

# NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH MỘT SỐ CHỈ TIÊU KÉO BÁM VÀ LÀM VIỆC CỦA LIÊN HỢP MÁY CÀY CHĂM SÓC RỪNG

Đoàn Văn Thu<sup>1</sup>, Nguyễn Nhật Chiêu<sup>2</sup>, Tô Quốc Huy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

## TÓM TẮT

Các chỉ tiêu kéo bám và làm việc của liên hợp máy (LHM) canh tác trong lâm nghiệp phụ thuộc vào nhiều yếu tố, từ kết cấu, kỹ năng điều khiển, đặc điểm địa hình, tính chất đất đai,... đến yêu cầu kỹ thuật canh tác. Việc xác định các chỉ tiêu này bằng các công thức, phương trình toán học khó đảm bảo độ chính xác, đầy đủ cũng như sự biến thiên và quan hệ giữa chúng. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được một số thông số kỹ thuật, chỉ tiêu kéo bám và làm việc quan trọng trên cơ sở thiết lập hệ thống thiết bị thí nghiệm đo hiện đại. Trên đất lâm nghiệp, hệ số cản lăn ( $f$ ) của máy kéo Yanmar F535D lắp hệ thống di động cải tiến có giá trị từ 0,081 - 0,089, lớn hơn từ 2,3 - 3,1% so với khi lắp hệ thống di động nguyên bản; hệ số bám ( $\varphi_x$ ) đạt từ 0,695 đến 0,752, tăng từ 10,93 - 13,59% so với hệ thống di động nguyên bản; hệ số lực cản riêng của cày chày  $K_c = 32.620 \text{ N/m}^2$  khi cày với độ sâu  $h_c = 0,075 \text{ m}$  và  $K_c = 37.693 \text{ N/m}^2$  khi  $h_c = 0,1 \text{ m}$ ; LHM làm việc khá ổn định ở góc dốc trên  $10^\circ$  đến  $12,3^\circ$ , năng suất đạt từ 0,33 ha/h đến 0,47 ha/h. Kết quả nghiên cứu cũng xây dựng được đặc tính kéo bám thực nghiệm của hệ thống di động cải tiến trên đất lâm nghiệp, quan hệ giữa hiệu suất kéo và độ trượt  $\eta_k = f(\delta)$ , đây là những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá tính năng kỹ thuật của máy kéo, đồng thời làm cơ sở xác định chế độ làm việc phù hợp, nâng cao hiệu quả sử dụng.

**Từ khóa:** Đất dốc lâm nghiệp, đặc tính kéo bám, hệ thống di động máy kéo bánh

**Keywords:** Steep forest terrain, traction - gripping characteristics, the self-movement system of rubber tractor.

## Experimental study on the determination of traction-gripping capacity and working indicators of the forestry tractor Yanmar F535D

The traction-gripping capacity and working indicators of a forestry agrimotor system depend on multiple factors such as machine structure, operating skills, terrain conditions, soil characteristics and the requirements of the cultivation technique. The use of mathematical equations in determination of these indicators leads to the limitations on the accuracy, variation and relationship among the indicators. The results of experimental study has determined the important technical specifications, gripping capacity and working indicators using a modern experimental system. On forestry terrain, the Yanmar F535D traction system equipped with improvement of the self-movement system has a rolling resistance indicator ( $f$ ) of 0.081 - 0.089, representing an increase of 2.3% to 3.1% compared to the original tractor. The lateral friction indicator  $\varphi_x$  was

determined at 0.695-0.752 which is represented higher than that of the original tractor with an increase of 10.93% to 13.59%. The resistance force indicator  $K_c$  is recorded at 32.620 N/m<sup>2</sup> at the plowing depth  $h_c$  in the soil of 0.075 m.  $K_c$  was determined at 37.693 N/m<sup>2</sup> when  $h_c$  was increased to 0.1 m. The tractor system showed the stability during working at the terrain slope of 10° to 13° with the productivity of 0.33 ha/h to 0.47 ha/h. The empirical study has determined the gripping-traction characteristics of the improved self-movement tractor system on forest terrain, the relationship between traction efficiency  $\eta_k$  and sliding index  $\delta_k$ , which are important parameters in assessing the technical performance of the tractor system as well as in improving the working ability of the tractor system.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tính chất kéo bám của máy kéo là yếu tố hàng đầu ảnh hưởng đến các chỉ tiêu chi phí năng lượng và năng suất của liên hợp máy (LHM) canh tác trong nông lâm nghiệp. Khả năng kéo của máy kéo để thực hiện các công việc ở điều kiện sử dụng khác nhau phụ thuộc vào khả năng bám của hệ thống di động, công suất động cơ, cấp số truyền và lực cản lăn của máy kéo. Khả năng bám và lực cản lăn của máy kéo phụ thuộc vào loại và kết cấu của hệ thống di động, sự phân bố trọng lượng trên các bánh xe, địa hình và tính chất đất đai.

Đối với LHM cày chăm sóc rừng trên đất dốc, khả năng kéo bám phụ thuộc vào nhiều yếu tố về kết cấu và điều kiện sử dụng, quá trình tương tác giữa đất - máy diễn ra rất phức tạp và chịu ảnh hưởng của các yếu tố ngẫu nhiên như: sự thay đổi độ dốc, tính chất không đồng nhất của đất đai... Do đó, bằng nghiên cứu lý thuyết dựa trên các phương trình toán học cũng khó có thể xác định được đầy đủ, chính xác giá trị, sự biến thiên các thông số, chỉ tiêu kỹ thuật cũng như quan hệ giữa chúng.

Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định các chỉ tiêu kéo bám và làm việc của LHM cày chăm sóc rừng nhằm đánh giá khả năng làm việc cũng như hiệu quả sử dụng LHM.

## II. ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Liên hợp máy kéo Janmar F535D với cày chảo chăm sóc rừng với các thông số kỹ thuật chính sau:

- Máy kéo Janmar F535D có công suất cực đại  $N_{e_{max}} = 53$  Hp tại  $n_{eH} = 2.600$  v/ph; Mô men quay cực đại  $M_{e_{max}} = 172$  Nm tại  $n_{eM} = 1.600$  v/ph; 02 cầu chủ động, chiều dài cơ sở  $L = 2,0$  m ([www.keletagro.com](http://www.keletagro.com)).

Máy kéo với hệ thống di động nguyên bản: Bề rộng cơ sở  $B = 1,3$  m, trọng lượng  $G_1 = 18,2$  kN, chiều cao trọng tâm  $h_T = 1,05$  m, đường kính bánh xe chủ động  $D = 1,35$  m, chiều cao gầm  $h_g = 0,4$  m.

Máy kéo với hệ thống di động cải tiến: Bề rộng cơ sở  $B = 1,62$  m, trọng lượng  $G_1 = 18,2$  kN, chiều cao trọng tâm  $h_T = 0,95$  m, đường kính bánh xe chủ động  $D = 1,255$  m, chiều cao gầm  $h_g = 0,305$  m.

