



NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC HỢP LÝ CỦA BỘ PHẬN CÔNG TÁC MÁY ĐÀO CỖ SIÊU NHỎ

Phạm Quang Dũng¹, Nguyễn Tiến Nam²

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp và kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định chế độ làm việc hợp lý của bộ phận công tác máy đào cỡ siêu nhỏ - một loại máy mới có áp dụng kết quả của các sáng chế và giải pháp hữu ích, được sử dụng để thi công trong điều kiện địa hình chật hẹp, lối vào nhỏ, khối lượng thi công nhỏ lẻ, thay thế sức lao động thủ công nặng nhọc.

Từ khóa: Máy đào cỡ siêu nhỏ; bộ phận công tác; mô hình thực nghiệm.

Summary: This paper presents the methods and results of experimental studies to determine the reasonable working regime of working device of microdigging machine - a new machine applies the results of the patents and useful solutions, which is used for the construction in the cramped conditions of the terrain, the entrance to the small, small workload, alternative energy heavy manual labor.

Keywords: Microdigging machine; working device; experimental model.

Nhận ngày 10/9/2014, chỉnh sửa ngày 30/9/2014, chấp nhận đăng 31/10/2014



1. Mở đầu

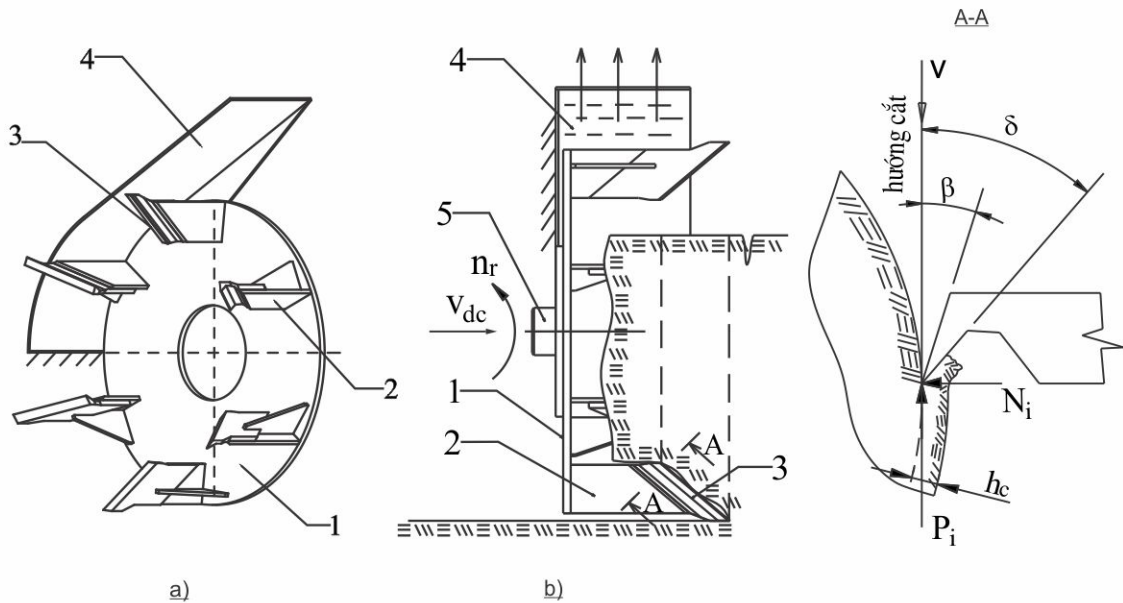
Trong điều kiện địa hình chật hẹp, lối vào nhỏ, khối lượng thi công không lớn..., việc sử dụng các loại máy đào thông thường là không thể thực hiện được hoặc cho hiệu quả kinh tế thấp. Do còn thiếu những thiết bị làm đất cỡ siêu nhỏ có trọng lượng và kích thước nhỏ gọn, cơ động nên khi thi công đất trong những điều kiện nêu trên thì buộc phải thi công bằng sức lao động thủ công nặng nhọc với năng suất và hiệu quả kinh tế thấp. Vì vậy mà nhu cầu về các loại máy đào cỡ siêu nhỏ để thay thế lao động thủ công nặng nhọc khi thi công trong điều kiện địa hình chật hẹp ở thành phố cũng như thi công nhỏ lẻ ở địa bàn nông thôn là rất lớn [1,2].

