

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ THIẾT LẬP CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC HỢP LÝ CHO LIÊN HỢP MÁY CẮT RẢI HÀNG GỐC RẠ

Nguyễn Trọng Minh*, Bùi Việt Đức

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

**Email: ngtrongminhvn@gmail.com*

Ngày gửi bài: 26.01.2018

Ngày chấp nhận: 10.08.2018

TÓM TẮT

Rơm rạ nguyên gốc sau thu hoạch lúa cần được cắt và làm khô trước khi thu gom và bảo quản. Với khối lượng rơm rạ rất lớn, cần thiết phải cơ giới hóa khâu công việc này để tiết kiệm thời gian. Hiện tại hệ thống máy thực hiện công việc thu gom đã được hình thành, tuy nhiên còn hạn chế về số lượng, chủng loại, tính năng và chủ yếu được sử dụng để thu gom rơm đã cắt sau thu hoạch, chưa thực sự phù hợp với các yêu cầu công việc thực tế. Nội dung bài báo giới thiệu các cơ sở cho việc thiết lập và tính toán chế độ làm việc hợp lý của liên hợp máy cắt rải hàng gốc rạ. Mô hình hệ thống máy được xây dựng trên cơ sở kết hợp nguồn động lực máy kéo hai bánh và bộ phận thu hoạch lúa rải hàng đã và đang được sử dụng phổ biến hiện nay. Theo giải pháp này có thể nhanh chóng hình thành được liên hợp máy với các chế độ làm việc hợp lý, đáp ứng tốt các yêu cầu thực tế, nâng cao hiệu quả sản xuất nông nghiệp.

Từ khóa: Bộ phận cắt rải hàng, liên hợp máy thu hoạch, máy kéo hai bánh, thu gom rơm rạ.

Establishment of the Machine Model and Building a Reasonable Working Mode for Windrow Straw Harvester

ABSTRACT

The rice straw after harvest need to cut and dry before collection and storage. Large volume of rice straw to be handled in a short time requires mechanical operation. At present, the collection system was established, but the number, types and features remained limited and mainly used to collect straws after harvest. The article introduces the basis for the establishment and construction of a rational working mode of the windrow straw harvester. The machine system was designed on the basis of combining two-wheeled tractor power and rice harvesting device widely used today. With this solution, a windrow straw harvester can be quickly constructed with a reasonable working mode, meeting the practical requirements and raising the efficiency of agricultural production.

Keywords: Rice straw, windrow straw harvester.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rơm rạ sau thu hoạch lúa trong thời gian gần đây đang được dần chuyển từ phế phẩm thành các sản phẩm hữu ích. Với sự đa dạng về chủng loại, số lượng và khối lượng lớn, các sản phẩm có nguồn gốc từ rơm rạ như thức ăn gia súc, giá thể, phân bón, khí đốt, vật liệu tấm ép xây dựng..., đã tạo ra nhu cầu cung cấp nguồn nguyên liệu rơm rạ số lượng lớn cho sản xuất

hàng hóa. Tuy nhiên, hiện nay vẫn còn một số lượng rất lớn rơm rạ bị đốt hoặc vứt bỏ ngoài đồng, gây lãng phí và ô nhiễm môi trường, nguyên nhân chính là do khâu thu gom, sơ chế vẫn còn sử dụng thủ công, năng suất thấp, chi phí cao, không khuyến khích người dân tận dụng nguồn nguyên liệu này. Như vậy, cơ giới hóa khâu thu gom và sơ chế rơm rạ sau thu hoạch lúa mà cụ thể là thiết kế chế tạo các loại máy cắt gom, đóng kiện rơm rạ là yêu cầu cấp thiết.

Phần lớn diện tích lúa hiện nay tại các vùng chuyên canh tập trung đã được cơ giới hóa bằng máy gặt đập liên hợp, hình thức thu hoạch một công đoạn này rất phù hợp và hiệu quả trong thu hoạch lúa, tuy nhiên lượng rơm rạ nguyên gốc sau thu hoạch còn lại rất lớn, để thu gom và sơ chế cần phải tiếp tục cắt, rải phơi khô ngay trên mặt đồng. Công đoạn này được thực hiện sau khi thu hoạch lúa với các loại máy, công cụ khác nhau, việc tích hợp đồng thời công việc thu gom trên máy gặt đập liên hợp không khả thi do quá phức tạp, phải thay đổi lại nhiều bộ phận kết cấu của máy.