- Cày chảo 2 dãy, mỗi dãy 04 chảo lắp đối xứng, đường kính chảo  $d_c = 0,56$  m, giữa 2 dãy chảo có lắp lưới xới, trọng lượng cày  $G_2 = 2,50$  kN, độ cày sâu tối đa 0,22 m, bề rộng làm việc  $B_c = 1,8 - 2,2$  m (Tô Quốc Huy *et al.*, 2020).

## 2.2. Nội dung nghiên cứu

Để đánh giá khả năng kéo bám và làm việc của LHM với hệ thống di động nguyên bản và cải tiến trên đất lâm nghiệp, nhiệm vụ nghiên cứu thực nghiệm xác định các thông số, chỉ tiêu sau:

- Hệ số cản lăn của máy kéo ( $f$ );
- Hệ số bám của máy kéo ( $\varphi$ );
- Lực cản kéo cày chăm sóc rừng,  $P_c$  (kN);
- Phản lực pháp tuyến của mặt đất lên các bánh xe máy kéo,  $Z_i$  (kN);
- Gia tốc theo phương chuyển động của LHM,  $a_t$  ( $m/s^2$ ); Vận tốc thực tế của LHM,  $V$  (m/s);
- Số vòng quay bánh xe chủ động máy kéo,  $\omega_k$  (v/ph);
- Độ trượt theo hướng chuyển động của LHM ( $\delta_x$ );
- Xây dựng đặc tính kéo bám thực nghiệm của hệ thống di động cải tiến;
- Năng suất thực tế của LHM,  $W_c$  (ha/h);

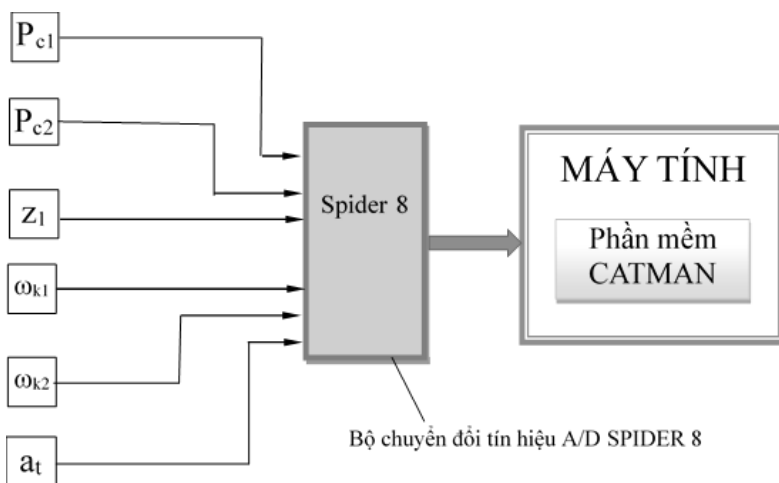
## 2.3. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

### 2.3.1. Thiết bị đo và phương pháp lắp đặt, kết nối

Để xác định các thông số kỹ thuật cũng như các chỉ tiêu kéo bám, làm việc của LHM cày chăm sóc rừng, nghiên cứu đã sử dụng thiết bị đo đa kênh Spider 8 do hãng HBM của CHLB Đức sản xuất ([www.ae.metu.edu](http://www.ae.metu.edu)). Thiết bị này có chức năng thu thập và khuếch đại tín hiệu và chuyển đổi A/D trong quá trình đo các đại lượng không điện bằng điện.

Thiết bị Spider 8 được kết nối với máy tính kết hợp với phần mềm chuyên dụng Catman, có thể đo đồng thời 8 thông số kỹ thuật, các kênh đo được kết nối trực tiếp tới các đầu đo (cảm biến). Tín hiệu nhận được từ các cảm biến được khuếch đại, chuyển đổi thành tín hiệu số và chuyển đến lưu trữ trên phần mềm Catman của máy tính. Có thể kết nối các thiết bị Spider 8 qua cổng LPT hoặc cổng RS232 với máy tính tạo ra một hệ thống đo nhiều kênh hoạt động đồng thời.

Sơ đồ kết nối các đầu đo với thiết bị Spider 8 và máy tính được mô tả như trên hình 1.



**Hình 1.** Sơ đồ kết nối đầu đo với thiết bị đo Spider 8 và máy tính

- Xác định hệ số cản lăn và hệ số bám của máy kéo  
 Hệ số cản lăn được xác định theo công thức:

$$f = \frac{P_l}{G_k} \quad (1-1)$$

Trong đó:  $P_l$  là lực cản lăn của máy kéo (kN);  $G_k$  là trọng lượng máy kéo (kN).

Xác định lực cản lăn  $P_l$ , thí nghiệm đã sử dụng máy kéo MTZ 82 kéo máy kéo Janmar F535D không cài số trên mặt đất tương đối phẳng, lực cản kéo được xác định bằng cảm biến đo lực

kéo tiêu chuẩn TBX-4T kết nối giữa 2 máy kéo, tín hiệu đo từ cảm biến sẽ được chuyển về máy tính trong suốt quá trình thí nghiệm. (Nông Văn Vìn, 2013)

Hệ số bám bánh xe chủ động máy kéo được xác định theo công thức:

$$\varphi = \frac{P_b}{Z_b} \tag{1-2}$$

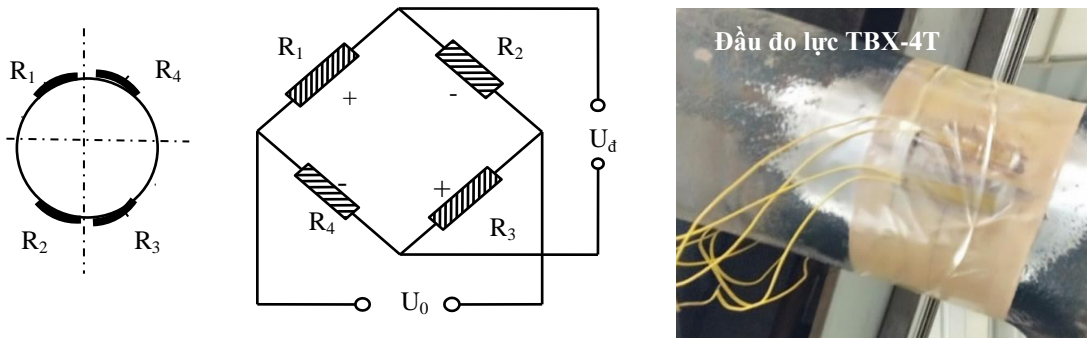
Trong đó:  $P_b$  là lực bám của các bánh xe chủ động;  $Z_b$  là phản lực pháp tuyến lên các bánh xe chủ động của máy kéo.

