



XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA THIẾT BỊ CÔNG TÁC VÀ LỰA CHỌN MÁY CƠ SỞ ĐỐI VỚI MÁY ĐÀO RÃNH HẸP

Phạm Quang Dũng^{1*}, Nguyễn Tiến Nam², Phạm Văn Minh³

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu xây dựng phương pháp xác định các thông số kỹ thuật cơ bản của thiết bị công tác và lựa chọn máy cơ sở của các loại máy đào đất có sẵn để tạo ra máy đào rãnh hẹp - một loại máy để đào các rãnh sâu, hẹp theo tuyến phục vụ thi công các công trình hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là các công trình hạ ngầm cáp viễn thông, điện lực, đường ống cấp nước nhỏ đang có nhu cầu rất lớn ở Việt Nam, đáp ứng nhu cầu thực tế.

Từ khóa: Máy đào rãnh hẹp; thiết bị công tác; máy cơ sở.

Determine the basic specifications of work equipment and select the basic machine of narrow trenching machine

Abstract: This paper introduces research results for method building that determine the basic technical parameters of work equipment and select the basic machine of the available excavator to produce a narrow trenching machine - a type Machines for digging deep trenches, narrow along the route in service of the construction of technical infrastructure works, especially the telecommunication cable laying works, electricity and small water pipelines in great demand in Vietnam, meet actual needs.

Keywords: Narrow trenching machine; work equipment; basic machine.

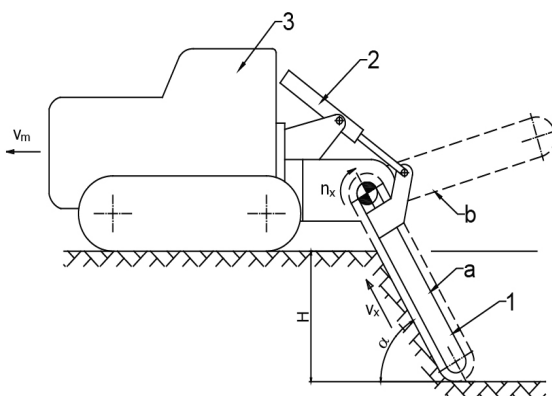
Nhận ngày 10/5/2017, sửa xong 5/6/2017, chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 5, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Đặt vấn đề

Máy đào rãnh hẹp dùng để đào các rãnh có chiều sâu lớn, chiều rộng hẹp, có ưu thế thi công theo tuyến các công trình hạ ngầm cáp điện lực, cáp viễn thông và các đường ống nhỏ trong hệ thống cấp nước đô thị. Do máy có thể đào được các rãnh sâu với chiều rộng hẹp vừa đủ để đặt các đường ống hoặc cáp ngầm mà khối lượng đất cần đào là nhỏ nhất, tiết kiệm năng lượng, tăng năng suất rút ngắn thời gian thi công. Mặt khác, máy có thể đào rãnh hẹp trên nền đất cứng như mặt đường nhựa, đất lèn đá nên rất thích hợp để thi công cải tạo sửa chữa các công trình hạ tầng trong đô thị, thay cho việc dùng máy cưa mặt đường như hiện nay. Máy đào rãnh hẹp được tổ hợp từ máy cơ sở và thiết bị công tác (TBCT) dạng xích có gắn các lưỡi hoặc răng cắt đất (Hình 1) [1-3].

Khi máy đào rãnh hẹp làm việc, động cơ thiết bị công tác dẫn động xích mang lưỡi cắt chuyển động với vận tốc v_x , đồng thời cho máy di chuyển với tốc độ v_m , các lưỡi cắt sẽ cắt đất và vận chuyển lên miệng rãnh, đất ở miệng rãnh sẽ được gạt ra ngoài nhờ vít gạt đất lắp đồng trục với đĩa xích chủ động.