Hiện nay, tại các vùng sản xuất lúa tập trung quy mô lớn phía nam đã xuất hiện nhiều loại máy thu gom và đóng kiện rơm rạ, phần lớn được sử dụng để thu gom rơm rạ xả ra từ máy gặt đập liên hợp, năng suất 0,7 - 0,9 ha/h, bộ phận di chuyển dạng bánh xích, có khả năng di chuyển được trên đất nền yếu, ngập nước. Một số ít máy trang bị bộ phận cắt để tận thu gốc rạ, thu gom đóng kiện rơm rạ còn tươi sử dụng làm phân bón hoặc giá thể trồng cây. Nhìn chung các loại máy hiện có được hoán cải từ máy gặt

đập liên hợp hoặc có nguồn gốc từ nước ngoài, phần lớn của Trung Quốc, kết cấu khá lớn, năng suất cao nhưng hoạt động chưa thực sự ổn định, thời gian chăm sóc, sửa chữa lớn, phụ tùng thay thế khó khăn, giá thành chế tạo cao và hiệu suất sử dụng máy thấp do chỉ có thể sử dụng cho một công việc với thời gian ngắn trong năm, thích hợp cho ruộng khô, diện tích lớn.

Các loại máy thu gom rơm rạ có nguồn gốc từ châu Âu, Mỹ thường rất hiện đại, kích thước lớn, năng suất và chất lượng làm việc cao nhưng tiền đầu tư lớn, không phù hợp với điều kiện canh tác lúa nước, quy mô nhỏ của Việt Nam.

Để thu gom bảo quản rơm rạ, trước tiên cần cắt và rải rơm phơi trên mặt đồng, khi độ ẩm rơm giảm tới giá trị yêu cầu mới tiến hành thu gom. Hiện nay, phần lớn khối lượng công việc này được thực hiện thủ công hoặc có hỗ trợ bởi một số công cụ, máy đơn giản, năng suất thấp, chi phí công lao động cao. Như vậy, việc ứng dụng, phát triển một mẫu máy cắt rải rơm rạ cho công đoạn sau thu hoạch lúa để xử lý làm khô rơm rạ trước khi thu gom là công việc cần thiết.



Hình 1. Thu hoạch lúa gặt đập liên hợp và cánh đồng sau thu hoạch



Hình 2. Máy thu gom rơm rạ sau thu hoạch sản xuất trong nước



Hình 3. Máy thu gom rơm rạ của Mỹ và châu Âu



Hình 4. Cắt và thu gom rơm rạ bằng công cụ đơn giản

Trên cơ sở thực trạng và các yêu cầu cấp thiết của công đoạn thu gom bảo quản rơm rạ, kế thừa và phát triển các kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo các loại máy thu hoạch lúa, đặc biệt là máy gặt lúa rải hàng, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn bộ phận công tác (cắt rải hàng), nguồn động lực (máy kéo 2 bánh), tính toán thiết kế cơ cấu kết nối và truyền động, thành lập và xây dựng chế độ làm việc hợp lý cho liên hợp máy.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Cấu hình liên hợp máy bao gồm nguồn động lực và máy công tác được lựa chọn theo các modul có sẵn đang được sử dụng phổ biến hiện nay nhằm giảm thiểu chi phí đầu tư, mở rộng tính năng, phạm vi hoạt động, nâng cao hiệu suất khai thác sử dụng nguồn động lực.

Nguồn động lực được lựa chọn là máy kéo nhỏ 2 bánh, thường được sử dụng chủ yếu trong

công việc làm đất, vận chuyển, máy nông nghiệp là bộ phận cắt gom trên các loại máy gặt lúa rải hàng chuyên dụng sử dụng trong thu hoạch lúa nhiều công đoạn. Bộ phận công tác này hiện nay đã được thiết kế, chế tạo dạng modul để có thể liên kết, tháo lắp thuận tiện dễ dàng với nhiều nguồn động lực khác nhau.