Xác định lực bám  $P_b$ , lực bám được xác định bằng cảm biến đo lực kéo TBX-4T kết nối giữa máy kéo MTZ 82 và máy kéo Janmar F535D cho máy kéo MTZ 82 di chuyển ở số truyền thấp (số 1) và tăng lực cản kéo, máy

kéo Janmar F535D được giữ chặt cặp bánh xe chủ động bằng phanh, số hãm cho đến khi máy kéo trượt hoàn toàn, tín hiệu từ cảm biến thu được là cơ sở để tính toán lực bám  $P_b$  và hệ số bám  $\varphi$ .

- *Xác định phản lực pháp tuyến lên các bánh xe máy kéo*

Phản lực pháp tuyến của mặt đòilên các bánh xe máy kéo được xác định bằng phương pháp điện trở biến dạng, cảm biến điện trở biến dạng (tenzo) được dán trực tiếp vào vỏ cầu trước của máy kéo và kết nối theo sơ đồ mạch cầu đủ (hình 2), sau đó kết nối với công thiết bị Spider 8 và với máy tính có phần mềm điều khiển, lưu trữ dữ liệu Catman (Nguyễn Nhật Chiêu, 2005).



Hình 2. Sơ đồ dán tenzo điện trở trên cầu trước máy kéo

Sau khi kết nối các lá điện trở tenzo với thiết bị đo, tiến hành kiểm tra lại mạch đấu nối và

hiệu chuẩn khâu đo, xác định giá trị tương ứng của phản lực với tín hiệu nhận được.



Hình 3. Hình ảnh hiệu chuẩn khâu đo phản lực pháp tuyến

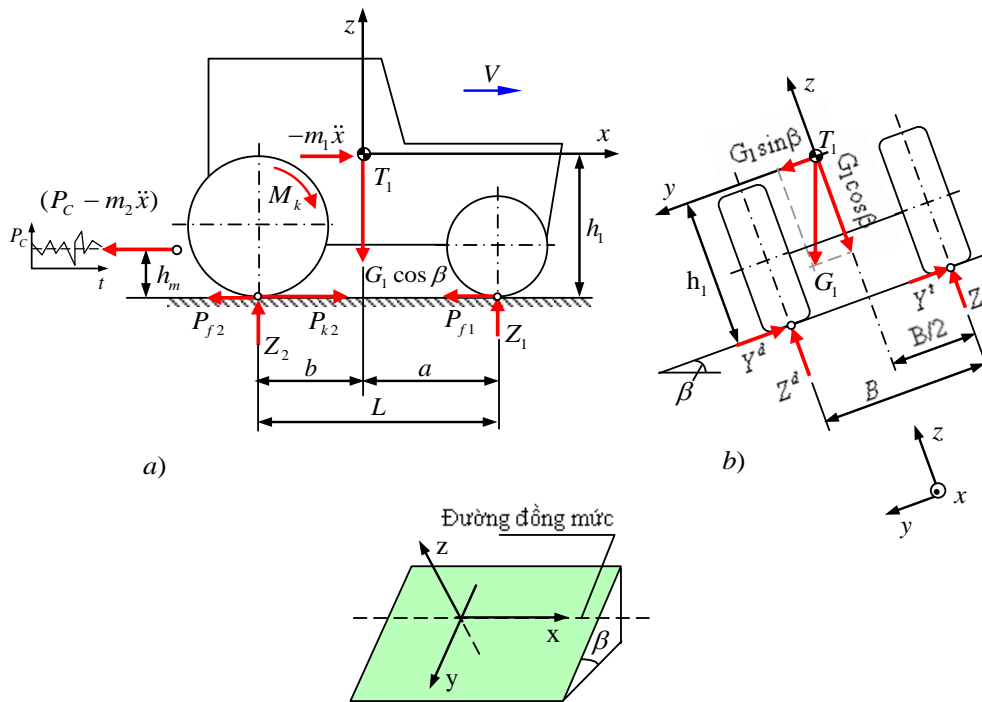
Từ giá trị đo phản lực pháp tuyến của bánh xe cầu trước, hoàn toàn xác định được phản lực các bánh xe còn lại thông qua kích thước hình học kết cấu máy kéo, tọa độ trọng tâm, góc dốc địa hình và trọng lượng của máy kéo.

*- Xác định góc dốc tức thời của mặt đồi*

Trong nghiên cứu thực nghiệm động lực học LHM kéo trên dốc ngang, một khó khăn lớn là rất khó xác định chính xác góc dốc mặt đồi theo đường thực nghiệm. Đã có khá nhiều công trình nghiên cứu về tính chất kéo bám

của máy kéo trên dốc ngang, trong đó góc dốc được xác định theo giá trị trung bình trên một đường thí nghiệm.

Trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp xác định góc dốc mặt đồi thông qua giá trị đo phản lực pháp tuyến lên các bánh xe của máy kéo khi chuyển động ngang dốc. Từ sơ đồ lực tác động lên LHM cày chảo trên dốc ngang (hình 4) ta xác định được các thành phần phản lực của mặt đồi lên các bánh xe của máy kéo và từ đó xác định được góc dốc (Tô Quốc Huy *et al.*, 2020).



**Hình 4.** Sơ đồ các lực tác động lên máy kéo trên dốc ngang

Phản lực pháp tuyến trên cầu trước:

$$Z_1 = \frac{a.G_1 \cos \beta - m_1 h_1 \ddot{x} - (P_C - m_2 \ddot{x}) h_m}{L} \quad (1-3)$$

Phản lực pháp tuyến lên bánh xe phía trên của cầu trước:

$$Z_1^t = \frac{0,5B.Z_1 - h_1 Z_1 \tan \beta}{B} \quad (1-4)$$

Ta có: 
$$\tan \beta = \frac{B}{h_1} \left( \frac{1}{2} - \frac{Z_1^t}{Z_1} \right) \quad (1-5)$$

Trong đó:  $G_1$  - trọng lượng máy kéo;  $m_1, m_2$  - khối lượng máy kéo và cày chảo;  $\ddot{x}$  - gia tốc liên hợp máy;  $\beta$  - góc dốc mặt đồi;  $a, b, h_1$  - tọa độ trọng tâm máy kéo;  $h_m$  - độ cao điểm đặt lực cản kéo cày chảo;  $P_C$  - lực cản cày chảo;

$M_k$  - mô men chủ động;  $P_{k2}$  - lực chủ động của máy kéo;  $P_{f1}, P_{f2}$  - lực cản lăn cầu trước và cầu sau;  $Z_1, Z_2$  - phản lực pháp tuyến lên cầu trước và cầu sau;  $Z^t, Z^d$  - phản lực pháp tuyến lên các bánh xe phía trên và phía dưới dốc;  $m_2 \ddot{x}$  và  $m_1 \ddot{x}$  - lần lượt là lực cản quán tính của cày chảo và máy kéo.

- *Xác định lực cản cây chăm sóc rừng*

Thí nghiệm đo lực cản kéo cây đã sử dụng 2 cảm biến đo lực kéo tiêu chuẩn là: TBX-4 có giới hạn đo là 39,2 kN và TBX-1 có giới hạn đo là 9,8 kN. Các cảm biến được lắp gián tiếp lên 2 thanh kéo dưới của cơ cấu treo qua khung kéo phụ (Hàn Trung Dũng *et al.*, 2018). Trong quá trình làm việc, cơ cấu nâng hạ cây để ở thế bơi, do đó lực kéo của thanh treo trên là bằng không. Tín hiệu từ 2 cảm biến được chuyển về máy tính thông qua thiết bị Spider 8 theo mạch kết nối của của hệ thống đo.

