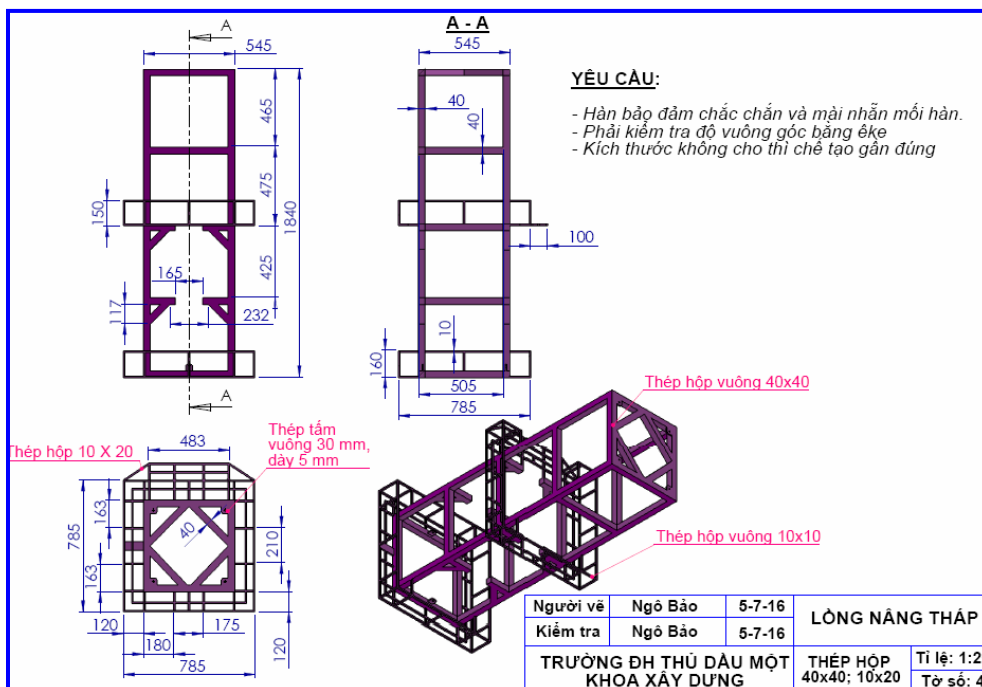
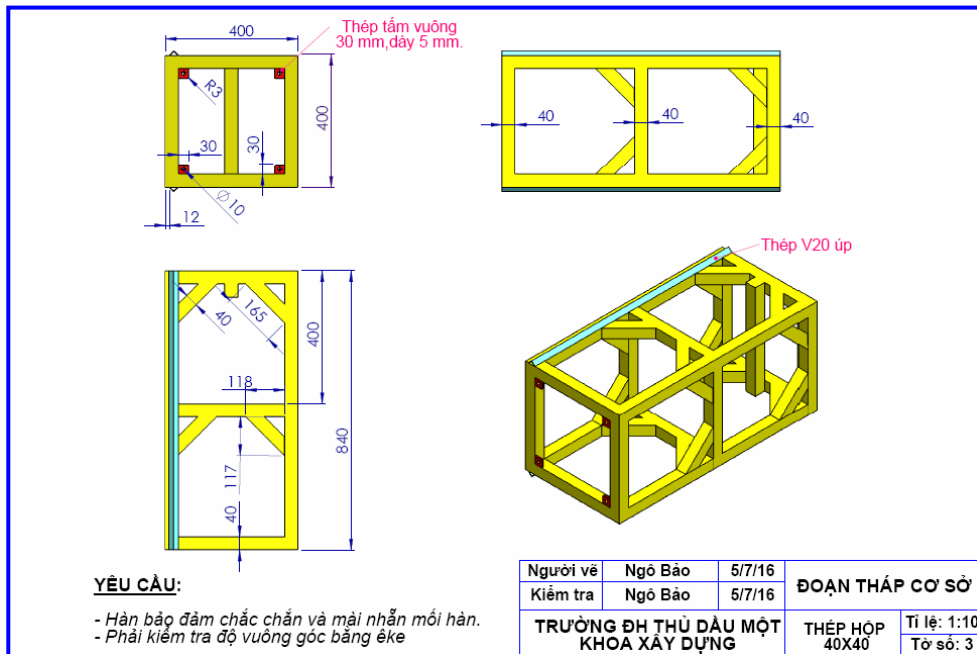
$$\tau = \frac{4 \cdot Q_y}{3 \cdot S'} = \frac{4 \cdot \frac{3000}{2}}{3 \cdot 6 \cdot 2,16 \cdot 10^{-4}} = 1,55 \cdot 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (\text{với } S' = 6S)$$

