

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CÁC CHỈ TIÊU KÉO BÁM CỦA BỘ PHẬN DI ĐỘNG XÍCH

Đào Hữu Đoàn^{1*}, Nguyễn Ngọc Quê², Nông Văn Vin³, Phạm Thị Thu Hằng⁴

¹ Trường Cao đẳng nghề cơ khí Bắc Giang;

^{2,3} Khoa Cơ Điện, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội; ⁴ Trường Đại học Công nghệ Việt Hưng

Email*: ngngocque@gmail.com

Ngày gửi bài: 17.09.2013

Ngày chấp nhận: 20.12.2013

TÓM TẮT

Chỉ tiêu kéo bám của bộ phận di động xích là chỉ tiêu quan trọng nhất đánh giá khả năng kinh tế kỹ thuật của máy kéo cũng như dùng để phân tích tính hoàn thiện về mặt kết cấu của máy kéo trong thiết kế chế tạo. Nghiên cứu tính chất kéo bám của bộ phận di động xích trên cơ sở lý thuyết quan hệ xích đất không cho ta các kết quả tin cậy vì quá trình tương tác giữa bộ phận di động xích và đất là vô cùng phức tạp, kết quả nghiên cứu lý thuyết chỉ cho ta giá trị định tính. Để có giá trị định lượng cần nghiên cứu thực nghiệm. Bài báo này giới thiệu phương pháp nghiên cứu thực nghiệm xác định các chỉ tiêu kéo bám của bộ phận di động xích trên nền đất nông nghiệp.

Từ khóa: Chỉ tiêu kéo bám, di động xích, máy kéo, phương pháp thực nghiệm.

Experimental Method to Identify the Pull-Grip Characteristics of the Moving Chain Parts

ABSTRACT

The pull-gripping characteristics of the moving chain parts are the most important economical determinant of tractor. These characteristics are also used to determine the completeness of the structure in designing and manufacturing tractor. Studying the pull-gripping characteristics of the moving chain parts based on the theory of the chain-soil relationship provides reliable results because of the complexity of the interaction between the moving chain parts and soil. Therefore, only experimental methods can yields quantitative results. The present paper described the experimental methods to identify the pull-gripping characteristics of the moving chain parts on the field.

Keywords: Caterpillar tractor, experimental method, pull-gripping characteristics, rubber track, tractive efficiency..

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy kéo xích là một loại máy động lực sử dụng trong nhiều lĩnh vực kinh tế khác nhau, máy kéo xích có ưu điểm vượt trội so với máy kéo bánh, khi sử dụng với các công việc cần lực kéo lớn hoặc trên đất độ ẩm cao.

Tính chất kéo bám của máy kéo xích được đánh giá thông qua các thông số như lực chủ động, lực kéo ở móc, công suất kéo, hiệu suất kéo... phụ thuộc vào độ trượt của máy kéo khi làm việc trên nền đất cụ thể.

Xác định tính chất kéo bám của bộ phận di động xích là một công việc rất quan trọng để phân tích, tính toán các yếu tố ảnh hưởng đến tính chất kéo bám của máy kéo, nâng cao hiệu quả sử dụng máy kéo, đặc biệt giúp cho việc cải tiến thiết kế chế tạo, hoàn thiện mẫu máy kéo mới chế tạo ở trong nước.

Vì bộ phận di động xích khi làm việc trên đất nông nghiệp, quá trình tương tác giữa xích và đất diễn ra vô cùng phức tạp, Do vậy, xác định các tính chất kéo bám của bộ phận di động xích bằng lý thuyết sẽ cho kết quả không tin cậy.

Để đánh giá tính chất kéo bám của bộ phận di động xích cao su, cần xây dựng được các mối quan hệ giữa lực chủ động, lực kéo, công suất kéo, vận tốc làm việc, hiệu suất kéo... phụ thuộc vào độ trượt hoặc bất kỳ thông số nào mà ta cần khảo sát.