Hệ số lực cản riêng của cây ( $K_c$ ) được xác định từ công thức tính lực cản cây của V.P. Goriatkin. (Đoàn Văn Thu, 2010)

$$P_C = K_c \cdot h_c \cdot B_c + G_c \cdot f_{ms} + \varepsilon \cdot h_c \cdot B_c \cdot v^2 \quad (1-6)$$

Trong đó:  $h_c \cdot B_c$  là chiều sâu và bề rộng của cây, m;

$F_{ms}$  - hệ số ma sát của đất và bánh xe máy cày;

$G_c$  - trọng lượng của dàn cây, N;

$K_c$  - hệ số lực cản riêng của cây, N/m<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  - hệ số tiêu hao năng lượng khi lật đất;

$v$  - vận tốc chuyển động của cây, m/s.

- *Xác định gia tốc, vận tốc LHM cây chăm sóc rừng*

Sử dụng cảm biến đo gia tốc Kisler - C122531 của Nhật Bản để xác định giá trị gia tốc của LHM, có khoảng đo  $\pm 20g$  ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ), sai số trong lớn nhất 1%. Cảm biến đo gia tốc Kisler được gắn ở vị trí tương đối gần trọng tâm của máy kéo, chiều làm việc theo chiều chuyển động và được kết nối với hệ thống đo (thiết bị Spider 8, máy tính...).

Tín hiệu thí nghiệm thu được và xử lý bằng phần mềm Catman sẽ cho giá trị gia tốc chuyển động của LHM theo hướng tiến,  $a_t$  (m/s<sup>2</sup>). Từ đó xác định được vận tốc thực tế của LHM,  $V$  (m/s).

- *Xác định số vòng quay của bánh xe chủ động và độ trượt*

Số vòng quay bánh xe chủ động  $n_k$  được xác định bằng cảm biến đo số vòng quay hoạt động theo nguyên lý cảm ứng. Đầu đo cảm biến được gắn vào đầu trục bánh xe và kết nối với hệ thống thiết bị đo Spider 8 và máy tính. Tín hiệu đo vận tốc quay bánh xe chủ động  $\omega_k$  được truyền tới bộ thu thập khuếch đại Spider 8 và máy tính. Thí nghiệm đã xác định số vòng quay bánh xe chủ động cả trường hợp không sử dụng khóa vi sai và có sử dụng khóa vi sai để phục vụ cho tính toán xác định độ trượt của máy kéo.

Độ trượt của máy kéo (trường hợp khóa vi sai) được xác định theo công thức:

$$\delta_k = \frac{V_{lt} - V}{V_{lt}} = \frac{r_k \omega_k - V}{r_k \omega_k} \quad (1-7)$$

Trong đó:  $V_{lt} = r_k \omega_k$  là vận tốc lý thuyết;  $V$  - là vận tốc thực tế được xác định khi tích phân giá trị gia tốc đo được của thí nghiệm.

Trường hợp không khóa vi sai:

Độ trượt của bánh xe phía trên dốc là:

$$\delta_k^t = \frac{r_k \omega_k^t - V}{r_k \omega_k^t} \quad (1-8)$$

Độ trượt của bánh xe phía dưới dốc là:

$$\delta_k^d = \frac{r_k \omega_k^d - V}{r_k \omega_k^d} \quad (1-9)$$

Từ (1-7), (1-8), (1-9) được quan hệ như sau:

$$\begin{cases} \delta_k^t = 1 - \frac{V}{r_k \omega_k^t}; \\ \delta_k^d = 1 - \frac{\omega_k^t}{\omega_k} (1 - \delta_k^t) \end{cases} \quad (1-10)$$

- *Xác định năng suất và hiệu suất làm việc của LHM*

Năng suất LHM chăm sóc rừng trồng được xác định theo công thức:

$$W_c = 0,1 \cdot B_c \cdot V_x \cdot \tau_{sd} \quad (\text{ha/h}) \quad (1-11)$$

Trong đó:  $B_c$  - bề rộng làm việc của cày chảo (m);  $V_x$  - vận tốc làm việc thực tế (km/h);  $\tau_{sd}$  - hệ số sử dụng thời gian làm việc;

Hiệu suất kéo được xác định theo công thức:

$$\eta_k = \eta_m (1 - \delta_k) \frac{P_C}{P_C + P_f} \quad (1-12)$$

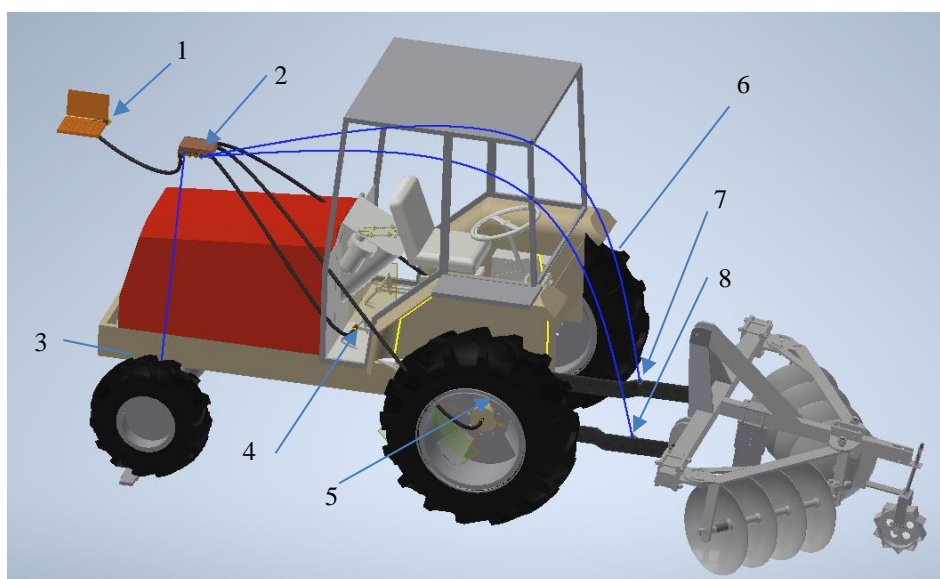
Trong đó:  $\eta_m$  - hiệu suất cơ học trong hệ thống truyền lực;  $P_C$  - lực cản cày;  $P_f$  - lực cản lăn.

Chi phí năng lượng riêng  $C_{Ne}$  được tính theo công thức:

$$C_{Ne} = \frac{N_e}{W_c} \quad (\text{kW/ha}) \quad (1-13)$$

Trong đó:  $N_e$  - công suất cần thiết của động cơ (kW/h);  $W_c$  - năng suất LHM (ha/h).