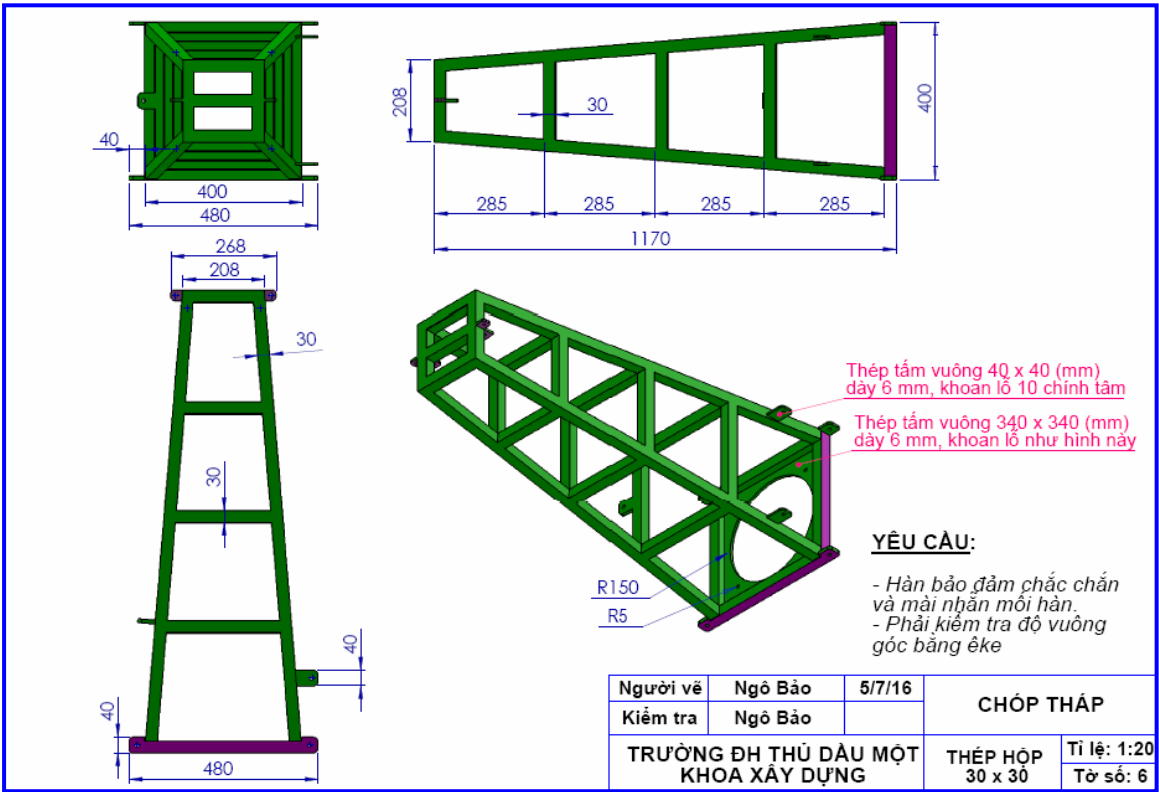
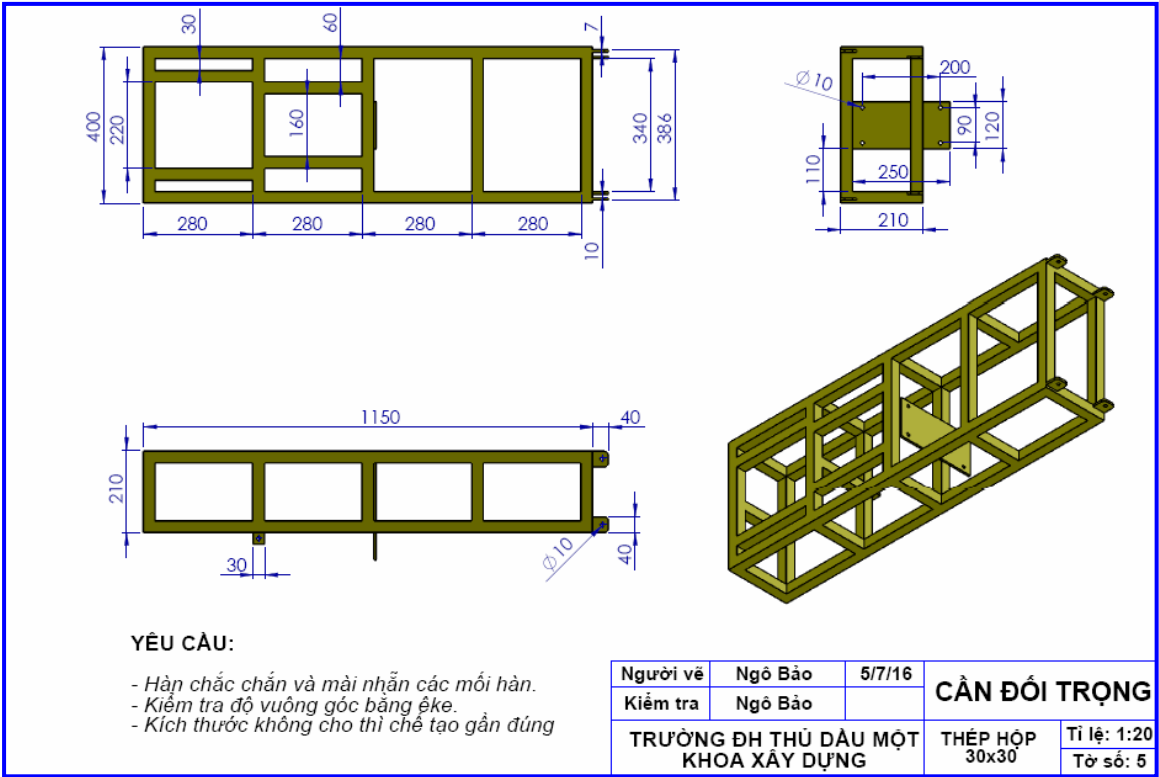
$$\text{Ta thấy: } \tau \approx 1,55 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \leq [\tau] = 0,8 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 \quad (2)$$