Do vậy, mục đích nghiên cứu này là xây dựng mô hình nghiên cứu, xác định các thông số cần đo, dụng cụ đo, tiến hành thí nghiệm và đo các thông số cơ bản, kết hợp với tính toán lý thuyết và các phần mềm hỗ trợ chuyên dụng, xây dựng các đường đặc tính về kéo và bám của bộ phận di động xích cao su. Từ đó, phân tích ảnh hưởng của các thông số sử dụng cũng như kết cấu đến tính chất kéo bám của máy kéo xích, cũng như dùng kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá tính hoàn thiện về kết cấu máy kéo thiết kế chế tạo.

Bài báo này giới thiệu phương pháp nghiên cứu xác định các tính chất kéo bám của bộ phận di động xích cao su trên nền đất nông nghiệp, với một số nội dung thu được từ kết quả nghiên cứu:

- Xây dựng mô hình nghiên cứu thực nghiệm;
- Lựa chọn máy kéo thí nghiệm với hệ thống di động xích và các thông số cần đo;
- Lựa chọn thiết bị đo có độ chính xác và độ tin cậy đáp ứng yêu cầu đặt ra;
- Lắp đặt thiết bị lên mô hình thí nghiệm;
- Liên kết các thiết bị đo với máy tính và hiệu chỉnh toàn bộ thiết bị thí nghiệm;
- Lựa chọn loại đất thí nghiệm, đo độ chặt, độ ẩm của đất thí nghiệm;
- Tổ chức thí nghiệm;
- Thực hiện các phương án thí nghiệm đã đặt ra;

- Ghi kết quả số liệu thí nghiệm thành từng file thí nghiệm riêng biệt;

- Kết hợp giữa số liệu thí nghiệm với hệ thống các công thức tính toán và phần mềm chuyên dụng, xây dựng các mối quan hệ về tính chất kéo bám của máy kéo thí nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Dựa trên việc xây dựng mô hình nghiên cứu thực nghiệm. Tiến hành thực nghiệm xác định các đại lượng cần đo trong mô hình, từ các đại lượng đo được bằng thực nghiệm, kết hợp với hệ thống công thức lý thuyết xây dựng các quan hệ phản ánh tính chất kéo bám của bộ phận di động xích.

2.1. Xây dựng mô hình thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm

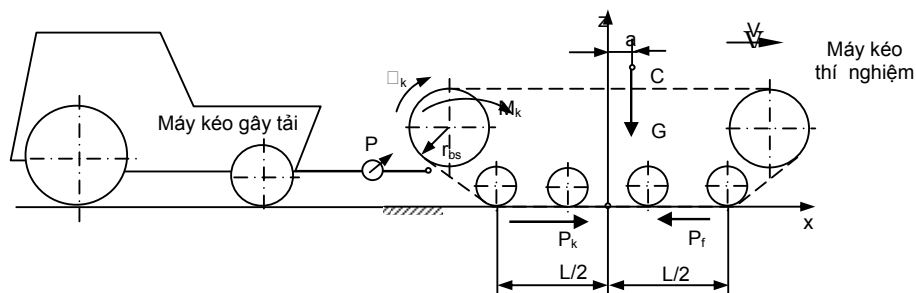
Máy kéo thí nghiệm là máy kéo xích cao su công suất 30 mã lực, thuộc đề tài cấp Bộ mã số B2010-11-162 do PGS. TS. Nguyễn Ngọc Quế làm chủ nhiệm đề tài. Đây là mẫu máy kéo mới được sản xuất thử nghiệm trong nước.

Máy kéo gây tải là máy kéo bánh công suất 80 mã lực đủ để gây tải cho máy kéo thí nghiệm.