Sơ đồ lắp đặt và kết nối hệ thống thiết bị đo trên LHM thí nghiệm được mô tả như trên hình 5.



**Hình 5.** Sơ đồ lắp đặt, kết nối các cảm biến trong thí nghiệm

1. Máy tính; 2. Thiết bị đo đa kênh Spider 8; 3. Cảm biến đo phản lực pháp tuyến cầu trước;
4. Cảm biến đo gia tốc LHM; 5, 6. Cảm biến đo số vòng quay bánh xe chủ động; 7, 8. Cảm biến đo lực cản cày.

### 2.3.2. Tổ chức thí nghiệm

- Thí nghiệm được thực hiện tại hiện trường đất trồng rừng thực nghiệm của Trung tâm Khoa học Lâm nghiệp Đông Bắc Bộ, Ngọc Thanh, Phúc Yên, Vĩnh Phúc. Đặc điểm đất đai, địa hình và thực bì của hiện trường thực nghiệm được xác định trước khi tổ chức thí nghiệm, cụ thể:

+ Thí nghiệm xác định hệ số cản lăn, hệ số bám của hệ thống di động nguyên bản và hệ thống di động cải tiến của máy kéo được thực hiện trên hiện trường đất đồi tự nhiên điển hình của khu vực, tương đối bằng phẳng, độ chặt của đất là  $35 \text{ kG/cm}^2$ , độ ẩm đất là 23%.

+ Thí nghiệm đo các thông số phản lực lên bánh xe  $Z_1$ , lực cản cày  $P_c$ , số vòng quay bánh xe chủ động  $\omega_{cd}$ , gia tốc LHM theo hướng tiến được xác định đồng thời. Hiện trường thí nghiệm là đất trồng rừng, thực bì gồm là cây bụi, sim, mua, cỏ tranh đã được phát dọn, độ dốc địa hình từ  $5 - 15^\circ$ ; loại đất Feralit đỏ vàng, cỡ hạt  $> 0,02 \text{ mm}$  chiếm 31%, độ chặt của đất là  $(30 - 35) \text{ kG/cm}^2$ , độ ẩm của đất từ 22 - 25%.

- Các thí nghiệm đo được tiến hành theo đường cày, LHM chuyển động ngang dọc theo đường đồng mức, chiều dài 50 m.

### III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Kết quả xác định hệ số cản lăn

Giá trị hệ số cản lăn của máy kéo Yanmar F535D với hệ thống di động nguyên bản và cải

tiến tương ứng với lực cản lăn trung bình  $P_{L.tb}$  của từng thí nghiệm (TN), vận tốc tiến của máy kéo  $V_t$  được ghi trong bảng 1.

**Bảng 1.** Giá trị đo xác định hệ số cản lăn của máy kéo Yanmar F535D

Số TN	Hệ thống di động nguyên bản			Hệ thống di động cải tiến		
	$P_{L.tb}$ (N)	$V_t$ (m/s)	f	$P_{L.tb}$ (N)	$V_t$ (m/s)	f
TN - 1	1.508	0,79	0,084	1.583	0,70	0,087
TN - 2	1.529	0,76	0,086	1.621	0,72	0,089
TN - 3	1.473	0,75	0,083	1.577	0,68	0,084
Tr. bình	1.503	0,76	0,084	1.593	0,70	0,086

Hệ số cản lăn f của máy kéo lắp hệ thống di động cải tiến có giá trị từ 0,081 đến 0,089, lớn hơn so với khi lắp hệ thống di động nguyên bản, nhưng với giá trị không đáng kể (từ 2,3 - 3,1%).

#### 3.2. Kết quả xác định hệ số bám

Kết quả xác định hệ số bám của máy kéo Yanmar F535D với hệ thống di động nguyên bản và cải tiến tương ứng với lực kéo trung bình  $P_{b.tb}$ , vận tốc tiến của máy kéo  $V_t$  tại các thí nghiệm đo được ghi trong bảng 2.

**Bảng 2.** Giá trị đo xác định hệ số bám của máy kéo Yanmar F535

Số TN	Hệ thống di động nguyên bản			Hệ thống di động cải tiến		
	$P_{b.tb}$ (N)	$V_t$ (m/s)	$\phi$	$P_{b.tb}$ (N)	$V_t$ (m/s)	$\phi$
TN - 1	7.187	0,46	0,625	9.012	0,38	0,752
TN - 2	7.395	0,42	0,643	8.765	0,43	0,736
TN - 3	7.098	0,45	0,619	8.314	0,46	0,723
Tr. bình	7.876	0,45	0,629	8.697	0,42	0,737

Giá trị hệ số bám của hệ thống di động cải tiến trên đất lâm nghiệp đạt khá cao, từ 0,695 đến 0,752, tăng từ 10,93% đến 13,59% so với hệ thống di động nguyên bản. Như vậy, với việc thay đổi kết cấu mẫu bám và tăng tiết diện bánh xe của hệ thống di động cải tiến đã làm tăng đáng kể hệ số bám.

#### 3.3. Kết quả xác định phản lực pháp tuyến lên bánh xe máy kéo và góc dốc tức thời của địa hình

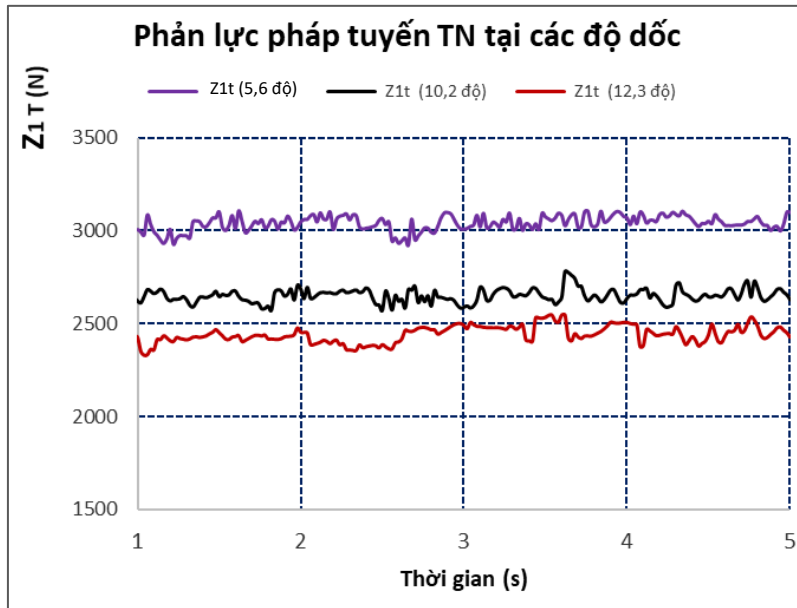
Giá trị phản lực pháp tuyến lên các bánh xe của máy kéo chuyển động ngang dốc ở 3 cấp độ dốc được ghi trong bảng 3.

