

NGHIÊN CỨU ĐỘNG LỰC HỌC QUÁ TRÌNH BỨT QUẢ LẠC TRÊN MÁY THU HOẠCH LẠC

Lê Quyết Tiến¹, Đỗ Hữu Quyết², Lê Sỹ Hùng¹

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu động lực học quá trình bứt quả lạc trong buồng đập của máy thu hoạch lạc. Kết quả nghiên cứu đã lập được hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của tâm đầu quả lạc và tác động của thanh sàng lên quả lạc. Đã sử dụng phương pháp Runge-kutta dựa vào phần mềm Matlab để khảo sát quỹ đạo chuyển động của điểm tâm đầu quả lạc và đánh giá ảnh hưởng của một số thông số hình động học của bộ phận bứt quả đến lực căng lớn nhất của cuống quả lạc, làm cơ sở cho các nghiên cứu thực nghiệm tiếp theo.

Từ khóa: *Máy bứt quả lạc, máy thu hoạch lạc, bứt quả lạc, lực bứt quả lạc.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình cơ giới hóa thu hoạch lạc, việc bứt quả lạc trên bộ phận bứt quả đóng vai trò quan trọng. Bộ phận bứt quả có thể làm việc như một máy độc lập trong phương pháp thu hoạch nhiều giai đoạn hoặc như một bộ phận chính trên máy liên hợp thu hoạch lạc. Có nhiều bộ phận bứt quả lạc với các kết cấu và nguyên lý làm việc khác nhau đã được nghiên cứu và ứng dụng trong sản xuất ở nước ta. Một trong số đó là bộ phận đập kiểu trống xoắn dọc trục, ưu điểm nổi trội của bộ phận bứt kiểu này là năng suất cao, không yêu cầu chuẩn bị cây nghiêm ngặt khi nạp liệu tại cửa vào. Bộ phận bứt quả lạc kiểu trống xoắn dọc trục tuy đã được ứng dụng trong sản xuất nhưng chủ yếu vẫn theo dạng chép mẫu hoặc theo kinh nghiệm, các quá trình xảy ra trong bộ phận bứt quả vẫn chưa được nghiên cứu nhiều. Để có cơ sở tính toán thiết kế bộ phận bứt quả, cần nghiên cứu sâu hơn về quá trình diễn ra trong buồng công tác, bao gồm quá trình dịch chuyển dọc trục của khối thân quả và quá trình bứt quả lạc cũng như phân ly quả. Bài báo này tập trung nghiên cứu quá trình bứt quả lạc trong buồng công tác của bộ phận bứt quả lạc kiểu trống xoắn dọc trục, nhằm đánh giá ảnh hưởng của một số thông số hình động học của buồng công tác tới lực bứt quả lạc làm cơ sở cho việc thiết kế mô hình nghiên cứu thực nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp thu thập thông tin truy cập từ các kênh thông tin trong và ngoài nước. - Phương pháp nghiên cứu lý thuyết được dựa trên nguyên tắc chung của các phương pháp lập và giải các bài toán trong cơ học như tĩnh học, động học, động lực học trên cơ sở các định luật, nguyên lý. Sử dụng phương pháp giải tích và phương pháp số - Phương pháp thiết kế máy nông nghiệp cho các thiết kế cơ khí (sử dụng phần mềm Inventor, AutoCad).

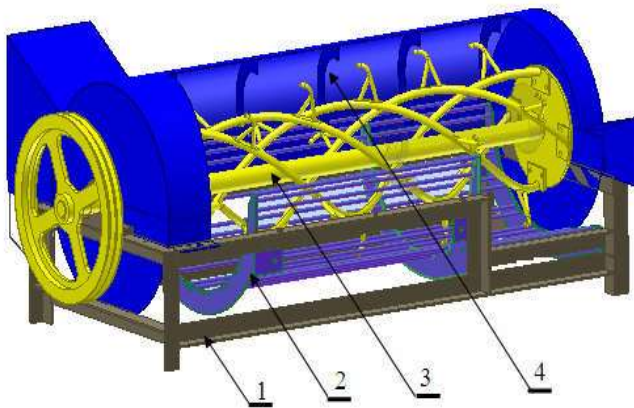
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số nhận xét về quá trình bứt quả lạc trên dàn thí nghiệm