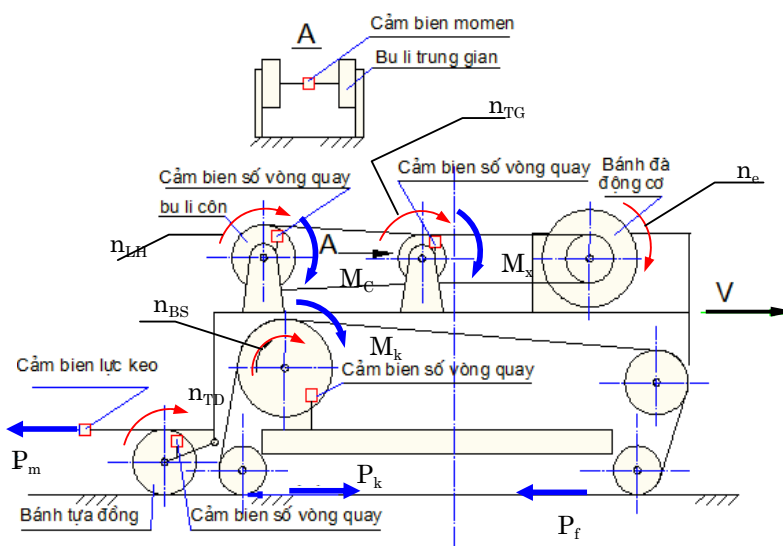
Mô hình vật lý

Mô hình vật lý của thí nghiệm được xây dựng trên cơ sở mô hình thí nghiệm (Hình 2). Trên mô hình vật lý, chúng tôi đã xác định và đo được các thông số kỹ thuật của máy thí nghiệm sau:

Số vòng quay trên trục khuỷu động cơ, n_e ; Số vòng quay trên trục trung gian, n_{TG} ; Số vòng quay trên trục ly hợp, n_{LH} ; Số vòng quay trên trục bánh sao chủ động, n_{BS} và số vòng quay trên trục bánh tựa động, n_{TD} .



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm máy kéo trên đồng



Hình 2. Sơ đồ bố trí thiết bị đo trên máy kéo thí nghiệm

Tiến hành đo lực kéo ở móc máy kéo P_m và mô men trên trục trung gian M_x để tính toán các thông số kéo bám khác. Trên hình 2, các ký hiệu tương ứng với các đại lượng đo sau:

$n_e, n_{TG}, n_{LH}, n_{BS}, n_{TD}$ là số vòng quay (v/ph) tương ứng với: trục khuỷu, trục trung gian, trục ly hợp, bánh sao chủ động, bánh tựa động

M_x – mô men trên trục trung gian; M_c – mô men trên trục côn; M_k – mô men chủ động của máy kéo; P_k – lực kéo tiếp tuyến; P_m – lực kéo hữu ích; P_f – lực cản lăn; V – vận tốc thực tế (tính theo công thức, bằng vận tốc của bánh tựa động)

2.2. Lựa chọn thiết bị đo

- *Thiết bị đo lực kéo*

Để đo lực kéo, dùng cảm biến đo lực Z4 của CHLB Đức (hình 4). Thiết bị này làm việc theo nguyên lý tenzô với phần tử nhạy có dạng dầm công sơn, trên đó dán 4 lá điện trở, chúng được mắc theo sơ đồ cầu đủ điện trở. Cảm biến có giới hạn đo là 50 kN, độ nhạy 2 mV/V.

- *Thiết bị đo mômen*

Để đo mômen xoắn chúng tôi dùng cảm biến đo mômen T4A của CHLB Đức (Hình 4). Cảm biến làm việc theo nguyên lý tenzô, phần tử nhạy có dạng trục hình trụ, trên đó dán 4 điện trở theo hình chữ V, trục dọc của mỗi điện trở

tạo với đường sinh của trục góc 45 độ. Các điện trở được mắc theo sơ đồ cầu đủ điện trở. Bộ thu dòng dạng cổ góp - chổi quét. Giới hạn đo của cảm biến là 1000 Nm, độ nhạy 2 mV/V.

- *Thiết bị đo tốc độ quay.*

Để đo tốc độ quay của trục khuỷu động cơ, trục đo mô men, trục ly hợp, bánh sao chủ động và bánh tựa động, sử dụng Sensor quang học E3F3 của hãng Omron (Hình 5).



Hình 3. Thiết bị đo lực kéo Z4



Hình 4. Cảm biến đo mômen xoắn

Tất cả các thiết bị đo trên đây đều được chế tạo có độ tin cậy và độ chính xác cao của CHLB Đức, nhờ đó số liệu thực nghiệm thu được đảm bảo độ tin cậy.