**Bảng 3.** Giá trị đo phản lực pháp tuyến bánh xe

Góc dốc	$Z_1^t$ (N)	$Z_1^d$ (N)	$Z_2^t$ (N)	$Z_2^d$ (N)
5,6 <sup>0</sup>	3.042	3.358	5.652	6.061
10,2 <sup>0</sup>	2.613	3.908	4.136	7.256
12,3 <sup>0</sup>	2.396	3.862	4.026	7.499



Đồ thị biểu diễn kết quả đo phản lực pháp tuyến lên bánh xe phía trên của cầu trước máy kéo ở góc dốc trung bình của địa hình:  $5,6^{\circ}$ ,  $10,2^{\circ}$  và  $12,3^{\circ}$  được thể hiện trên hình 6.



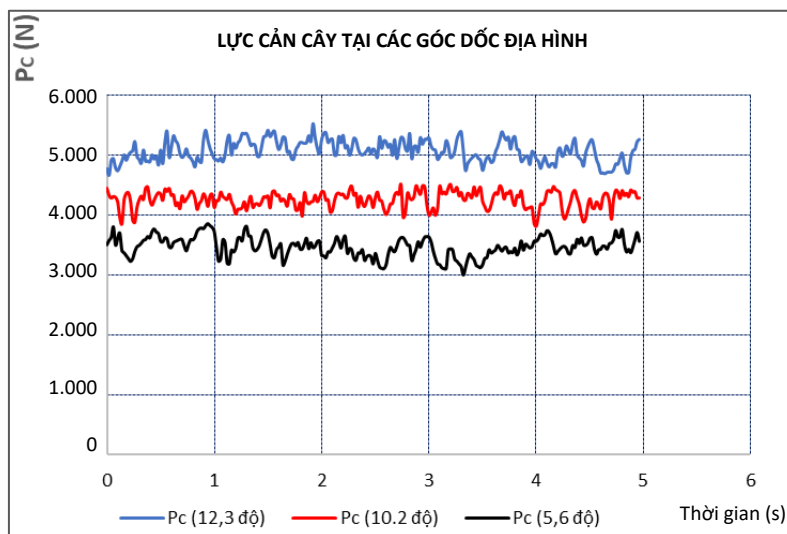
**Hình 6.** Đồ thị biểu diễn giá trị phản lực pháp tuyến lên bánh xe

Giá trị phản lực pháp tuyến lên bánh xe có sự dao động là do độ mấp mô của mặt đồi và sự không đồng nhất của lực cản cây, điều này cũng sẽ ảnh hưởng đến khả năng bám và ổn định của LHM. Phản lực pháp tuyến lên bánh xe phía trên dốc có giá trị càng nhỏ ở góc dốc càng lớn, đúng với quy luật phân bố tải trọng giữa các bánh xe khi di chuyển trên đất dốc. Từ kết quả xác định phản lực pháp tuyến trên bánh xe phía

trên của cầu trước máy kéo khi di chuyển ngang dốc đã xác định được góc dốc tức thời của địa hình trong quá trình thí nghiệm.

### 3.4. Kết quả xác định lực cản cây

Kết quả đo lực kéo cây khi LHM làm việc ở độ dốc trung bình  $5,6^{\circ}$ ,  $10,2^{\circ}$  và  $12,3^{\circ}$ , độ cày sâu  $h_c = 0,075$  m được thể hiện ở dạng đồ thị như trên hình 7.



**Hình 7.** Đồ thị biểu diễn giá trị lực cản cây ở các cấp độ dốc

Kết quả thí nghiệm cho thấy, lực cản kéo cày biến động tương đối mạnh trong quá trình làm việc, sự biến động này là do tính chất không đồng nhất và không bằng phẳng của đất đai lâm nghiệp. Ở góc dốc càng lớn thì lực cản cày có xu hướng tăng lên, lực cản cày tăng theo góc dốc là do khi làm việc trên đất dốc lực ma sát của cày với đất tăng, địa hình thí nghiệm góc dốc lớn ở gần đỉnh đồi, nên đất có độ ẩm thấp, độ chặt lớn hơn.

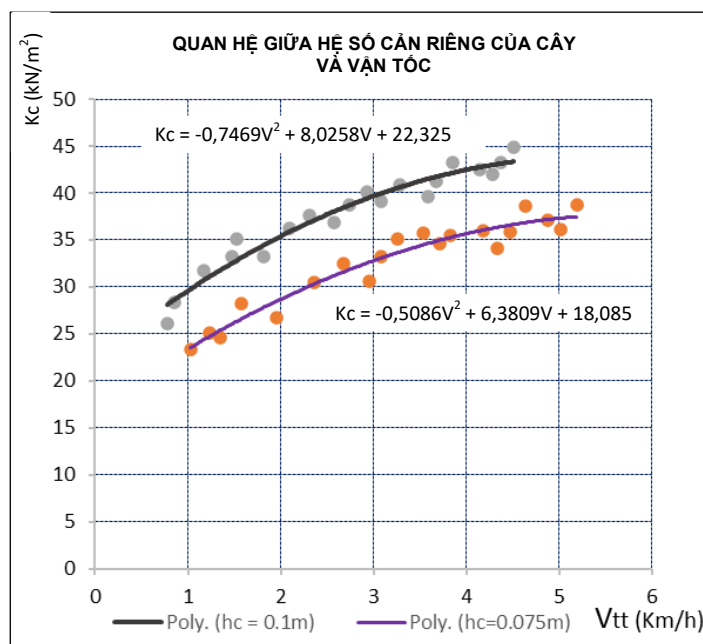
Lực cản cày tăng khá lớn khi độ sâu cày tăng, ở độ dốc trung bình  $12,3^{\circ}$ , khi cày với độ sâu  $h_c = 0,075$  m, lực cản cày dao động từ 3300 N đến 5400 N, hệ số lực cản riêng của cày  $K_c = 32.620$  N/m<sup>2</sup>; khi  $h_c = 0,1$  m, lực cản cày dao động từ 4.500 N đến 7.800N, hệ số lực cản riêng  $K_c = 37.693$  N/m<sup>2</sup>, tăng 13,46% so với khi cày ở độ sâu  $h_c = 0,075$  m, hệ số lực cản riêng của cày tăng khi độ cày sâu tăng là do độ chặt của đất ở tầng dưới cao hơn. Lực cản cày tương ứng với độ cày sâu được thể hiện tại bảng 4.