Từ giữa thập kỷ 80 của thế kỷ XX, trên thị trường Châu Âu xuất hiện loại máy đào cỡ siêu nhỏ (Microdigging machine) có kích thước rất nhỏ gọn và cho năng suất cao. Các loại máy này dùng để đào hào đặt đường ống cấp thoát nước, đường cáp ngầm; đào các hố móng nhỏ trong điều kiện địa hình chật hẹp, lối vào nhỏ; nạo vét và đào kênh mương nội đồng, đánh luống trong nông nghiệp, thủy lợi,... Điển hình là các loại máy đào cỡ siêu nhỏ của các hãng Case, Cubota, Ditch Witch (Mỹ); Melroe Europe (Bỉ); A.F.Trencher Ltd (Anh)... Trong vòng 20 năm trở lại đây, bộ phận công tác của máy đào cỡ siêu nhỏ liên tục được cải tiến thông qua các sáng chế và giải pháp hữu ích (GPHI), như A.C số 291006, số 939666, số 308158 (CHLB Nga); Patent số 2798314 (Mỹ)... Đặc biệt hiệu quả theo quan điểm chi phí năng lượng riêng nhỏ, kết cấu đơn giản và nhỏ gọn là các bộ phận công tác theo GPHI số 4364476, 4329573, 4753298 (CHLB Nga, Ucraina), theo đó chức năng đào và vận chuyển đất được kết hợp trong cùng một bộ phận công tác dạng rô to, cắt đất theo chu vi của rô to tạo thành lõi đất ở giữa và tự sập xuống, đất được vận chuyển lên thành dòng theo nguyên lý văng ly tâm [2,4].

¹PGS.TS, Khoa Cơ khí Xây dựng. Trường Đại học Xây dựng. Email: dungpq234@gmail.com

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

Nhằm tạo ra loại máy mới có hiệu quả cao khi thi công trong điều kiện địa hình chật hẹp, đề tài NCKH cấp thành phố Hà Nội “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy đào cỡ siêu nhỏ có chế độ làm việc liên tục”, mã số 01C-01/06-2013-2 đã kế thừa bộ phận công tác theo GPHI số 4753298 [6] có cải tiến phần kết cấu lưới cắt đất cho phù hợp với điều kiện Việt Nam (Hình 1) [2].



Hình 1. Bộ phận công tác của máy đào cỡ siêu nhỏ

a) Hình chung bộ phận công tác; b) Bộ phận công tác trong quá trình làm việc
1. Đĩa quay; 2. Cánh chuyển đất; 3. Lưới cắt; 4. Máng dẫn hướng đất; 5. Trục dẫn động

Khi làm việc, bộ phận công tác vừa quay vừa chuyển động tịnh tiến dọc theo hào. Các lưới cắt 3 sẽ cắt đất thành phoi theo chu vi của rô to tạo thành lõi đất ở giữa và lõi đất này tự sập xuống dưới tác dụng của trọng lượng bản thân và lực động. Việc cắt đất thành phoi với chiều dày và chiều rộng phoi đất ổn định và chỉ cắt theo chu vi hào dẫn tới chi phí năng lượng riêng cho chức năng cắt đất nhỏ và lực cắt ổn định. Đất trong lòng hào được vận chuyển lên thành dòng nhờ các cánh chuyển đất 2 và máng dẫn hướng đất 4 theo nguyên lý văng ly tâm, đảm bảo cho bộ phận công tác có kết cấu nhỏ gọn, năng suất cao.

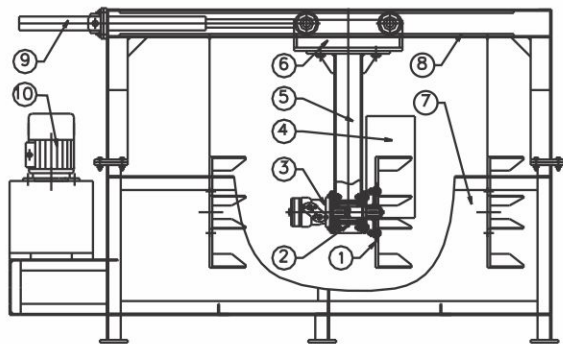
Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết quá trình cắt và vận chuyển đất của bộ phận công tác nêu trên, đề tài mã số 01C-01/06-2013-2 đã xác định được các thông số kết cấu hợp lý của bộ phận công tác và tiến hành thiết kế bộ phận công tác cho phương án đào hào rộng 0,4m; sâu 0,3m sau mỗi lần đào với nền đất á sét có độ cứng đến cấp III [2]. Tuy nhiên khi lõi đất sập xuống, lượng đất trong hào đột ngột tăng nhanh với tải trọng động rất khó xác định bằng lý thuyết. Vì vậy cần phải tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để xác định lực cản công tác trong thời điểm lõi đất sập xuống và tìm ra chế độ làm việc hợp lý của bộ phận công tác, làm thông số đầu vào cho việc tính toán thiết kế máy đào cỡ siêu nhỏ.