Đối tượng tác động của liên hợp máy là rơm rạ còn lại sau thu hoạch, còn nguyên gốc, chiều cao trung bình 60 - 70 cm, phân bố theo cụm, mỗi cụm 5 - 7 cây, khoảng cách các cụm trung bình 15 - 20 cm, khoảng cách hàng 20 - 25 cm, độ ẩm cây trung bình 70% (Nguyễn Sỹ Hiệt, 2010). Gốc rạ cần được cắt, phơi khô trước khi thu gom, bảo quản.

Liên hợp máy được thành lập phải đáp ứng được các yêu cầu kinh tế, kỹ thuật như kết cấu chắc chắn, làm việc ổn định, tin cậy, dễ tháo lắp, bảo dưỡng, sửa chữa, chi phí năng lượng, công lao động thấp, phù hợp với điều kiện sản xuất và khả năng đầu tư của nông dân.



Hình 5. Máy kéo 2 bánh và bộ phận cắt rải hàng

Bảng 1. Thông số kỹ thuật máy kéo và bộ phận công tác

Máy kéo		Bộ phận công tác	
Công suất động cơ	6 - 8 Hp	Bề rộng làm việc	1,2 - 1,6 m
Vận tốc tiến	0,66 - 6,74 m/s	Chiều cao cắt	7 - 25 cm
Trọng lượng máy	250 kg	Công suất riêng	100 - 200 N/m ²
Đường kính bánh xe	60 cm	Bộ phận cắt	Dao cắt tám kê

Nội dung của đề tài được thực hiện dựa trên phương pháp nghiên cứu tính toán lý thuyết, xây dựng mô hình mô phỏng liên hợp máy, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng của kết cấu, điều kiện sử dụng đến trạng thái làm việc của liên hợp máy. Phân tích tổng hợp các kết quả khảo sát để xây dựng chế độ làm việc hợp lý của liên hợp máy với thông số cần xác định là bề rộng và vận tốc làm việc, hàm mục tiêu là năng suất và chi phí nhiên liệu của liên hợp máy.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng mô hình liên hợp máy

Quá trình làm việc của liên hợp máy thu hoạch cây nguyên liệu xảy ra rất phức tạp bao gồm các quá trình thay đổi trạng thái vật lý, hoá học trong động cơ, hệ thống truyền lực và sự thay đổi tính chất cơ lý của đất. Để đơn giản hóa vấn đề, mô hình được xây dựng với một số giả thiết sau đây:

- Mặt nền ruộng bằng phẳng, tính chất đất đai đồng nhất
- Liên hợp máy chuyển động ổn định

- Không xem xét đến các yếu tố tổ chức
- Các hàm mục tiêu chỉ xét năng suất và chi phí nhiên liệu riêng

Từ sự phân tích quá trình làm việc của liên hợp máy, có thể mô hình hóa các mối liên hệ giữa các thông số theo như hình.

- Phần tử động cơ

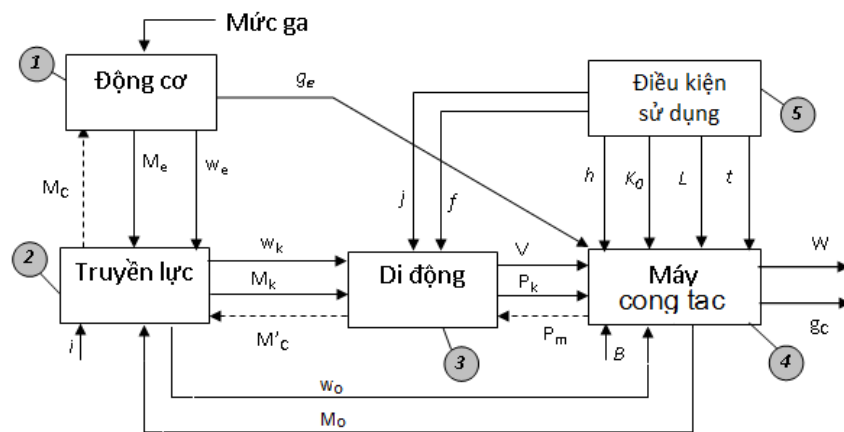
Động cơ diesel trong mô hình được đặc trưng qua các quan hệ $M_e = f(\omega_e)$ và $g_c = f(\omega_e)$ có thể mô tả gần đúng bằng các công thức thực nghiệm sau:

$$M_e = \begin{cases} a_1 \omega_e^2 + b_1 \omega_e + c_1 & \text{khi } \omega_e < \omega_H \\ a_2 \omega_e + c_2 & \text{khi } \omega_H \leq \omega_e \leq \omega_{\max} \end{cases}$$

$$g_c = \begin{cases} a_1 \omega_e^2 + b_1 \omega_e + c_1 & \text{khi } \omega_e < \omega_H \\ a_2 \omega_e + c_2 & \text{khi } \omega_H \leq \omega_e \leq \omega_{\max} \end{cases}$$

Trong đó: a_i, b_i, c_i ($i = 1, 2, 3, 4$) là các hệ số hồi quy thực nghiệm.