**Bảng 4.** Lực cản cày, vận tốc hệ số cản riêng tương ứng với độ cày sâu  $h_c = 0,075$ m và  $h_c = 0,1$ m

TT	Độ cày sâu $h_c = 0,075$ m			Độ cày sâu $h_c = 0,1$ m		
	$V_{tt}$ (Km/h)	$P_c$ (N)	$K_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_{tt}$ (Km/h)	$P_c$ (N)	$K_c$ (kN/m <sup>2</sup> )
1	1,03	3.316	23,35	0,78	4.599	26,09
2	1,23	3.559	25,14	0,85	4.989	28,38
3	1,35	3.484	24,58	1,17	5.563	31,75
4	1,58	3.978	28,23	1,47	5.820	33,25
5	1,95	3.770	26,67	1,52	6.146	35,16
6	2,36	4.297	30,54	1,81	5.823	33,25
7	2,67	4.566	32,51	2,09	6.325	36,18
8	2,95	4.317	30,64	2,31	6.563	37,57
9	3,08	4.675	33,28	2,57	6.450	36,88
10	3,26	4.929	35,15	2,74	6.767	38,73
11	3,53	5.009	35,71	2,93	7.009	40,14
12	3,71	4.869	34,65	3,08	6.847	39,17
13	3,82	4.981	35,47	3,28	7.131	40,82
14	4,18	5.061	36,02	3,59	6.931	39,61
15	4,33	4.811	34,15	3,68	7.210	41,24
16	4,47	5.041	35,83	3,85	7.558	43,27
17	4,63	5.414	38,57	4,14	7.437	42,52
18	4,87	5.227	37,15	4,28	7.344	41,95
19	5,02	5.086	36,08	4,37	7.577	43,31
20	5,19	5.442	38,69	4,51	7.854	44,59

Tập hợp các giá trị hệ số cản riêng của cày ( $K_c$ ) tương ứng với vận tốc thực tế ( $V_t$ ) được hồi quy toán học theo các phương

trình  $K_c = f(V_t)$ , đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa  $K_c$  với vận tốc ứng với các độ cày sâu như trên hình 8.

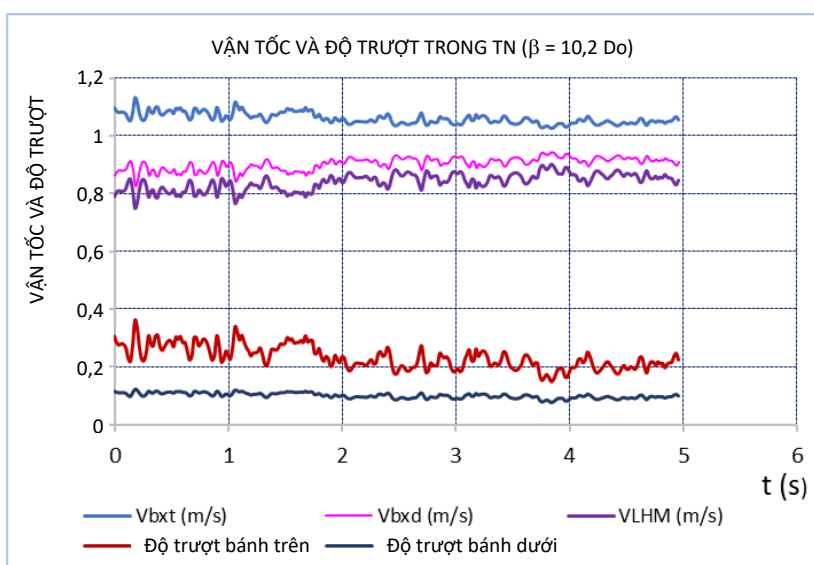


**Hình 8.** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa hệ số lực cản riêng cây với vận tốc ứng với độ cây sâu

Như vậy, hệ số lực cản riêng của cây chỏ trên đất lâm nghiệp phụ thuộc khá nhiều vào độ cây sâu và vận tốc làm việc của LHM. Trong thực tế, độ cây sâu được quy định theo yêu cầu của kỹ thuật chăm sóc rừng, còn vận tốc cây được xác định theo chế độ làm việc của LHM để đảm bảo nâng cao năng suất và giảm chi phí năng lượng cây.

**3.5. Kết quả xác định vận tốc, chi phí năng lượng và năng suất của LHM**

Vận tốc lý thuyết được xác định trên cơ sở kết quả đo số vòng quay bánh xe chủ động trong hai trường hợp không sử dụng khóa vi sai và có sử dụng khóa vi sai. Kết quả xác định vận tốc lý thuyết của LHM trường hợp không sử dụng khóa vi sai được thể hiện trên hình 9.



**Hình 9.** Đồ thị biểu diễn vận tốc của bánh xe chủ động và vận tốc của LHM

Đồ thị vận tốc của bánh xe chủ động phía trên dốc và dưới dốc có giá trị khác nhau tương đối lớn; tốc độ quay trung bình của bánh xe phía dưới là 0,237 vòng/giây, vận tốc dài là 0,9 m/s; bánh xe phía trên là 0,378

vòng/giây, vận tốc dài là 1,06 m/s; vận tốc của LHM là 0,98 m/s.

Giá trị lực cản cày, vận tốc thực tế và năng suất của LHM ứng với các cấp độ dốc khác nhau được ghi tại bảng 5.

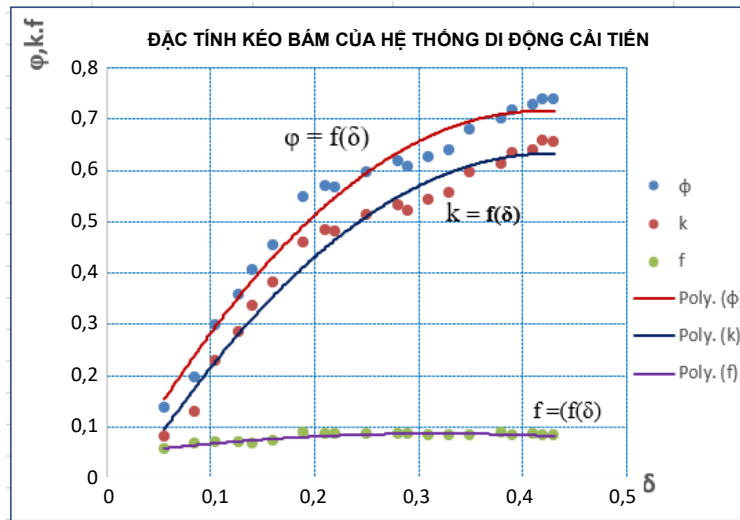
**Bảng 5.** Chỉ tiêu làm việc của LHM tại ở các độ dốc khác nhau

Lần thí nghiệm	Lực cản cày (N)	Vận tốc (km/h)	Năng suất (ha/h)	Chi phí Năng lượng (kW/ha)
Trường hợp LHM làm việc độ dốc trung bình $\beta = 12,3^{\circ}$				
TN1	5.027	2,254	0,333	21,65
TN2	4.921	2,380	0,351	19,83
TN3	5.136	2,290	0,338	24,57
Trường hợp LHM làm việc độ dốc trung bình $\beta = 10,2^{\circ}$				
TN1	4.225	2,567	0,379	17,15
TN2	4.326	2,364	0,349	17,98
TN3	4.162	2,425	0,358	17,63
Trường hợp LHM làm việc độ dốc trung bình $\beta = 5,6^{\circ}$				
TN1	3.258	2,622	0,387	15,36
TN2	3.360	2,845	0,420	15,87
TN3	3.589	3,204	0,473	16,14

Kết quả thí nghiệm cho thấy, LHM cày chảo chăm sóc rừng với hệ thống di động cải tiến làm việc tương đối ổn định ở góc dốc trên  $10^{\circ}$  đến  $12,3^{\circ}$ , năng suất LHM đạt khá cao, từ 0,33 ha/h đến 0,47 ha/h. Khi độ dốc tăng, năng suất của LHM giảm, chi phí năng lượng tăng, do ở độ dốc cao chi phí năng lượng khắc phục lực cản lăn và độ trượt tăng.

