

Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy búa thủy lực MHP-01 đóng cọc hệ lan đường ô tô

Nguyễn Bình*, Nguyễn Hữu Chí

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 14.10.2015, ngày chuyển phản biện 20.10.2015, ngày nhận phản biện 25.11.2015, ngày chấp nhận đăng 30.11.2015

Bài báo trình bày kết quả chủ yếu của đề tài khoa học: “Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy búa thủy lực MHP-01 đóng cọc hệ lan đường ô tô”. Từ việc chọn phương án phù hợp, đề tài đã tiến hành tính toán xác định các thông số và thiết kế các cụm, các chi tiết; xây dựng quy trình chế tạo máy. Máy đã được chế tạo thành công với nhiều ưu điểm so với máy tương tự nhập ngoại về các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật. Đây là đề tài đầu tiên ở Việt Nam được hoàn thành theo Thông tư số 02/2015/TT-BKHHCN ngày 6.3.2015 của Bộ Khoa học và Công nghệ về việc thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ không sử dụng ngân sách nhà nước.

Từ khóa: đóng cọc, đường ô tô, hệ lan, máy búa.

Chỉ số phân loại 2.3

Research into designing and manufacturing hydraulic hammer machine MHP-01 for piling of wear resistant along auto roads

Summary

This paper presents the main results of the scientific project: “Research into designing and manufacturing hydraulic hammer machine MHP-01 for piling of wear resistant along auto roads”; from the selection of suitable plan, the research calculated and determined the parameters, designed the machine components and constructed machinery manufacturing processes. The machine has been manufactured successfully with many advantages compared with similar imported machines in terms of the economic indicators and techniques. This is the first project in Vietnam which has been completed according to the Circular 02/2015/TT-BKHHCN of Ministry of Science and Technology signed 6.3.2015 on the implementation of scientific projects not using the State budget.

Keywords: auto road, hammer machine, pile driving, wear resistant.

Classification number 2.3

Đặt vấn đề

Hệ thống hệ lan đường ô tô góp phần quan trọng đảm bảo an toàn giao thông cho người và phương tiện lưu thông trên đường, chúng được sử dụng như dải phân cách cứng giữa hai chiều của đường cao tốc và là hệ thống chắn an toàn trên đường đèo hiểm trở. Trên thế giới, việc xây dựng hệ thống hệ lan được thực hiện bằng các máy chuyên dụng của các nước như Nhật Bản, Italia, Trung Quốc...

Ở Việt Nam, từ năm 2014 một số doanh nghiệp đã sử dụng máy đóng cọc hệ lan nhập của Trung Quốc để thi công trên tuyến Quốc lộ 3, năm 2015 thi công trên Quốc lộ 1 để đóng cọc ống $\varnothing 141$ mm dài 2,1 m; đóng sâu 1,2 m; nhô cao 0,9 m. Cọc được đóng trực tiếp trên nền đất đắp $k = 0,95-0,98$ [1].

Các máy này cho năng suất tương đối cao, tuy nhiên kết cấu máy còn thiếu vững chắc, ảnh hưởng đến quá trình đóng cọc. Do nhu cầu của thực tế thi công ngày càng cần nhiều máy có chất lượng tốt hơn và xu hướng cần làm chủ công nghệ; đồng thời tích cực triển khai Thông tư 02/2015/TT-BKHHCN của Bộ Khoa học và Công nghệ, Bộ Giao thông Vận tải đã phê duyệt thực hiện đề tài DTDN LH-CMC 01 theo hình thức “xã hội hóa” nhằm nhanh chóng đưa sản phẩm vào thực tế sản xuất, góp phần đẩy nhanh tiến độ hoàn thiện các tuyến đường giao thông quan trọng.

Công ty TNHH Sản xuất và Thương mại Linh Hà

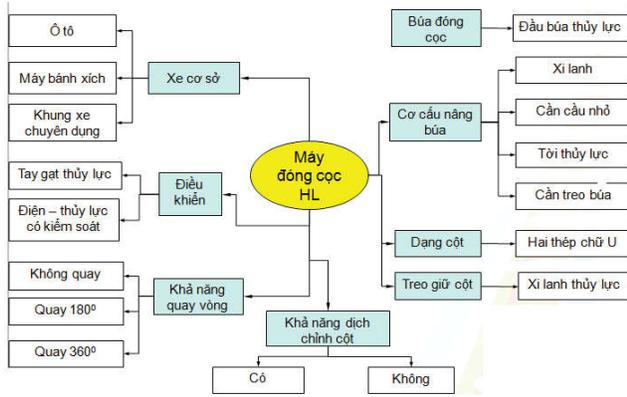
*Tác giả liên hệ: binhthuan2356@gmail.com

và nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Giao thông Vận tải đã tiến hành nghiên cứu thiết kế chế tạo một mẫu máy đóng cọc hộ lan nhằm khắc phục các nhược điểm của máy nhập ngoại. Đề tài đã được Hội đồng khoa học Bộ Giao thông Vận tải đánh giá đạt 90/100 điểm vào ngày 21.8.2015.

Nội dung nghiên cứu

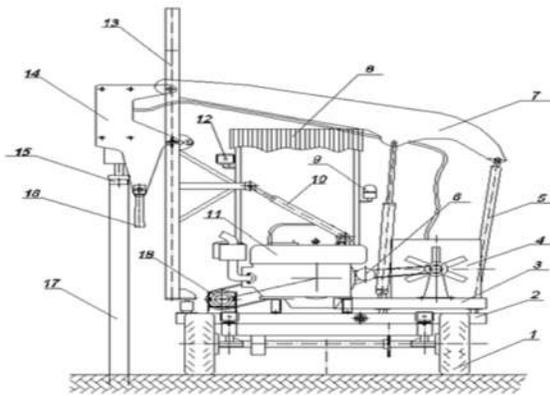
Nghiên cứu chọn dạng và thiết kế tổng thể máy búa thủy lực MHP-01 đóng cọc hộ lan đường ô tô

Để chọn được dạng máy cho việc thiết kế, các tác giả đã nghiên cứu và lập được sơ đồ phân loại các máy đóng cọc hộ lan như sau [1]:



Sơ đồ phân loại theo đặc điểm cấu tạo máy đóng cọc hộ lan

Qua phân tích ưu, nhược điểm của các loại máy như sơ đồ trên, nhóm tác giả đã chọn được loại máy có cấu tạo tổng thể như hình 1.



Hình 1: cấu tạo chung máy đóng cọc hộ lan đường ô tô theo hướng thiết kế

1. Bánh xe di chuyển lắp trên khung cơ sở; 2. Khung ngang di trượt; 3. Khung liên kết cân chỉnh với máy; 4. Bộ làm mát dầu thủy lực; 5. Thanh giữ cân nâng búa; 6. Bộ đề nổ động cơ; 7. Cần treo búa; 8. Mái che; 9. Đèn tín hiệu; 10. Xi lanh điều chỉnh độ nghiêng cần; 11. Động cơ diesel; 12. Đèn chiếu sáng; 13. Cột dẫn hướng búa; 14. Búa thủy lực; 15. Đầu đóng cọc; 16. Chèo rút cọc; 17. Cọc; 18. Máy phát điện

Việc rút cọc sẽ được tiến hành trong hai trường hợp: cọc đóng vào vị trí có vật cản cứng không thể xuống được; rút cọc cũ khi cải tạo, mở rộng lề đường.

Tính toán xác định các thông số chính của máy MHP-01

Trong khuôn khổ của bài báo, nhóm tác giả chỉ trình bày phương pháp tính toán các thông số chính của máy [2].

Xác định lực tác dụng lên máy khi di chuyển trên đường:

- Xác định lực cản lăn: $P_f = f.G$ (kG)

Trong đó: G - tải trọng tác dụng lên bánh xe (kG); f - hệ số lực cản lăn.

- Xác định lực cản không khí: $P_w = K.F.v^2$ (kG)

Trong đó: K - hệ số cản không khí, F - diện tích chịu lực cản không khí, v - tốc độ di chuyển của máy.

Trong kỹ thuật quen dùng thứ nguyên km/h nên ta có: $P_w = K.F.v^2/13$

- Xác định lực cản leo dốc: $P_i = \frac{G.h}{l} = \pm G.i$

Độ dốc i mang dấu dương khi leo dốc và dấu âm khi xuống dốc. Lấy độ dốc của đường là i = 16% khi máy MHP di chuyển trên đường núi.

- Xác định lực cản quán tính: $P_j = m.j$ (kG)

Trong đó: M - khối lượng của xe (G/g); g - gia tốc trọng trường (9,81 m/s²); j - gia tốc khởi động máy $j = dv/dt$.