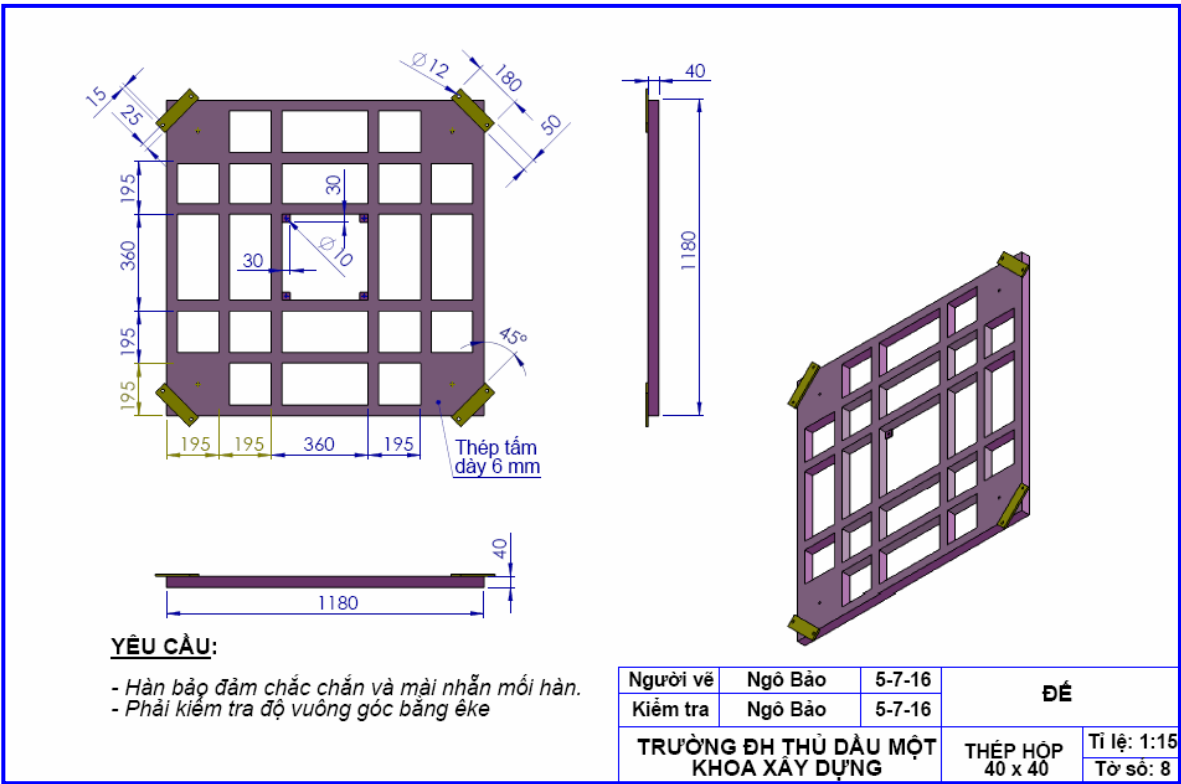
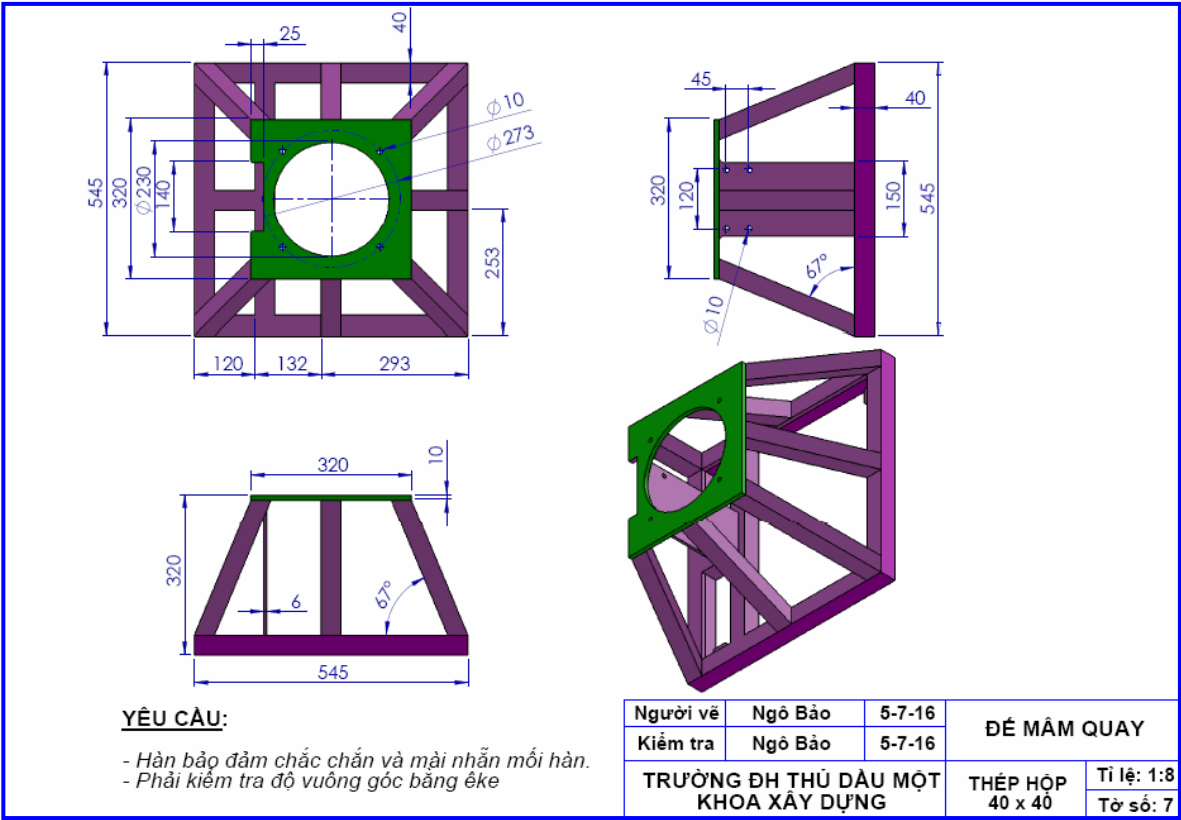
Từ kết quả (1) và (2), ta thấy việc chọn đế bằng các thanh thép hộp 40 x 40 dày 1,4 mm là đạt yêu cầu, bảo đảm an toàn (dư bền nhiều lần).