Hình 1. Máy đào rãnh hẹp

1. Thiết bị công tác dạng xích có gắn các lưỡi hoặc răng cắt đất; 2. Xi lanh nâng hạ và điều chỉnh góc nghiêng của thiết bị công tác; 3. Máy cơ sở;
- a. Trạng thái thiết bị công tác được hạ xuống gương đào khi máy đào rãnh; b. Trạng thái thiết bị công tác được nâng lên khỏi gương đào khi máy di chuyển không tải

¹PGS.TS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

²ThS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

³TS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

*Tác giả chính. E-mail: dungpq@nuce.edu.vn.

Có thể thiết kế, chế tạo máy đào rãnh hẹp theo 1 trong 2 phương án sau:

- Thiết kế chế tạo mới, đồng bộ để tạo thành máy đào rãnh hẹp chuyên dùng. Phương án này đòi hỏi vốn đầu tư lớn, trình độ công nghệ cao, do các hãng sản xuất lớn thuộc các nước phát triển chế tạo loại máy này với giá thành cao như Vermeer, Ditch Witch (Mỹ)... Phương pháp tính toán thiết kế và công nghệ chế tạo là bản quyền của các hãng, không phổ biến rộng rãi. Tuy nhiên, có thể nhập các chi tiết, cụm chi tiết như: Xích, răng cắt... với giá thành chấp nhận được.

- Thiết kế chế tạo thiết bị công tác của máy và lắp trên máy cơ sở của các loại máy làm đất sẵn có như: Máy đào một gầu, máy ủi, máy xúc lật... nhằm tăng tính vạn năng của máy và giảm giá thành đầu tư. Đây là phương án có tính khả thi cao, phù hợp với điều kiện Việt Nam hiện nay, đáp ứng được nhu cầu cấp thiết của thực tiễn. Bước đầu, ta nghiên cứu cho loại máy đào rãnh hẹp trên nền đất thông dụng là đất á sét, á cát có độ cứng đến cấp III.



2. Xác định các thông số cơ bản của thiết bị công tác

2.1 Các thông số yêu cầu

Các thông số yêu cầu cho trước bao gồm: Năng suất đào Q (m^3/h); kích thước rãnh: Chiều sâu H (m), chiều rộng B (m); Loại nền đất (tính chất cơ lý của nền đất).

2.2 Xác định sơ bộ các thông số kết cấu của thiết bị công tác

Trên cơ sở các thông số yêu cầu cho trước và tham khảo mẫu máy tương tự có sẵn, ta có thể xác định sơ bộ các thông số kết cấu của TBCT bao gồm [4,5]: Góc nghiêng của TBCT khi đào α (góc nghiêng lớn nhất để đạt được chiều sâu yêu cầu H), thường lấy $\alpha = 45^\circ$; Loại xích, loại lưới cắt đất, gạt đất (nếu có), đĩa xích, khoảng cách trục,...; Cách bố trí lưới cắt, gạt đất trên xích (bước lưới cắt, gạt đất a_c).

2.3 Xác định các thông số động học của thiết bị công tác

Trên cơ sở các thông số yêu cầu cho trước, ta xác định được vận tốc di chuyển của máy khi đào đất:

$$v_m = \frac{Q}{3600 \cdot B \cdot H}, \text{ m/s} \quad (1)$$

Với bước lưới cắt a_c (m), sau khoảng thời gian 2 lưới cắt liên tiếp ra khỏi gương đào (xích dịch chuyển một khoảng a_c) thì máy dịch chuyển được theo phương ngang 1 khoảng $l_0 = a_c \cdot v_m / v_x$ và chiều dày phoi đất mà lưới cắt được là $h = l_0 \cdot \sin \psi$ (Hình 2), do v_m / v_x rất nhỏ nên $\psi \approx \alpha$. Vì vậy mà chiều dày phoi đất có thể tính theo công thức:

$$h = a_c \cdot \frac{v_m}{v_x} \cdot \sin \alpha, \text{ m} \quad (2)$$

Thể tích đất chặt mà mỗi cặp lưới cắt tách khỏi gương đào là: $\frac{H}{\sin \alpha} \cdot B \cdot h = H \cdot B \cdot a_c \cdot \frac{v_m}{v_x}$. Thể tích đất này không được lớn hơn khả năng chứa đất q của lưới cắt để đất không bị rơi ngược lại trong quá trình gạt đất lên: $q = \frac{1}{2} H \cdot B \cdot a_c \cdot \frac{v_m}{v_x} \cdot k_t, \text{ m}^3$, từ đó ta suy ra được vận tốc yêu cầu của xích là:

$$v_x = \frac{H \cdot B \cdot a_c \cdot v_m \cdot k_t}{2q}, \text{ m/s} \quad (3)$$

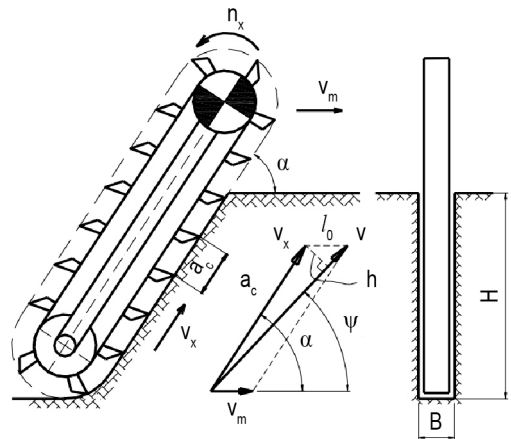
2.4 Xác định lực cản công tác của thiết bị công tác

Lực cản công tác cắt đất cho mỗi lưới cắt, bao gồm lực cản tiếp tuyến P_c , pháp tuyến N_c , được xác định theo lý thuyết cắt đất của Vetrov [3] như sau (Hình 3):

Lực cản tiếp tuyến P_c :

$$P_c = k_c \cdot k_o \cdot \varphi \cdot m_M \cdot a_c \cdot \frac{v_m}{v_c} \cdot \sin \alpha \cdot (b + 2\eta_{cc}), \text{ N} \quad (4)$$

trong đó: $\eta_{cc} = p_{cc} / p_M = p_{cc} / \varphi m_M$, (m) là hệ số thực nghiệm theo các loại đất khác nhau; p_M là lực cản riêng tại vùng mũi lưới cắt, (N/m^2); p_{cc} là lực cản cắt riêng cạnh lưới cắt (N/m); m_M là lực cản riêng phần mũi khi



Hình 2. Sơ đồ thiết bị công tác

góc cắt $\delta=45^\circ$, (N/m^2); φ là hệ số kể đến ảnh hưởng của góc cắt (khi $\delta=45^\circ$ thì $\varphi = 1$); k_c là hệ số kể đến ảnh hưởng của lưới cong [6] (lưới phẳng $k_c = 1$, lưới cong $90^\circ \div 120^\circ$ lấy $k_c = 1,15 \div 1,2$); $k_o = 1,1$ là hệ số tính đến ma sát khi xích tỳ vào khung; b là bề rộng của phoi cắt (có 2 dây lưới cắt nên $b = B/2$, m);

Lực cản pháp tuyến N_c :

$$N_c = P_c \cdot \cotg(\delta + \mu), N$$

$$N_c = k_c \cdot k_o \cdot \varphi \cdot m_M \cdot a_c \cdot \frac{v_m}{v_x} \cdot \sin\alpha (b + 2\eta_{cc}) \cotg(\delta + \mu), N \quad (5)$$

trong đó: δ là góc cắt; μ là góc ma sát giữa đất-thép (lưới cắt).