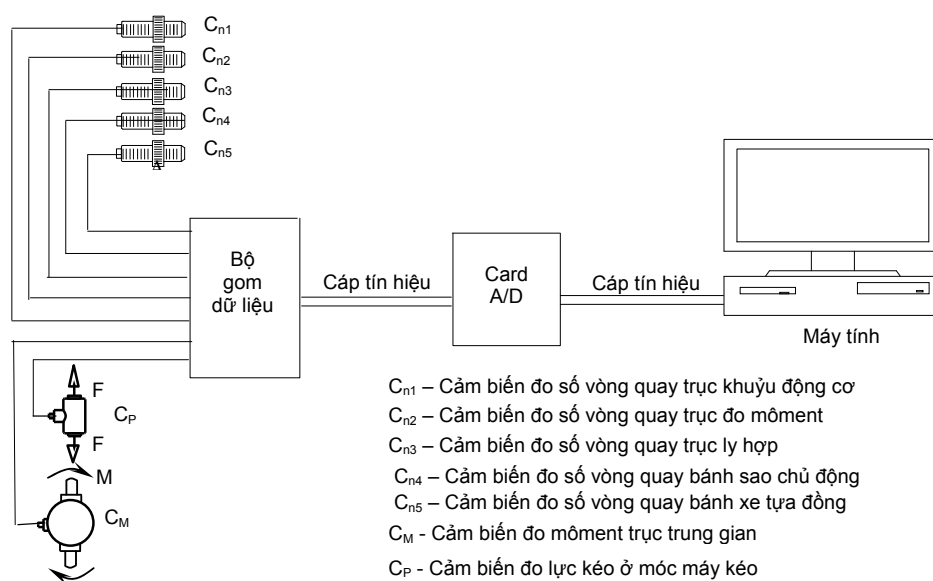
2.3. Sơ đồ liên kết thiết bị đo với máy tính

Trên hình 6 giới thiệu sơ đồ liên kết các cảm biến với thiết bị đo, trong đó các cảm biến C_{ni} là các cảm biến đo số vòng quay tương ứng từ động cơ đến bánh tựa đồng. C_p và C_M là cảm biến đo lực kéo và mô men trên trục trung gian (xem mô

hình vật lý). Các cảm biến này được liên kết đến bộ phận thu gom dữ liệu, qua cáp tín hiệu đến bộ chuyển đổi tín hiệu A/D và nối vào máy tính.



Hình 5. Sensor quang học E3F3



- C_{n1} – Cảm biến đo số vòng quay trục khuỷu động cơ
- C_{n2} – Cảm biến đo số vòng quay trục đo môment
- C_{n3} – Cảm biến đo số vòng quay trục ly hợp
- C_{n4} – Cảm biến đo số vòng quay bánh sao chủ động
- C_{n5} – Cảm biến đo số vòng quay bánh xe tựa đồng
- C_M - Cảm biến đo môment trục trung gian
- C_p - Cảm biến đo lực kéo ở móc máy kéo

Hình 6. Sơ đồ kết nối các thiết bị đo với bộ gom và máy tính

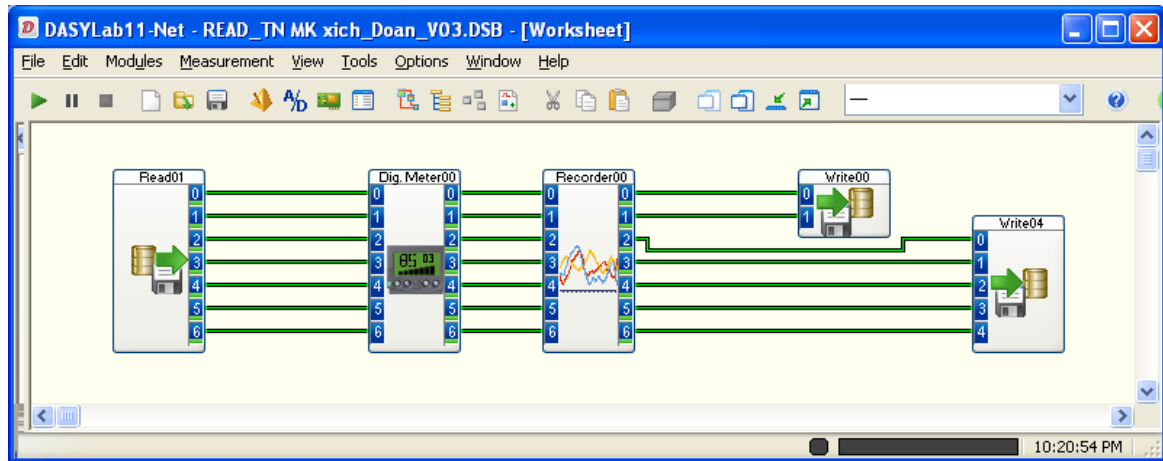
2.4. Thiết bị chuyển đổi Analog - Digital (Card A/D) và phần mềm DASYLab