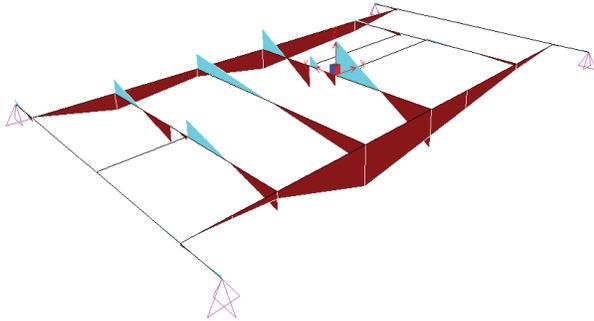
- Xác định lực kéo của máy: công suất N của động cơ lắp trên máy tạo nên một mô men M tại trục khuỷu của động cơ. Giữa N và M có liên hệ: $N = M.\omega/75$ (Hp). Trong đó, ω là tốc độ góc của trục khuỷu của động cơ, có liên hệ với số vòng quay của động cơ n (vòng/phút): $\omega = \pi n/30$.

- Xác định lực bám dính của bánh xe với mặt đường: lực bám lớn nhất tỷ lệ thuận với trọng lượng tác dụng trên bánh xe chủ động $G_k: T_{max} = \phi.G_k$ (kG). Trong đó, ϕ là hệ số bám (tức là hệ số ma sát) giữa bánh xe và mặt đường.

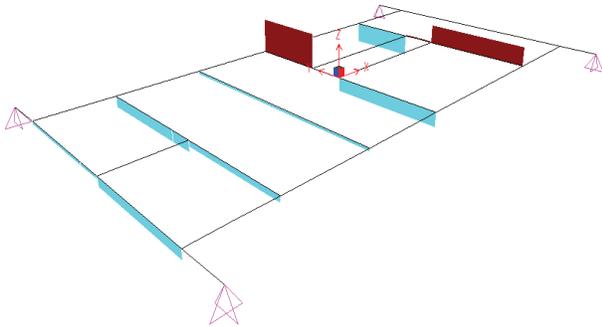
Như vậy, điều kiện chuyển động của máy về mặt lực bám là: $P_a < T_{max} = \phi \cdot G_k$

Thiết kế khung xe cơ sở

Kết quả tính bên khung xe cơ sở máy đóng cọc hộ lan đường ô tô bằng phần mềm SAP2000 được thể hiện trên hình 2 và 3 (xét cho trạng thái bất lợi nhất là khi rút cọc).



Hình 2: biểu đồ mô men uốn M_x của khung cơ sở khi rút cọc



Hình 3: biểu đồ mô men xoắn khung khi rút cọc

Lựa chọn đầu búa thủy lực

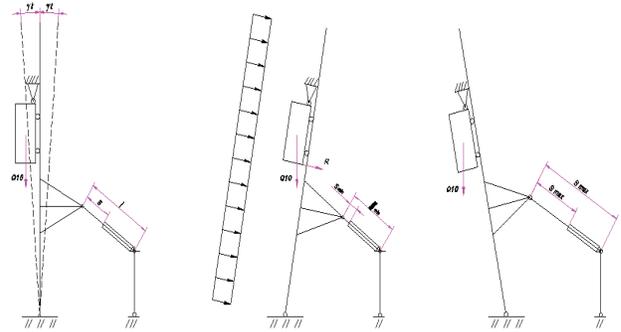
Đầu búa thủy lực là cơ cấu tạo lực đóng cọc trên máy. Đề tài đã nghiên cứu lựa chọn được loại búa của Hàn Quốc có các thông số chính như sau:

- Ký hiệu: RHB 305-E
- Đường kính choòng: 60 mm
- Lực đập danh nghĩa: 3500-6000 kG
- Tần số va đập: 35-65 lần/phút
- Trọng lượng: 260 kg

Thiết kế hệ thống kết cấu thép của bộ công tác đóng cọc

Xác định lực tác dụng lên hệ thống cột và giá đỡ: trong quá trình đóng cọc, hệ thống cột và giá đỡ của máy chịu lực tác dụng thay đổi về phương và chiều tùy theo các trạng thái đóng cọc: theo phương thẳng đứng,

ngiêng về phía sau, nghiêng về phía trước. Do vậy, hệ thống cột và giá đỡ cần được xét theo các sơ đồ tính trên hình 4.