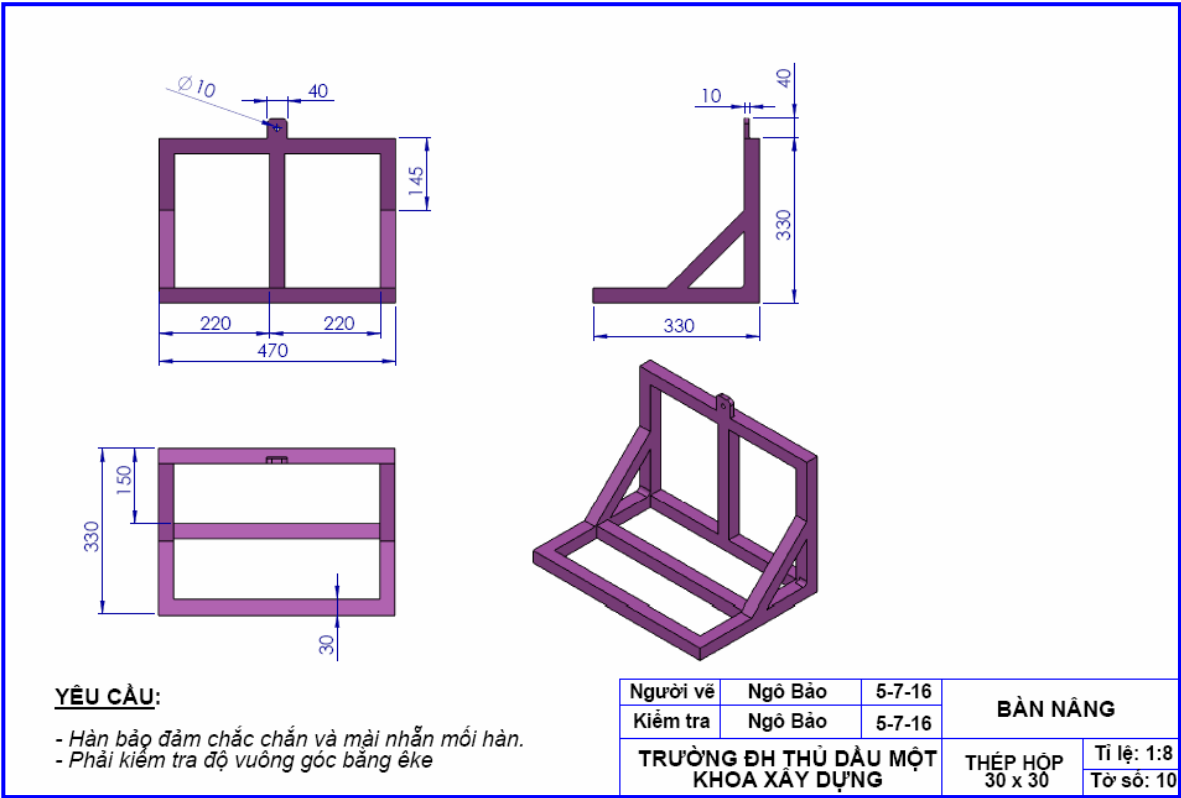
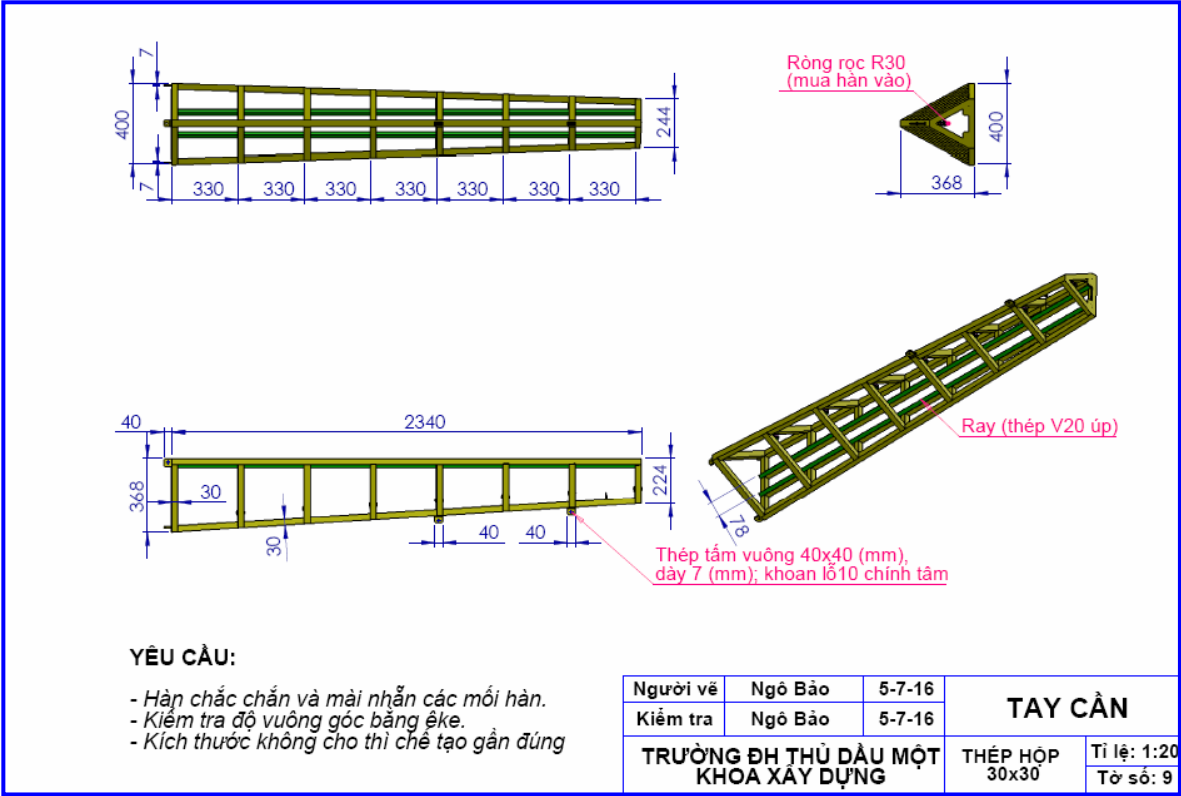
4. Thiết kế các chi tiết máy