Các yếu tố ảnh hưởng đến phần tử động cơ: loại động cơ, chế độ cung cấp nhiên liệu (mức ga), các thông số kết cấu, tình trạng kỹ thuật...



Hình 6. Sơ đồ khối của mô hình liên hợp máy (5 phần tử)

Ghi chú: 1. Phần tử động cơ (ĐC); 2. Phần tử truyền lực (TL); 3. Phần tử di động (ĐĐ); 4. Phần tử máy công tác (MCT); 5. Phần tử điều kiện sử dụng (SD).

- Phần tử truyền lực

Các thông số của phần tử truyền lực tham gia vào mô hình là tỷ số truyền i và hiệu suất cơ học η_m . Qua nhiều công trình nghiên cứu thực nghiệm đã khẳng định rằng hiệu suất cơ học trong hệ thống truyền lực có thể chấp nhận như một đại lượng không đổi:

Đối với máy kéo bánh $\eta_m = 0,85 - 0,92$.

- Phần tử di chuyển

Các bánh chủ động nhận mô men chủ động M_k từ động cơ truyền xuống qua hệ thống truyền lực, tác động làm quay bánh xe. Thông qua sự tương tác của bánh với mặt đồng sẽ tạo ra lực kéo tiếp tuyến P_k . Lực này có tác dụng đẩy máy kéo và máy thu hoạch chuyển động tịnh tiến.

+ Lực kéo tiếp tuyến:

$$P_k = \frac{M_e i \eta_m}{r_k}$$

+ Lực bám: $P_\phi = \phi Z_k$

+ Lực cản lăn: $P_f = (f_n + f_r)G = fG$

Trong đó: i, η_m - tỷ số truyền và hiệu suất cơ học trong hệ thống truyền lực; r_k - bán kính bánh xe chủ động; ϕ - hệ số bám; f - hệ số cản lăn.

+ Vận tốc lý thuyết: $V_t = \frac{r_k \omega_e}{i}$

+ Vận tốc thực tế: $V = V_t (1 - \delta)$

+ Độ trượt δ phụ thuộc vào lực kéo ở móc: $\delta = f(P_{kéo})$, thường được xác định từ công thức thực nghiệm. Có một vài dạng công thức thực nghiệm, trong đó thường hay sử dụng công thức sau:

$$\delta = A \ln \frac{B}{C - P_k / Z_k}$$

A, B, C là các hệ số hồi quy thực nghiệm, phụ thuộc vào loại máy kéo, tính chất cơ lý của đất.

- Phần tử máy công tác

Bộ phận công tác thực hiện nhiệm vụ cắt và chuyển gốc rạ, kết cấu dạng dao cắt tấm kê, nhận truyền động từ động cơ qua cơ cấu truyền động xích và biến đổi chuyển động quay thành tịnh tiến của dao cắt qua cơ cấu biên tay quay.

+ Vận tốc dao cắt: $V_{dao} = \beta V_m$

+ Tốc độ quay trục dao: $n = \frac{60 V_{dao}}{2S}$

Trong đó: $\beta = 0,6 \div 1,2$: hệ số phụ thuộc vào trạng thái sinh lý của cây lúa.

+ Lực cản cắt phụ thuộc vào đặc tính cây lúa, số lượng cây bị cắt. Đặc tính biến thiên của lực cắt có thể tính toán theo công cắt riêng A_o (công cần thiết để cắt hết lúa trên diện tích $1m^2$).

$$P_c = \frac{A}{L_{lv}} = B.h. \frac{A_o}{L_{lv}}$$

Trong đó: B - bề rộng làm việc; h - độ dài cung cấp; L_{Rv} - khoảng làm việc của dao

- Phần tử điều kiện sử dụng

Điều kiện sử dụng của liên hợp máy thu hoạch liên quan chủ yếu đến các yếu tố: các tính chất cơ lý của đất, độ ẩm rạ, độ mấp mô và tình trạng mặt đồng, độ dốc và hình dáng và kích thước lô thửa, yêu cầu kỹ thuật thu hoạch... (Tang & Li, 2017).