Hình 4: sơ đồ tính hệ thống cột và giá đỡ

Xác định lực cản đóng cọc: do cọc là ống thép rỗng nên chủ yếu là có lực cản dính bám của nền vào cọc được xác định như lực bó thân cọc khi đóng vào nền.

$$F_{ms} = S \cdot q \quad (\text{kG})$$

Trong đó:

$S = S_1 + S_2$ là diện tích tiếp xúc của cọc với nền

S_1 - diện tích tiếp xúc mặt ngoài của cọc với nền

$$S_1 = \pi \cdot D \cdot H = 3,14 \cdot 0,141 \cdot 1,2 = 0,53 \text{ m}^2$$

S_2 - diện tích tiếp xúc mặt trong của cọc với nền

$$S_2 = \pi \cdot d \cdot H = 3,14 \cdot 0,13 \cdot 1,2 = 0,489 \text{ m}^2$$

$H = 1,2 \text{ m}$ là chiều sâu đóng cọc vào nền

q - hệ số cản riêng lớn nhất trên cọc khi nền khô và đất cứng (kG/m^2): $q = 2500 \text{ kG/m}^2$

Vậy:

$$F_{ms} = S_1 \cdot q_1 + S_2 \cdot q_2 = 0,53 \cdot 2500 + 0,489 \cdot 0,15 \cdot 2500 = 1508 \text{ (kG)}$$

Thiết kế hệ thống truyền động thủy lực và điều khiển máy

Hệ thống truyền động thủy lực và điều khiển máy MHP-01 có nhiệm vụ thực hiện các thao tác trong quá trình làm việc của máy. Hệ thống này gồm có: bộ nguồn thủy lực gồm: thùng dầu (2), bộ lọc dầu (1), bơm thủy lực (23), van an toàn (22), đồng hồ đo áp suất (21) và két làm mát dầu (4).

Bơm (23) được dẫn động bởi động cơ diesel qua bộ truyền đai có nhiệm vụ cấp dầu thủy lực cao áp tới các xilanh và mô tơ thủy lực.

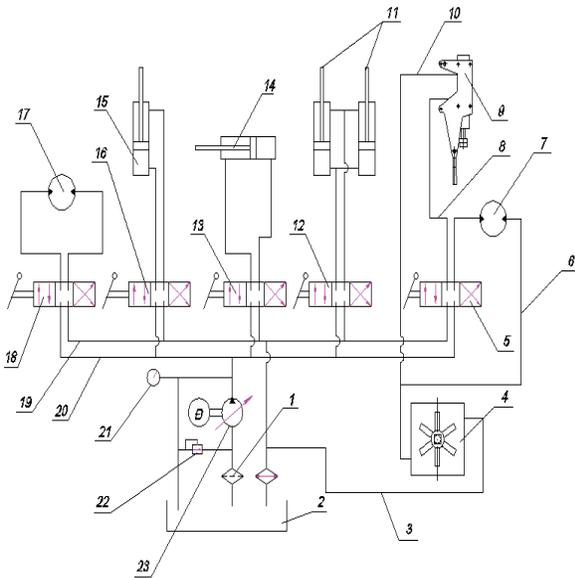
Các xilanh thủy lực thực hiện các thao tác:

- Nâng hạ cần treo búa (xilanh 15) để đưa búa chụp vào đầu cọc;
- Dịch ngang khung trên (xilanh 14) để dịch búa và cọc vào đúng vị trí;
- Điều chỉnh góc nghiêng cột (cặp xilanh 12) để đóng cọc đúng theo phương thẳng đứng khi nền dốc nghiêng.

Hai mô tơ thủy lực có nhiệm vụ:

- Di chuyển máy tiến, lùi (mô tơ 17);
- Quay máy phát điện hàn (mô tơ 7);

5 van phân phối (5), (12), (13), (16), (18) điều khiển bằng tay có nhiệm vụ điều khiển sự hoạt động của 3 cụm xilanh và 2 mô tơ thủy lực.