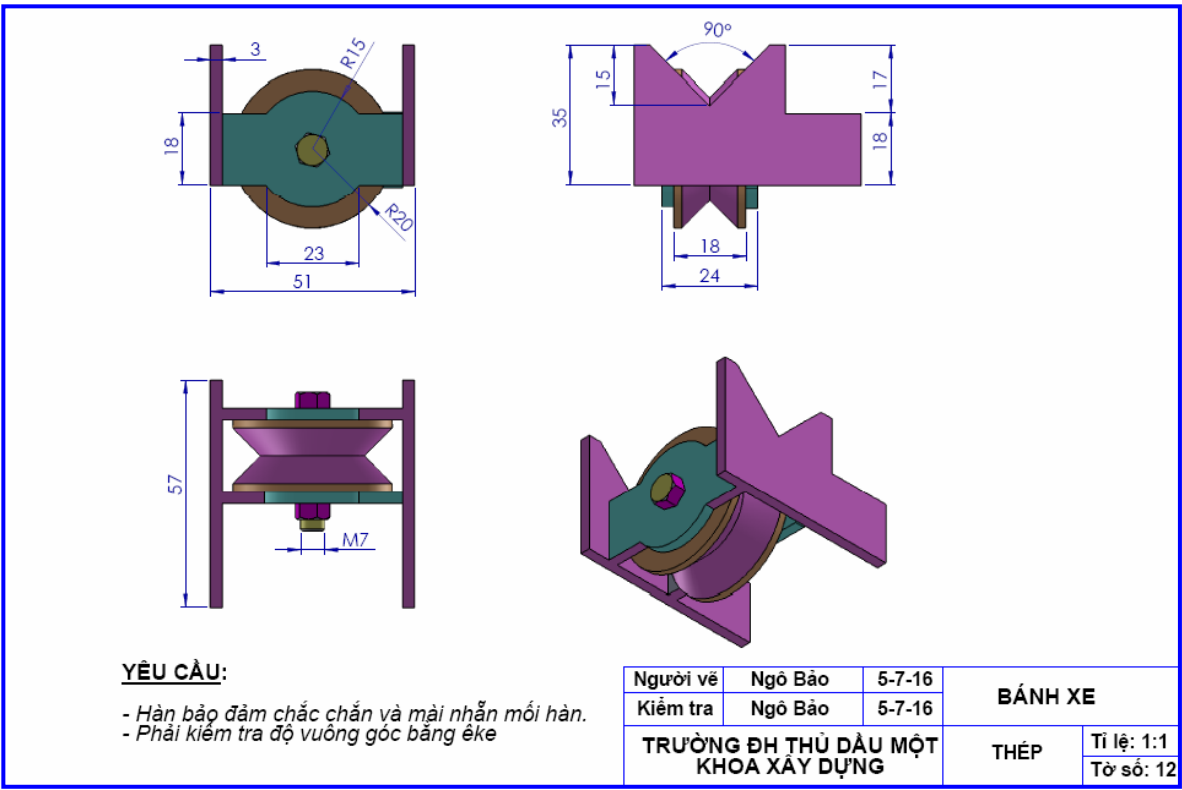
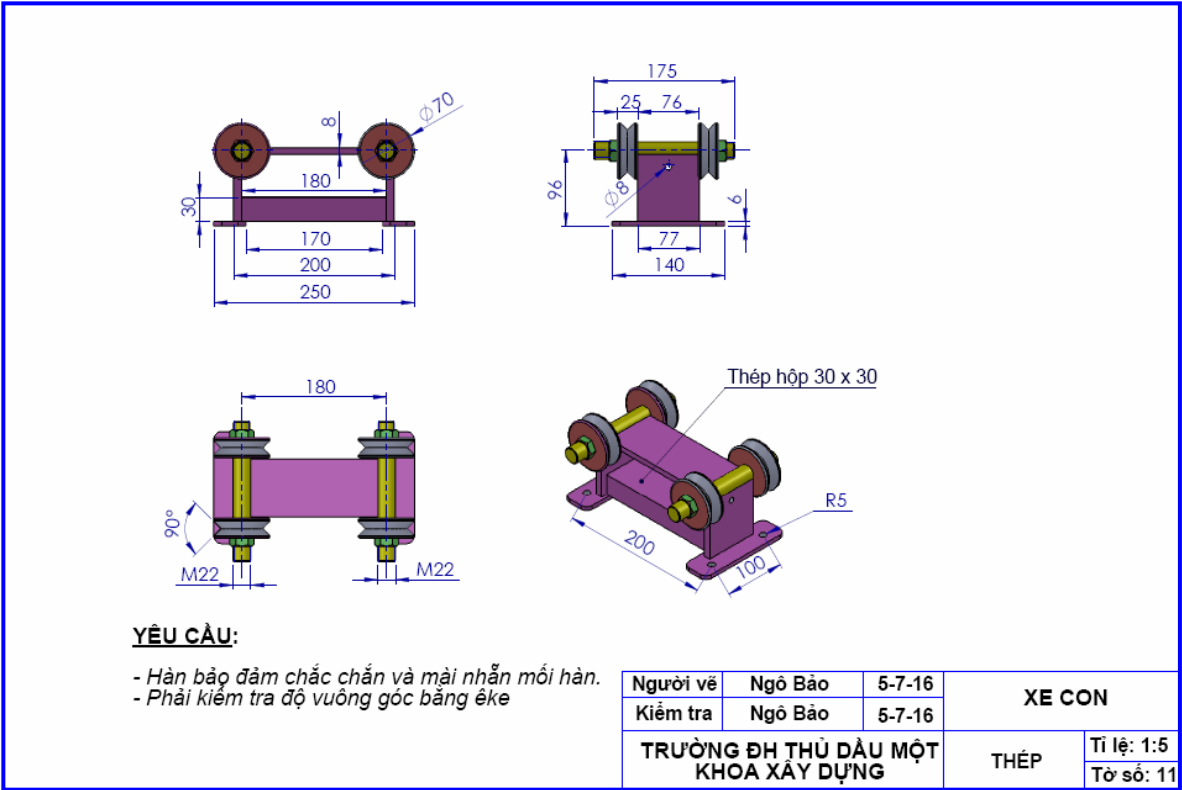
Sau khi đối chiếu tất cả các điều kiện, các yếu tố cần đạt tới, bảo đảm sản phẩm chế tạo ra phải phù hợp yêu cầu thực tế, tức là phù hợp cho giảng dạy thực hành môn học *Máy xây dựng và an toàn lao động*, tác giả thiết kế các chi tiết máy với đầy đủ kích thước như các hình sau đây:

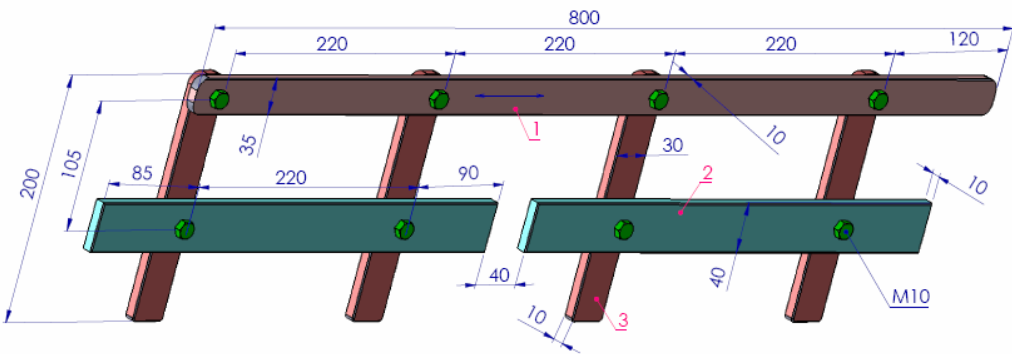








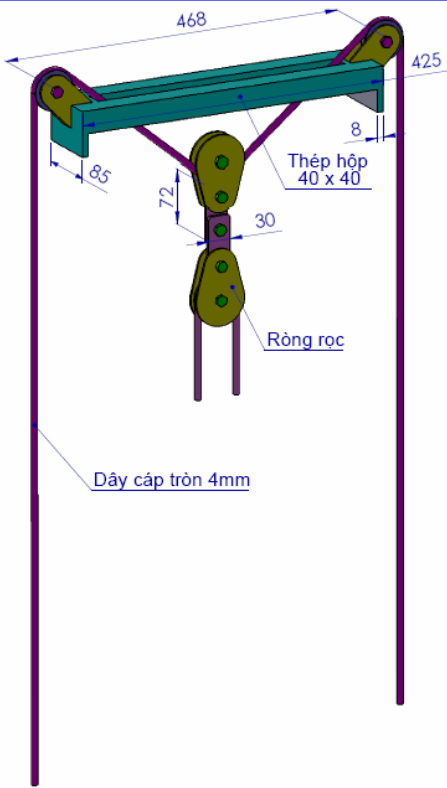




GHI CHÚ:

- Lắp sáo cho các thanh số 1 tịnh tiến dễ dàng theo chiều mũi tên
- Mài tã các cạnh sắc.
- Lắp các bu lông - đai ốc sao cho khi khóa an toàn hoạt động thì không bị tuột đai ốc.

Người vẽ	Ngô Bảo	5-7-16	KHÓA AN TOÀN	
Kiểm tra	Ngô Bảo	5-7-16		
TRƯỜNG ĐH THỦ DẦU MỘT			THÉP TÁM	Tỉ lệ: 1:4
KHOA XÂY DỰNG				Tờ số: 13



GHI CHÚ:

Mua các ròng rọc và dây cáp theo tiêu chuẩn

Người vẽ	Ngô Bảo	5-7-16	RÒNG RỌC CÁP	
Kiểm tra	Ngô Bảo	5-7-16		
TRƯỜNG ĐH THỦ DẦU MỘT			THÉP	Tỉ lệ: 1:5
KHOA XÂY DỰNG				Tờ số: 14

5. Kiểm nghiệm tải trọng cần nâng

Đây là mô hình, chỉ để cho người học biết nguyên lý hoạt động, cách lắp dựng, mà không bàn tới với nâng tải nặng hay nhẹ. Nhưng sau khi chế tạo xong mô hình này, ta cần phải thử nghiệm bằng cách cho nâng thử các tải trọng trong giới hạn cho phép để đánh giá sự cứng vững của mô hình và đưa ra khoảng tải trọng nâng cho người sử dụng.