Các yếu tố này ảnh hưởng đến lực cản lăn P_f , lực bám P_j và độ trượt của máy kéo,...

Hệ số sử dụng thời gian chuyển động khi quay vòng 180° không nút có thể tính theo công thức:

$$\tau = \frac{L_{Rv}}{L_{Rv} + v \left(a_1 B + \sqrt{a_2 B^2 + L_{Rv} B} \right)}$$

L - chiều dài đường làm việc; a_1, a_2 - các hệ số thực nghiệm; B - bề rộng làm việc; V - vận tốc chuyển động, V_q - vận tốc quay vòng.

- Các hàm mục tiêu

Trong mô hình đang xét chỉ chọn hai hàm mục tiêu:

- Năng suất kỹ thuật của liên hợp máy:

$$W = BVt \text{ (ha/h)}$$

- Chi phí nhiên liệu riêng cho LHM:

$$g_c = \frac{G_c}{W} \text{ (kg / ha)}$$

Trong đó: B - bề rộng làm việc; V - vận tốc làm việc; τ - hệ số sử dụng thời gian chuyển động; G_c - chi phí nhiên liệu giờ.

Điều kiện cân bằng lực giữa lực kéo tiếp tuyến (P_k) và tổng lực cản bao gồm lực cản di chuyển và lực cản cắt là cơ sở để tính toán thành lập liên hợp máy.

3.2. Thuật giải bài toán tối ưu

Mục tiêu là năng suất đạt cực đại $W \rightarrow \max$ và chi phí nhiên liệu riêng đạt cực tiểu $g_c \rightarrow \min$. Thông số cần xác định là bề rộng và vận tốc làm việc.

Xuất phát từ các công thức xác định năng suất kỹ thuật và chi phí nhiên liệu riêng của

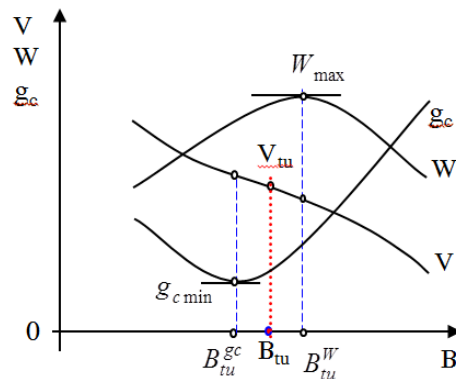
liên hợp máy, cần khảo sát sự ảnh hưởng của từng thông số để tìm ra các giá trị cực trị của W và g_c cho từng phương án lựa chọn. Nếu chọn trước bề rộng B và thay đổi V, các hàm số trên sẽ trở thành các hàm một biến:

$$W = f(v); g_c = f(v)$$

Như vậy, ứng với một giá trị của bề rộng làm việc B_i , cho V thay đổi trong khoảng nào đó sẽ tìm thấy một giá trị của vận tốc V_i để cho hàm $g_c = f(v)$ đạt giá trị cực tiểu $g_{c \min}$, giá trị V_i đó chính là giá trị tối ưu của vận tốc với bề rộng làm việc B_i đã chọn. Bằng cách đó ta sẽ xác định $g_{c \min}$ cho nhiều giá trị khác nhau của B. Các quan hệ giữa chi phí nhiên liệu riêng g_c , năng suất W và vận tốc V với bề rộng B có dạng đồ thị như trên hình 7.

Từ đường cong $g_c = f(B)$ ta sẽ tìm ra được điểm cực tiểu của chi phí nhiên liệu riêng $g_{c \min}$ và tương ứng với nó sẽ có bề rộng làm việc tối ưu $B_{tu}^{g_c}$. Từ đường cong $W = f(B)$ tìm được W_{\max} ứng với bề rộng làm việc tối ưu. Có thể giải bài toán thương lượng để chọn giá trị tối ưu chung B_{tu} và V_{tu} .