Nhiệm vụ của bài toán nghiên cứu thực nghiệm là: Xác định bằng thực nghiệm các thông số động học hợp lý (tốc độ di chuyển v_{dc} và tốc độ quay của rô to n_r) để có được chế độ làm việc hợp lý của bộ phận công tác theo tiêu chí năng lượng riêng nhỏ nhất, đảm bảo các điều kiện ràng buộc như: đạt năng suất và độ xa vận chuyển yêu cầu, đủ lực bám để không xảy ra hiện tượng quay trơn của bánh xe di chuyển máy.



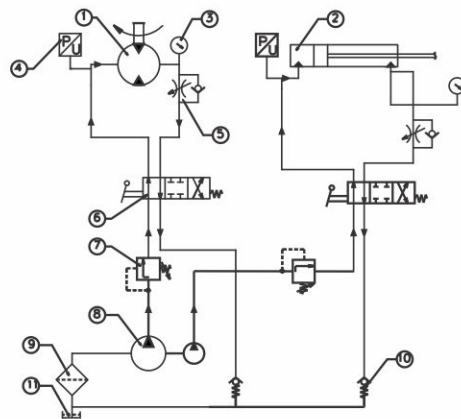
2. Thiết bị thực nghiệm

Để thực hiện nhiệm vụ của bài toán nghiên cứu thực nghiệm nêu trên, có thể sử dụng “mô hình nghiên cứu thực nghiệm bộ phận công tác máy làm đất” được thiết kế, chế tạo và lắp đặt tại Xưởng Cơ khí Trường Đại học Xây dựng [3,5]. Sơ đồ cấu tạo và sơ đồ hệ thống truyền dẫn thủy lực của mô hình nghiên cứu thực nghiệm cho ở Hình 2 và 3.



Hình 2. Sơ đồ cấu tạo mô hình nghiên cứu thực nghiệm

1. Bộ phận công tác; 2. Gối đỡ trung gian;
3. Mô tơ thủy lực; 4. Máng dẫn hướng đất.; 5. Giá treo;
6. Xe con; 7. Kênh đất; 8. Dẫn hướng xe con;
9. Xi lanh thủy lực; 10. Bộ nguồn thủy lực



Hình 3. Sơ đồ hệ thống truyền dẫn thủy lực của mô hình

1. Mô tơ thủy lực; 2. Xi lanh thủy lực;
3. Đồng hồ đo áp suất; 4. Cảm biến áp suất;
5. Van tiết lưu; 6. Van phân phối; 7. Van tràn;
8. Bơm thủy lực; 9. Lọc dầu;
10. Van hồi có cần; 11. Thùng dầu

Mô hình nghiên cứu thực nghiệm (Hình 2) gồm bộ phận công tác 1 được lắp trên giá treo 5 qua gối đỡ trung gian 2, giá treo 5 được gắn với xe con 6 có thể di chuyển được dọc theo dẫn hướng 8 của khung đỡ nhờ xi lanh thủy lực 9. Mô tơ thủy lực 3 được lắp mặt bích trên giá treo 5, thông qua gối đỡ trung gian 2, có thể dẫn động cho bộ phận công tác 1 quay. Máng dẫn hướng đất 4 được gắn cố định vào giá treo 5. Dẫn động cho mô tơ thủy lực 3 và xi lanh 9 hoạt động bằng bộ nguồn 10 bao gồm động cơ điện, bơm kép thủy lực và thùng dầu. Kênh đất 7 được đặt phía dưới của bộ phận công tác để chứa mô hình đất phục vụ cho thực nghiệm. Sơ đồ truyền dẫn thủy lực của mô hình (Hình 3) đảm bảo việc dẫn động độc lập, không phụ thuộc vào nhau đối với mô tơ và xi lanh thủy lực. Tốc độ quay của mô tơ và tốc độ của pít tông trong xi lanh có thể điều chỉnh vô cấp thông qua các van tiết lưu trong sơ đồ và khi đã đặt tốc độ ở một giá trị xác định thì đảm bảo ổn định tốc độ (ổn định lưu lượng) không phụ thuộc vào tải trọng. Các cảm biến áp suất lắp trên đường dầu vào mô tơ và xi lanh thủy lực dùng để đo áp lực dầu trong xi lanh và mô tơ thủy lực thông qua bộ vi xử lý (PLC) được kết nối với máy tính để hiển thị giá trị áp lực dầu trên màn hình.