DasyLab là phần mềm thu thập xử lý số liệu rất đa năng sử dụng dễ dàng và thuận tiện. Các phép tính toán, các thuật toán được tích hợp trên các môđun chỉ việc lấy ra từ thư viện và kết nối chúng lại với nhau thành một chuỗi các môđun gọi là Worksheet (hình 7). Trước khi dữ liệu được đưa vào máy tính với phần mềm DasyLab, cần qua một thiết bị chuyển đổi Analog - Digital thường gọi thiết bị này là Card A/D.

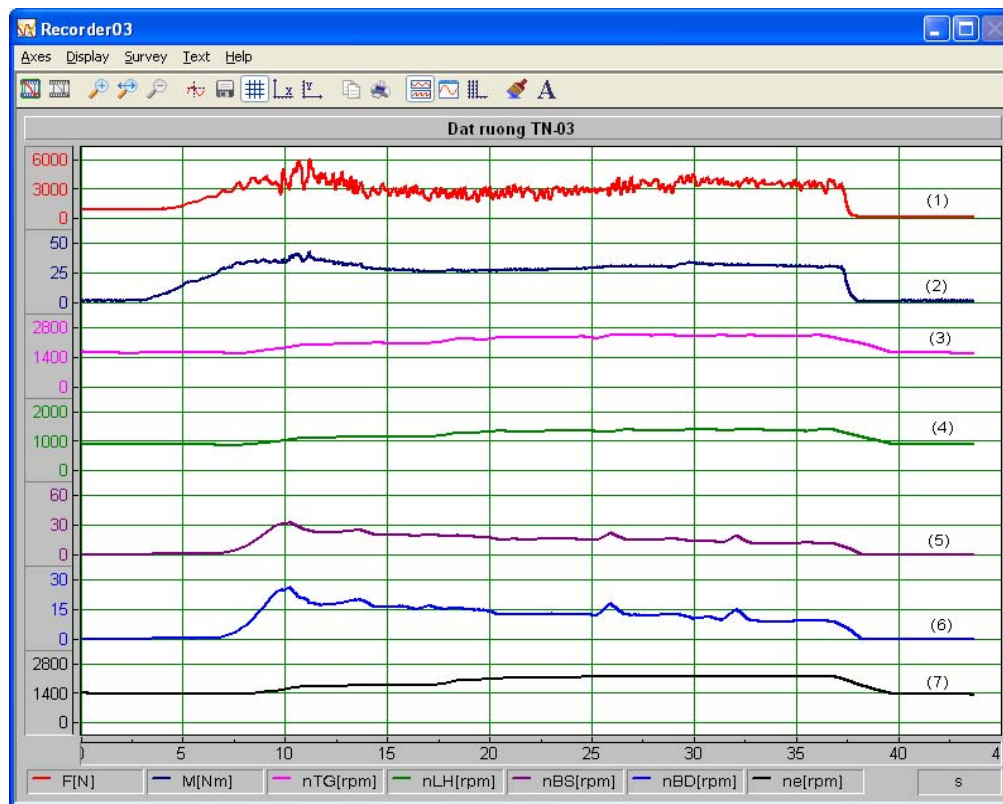
2.5. Kết quả thí nghiệm

Mỗi thí nghiệm được xây dựng cho một Worksheet riêng, sau mỗi thí nghiệm, phần mềm DasyLab suất kết quả dưới dạng đồ thị như hình 8. và dưới dạng số, kết quả dưới dạng đồ thị cho khả năng trực quan đánh giá thí nghiệm có thành công hay không trên cơ sở kinh nghiệm của người phụ trách thí nghiệm và dạng các đồ thị, kết quả dưới dạng số có thể liên kết với các phần mềm xử lý khác như Matlab Simulink để xử lý kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