Lực cản công tác gạt đất lên cho mỗi lưới cắt (Hình 3): Trọng lượng của khối đất mà mỗi lưới cắt gạt lên đến miệng rãnh là: $G_d = (1/2)H.B.l_o.\gamma$, N, (γ là trọng lượng riêng của đất chặt (N/m^3)). Lực cản công tác gạt đất của mỗi lưới cắt theo phương chuyển động xích đào là: $G_d \cdot \sin\alpha$ (lực nâng đất theo phương xích đào) và $G_d \cdot \cos\alpha \cdot f$ (lực ma sát giữa lưới cắt và nền đất).

2.5 Xác định các thông số kỹ thuật của thiết bị công tác

Số lưới cắt đồng thời cắt và gạt đất trong gương đào Z_0 (của 1 dây lưới cắt) được tính như sau: $Z = \frac{H}{a_c \sin\alpha}$; Z là số nguyên

thì $Z_0 = Z + 1$, nếu Z không là số nguyên thì Z_0 là Z làm tròn lên.

Lực cản công tác theo phương xích đào (của 2 dây lưới cắt):

$$X = 2Z_0 (P_c + G_d \cdot \sin\alpha + G_d \cdot \cos\alpha \cdot f), N \quad (6)$$

trong đó: f là hệ số ma sát giữa lưới cắt và đất.

Công suất dẫn động quay đĩa xích:

$$N_x = \frac{X \cdot v_x}{1000 \cdot \eta_x}, kW \quad (7)$$

trong đó: η_x là hiệu suất truyền động xích.

Tốc độ quay của đĩa xích chủ động:

$$n_x = \frac{60v_x}{\pi \cdot D_c}, v/ph \quad (8)$$

trong đó: D_c là đường kính đường tròn chia của đĩa xích, m.

Mômen trên trục đĩa xích chủ động:

$$M_x = X \cdot \frac{D_c}{2}, N.m \quad (9)$$

Lực cản theo phương di chuyển (chiếu các lực P_c và G_d lên phương ngang):

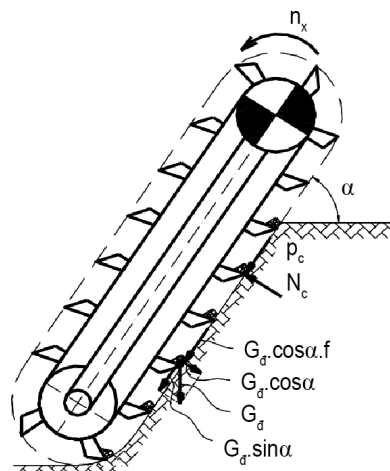
$$P_{dc} = 2Z_0 (P_c \cdot \cos\alpha + N_c \cdot \sin\alpha + G_d \cdot \cos^2\alpha \cdot f), N \quad (10)$$

Công suất dẫn động thiết bị công tác theo phương di chuyển:

$$N_{dc} = \frac{P_{dc} \cdot v_m}{1000}, kW \quad (11)$$

$$\text{Tổng công suất dẫn động thiết bị công tác: } N = N_x + N_{dc}, kW \quad (12)$$

$$\text{Chi phí năng lượng riêng: } E = \frac{N}{Q}, kWh/m^3 \quad (13)$$



Hình 3. Sơ đồ lực tác dụng lên thiết bị công tác



3. Lựa chọn máy cơ sở

Trong số các loại máy làm đất có sẵn thì máy đào 1 gầu và máy xúc lật là các loại máy thông dụng nhất, dễ kiểm tra và có hệ thống truyền động phù hợp nhất để có thể lắp thiết bị công tác đào rãnh hẹp. Ngoài ra, hệ thống di chuyển máy cơ sở của các loại máy này rất phù hợp với yêu cầu đối với máy đào rãnh hẹp (yêu cầu có tốc độ rất chậm) và có thể dùng nguồn dẫn động của xi lanh cần, xi lanh tay cần (hoặc gầu) để dẫn động cơ cấu quay xích đào và nâng hạ thiết bị công tác.