Như vậy, mô hình nghiên cứu thực nghiệm nêu trên hoàn toàn phù hợp để nghiên cứu xác định chế độ làm việc hợp lý của bộ phận công tác máy đào cỡ siêu nhỏ. Trong quá trình thực nghiệm trên mô hình, ta có thể đo được: tốc độ di chuyển của pít tông trong xi lanh (tốc độ di chuyển của bộ phận công tác) v_{dc} ; tốc độ quay của mô tơ thủy lực n ; áp lực dầu dẫn động cho xi lanh thủy lực p_{dc} và cho mô tơ thủy lực p_q . Từ các thông số đo được, có thể tính toán các thông số kỹ thuật của quá trình làm việc bộ phận công tác như sau:

- Lực cản công tác:

+ Lực cản công tác theo phương di chuyển

$$P_{dc} = p_{dc} \cdot A \cdot \eta_{dc} \quad , \quad N \quad (1)$$

trong đó: p_{dc} là áp lực dầu đo được trong xi lanh thủy lực, N/cm^2 ; A là diện tích tiết diện của dòng dầu dẫn động piston, cm^2 ; η_{dc} là hiệu suất của xi lanh thủy lực.

+ Mô men cản quay rô to

$$M_q = q_q \cdot p_q \cdot \eta_q / 2\pi \quad , \quad N \cdot cm \quad (2)$$

trong đó: q_q là lưu lượng riêng (thể tích choán chỗ) của mô tơ thủy lực, cm^3 ; p_q là áp lực dầu đo được trong mô tơ thủy lực, N/cm^2 ; η_q là hiệu suất của mô tơ thủy lực.

- Công suất yêu cầu:

+ Công suất di chuyển bộ phận công tác

$$N_{dc} = P_{dc} \cdot v_{dc} / 1000 \quad , \quad kW \quad (3)$$

trong đó: v_{dc} là vận tốc di chuyển của bộ phận công tác, m/s ; P_{dc} là tính theo N .

+ Công suất quay rô to

$$N_q = M_q \cdot n_r / 9550 \quad , \text{ kW} \quad (4)$$

trong đó: n_r là tốc độ quay của rô to, v/ph; M_q là tính theo N.m.

+ Tổng công suất yêu cầu để dẫn động bộ phận công tác

$$N = N_{dc} + N_q \quad , \text{ kW} \quad (5)$$

- Chi phí năng lượng riêng cho quá trình cắt và vận chuyển đất của bộ phận công tác:

$$e = (N_{dc} + N_q) / (v_{dc} \cdot S_h) \quad , \text{ Wh/m}^3 \quad (6)$$

trong đó: S_h là diện tích tiết diện hào, m^2 ; N_{dc} và N_q là tính theo W; v_{dc} là tính theo m/h.



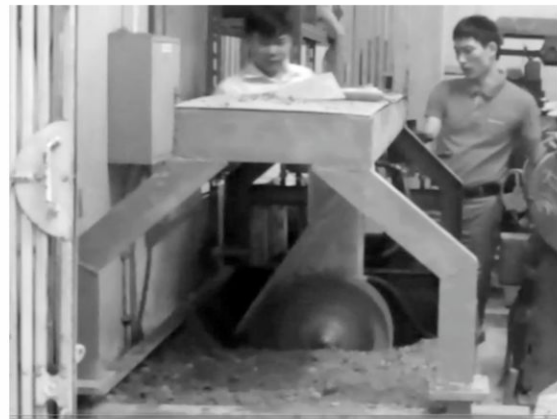
3. Các bước tổ chức thực nghiệm

3.1 Công tác chuẩn bị

Để có thể tiến hành nghiên cứu thực nghiệm, cần phải thực hiện các bước chuẩn bị sau:

- Chuẩn bị mô hình nghiên cứu thực nghiệm và các thiết bị đo: Tiến hành kiểm tra kết cấu, kiểm tra hệ thống dẫn - truyền động của mô hình; khởi động và chạy thử không tải các chuyển động quay và tịnh tiến của mô hình, kiểm tra khả năng làm việc của các thiết bị điều khiển (đặt tốc độ các chuyển động) và thiết bị an toàn (công tắc hạn chế hành trình, van an toàn...); hiệu chỉnh các thiết bị đo tốc độ và áp lực dầu của các chuyển động.

- Chuẩn bị mô hình bộ phận công tác: Trên cơ sở bộ phận công tác đã thiết kế với các thông số kết cấu hợp lý [2], tiến hành chế tạo mô hình bộ phận công tác với tỷ lệ đồng dạng 1:1.



Hình 4. Mô hình nghiên cứu thực nghiệm sau bước chuẩn bị

Chuẩn bị mô hình đất: Mô hình nền đất, được thiết lập theo phương pháp của GS. Balôvnhep, có tính chất cơ lý tương đương với nền đất thi công là nền đất á sét có độ cứng đến cấp III [2,3]: trộn đều bột đất sét nghiền nhỏ (25%) với cát (48%) và nước (27%), đầm đất đến độ chặt cần thiết và kiểm tra độ chặt trước mỗi lần thí nghiệm (sử dụng búa Strôidôrnhi để xác định độ chặt, cấp đất).

Trên Hình 4 là mô hình nghiên cứu thực nghiệm có lắp bộ phận công tác và nền đất sau công tác chuẩn bị.

3.2 Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm và trình tự thực hiện

Bài toán nghiên cứu thực nghiệm tìm chế độ làm việc hợp lý của bộ phận công tác được xác định như sau: Tìm giá trị của 2 biến số là tốc độ di chuyển v_{dc} và tốc độ quay rô to n_r , sao cho hàm mục tiêu là chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất e_{min} , đảm bảo các điều kiện ràng buộc về năng suất yêu cầu, độ xa vận chuyển và điều kiện bám của bánh xe di chuyển máy.

Do bài toán đặt ra chỉ có 2 biến số nên phương pháp nghiên cứu có thể thực hiện theo cách đơn giản sau:

- Tìm miền xác định của các biến số:

+ Trên cơ sở điều kiện ràng buộc về năng suất yêu cầu của máy $Q_m = 60v_{dc} \cdot S_h (m^3/h)$ ta có thể tìm được miền xác định của tốc độ di chuyển v_{dc} . Theo yêu cầu đặt ra máy đào được hào rộng 0,4m, sâu $(0,25 \div 0,3)m$ sau một lần đào sẽ cho diện tích tiết diện hào $S_h = (0,1 \div 0,12) m^2$ và với năng suất yêu cầu $Q_m = (7 \div 10) m^3/h$ ta có tốc độ di chuyển $v_{dc} = (1,2 \div 1,7) m/ph$.

+ Theo yêu cầu về độ xa vận chuyển, với độ sâu lớn nhất của hào $h_{max} = (0,8 \div 1)m$ thì độ xa vận chuyển theo nguyên lý văng ly tâm phải đạt $(3 \div 4)m$ mới có thể vận chuyển đất lên được. Theo kết quả nghiên cứu và tham khảo mẫu máy tương tự đã chế tạo thì với rô to có đường kính 0,4m, tốc độ quay của rô to để vận chuyển đất bằng văng ly tâm có hiệu quả là $n_r = (500 \div 600) v/ph$.

- Chia khoảng giá trị trong miền xác định của các biến số v_{dc} , n_r và lần lượt đặt mỗi giá trị của v_{dc} tương ứng với một giá trị của n_r để tiến hành các thí nghiệm. Với miền xác định như trên, biến số $v_{dc} = (1,2 \div 1,7)$ m/ph, với bước giá trị 0,1 m/ph ta có 6 giá trị của v_{dc} ; biến số $n_r = (500 \div 600)$ v/ph với bước giá trị 20 v/ph ta có 6 giá trị của n_r . Như vậy ta phải thực hiện tất cả là 36 lần thí nghiệm.