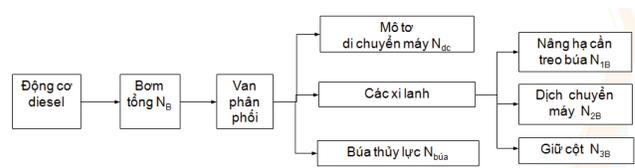


Hình 5: sơ đồ hệ thống thủy lực máy MHP-01

1. Bộ lọc dầu; 2. Thùng dầu; 3. Đường ống hồi dầu; 4. Két làm mát; 5. Van phân phối điều khiển búa và mô tơ máy phát điện hàn (dùng chung); 6. Đường ống hồi dầu của máy phát điện hàn; 7. Mô tơ quay máy phát điện hàn; 8. Ống cấp dầu cao áp cho búa thủy lực; 9. Đầu búa thủy lực đóng cọc; 10. Đường ống hồi dầu của búa thủy lực; 11. Cặp xilanh điều chỉnh góc nghiêng cột; 12. Van phân phối điều khiển xilanh chỉnh góc nghiêng cần; 13. Van phân phối điều khiển xilanh dịch ngang khung trên bộ công tác; 14. Xilanh dịch ngang khung trên; 15. Xilanh nâng hạ cần treo búa; 16. Van điều khiển xilanh nâng hạ cần treo búa; 17. Mô tơ di chuyển máy; 18. Van phân phối điều khiển mô tơ di chuyển; 19. Đường dầu thấp áp; 20. Đường dầu cao áp; 21. Đồng hồ đo áp suất; 22. Van an toàn; 23. Bơm dầu

Lựa chọn động cơ dẫn động máy MHP-01

Công suất danh định cần thiết của động cơ dùng để dẫn động mô tơ di chuyển máy, các xilanh và búa thủy lực theo sơ đồ hình 6.



Hình 6: sơ đồ dẫn động công suất từ động cơ đến các bộ công tác

Kết quả tính toán công suất cần thiết cho các thiết bị công tác như sau:

$$N_{dc} = 5,5 \text{ kW} \qquad N_{búa} = 16 \text{ kW}$$

$$N_{1B} = 5,313 \text{ kW} \qquad N_{2B} < N_{1B}; N_{3B} < N_{1B}$$

Trong quá trình máy làm việc xuất hiện trạng thái tiêu hao công suất lớn nhất khi: búa đóng cọc và xilanh cần treo búa có hoạt động; khi đó cần công suất là:

$$N_{ct} = N_{búa} + N_{1B} = 16 + 5,313 = 21,313 \text{ kW}$$

Vậy công suất danh định của động cơ diesel phải là: $N_{dc} \geq N_{tt} = 21,313 \text{ kW}$

Đề tài đã chọn động cơ diesel JIANGFENG D28-ZS1125 có công suất 30 Hp.

Thiết kế hệ thống lái và phanh hãm

Thiết kế hệ thống lái máy MHP-01:

- Xác định lực cản quay vòng của máy MHP-01: MHP-01 di chuyển bằng bánh hơi, khi đi vào đường cong máy quay vòng sẽ phải chịu tác động của lực cản

W_{vh} như sau: $W_{vh} = \frac{M_{vh}}{R_h}$

Trong đó: R_h - bán kính quay vòng của máy (m), $R_h = 6 \text{ m}$; M_{vh} - mô men cản quay vòng của máy (m) được xác định theo công thức:

$$M_{vh} = \varphi \cdot G_A \cdot L$$

Với: φ - hệ số bám của các bánh xe chủ động, trên máy MHP-01 có 2 bánh xe chủ động trên tổng số 4 bánh xe; G_A - trọng lượng của máy phân bố đều trên các bánh xe chủ động $G_A = G_m/2$; L - khoảng cách giữa trục bánh xe trước và trục bánh xe sau.

- Xác định mô men cản quay vòng:

$$M_{vh} = \varphi \cdot G_A \cdot L$$

Trong đó, giá trị hệ số bám: $\varphi = 0,7$ ứng với mặt đường khô sạch (φ lớn nhất).

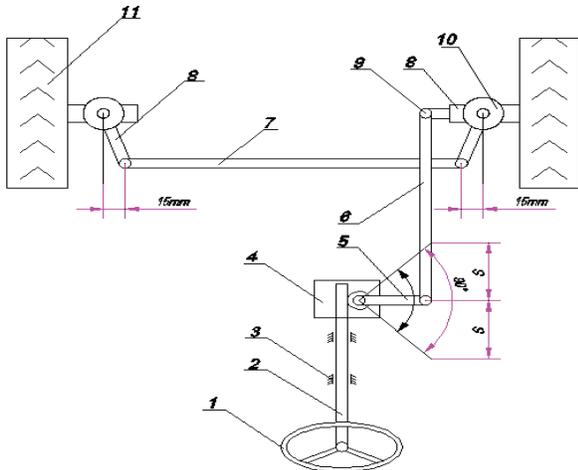
$$G_A = G_m/2 = 2600/2 = 1300 \text{ kG} = 13000 \text{ N}$$