Trên cơ sở tính năng kỹ thuật và sơ đồ dẫn động của máy cơ sở lựa chọn, cần phải tính toán kiểm tra theo các điều kiện sau:

$$\text{Tốc độ di chuyển nhỏ nhất của máy cơ sở: } v_{cs}^{min} \leq v_m \quad (14)$$

$$\text{Công suất dẫn động cơ cấu di chuyển của máy cơ sở: } N_{cs}^{dc} \geq \frac{[P_{dc} + G_m(f_0 + i)] \cdot v_m}{1000 \cdot \eta_{dc}}, \text{ kW} \quad (15)$$

$$\text{Điều kiện bám khi di chuyển: } K_b = \frac{G_b^m \cdot \varphi}{G_m(f_0 + i) + P_{dc}} \quad (16)$$

Công suất nguồn (áp lực và lưu lượng dầu) dẫn động xi lanh cần hoặc xi lanh tay cần/gầu của máy cơ sở:

$$N_{cs}^{TBCT} \geq \frac{N_x}{\eta_{qx}} \quad (17)$$

trong đó: G_m là trọng lượng máy cơ sở, N; G_b^m là trọng lượng bám, N; f_0 là hệ số cản di chuyển máy; i là độ dốc nền đất; φ là hệ số bám; η_{dc} là hiệu suất truyền động hệ di chuyển; η_{qx} là hiệu suất truyền động cơ cấu quay xích.

Trong trường hợp các điều kiện nêu trên không thỏa mãn thì cần phải tiến hành hiệu chỉnh/cải tạo máy cơ sở hoặc chọn lại.

Để nâng cao năng suất của máy đào rãnh hẹp khi đào trên nền đất yếu hơn so với yêu cầu ban đầu, ta tận dụng hết công suất của máy cơ sở bằng cách tăng tốc độ di chuyển máy khi đào và tính toán kiểm tra lại theo các bước đã nêu ở trên:

$$v'_m = v_m \cdot \frac{m_M}{m'_M}, \text{ m/s} \quad (18)$$

Sau khi lựa chọn được máy cơ sở phù hợp, tiến hành tính toán thiết kế cơ cấu dẫn động xích, vít chuyển đất, hệ thống khung bệ liên kết TBCT với máy cơ sở; tính toán kiểm tra các bộ phận trên TBCT (xích, khung xích, xi lanh nâng hạ TBCT). Sơ đồ khối mô tả phương pháp và trình tự tính toán thiết kế máy đào rãnh hẹp cho ở Hình 4.