Phương pháp nghiên cứu xác định các chỉ tiêu kéo bám của bộ phận di động xích



Hình 7. Sơ đồ khối đọc số liệu từ các tệp số liệu thí nghiệm trên DasyLab



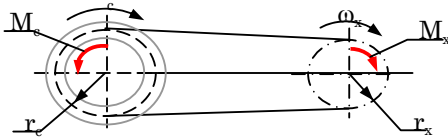
Hình 8. Đồ thị kết quả quá trình đo trên màn hình DasyLab

Ghi chú: (1)- Lực kéo P_m [N]; (2) -Mô men trên trục trung gian M_x [Nm]; (3)- Số vòng quay của trục trung gian n_{TG} [v/ph]; (4)- Số vòng quay của trục ly hợp n_{LH} [v/ph]; (5)- Số vòng quay của bánh sao chủ động n_{BS} [v/ph]; (6)- Số vòng quay của bánh tựa động n_{TD} [v/ph]; (7)- Số vòng quay của động cơ cơ n_e [v/ph]

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định các thành phần lực và mô men

3.1.1. Xác định mô men của ly hợp M_C



Hình 9. Sơ đồ truyền mô men của bộ truyền đai thang

– Công suất trên trục trung gian:

$$N_x = M_x \omega_x \quad (1.1)$$

– Công suất trên trục chủ động của ly hợp: $N_C = M_C \omega_C$ (1.2) hoặc tính qua hiệu suất truyền:

$$N_C = \eta_x N_x \quad (1.3)$$

Từ đó ta có mô men trên trục ly hợp:

$$M_C = \frac{\eta_x M_x \omega_x}{\omega_c} \quad (1.4)$$

η_x – hiệu suất bộ truyền đai:

$$\eta_x = 1 - \xi \quad (1.5)$$

ξ – độ trượt đai:

$$\xi = \frac{\omega_x - \omega_c \frac{r_x}{r_c}}{\omega_x} \quad (1.6)$$

Thay (1.5) vào (1.6) vào (1.4), tính được mô men trên trục ly hợp M_C . Như vậy, nếu đo được: M_x , ω_x và ω_c ta xác định được M_C theo (1.4)

3.1.2. Xác định mô men chủ động trên bánh sao chủ động M_k

Sự truyền mô men từ ly hợp đến bánh sao chủ động được thực hiện qua bộ truyền động cơ khí. Do đó, tỉ số truyền động và tỉ số truyền mô men là bằng nhau.

Mô men chủ động M_k được xác định theo công thức:

$$M_k = \eta_m M_C i_T \quad (1.7)$$

Trong đó:

η_m – hiệu suất cơ học: chọn $\eta_m = 0.85$

i_T – tỉ số truyền của hộp số

3.1.3. Xác định các thành phần lực tác dụng lên máy kéo

1) Lực chủ động của máy kéo

Lực chủ động P_k được xác định theo công

$$\text{thức: } P_k = \frac{M_k}{r_k} \quad (1.8)$$

r_k – bán kính bánh sao chủ động ($r_k = 0.13$ m)

2) Lực cản kéo P_m

Lực cản kéo P_m do xe tạo tải gây ra, được đo trực tiếp bằng sensor đo lực (sensor C_p)

3) Lực cản lăn P_f

Từ cân bằng lực theo phương chuyển động ta xác định được lực cản lăn:

$$P_f = P_k - P_m \quad (1.9)$$

3.1.4. Xác định độ trượt của máy kéo

Độ trượt của máy kéo được tính theo công thức:

$$\delta = \frac{V_t - V}{V_t} \quad (1.10)$$

Trong đó:

V_t – vận tốc lý thuyết; V – vận tốc thực tế.

Vận tốc lý thuyết V_t và vận tốc thực tế V được xác định bằng thực nghiệm thông qua đo tốc độ quay của bánh sao chủ động ω_k và tốc độ quay của bánh tựa đồng ω_{td} .