$$L = 1,8 \text{ m}$$

$$M_{vh} = 0,7 \cdot 13000 \cdot 1,8 = 16380 \text{ (N.m)}$$

$$\text{Lực cản quay vòng: } W_{nh} = \frac{M_{vh}}{R_h} = \frac{16380}{6} = 2730 \text{ (N)}$$

Sơ đồ hệ thống lái của máy MHP-01 được trình bày trên hình 7.



Hình 7: sơ đồ hệ thống lái máy MHP-01

1. Vô lăng lái; 2. Trục lái; 3. Ổ đỡ trục lái; 4. Giảm tốc chuyển hướng; 5. Tay đòn; 6. Thanh truyền; 7. Thanh ba ngang lái; 8. Tay đòn trụ lái; 9. Trục lái; 10. Trục bánh xe; 11. Bánh lái

Thiết kế hệ thống phanh hãm cho máy MHP-01:

Khi hãm, bánh xe chủ động không được quay và trượt trên mặt đường. Lực hãm lớn nhất phụ thuộc vào hệ số ma sát giữa lớp xe và mặt đường: $P_h = T_{max} = \phi \cdot G$

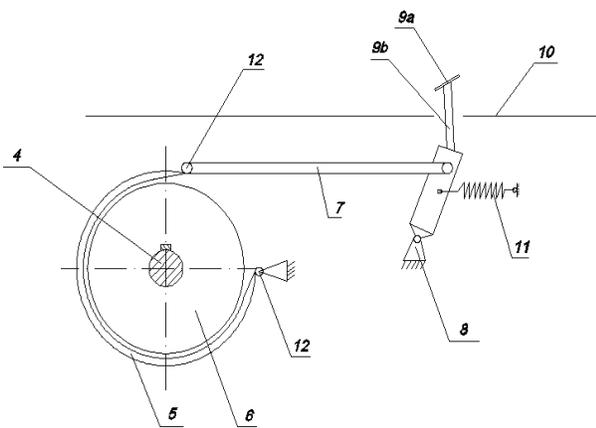
Xét cho trường hợp khi trị số dốc dọc đường lớn hơn 4%.

$$P_h = T_{max} + P_i = \phi \cdot G \pm i \cdot G = G(\phi \pm i)$$

$$P_h = T_{max} + P_i = 0,4 \cdot 2600 \pm 416 = 1456 \text{ kG}$$

Dấu cộng (+) dùng khi lên dốc và dấu trừ (-) dùng khi xuống dốc.

Sơ đồ hệ thống phanh hãm của máy được thể hiện trên hình 8.

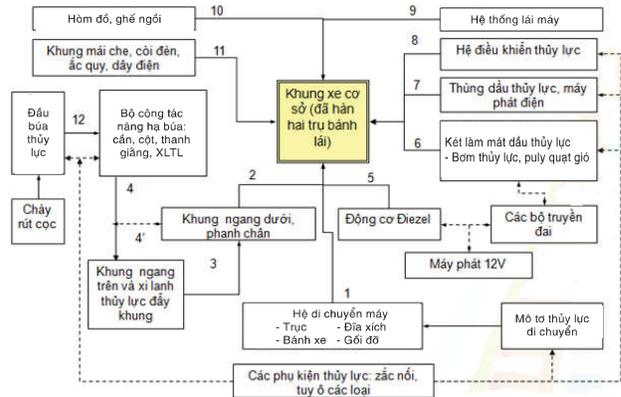


Hình 8: sơ đồ hệ thống phanh hãm của máy

4. Trục chủ động; 5. Phanh ma sát; 6. Bánh phanh; 8. Chốt cuối bàn đạp phanh; 9a. Bàn đạp; 9b. Đòn phanh; 10. Sàn máy; 11. Lò xo; 12. Chốt treo phanh

Xây dựng quy trình lắp ráp máy MHP-01

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu tính toán thiết kế và tập bản vẽ mà đề tài đã thực hiện và chuyển giao cho Công ty TNHH Sản xuất và Thương mại Linh Hà (Gia Lâm, Hà Nội), các chi tiết máy và các cụm thiết bị đã được chế tạo và được tiến hành lắp ráp tại xưởng cơ khí của Công ty theo sơ đồ hình 9, tạo thành máy MHP-01 hoàn chỉnh.