- Với mỗi lần thí nghiệm, trình tự thực hiện được tiến hành như sau:

+ Đặt giá trị tốc độ theo yêu cầu của thí nghiệm: tốc độ di chuyển v_{dc} được đặt bằng cách dùng đồng hồ bấm giây kết hợp với điều chỉnh van tiết lưu để đạt giá trị yêu cầu; tốc độ quay rô to n_r được đặt bằng cách dùng máy đo tốc độ quay cầm tay kết hợp với điều chỉnh van tiết lưu để đạt giá trị yêu cầu. Theo nguyên lý làm việc của mô hình thực nghiệm thì các tốc độ này luôn ổn định sau khi đã đặt, không phụ thuộc vào tải trọng.

+ Vận hành mô hình cho bộ phận công tác làm việc không tải và có tải để đo áp lực dầu dẫn động xi lanh thủy lực và mô tơ thủy lực cho cả 2 trường hợp có tải và không tải. Giá trị có ích của áp lực dầu dẫn động xi lanh thủy lực p_{dc} và dẫn động mô tơ thủy lực p_q được xác định bằng cách lấy hiệu của giá trị áp lực đo được khi có tải và không tải. Mỗi thí nghiệm được thực hiện 2 lần, nếu kết quả đo chênh quá 10% thì phải làm lại lần 3 và xử lý số liệu để loại trừ sai số ngẫu nhiên.

+ Trên cơ sở thông số đo được (v_{dc} , n_r , p_{dc} , p_q), tiến hành tính toán các thông số kỹ thuật của quá trình làm việc bộ phận công tác như: lực cản công tác P_{dc} và M_q ; công suất yêu cầu N_{dc} , N_q và N theo các công thức (1)-(5).

+ Kiểm tra theo điều kiện ràng buộc về khả năng di chuyển của máy (điều kiện tám):

$$P_{dc} \leq G_m(\varphi + f_0), \quad (7)$$

trong đó: G_m là trọng lượng máy theo yêu cầu cho trước đối với máy thiết kế; φ là hệ số bám; f_0 là hệ số cản di chuyển của máy.

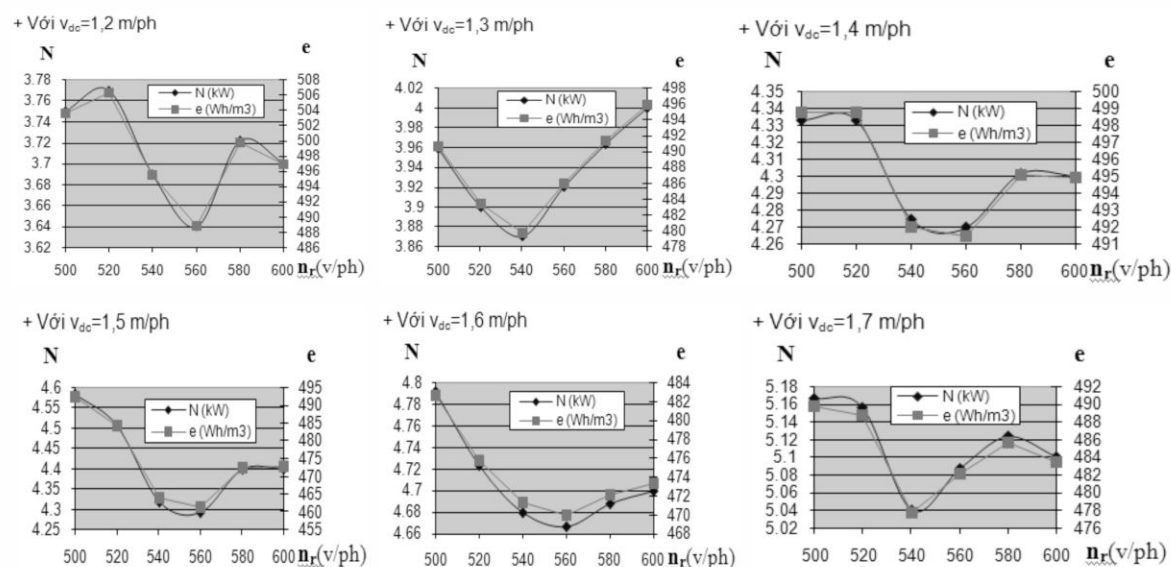
+ Đối với những thí nghiệm có kết quả đảm bảo điều kiện ràng buộc (7) thì tiến hành tính toán chi phí năng lượng riêng e theo công thức (6).