Vận tốc lý thuyết:

$$V_t = \frac{\pi \cdot r_{BS} \cdot n_{BS}}{30}; \quad [\text{m/s}] \quad (1.11)$$

Vận tốc thực tế:

$$V = \frac{\pi \cdot r_{BD} \cdot n_{TD}}{30} \quad [\text{m/s}] \quad (1.12)$$

Hiệu suất kéo của bộ phận di động xích:

$$\eta_k = (1 - \delta) \frac{P_m}{P_f + P_m} \quad (1.13)$$

3.2. Xử lý số liệu

Dựa trên các số liệu thực nghiệm, cũng như hệ thống các công thức tính toán trình bày trên đây, ứng dụng Matlab-Simulink, hoàn toàn có thể xử lý số liệu thực nghiệm để có mối quan hệ giữa các đại lượng (các hàm mục tiêu) với các thông số khảo sát.

Trong khuôn khổ bài viết, nhóm nghiên cứu chỉ trình bày mối quan hệ giữa đặc tính trượt và hiệu suất của bộ phận di động xích ở một chế độ khảo sát ứng với trọng lượng của máy kéo là $G=11530\text{N}$, trên nền đất phù sa đồng bằng sông Hồng, mặt đồng bằng phẳng, độ ẩm của đất 97%, độ chặt của nền 4 kg/cm^2 .

3.3. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm

Xem hình 10 và 11.

3.4 Phân tích kết quả thí nghiệm

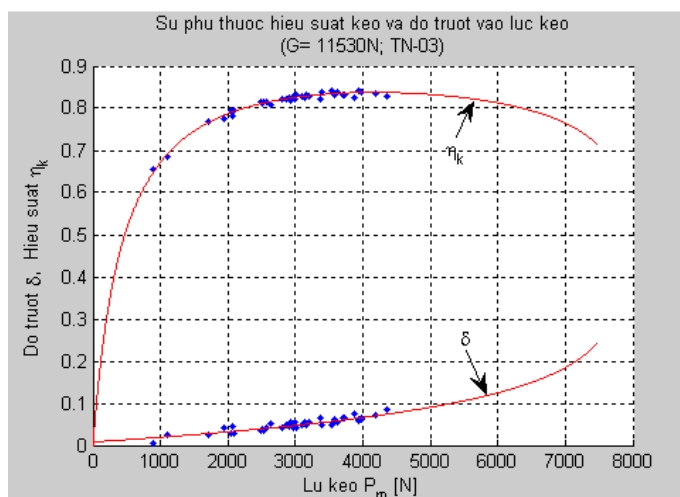
Từ kết quả thực nghiệm và hệ thống công thức tính toán lý thuyết, có thể xây dựng được rất nhiều các mối quan hệ như hiệu suất kéo, công suất kéo, lực chủ động, vận tốc làm việc... của máy kéo thực nghiệm theo lực kéo ở móc hoặc theo độ trượt của hệ thống di động xích. Hình 10 trình bày kết quả xử lý số liệu về mối quan hệ giữa độ trượt và hiệu suất kéo của bộ phận di động xích phụ thuộc vào lực kéo ở móc máy kéo P_m và hình 11 trình bày mối quan hệ

giữa hiệu suất kéo phụ thuộc độ trượt của bộ phận di động xích.

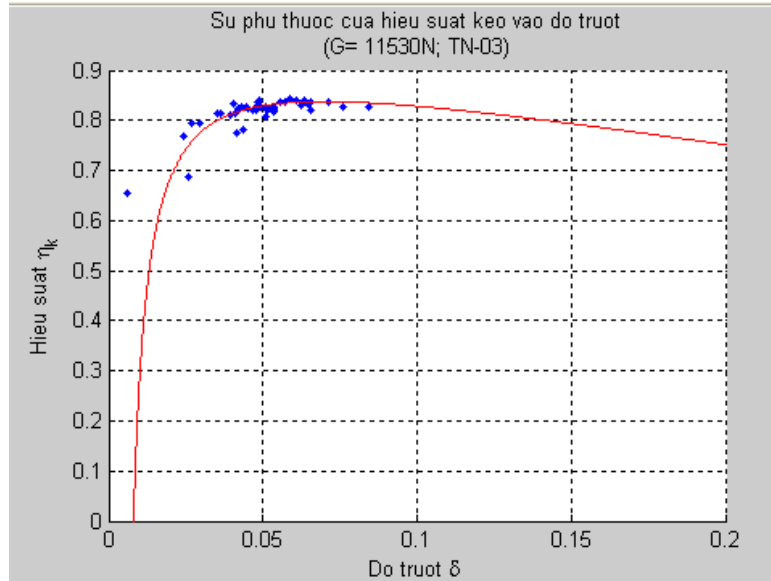
- Từ hình 10 nhận thấy, khi máy kéo làm việc trên đất độ ẩm cao (97%), lực chủ động của bộ phận di động xích sinh ra cần khắc phục lực cản lăn của máy kéo. Tuy vậy, lực kéo ở móc máy kéo vẫn phát huy được một trị số gần 4.500N, điều này không thể có được ở các máy kéo có hệ thống di động bằng bánh lốp cao su.