Hình 9: sơ đồ lắp ráp máy MHP-01

Chú thích:

1 đến 12 là trình tự lắp các cụm và chi tiết không thể thay đổi

→ Cụm sau đặt lên cụm trước

-----> Phụ kiện lắp vào các cụm

←-----> Lắp ráp có căn chỉnh giữa các cụm

Khung xe cơ sở: là kết cấu chính để lắp các thiết bị

Kết quả đạt được

Sau 3 tháng nghiên cứu, tính toán, thiết kế và 2 tháng chế tạo, máy MHP-01 đầu tiên đã được hoàn thành. Máy đã được Phòng thí nghiệm vật tư thiết bị cầu đường quốc gia (Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải) kiểm định tại hiện trường đồng cọc trên Quốc lộ 1A và đạt được các thông số kỹ thuật như trong bảng 1.

Bảng 1: thông số kỹ thuật của máy MHP-01

Chiều dài	2620 mm	Chiều rộng	2620 mm
Chiều cao	2620/3890 mm	Vật bánh xe	1800 mm
Công suất động cơ	30 Hp	Búa thủy lực	Hàn Quốc
Trọng lượng búa thủy lực	260 kg	Tốc độ di chuyển máy	8-10 km/h
Tốc độ đồng cọc	0,6-1,0 m/phút	Bơm thủy lực	P = 200 at/1450 vòng/phút
Áp suất đầu thủy lực	120 kg/cm ²	Hàn Quốc	
Ắc quy	100 Ah	Điều khiển	điện/thủy lực
Hệ thống chiếu sáng	3 đèn	Hệ thống tín hiệu	đèn hiệu và còi
Bán kính quay	5 m	Hệ thống mái che linh hoạt	Thay đổi chiều cao
Tổng trọng lượng máy	2750 kg	Máy phát hàn một chiều	24 V/4,5 KVA

Máy MHP-01 đã được chuyển giao cho Công ty TNHH Thành Linh để thi công 14 km hộ lan đường ô tô trên Quốc lộ 5 và được đơn vị sử dụng đánh giá như sau [3]:

- Năng suất đóng cọc cao hơn, cứng vững hơn máy của Trung Quốc;
- Phù hợp với điều kiện Việt Nam: dễ vận hành, chi phí đầu tư và khai thác thấp;
- Trang bị máy phát hàn điện thuận lợi cho việc thi công mà máy của Trung Quốc không có;
- Giá búa có cơ cấu điều chỉnh độ nghiêng đóng được cọc thẳng đứng trên đường dốc;
- Công tác bảo dưỡng và sửa chữa thuận tiện;
- Rẻ hơn máy tương đương của Trung Quốc từ 10-15%.

Kết luận

Máy MHP-01 là sản phẩm đầu tiên của loại hình “đề tài khoa học và công nghệ không sử dụng ngân sách nhà nước” ở Việt Nam. Máy được chế tạo trên cơ

sở tính toán thiết kế một cách bài bản, thể hiện được tính mới, tính kế thừa và tính sáng tạo. Máy đã được hoàn thành trong thời gian ngắn nhờ thực hiện theo hình thức “xã hội hóa”, đảm bảo chất lượng và đã được thử thách qua thực tế thi công, đạt các thông số thiết kế, và quan trọng là máy làm việc ổn định, năng suất đóng cọc cao, vận hành thuận tiện. Qua đó, khẳng định được khả năng làm chủ công nghệ của Việt Nam để tạo ra sản phẩm có chất lượng và giá thành rẻ hơn máy nhập ngoại.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Bình (2015), *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ GTVT: “Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy búa thủy lực MHP-01 đóng cọc hộ lan đường ô tô”*, mã số DTDN LH-CMC 01.
- [2] Đỗ Bá Chương, *Thiết kế đường ô tô*, **tập 1**, Nxb Giáo dục, 1998.
- [3] Công ty TNHH Thành Linh (2015), *Bản đánh giá kết quả sản phẩm KHCN - theo mẫu phụ lục 4 - 02/2015/TT-BKHCN về máy đóng cọc hộ lan đường ô tô MHP-01*.