Bộ phận bứt quả lạc lắp trên dàn thí nghiệm có cấu tạo (Hình 1), bao gồm trục trống, máng sàng và nắp trống. Trục trống gồm có trục tâm 1 và 4 thanh trống 2, trên thanh có hàn các ngón đập. Để tăng cường khả năng dịch chuyển khối cây theo phương dọc trục, các thanh trống được uốn theo đường xoắn ốc với góc nghiêng 5 độ. Máng trống 3 có dạng thanh, được hàn từ các thanh thép tròn đường kính 12 mm, đặt song song với phương đường sinh của trống. Nắp trống 4 làm bằng tôn, bao kín nửa trên của trống, có hàn các gân dẫn hướng 5 bố trí theo đường xoắn ốc. Khe hở giữa các thanh trống và ngón đập với mặt sàng nhỏ hơn khe hở giữa trống và nắp trống. Trục trống được đặt trên hai gối đỡ và quay theo chiều kim đồng hồ nhìn từ đầu trống nhờ bộ truyền đai dẫn động từ động cơ điện.

¹ Nghiên cứu sinh, Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

² Học viện Nông nghiệp Việt Nam

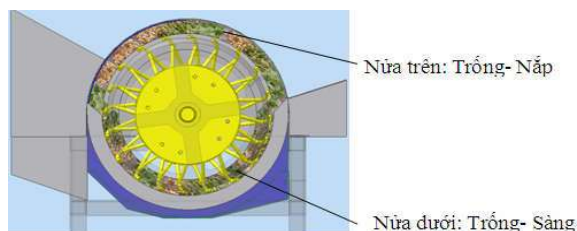


Hình 1. Bộ phận bứt quả lạc lắp trên dàn thí nghiệm

Ghi chú: 1- Khung máy; 2- Máng sàng; 3- Trục trống; 4- Nắp trống (cắt một phần).

Từ kết cấu và các kết quả thử nghiệm trên dàn thí nghiệm, đã rút ra một số nhận xét:

Có thể chia không gian trống thành 2 nửa: nửa dưới là vùng giữa trống và sàng và nửa trên là vùng nằm giữa trống và nắp trống (hình 2).



Hình 2. Sự phân vùng trong không gian trống

Tại vùng trống-nắp, chuyển động của khối cây-quả là chuyển động trượt tựa trên nắp trống sau khi bay khỏi thanh trống chứ không phải do tác động đẩy-kéo của thanh trống như tại vùng trống- sàng do trong vùng này nắp trống được nâng cao lên nên các thanh trống nên các ngón đập hầu như không chạm tới các lớp cây trong khối cây-quả (Hình 2). Các vết mòn lớp sơn trên nắp trống và thời gian cây chạy trong trống thay đổi rõ rệt khi hàn các gân dẫn hướng trên nắp trống với các góc nghiêng khác nhau cho thấy các nhận xét trên là xác đáng.

Nhờ hàn các gân dẫn hướng vào mặt trong của nắp với các góc nâng khác nhau, ta có thể điều chỉnh được mức độ dịch chuyển dọc theo chiều trục của khối cây. Cũng do tại vùng nửa trên của khoang trống, do khối cây-quả bị trượt trên nắp trống, nên trong vùng này hầu như không có tác dụng bứt quả mà chỉ có tác dụng vận chuyển cây theo phương dọc trục và một phần nào đó, có tác dụng hỗ trợ sự bứt và phân ly quả thông qua việc làm thay đổi trạng thái

khối cây-quả khi vào chu kỳ kế tiếp. Trong bài báo này chỉ đi sâu nghiên cứu quá trình bứt quả tại vùng nửa dưới của trống, còn quá trình dịch chuyển của khối cây tại vùng nửa trên của trống sẽ được nghiên cứu sâu hơn tại một bài báo khác.