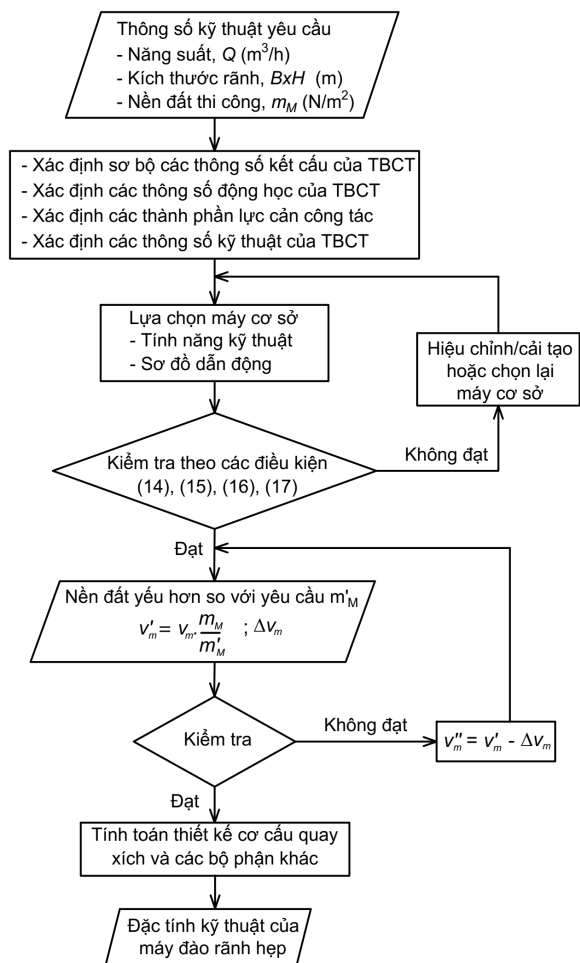
4. Áp dụng thử nghiệm

Trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ xây dựng "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị đào rãnh hẹp phục vụ thi công công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị" Mã số RD 70-16, nhóm tác giả đã tiến hành xác định các thông số của TBCT, lựa chọn máy cơ sở, thiết kế chế tạo và vận hành thử nghiệm thành công máy đào rãnh hẹp ĐRH-01 với kết quả như sau:

- Thông số kỹ thuật yêu cầu: Năng suất kỹ thuật $Q = 11,2 \text{ m}^3/\text{h}$; Chiều sâu rãnh $H = 0,7\text{m}$; Chiều rộng rãnh $B = 0,2\text{m}$; Nền đất cấp III có $m_M = 250\,000 \text{ N/m}^2$.

- Thông số kết cấu của thiết bị công tác: Xích đào có bước xích $0,0508\text{m}$; Đĩa xích dẫn có 12 răng, đường kính vòng tròn chia của đĩa xích $D_c = 0,196\text{m}$; Bước lưỡi cắt trên 1 dãy $a_c = 0,2032\text{m}$.

- Thông số kỹ thuật của TBCT: Vận tốc di chuyển của máy $v_m = 0,022 \text{ m/s}$ (80m/h); Vận tốc xích $v_x = 2,222 \text{ m/s}$ ($133,3 \text{ m/ph}$); Lực cản công tác theo phương xích đào $X = 1728,71 \text{ N}$; Công suất dẫn động quay đĩa xích $N_x = 6,98 \text{ kW}$; Tốc độ quay của đĩa xích chủ động $n_x = 216,65 \text{ v/ph}$; Mô men trên trục đĩa xích



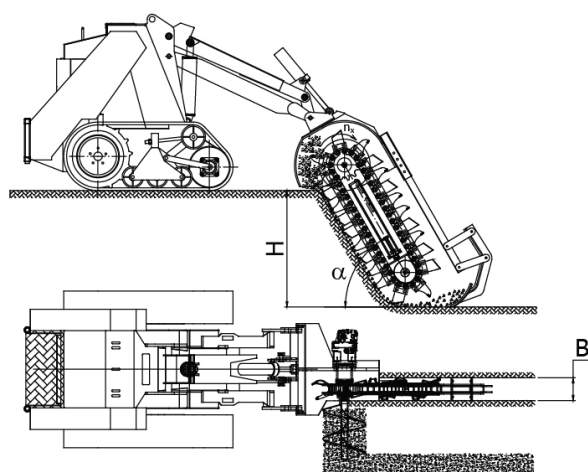
Hình 4. Phương pháp và trình tự tính toán thiết kế máy đào rãnh hẹp

chủ động $M_x = 169,41 \text{ N.m}$; Lực cản theo phương di chuyển $P_{dc} = 1532,23 \text{ N}$; Công suất dẫn động thiết bị công tác theo phương di chuyển $N_{dc} = 0,03 \text{ kW}$; Tổng công suất dẫn động thiết bị công tác $N = 7,01 \text{ kW}$; Chi phí năng lượng riêng $E = 0,6267 \text{ kWh/m}^3$.