Việc thay đổi bề rộng và vận tốc một cách tùy ý chỉ có thể trong một phạm vi nhất định, giới hạn bởi hai điều kiện: Không làm cho động cơ quá tải và hiệu suất kéo phải nằm trong vùng cực trị của nó. Để xác định giá trị tối ưu của bề rộng làm việc và vận tốc chuyển động, có thể dùng phương pháp số để khảo sát với nhiều giá trị của bề rộng và vận tốc để tìm ra giá trị tối ưu thông qua tiêu chuẩn chi phí nhiên liệu nhỏ nhất, năng suất đạt cao nhất.



Hình 7. Đồ thị xác định bề rộng và vận tốc làm việc tối ưu của liên hợp

3.3. Kết quả khảo sát

3.3.1. Ảnh hưởng của bề rộng làm việc

Các quan hệ giữa năng suất và chi phí nhiên liệu riêng với bề rộng làm việc thay đổi. Nếu chọn trước kích thước ruộng, độ ẩm, mật độ cây thì bề rộng sẽ phụ thuộc vào bề rộng làm việc. Từ các kết quả khảo sát trên hình 8 ta có thể xác định được năng suất và chi phí nhiên liệu riêng của liên hợp máy ứng với các bề rộng làm việc tối ưu khác nhau.

3.3.2. Ảnh hưởng của tốc độ làm việc

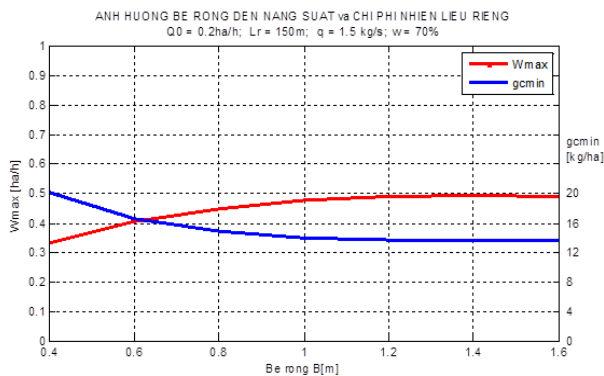
Các quan hệ giữa năng suất và chi phí nhiên liệu riêng với các vận tốc làm việc thay đổi. Nếu chọn trước độ ẩm cây và chiều dài L_R , mật độ cây, năng suất và chi phí nhiên liệu sẽ phụ thuộc vào tốc độ làm việc như trên hình 9 và 10. Kết quả khảo sát cho thấy sự ảnh hưởng của tốc độ làm việc đến các thông số năng suất

tối đa và chi phí nhiên liệu tối thiểu là rất đáng kể và có cực trị tương ứng với các vận tốc làm việc khác nhau. Trên cơ sở các đặc tính xác định được, có thể xác định được năng suất và chi phí nhiên liệu của liên hợp máy ứng với các vận tốc làm việc khác nhau.

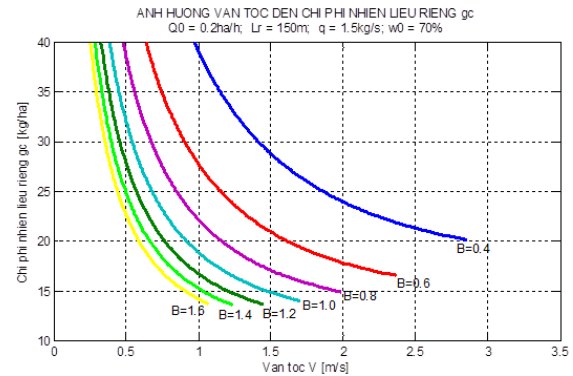
3.3.3. Quan hệ giữa bề rộng và vận tốc tối ưu

Quan hệ giữa bề rộng và vận tốc tối ưu của LHM được xác định trên cơ sở các kết quả tính toán ảnh hưởng của các điều kiện, chế độ làm việc như chiều dài đường làm việc, độ ẩm, mật độ cây..., tới năng suất tối đa và chi phí nhiên liệu riêng tối thiểu.