Tại vùng trống- sàng, khối cây-quả vừa chuyển động quay quanh trục trống vừa có chuyển động theo phương dọc trục do tác dụng đẩy-kéo trực tiếp của các thanh trống và các ngón đập vì trong vùng này, các thanh trống và các ngón đập luôn ngập trong khối cây-quả. Tại vùng này, các thanh trống và ngón đập va đập với khối cây tại vùng cửa nạp liệu và kéo khối thân cây chuyển động trong không gian giữa trống và sàng. Dưới tác dụng của lực quán tính ly tâm thân cây cùng với các quả lạc bị văng ra phía ngoài, ép sát vào mặt sàng. Do các thân cây có chiều dài lớn bố trí tùy tiện trong không gian của trống nên chúng chỉ bị ép vào các thanh sàng và trượt đi theo chiều di chuyển của khối cây. Do các quả lạc được liên kết với thân cây qua cuống quả nên có thể xem các quả lạc trong khối cây như những phần tử độc lập có liên kết dây mềm với thân cây và bị khối thân cây kéo đi trong buồng công tác. Các quả hoàn toàn có thể lẫn trong khối thân cây và dịch chuyển dần ra phía ngoài ngay cả khi khối lượng riêng của quả nhỏ hơn khối lượng riêng của thân cây do thân cây bị vướng vào các thanh sàng. Sự dịch chuyển ra phía ngoài của các quả lạc sẽ càng thuận lợi hơn khi các thân cây bị đẩy-kéo xô lệch trong quá trình dịch chuyển. Kết quả là các quả lạc sẽ dễ dàng dịch chuyển ra phía ngoài và sẽ được bứt khỏi thân cây khi va đập với các thanh sàng.

Như vậy, có thể thấy trong vùng này, có 2 khả năng gây ra hiện tượng bứt quả lạc:

- Quả lạc được bứt nhờ va đập trực tiếp với thanh trống hoặc ngón đập;
- Quả lạc được bứt khi văng ra và va đập vào các thanh sàng.

Khả năng thứ nhất có xác suất xảy ra thấp do số thanh trống và ngón đập bố trí trên trống đập khá thưa và hiện tượng va đập giữa thanh trống và khối cây chỉ xảy ra chủ yếu tại cửa tiếp liệu và có thể khi khối cây rơi trượt từ nắp trống xuống. Sau khi va chạm tại cửa vào, khối cây sẽ bị thanh trống kéo đi trong không gian giữa trống và máng sàng, khi này giữa các quả lạc và các thanh trống có vận tốc gần như bằng nhau nên không có khả năng bứt quả theo

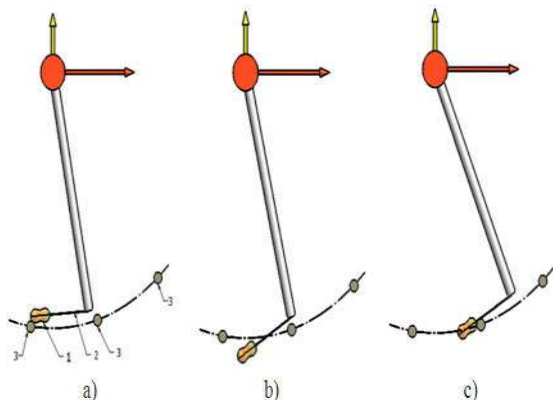
khả năng thứ nhất (va đập trực tiếp với thanh trống hoặc ngón đập) nữa.

Theo khả năng thứ hai, quả lạc do lực ly tâm bị ép xuống dưới ở không gian giữa 2 thanh sàng, khi đầu quả lạc va chạm với thanh sàng, quả lạc sẽ bị giữ lại và nhờ đó giết đứt cuống củ lạc. Ở đây lại có 2 khả năng xảy ra (Hình 3):

- Khi mật độ cây lạc trong buồng lớn, quả lạc sẽ bị lớp cây ép xuống và nhờ đó tăng khả năng giữ quả lạc tạo điều kiện thuận lợi cho việc bứt quả. Khả năng này thường xảy ra ở đầu trống, khi lá và quả vẫn còn nhiều ở trong buồng.

- Khi mật độ trong buồng thấp, quả lạc hoàn toàn không có lực từ lớp cây lạc phía trên, quá trình bứt quả lạc xảy ra hoàn toàn nhờ lực cản quán tính của quả lạc và ma sát giữa quả lạc và thanh sàng (bao gồm cả quán tính chuyển động thẳng và quay). Khả năng này chủ yếu xảy ra ở cuối buồng đập, khi đại đa số quả và lá đã được phân ly rơi khỏi sàng.

Trong 2 khả năng trên, khả năng thứ 2 là khó khăn hơn cả. Bài báo này sẽ mô phỏng quá trình bứt quả lạc theo khả năng thứ 2.