- Lựa chọn máy cơ sở: Máy cơ sở là máy xúc lật MS500 của hãng TAIAN Trung Quốc có công suất động cơ $N_{dc} = 16 \text{ kW}$, tốc độ di chuyển máy nhỏ nhất $v_{cs}^{min} = 60 \text{ m/h}$, kích thước máy (rộng $\times$ cao $\times$ dài: $1100 \times 1295 \times 1760$), trọng lượng máy $G_m = 12000 \text{ N}$. Kiểm tra máy cơ sở theo các điều kiện (14), (15), (16), (17): $v_{cs}^{min} = 60 \text{ m/h} < v_m$, $N_{cs}^{dc} = 0,16 \text{ kW}$, $k_b = 1,3 > 1$, $N_{cs}^{TBCT} = 7,76 \text{ kW}$, $N_{cs}^{dc} + N_{cs}^{TBCT} = 7,92 \text{ kW} < N_{dc} = 16 \text{ kW}$ (đạt).

- Vận tốc di chuyển máy và năng suất kỹ thuật khi đào trên nền đất yếu hơn so với yêu cầu ban đầu: Đất cấp II: $v_m = 0,029 \text{ m/s}$ (104 m/h), $Q = 14,55 \text{ m}^3/\text{h}$; Đất cấp I: $v_m = 0,037 \text{ m/s}$ (133 m/h), $Q = 18,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Kết quả thiết kế chế tạo và vận hành thử nghiệm máy đào rãnh hẹp MĐR-01 (Hình 5,6) với tính năng kỹ thuật: Kích thước rãnh: chiều sâu $H = 0,7 \text{ m}$, chiều rộng rãnh $B = 0,2 \text{ m}$; Nền đất cấp III: $Q = 11,2 \text{ m}^3/\text{h}$; $v_m = 0,022 \text{ m/s}$ (80m/h); Nền đất cấp II: $v_m = 0,029 \text{ m/s}$ (104m/h), $Q = 14,55 \text{ m}^3/\text{h}$; Đất cấp I: $v_m = 0,037 \text{ m/s}$ (133 m/h), $Q = 18,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Công suất động cơ máy cơ sở $N_{dc} = 16 \text{ (kW)}$.



Hình 5. Hình chung máy ĐRH-01



Hình 6. Máy ĐRH-01 đang thi công



5. Kết luận và kiến nghị

Trên cơ sở kiến thức chuyên ngành và các thành tựu đã đạt được trong lĩnh vực máy làm đất, nhóm tác giả đã xây dựng được phương pháp xác định các thông số kỹ thuật cơ bản của thiết bị công tác và lựa chọn máy cơ sở của các loại máy đào đất có sẵn để tạo ra máy đào rãnh hẹp-một loại máy mới và có nhu cầu rất lớn ở Việt Nam.

Kết quả áp dụng thử nghiệm cho thấy hướng nghiên cứu là đúng đắn và hiệu quả, đáp ứng nhu cầu thực tế.

Cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện phương pháp theo hướng tối ưu hóa các thông số của TBCT và lựa chọn hợp lý máy cơ sở với chuẩn tối ưu là chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất cũng như nghiên cứu triển khai cho loại máy đào rãnh hẹp trên nền đất cứng.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Hữu Đồng, Hoa Văn Ngũ, Lưu Bá Thuận (2004), *Máy làm đất*, NXB Xây dựng.
2. Lưu Bá Thuận (2005), *Tính toán Máy thi công đất*, NXB Xây dựng.
3. Phạm Quang Dũng, cs. (2013), “*Báo cáo tổng kết kết quả thực hiện đề tài năm 2013 Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy đào cỡ siêu nhỏ có chế độ làm việc liên tục*”, Đề tài NCKH cấp thành phố Hà Nội, mã số 01C-01/06-2013-2.
4. Mellor M. (1976), *Mechanics of Cutting and Boring*, Publisher: Cold Regions Research and Engineering Laboratory (U.S.) Engineer Research and Development Center (U.S.).
5. Ditchwitch (2016), *Digging systems parts catalog*, U.S.A
6. Зеленин А.Н. (1968), *Основы разрушения грунтов механическими способами*, Машиностроение.