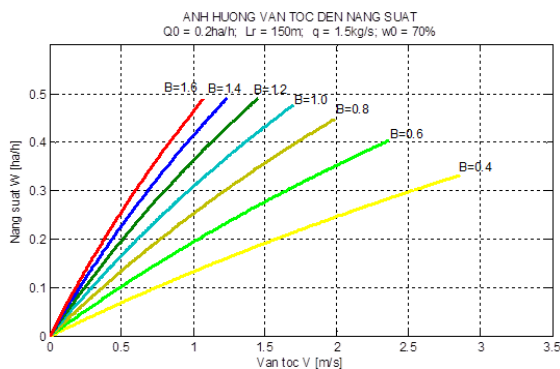
Đồ thị 11 biểu diễn quan hệ giữa bề rộng và vận tốc tối ưu của LHM thu hoạch cây nguyên liệu trong một điều kiện làm việc cụ thể. Dựa vào quan hệ này có thể xác định chế độ làm việc hợp lý và là cơ sở để tính toán thành lập LHM.



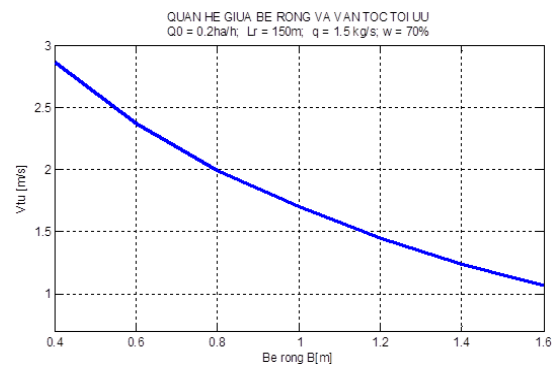
Hình 8. Ảnh hưởng của bề rộng làm việc tới năng suất và chi phí nhiên liệu riêng



Hình 9. Ảnh hưởng của vận tốc làm việc đến chi phí nhiên liệu riêng



Hình 10. Ảnh hưởng của vận tốc làm việc đến năng suất LHM



Hình 11. Quan hệ giữa bề rộng và vận tốc tối ưu của LHM

4. KẾT LUẬN

Liên hợp máy cắt rai hàng gốc rạ được thành lập trên cơ sở nguồn động lực và máy công tác đang được sử dụng phổ biến hiện nay, đáp ứng các yêu cầu sản xuất, nâng cao hiệu suất sử dụng và giảm chi phí đầu tư ban đầu.

Mô hình tính toán được xây dựng đã mô tả được quá trình làm việc của LHM, với sự liên hệ chặt chẽ của các phần tử: Máy kéo - Máy công tác - Điều kiện sử dụng. Mô hình có thể sử dụng để nghiên cứu các chế độ làm việc, khảo sát các thông số kết cấu hoặc điều kiện sử dụng của LHM.

Phương pháp tính toán tối ưu được sử dụng để xác định chế độ làm việc hợp lý, thông số bề rộng và vận tốc làm việc của liên hợp máy, có thể ứng dụng để phục vụ quá trình thiết kế trong chế tạo hoặc thành lập LHM trong khai thác sử dụng máy.

Dựa trên kết quả khảo sát quan hệ giữa bề rộng và vận tốc làm việc, trong các điều kiện làm việc cụ thể (độ ẩm, mật độ, năng suất

LHM.), có thể xác định bề rộng và vận tốc làm việc hợp lý của Liên hợp máy. Với bề rộng 1,2 m, vận tốc hợp lý của LHM là 1,48 m/s, tương đương với số truyền 3 ở chế độ làm việc định mức của động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lê Văn Bích, Đỗ Đình Thi (2011). Tính toán và lựa chọn một số thông số chính làm cơ sở cho thiết kế chế tạo mô hình máy gặt lúa liên hợp với máy kéo nhỏ ở đồng bằng Bắc bộ. Tạp chí Khoa học và Phát triển, 8(6): 1011-1016.
- Nguyễn Sỹ Hiệt (2010). Nghiên cứu thiết kế bộ phận cắt gặt và chuyên tải lúa đứng cây liên hợp với máy kéo 4 bánh 17 - 25 Hp. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ Mã số 2000-351.
- Tomasz Zelazinski, Adam Siwek (2016). Impact of rotational of extruder cutter on quality of corn extrudates in the function of raw material moisture and flow rate. Agriculture, 68: 131-140.
- Zhong Tang, Yaoming Li (2017). Development of multi-functional combine harvester with grain harvesting and straw baling. Spanish Journal of Agricultural Research, 15(1): p. e0202.