- Hình 11 biểu diễn quan hệ giữa hiệu suất kéo với độ trượt của bộ phận di động xích. Từ quan hệ này cho thấy đối với bộ phận di động xích, hiệu suất kéo cực đại đạt được khi độ trượt là khá nhỏ khoảng 8-9%. Điều này được giải thích là mặc dù độ ẩm của đất rất cao, song vì diện tích tiếp xúc của xích với đất lớn vì vậy khả năng bám của xích với đất là rất cao.

- Khả năng kéo bám của bộ phận di động xích so với hệ thống di động bánh (máy kéo bánh) lớn hơn từ 25-35%, theo kết quả nghiên cứu đã công bố của (Bekker, 1968) và Atamanov et al. (1997), hiệu suất kéo của hệ thống di động bánh đạt được là 60% khi độ trượt của bánh xe trong giới hạn 20-25% ở độ ẩm của đất 70%. Trong đó, đối với hệ thống di động xích được nghiên cứu trên đây, hiệu suất kéo của bộ phận di động xích đạt tới 84% ở độ trượt chỉ 8-9% và đặc biệt ở độ ẩm của nền cao tới 97%.



Hình 10. Ảnh hưởng của lực kéo đến độ trượt và hiệu suất kéo của bộ phận di động xích ($G=11530\text{ N}$; thí nghiệm TN-03 trên đất ruộng)



Hình 11 . Ảnh hưởng của độ trượt đến hiệu suất kéo của bộ phận di động xích (G= 11530 N; thí nghiệm TN-03 trên đất ruộng)

- Kết quả nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện dựa trên việc xác định các thông số cần đo bằng thực nghiệm, sử dụng các thiết bị đo và các phần mềm hỗ trợ hiện đại, nên kết quả nghiên cứu hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu về độ tin cậy và độ chính xác.

Các kết quả nghiên cứu giúp cho việc phân tích đánh giá các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của máy kéo, hướng dẫn sử dụng máy cũng như làm cơ sở khoa học cho việc cải tiến, thiết kế chế tạo máy kéo xích ở điều kiện trong nước phục vụ sản xuất nông lâm nghiệp.

4. KẾT LUẬN

Phương pháp nghiên cứu xác định tính chất kéo bám của bộ phận di động xích cao su bằng thực nghiệm đã xây dựng được các mối quan hệ giữa các chỉ tiêu cần khảo sát với thông số khảo sát. Đây là một phương pháp nghiên cứu có tính khoa học và có độ tin cậy.

Hệ thống di động xích nói riêng và máy kéo xích nói chung có khả năng làm việc và phát huy khả năng kéo bám tốt trên đất độ ẩm cao, thậm chí cả đất ruộng nước, vì vậy cần tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số kết cấu và sử dụng như kích thước dải xích, trọng lượng máy kéo, độ ẩm và độ chặt của đất đến tính năng kéo bám của hệ thống di động xích.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Tài liệu sử dụng phần mềm DASyLab 7.0.
- Atamanov Y. E., Guskov V. V., Msiuk S. K. (1997). *Laboratornui Praktikum*. Moskva.
- Bekker M. G. (1968). *Introduction to Terrain-Vehicle Systems*, The University of Michigan Press.
- Nguyễn Ngọc Quế, Đào Hữu Đoàn, Phạm Thị Thu Hằng. Phương pháp xác định hiệu suất kéo của máy kéo xích cao su bằng thực nghiệm. *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, 1/2013.
- Wong J.Y., Ph.D. D.Sc. (2001). *Theory of ground vehicles*, Department of Mechanical and Aerospace Engineering Carleton University, Ottawa Canada.