- Sau khi thực hiện đầy đủ 36 thí nghiệm theo trình tự nêu trên, tiến hành lập bảng hoặc đồ thị $e = f(v_{dc}, n_r)$ và $N = f(v_{dc}, n_r)$ để phân tích xác định miền giá trị n_r và v_{dc} cho e nhỏ (chế độ làm việc hợp lý).



4. Kết quả thực nghiệm

Theo phương pháp và trình tự thực hiện nêu trên, đã xây dựng được các đồ thị biến thiên của các thông số chi phí năng lượng riêng e và công suất N theo các biến số v_{dc} và n_r (Hình 5).



Hình 5. Đồ thị biến thiên của e và N theo v_{dc} và n_r

Trên cơ sở các đồ thị vẽ được ta thấy ở tất cả các giá trị tốc độ di chuyển đã đặt ($v_{dc} = 1,2 \div 1,7$ m/ph) thì chi phí năng lượng riêng nhỏ nằm ở miền $n_r = (540 \div 580)$ v/ph và đây là miền chế độ làm việc hợp lý, trong đó ở tốc độ quay $n_r \approx 550$ v/ph với tốc độ di chuyển $v_{dc} = 1,5$ m/ph cho chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất ($e_{min} = 462$ Wh/m³). Đây là giá trị dùng làm thông số đầu vào để tính toán thiết kế máy đào cỡ siêu nhỏ theo yêu cầu với nền đất thi công là đất á sét cấp III. Nếu thi công trên nền đất yếu hơn thì có thể tăng tốc độ di chuyển đến 1,7 m/ph và ngược lại giảm tốc độ di chuyển nếu nền đất có độ cứng lớn hơn.

Sử dụng kết quả nghiên cứu thực nghiệm thu được làm thông số đầu vào để tính toán thiết kế máy đào cỡ siêu nhỏ theo phương pháp giới thiệu trong tài liệu [4], các tác giả đã thiết kế, chế tạo thử nghiệm thành công máy đào cỡ siêu nhỏ theo yêu cầu (Hình 6).



a) Hình chung máy



b) Hình ảnh máy đang làm việc

Hình 6. Máy đào cỡ siêu nhỏ chế tạo thử nghiệm

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc nghiên cứu áp dụng các sáng chế và giải pháp hữu ích vào thực tế nhằm tạo ra các loại máy mới, đáp ứng được nhu cầu cấp thiết của thực tiễn là một hướng đi đúng đắn và hiệu quả. Việc thiết kế, chế tạo thử nghiệm thành công mẫu máy đào cỡ siêu nhỏ trên cơ sở kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định chế độ làm việc hợp lý của bộ phận công tác đã minh chứng cho tính đúng đắn và độ tin cậy của phương pháp và kết quả nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Hữu Đồng, Hoa Văn Ngũ, Lưu Bá Thuận (2004), *Máy làm đất*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
2. Phạm Quang Dũng và cộng sự (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.
3. Phạm Quang Dũng và cộng sự (2014), *Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu xây dựng mô hình nghiên cứu thực nghiệm bộ phận công tác máy làm đất*, Đề tài NCKH trọng điểm cấp Trường Đại học Xây dựng, mã số 111-2013/KHXD-TĐ.
4. Phạm Quang Dũng, Trần Văn Viêt (2012), "Phương pháp xác định các thông số hợp lý của máy đào cỡ siêu nhỏ trên cơ sở kết quả nghiên cứu đối với bộ phận công tác của máy", *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, Số 7/7-2012, trang 90-95.
5. Phạm Quang Dũng, Trần Văn Viêt (2014), "Nghiên cứu thiết kế và chế tạo mô hình nghiên cứu thực nghiệm bộ phận công tác máy làm đất", *Tạp chí Công nghiệp Nông thôn*, số 13/2014, trang 38-43.
6. Положительное решение от 29.05.90 по заявке No 4753289 "Землеройно - транспортирующий орган" / КИСИ, авт.изобретения В. Л. Баладинский, Ф. К. Зунг и другие.