Giả sử cần trục tháp có dạng chữ T, các kích thước cho như hình 4. Theo như thiết kế thì ta có các thông số sau:

- Khối lượng toàn cần trục $m = 300 \text{ kg}$, do đó trọng lượng $G \approx 3000 \text{ N}$

- Khối lượng đối trọng là $m = 40 \text{ kg}$, do đó trọng lượng $Q \approx 400 \text{ N}$

- Khoảng cách từ đối trọng tới tâm cần trục $a = 1,34 \text{ m}$

- Chiều dài tay cần $b = 2,55 \text{ m}$

- Tầm với $c = 2,3 \text{ m}$

- Khoảng cách tối đa từ mặt đất tới điểm treo vật $d = 3,5 \text{ m}$

- Khoảng cách từ tâm cần trục tới điểm tựa ngoài cùng của chân đế $e = 0,6 \text{ m}$

Theo thiết kế thì khối lượng phía bên trái (gồm tay cần, động cơ điện, xe con, các chi tiết khác) cân bằng với khối lượng phía bên phải (gồm khối lượng của cần đối trọng, động cơ, đối trọng và các chi tiết khác), tức là trọng tâm của toàn cần trục được thiết kế xem như nằm trên đường tâm xx' . Khi nâng vật trọng lượng P , điểm treo vật cách tâm cần trục là l (chỉ lấy giá trị $e \leq l \leq c$). Ta cần tìm giá trị P tới hạn để cả hệ thống cân bằng, tức không bị ngã quanh điểm B. Do đó, tổng mômen của hệ lực (G, Q, P) gây ra quanh điểm B phải thỏa điều kiện:

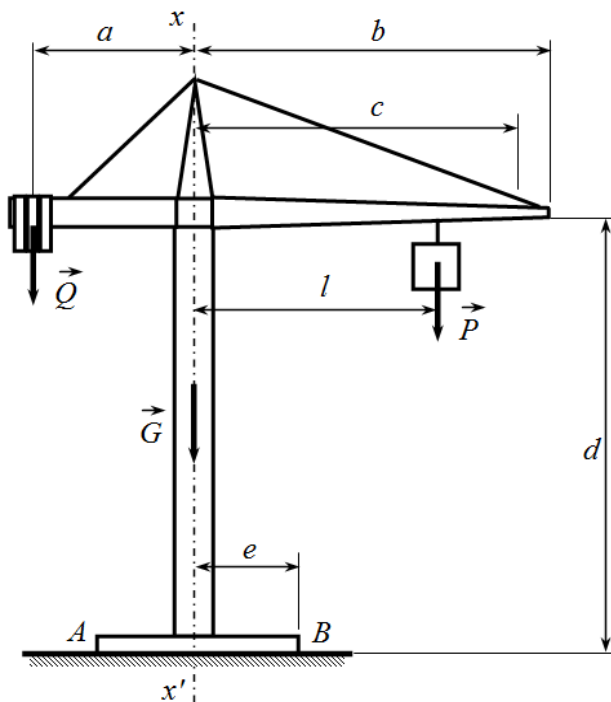
$$P(l - e) \geq G.e + Q.(a + e) \quad (3) \text{ Thế các số liệu vào biểu thức (1), ta có:}$$

$$P(l - 0,6) \geq 0,6.3000 + 400.(1,34 + 0,6)$$

$$\Leftrightarrow P \geq \frac{2576}{l - 0,6} \quad (4)$$

Theo công thức (4), ta có bảng vài giá trị liên hệ giữa tải trọng cần nâng P và tầm với l như bảng 1:

Bảng 1. Giá trị liên hệ giữa tải trọng cần nâng P và tầm với l



Hình 3. Sơ đồ tính toán để kiểm tra sức nâng tải của mô hình cần trục tháp

STT	$l \text{ (m)}$	$P \text{ (N)}$	$m \text{ (kg)}$
1	0,7	25760	2576
2	0,9	8586	858,6
3	1,1	5152	515,2
4	1,3	3680	368
5	1,5	2862	286,2
6	1,7	2342	234,2
7	1,9	1982	198,2
8	2,1	1717	171,7
9	2,3	1515	151,5

Theo bảng 1, ta thấy khả năng nâng tải của mô hình cần trục tháp nằm trong khoảng $m = (151,5 \div 2576)kg$. Tuy nhiên, đó chỉ là số liệu tính cho vật rắn tuyệt đối. Thực tế, các tời kéo chỉ cho phép nâng vật dưới 150kg (khi nâng vật trực tiếp, không dùng ròng rọc động). Để an toàn tuyệt đối cho học viên thực tập, tác giả chỉ cho phép nâng tải không quá 50kg.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Văn Cự, Nguyễn Quang Cự, Đoàn Như Kim (2009), *Vẽ kỹ thuật xây dựng, tập 1*, NXB Giáo Dục Việt Nam.
- [2] Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2006), *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, tập 1 và 2*, NXB Giáo Dục.
- [3] Nguyễn Đăng Cường, Vũ Minh Khương (2010), *Máy xây dựng*, NXB Xây Dựng.
- [4] Lê Hoàng Tuấn, Bùi công Thành (1998), *Sức bền vật liệu, tập 1*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [5] Nguyễn Trọng Hữu (2010), *Hướng dẫn sử dụng SolidWorks 2010*, NXB Giao thông Vận tải.
- [6] Trần Hữu Quế, Đặng Văn Cự, Nguyễn Văn Tuấn (2009), *Vẽ kỹ thuật cơ khí*, NXB Giáo Dục Việt Nam.

BẢN VẼ LẮP CẦN TRỤC THÁP