**3.6. Xây dựng đặc tính kéo bám thực nghiệm của hệ thống di động cải tiến**

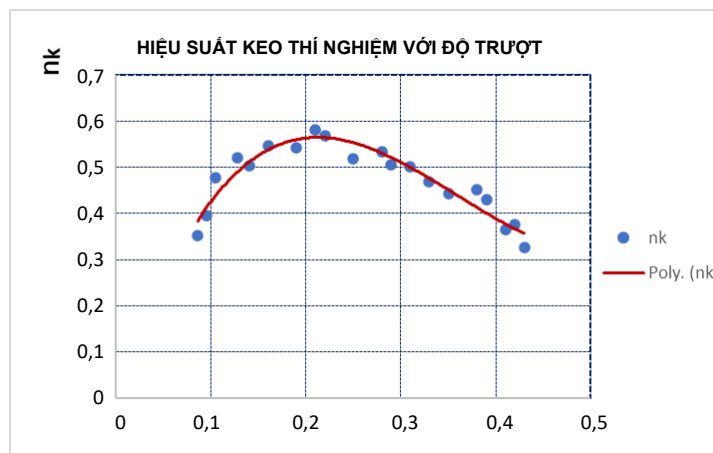
Trên cơ sở kết quả thí nghiệm xác định lực cản cày ( $P_c$ ), phản lực pháp tuyến trên các bánh xe chủ động ( $Z_k$ ), hệ số bám ( $\varphi$ ), hệ số cản lăn ( $f$ ), độ trượt ( $\delta_x$ ),... xây dựng được đặc tính kéo thực nghiệm của hệ thống di động cải tiến của máy kéo Janmar F535D. Các đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hệ số bám  $\phi = f(\delta)$ , hệ số kéo  $k = f(\delta)$  và hệ số lăn  $f = f(\delta)$  như trên đồ thị hình 10.



**Hình 10.** Đặc tính kéo bám của hệ thống di động

Đồ thị đặc tính kéo cho thấy, tại độ trượt 43% có hệ số bám là lớn nhất đạt tới 0,739, ở độ trượt lớn hơn thì hệ số bám cũng không có dấu hiệu tăng lên. Kết quả này cho thấy, khi làm việc trên đất dốc lâm nghiệp, khả năng bám của hệ thống di động cải tiến cũng khá tốt.

Từ đặc tính kéo bám có thể xác định được hiệu suất của hệ thống di động cải tiến phụ thuộc vào độ trượt  $\eta_k = f(\delta)$ , đồ thị biểu diễn quan hệ giữa hiệu suất kéo và độ trượt như trên hình 11.



**Hình 11.** Quan hệ giữa hiệu suất kéo và độ trượt

Hiệu suất kéo cực đại đạt 58,2% tại điểm có độ trượt  $\delta = 0,21$ . Ở độ trượt lớn đến 42% thì hiệu suất kéo giảm nhanh đáng kể xuống dưới 35%, vùng làm việc hiệu quả được xác định ở độ trượt từ 1,3% đến 30%. Như vậy, hiệu suất kéo của bộ phận di động đã được cải tiến của máy kéo đạt khá cao khi LHM làm việc ở độ dốc 10,2°, hoàn toàn đáp ứng yêu cầu canh tác trên đất dốc.

**IV. KẾT LUẬN**

- Hệ thống đo sử dụng thiết bị Spider 8 kết nối giữa các cảm biến đo và phần mềm Catman trên máy tính, cho phép xác định đồng thời các thông số động học và động lực học: phản lực pháp tuyến lên bánh xe của cầu trước; lực kéo cày; số vòng quay của các bánh xe chủ động; gia tốc chuyển động của LHM cày chăm sóc

rừng làm việc trên đất dốc. Dàn thiết bị của hệ thống đo hoạt động ổn định, đảm bảo độ nhạy và độ chính xác trong suốt quá trình thí nghiệm, số liệu được tổng hợp, hiển thị đồng thời và lưu trữ trên máy tính.

- Khi làm việc trên đất lâm nghiệp, máy kéo Yanmar F535D lắp hệ thống di động cải tiến có hệ số cản lăn ( $f$ ) tăng từ 2,3 - 3,1%, hệ số bám ( $\varphi_x$ ) tăng từ 10,93% đến 13,59% so với hệ thống di động nguyên bản. Liên hợp máy cày

chảo với hệ thống di động cải tiến làm việc khá ổn định ở độ dốc trên  $10^0$  đến  $12,3^0$ , năng suất đạt từ 0,33 ha/h đến 0,47 ha/h.

- Đặc tính kéo bám và quan hệ giữa hiệu suất kéo và độ trượt  $\eta_k = f(\delta)$  của hệ thống di động cải tiến trên đất lâm nghiệp là những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá tính năng kỹ thuật của máy kéo cũng như xác định chế độ làm việc phù hợp.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hàn Trung Dũng, Trịnh Huy Đỗ, 2018. Thiết kế và thử nghiệm hệ thống thiết bị treo 3 điểm dùng để đo lực cản của máy nông nghiệp trong điều kiện sản xuất. Tạp chí Cơ khí Việt Nam số đặc biệt tháng 10.
2. Tô Quốc Huy, Nông Văn Vin, Đoàn Văn Thu, 2020. Xây dựng mô hình động lực học kéo của liên hợp máy kéo với cày chảo khi làm việc trên dốc ngang; Tạp chí Nông nghiệp và PTNT, số 16 (ISSN 1859 - 4681);
3. Tô Quốc Huy, Đoàn Văn Thu, Bùi Việt Đức, 2020. Kết quả nghiên cứu cải tiến hệ thống di động máy kéo làm việc trên đất nông, lâm nghiệp. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 5.
4. Nguyễn Nhật Chiêu, 2005. Đo lường và khảo nghiệm máy, Tập bài giảng chương trình sau đại học, Đại học Lâm nghiệp.
5. Nông Văn Vin, 2013. Động lực học chuyển động ô tô máy kéo. Giáo trình, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.
6. <https://www.keletagro.com/en/compact-tractors/used-japanese-compact-tractors/t-2007/yanmar-f535d>. Ngày truy cập: 17 tháng 5 năm 2019.
7. <http://www.ae.metu.edu.tr/seminar/strain-gage/Day2/spider8.pdf>. Ngày truy cập: 30 tháng 3 năm 2018.

**Email tác giả chính:** quochuycnr@gmail.com

**Ngày nhận bài:** 03/03/2021

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa:** 08/03/2021

**Ngày duyệt đăng:** 15/03/2021