Hình 3. Quá trình bứt quả lạc do thanh sàng

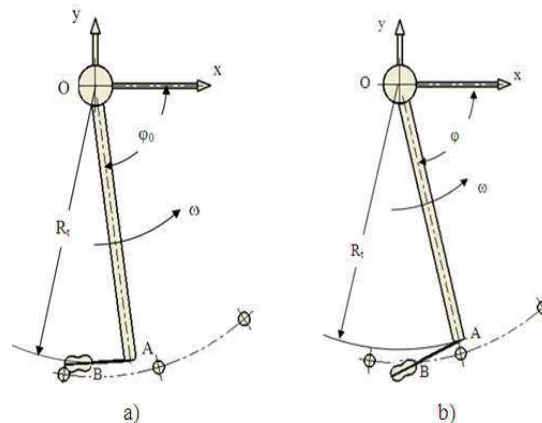
Ghi chú: a) Khi quả lạc bắt đầu rời khỏi thanh sàng trước; b) Quả lạc bay ra ngoài giữa hai thanh sàng; c) Khi quả lạc va chạm với thanh sàng sau. 1- Quả lạc; 2- Cuống quả; 3- Thanh sàng.

3.2. Mô hình nghiên cứu quá trình bứt quả lạc

3.2.1. Phân tích quá trình chuyển động của quả lạc

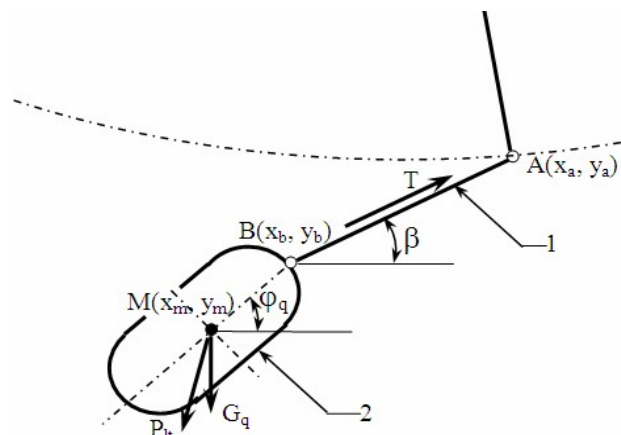
Xây dựng hệ tọa độ bao gồm: Hệ tọa độ đứng yên so với khung máy xOy có gốc O trùng với tâm trống. Trục Ox có phương nằm ngang, chiều hướng

sang phải, trục Oy có phương thẳng đứng chiều hướng lên trên, ngược chiều gia tốc trọng trường.



Hình 4. Sơ đồ xác định vị trí bán kính OA và quả lạc

Thực tế các quả lạc được liên kết với gốc cây lạc tại nhiều vị trí khác nhau và với chiều dài cuống quả khác nhau. Khi trống quay, các thanh trống sẽ kéo các gốc cây lạc và đến lượt mình, các gốc cây lại kéo quả lạc di chuyển trong không gian trống thông qua cuống quả. Xét một quả lạc liên kết với gốc cây qua cuống quả, gọi A là điểm nối giữa cuống và gốc cây lạc, B là điểm nối giữa cuống và quả lạc. Gọi khoảng cách từ tâm trống đến điểm A là $OA = R_i$. Tại thời điểm khi quả lạc bắt đầu rời thanh sàng trước, bán kính OA làm với trục Ox một góc φ_0 (Hình 4.a). Giả thiết rằng trống quay với vận tốc góc ω không đổi, theo ngược chiều kim đồng hồ, điểm gốc cây lạc A quay quanh tâm trục trống trong mặt phẳng vuông góc với trục quay với bán kính OA không đổi và với vận tốc góc bằng vận tốc góc của trống, thì sau một thời gian t nào đó, bán kính OA sẽ tới vị trí mới, tạo với chiều dương của trục Ox một góc φ , (Hình 4.b).



Hình 5. Quá trình chuyển động của quả lạc giữa 2 thanh sàng

1- Quả lạc; 2- Cuống quả.

Quả lặc sẽ được thanh trống (thể hiện qua bán kính OA) kéo trượt khỏi thanh sàng trước và bay ra phía ngoài máng sàng cho đến khi nó va chạm với thanh sàng sau. Xem xét quá trình quả lặc chuyển động giữa hai thanh sàng trên sơ đồ thể hiện ở hình 5.

Gọi tọa độ các điểm A, B và trọng tâm quả lặc M lần lượt là (x_a, y_a) ; (x_b, y_b) ; và (x_m, y_m) . Tọa độ điểm đầu cuống A nối với gốc cây được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} x_a &= R_t \cdot \cos \varphi; \\ y_a &= R_t \cdot \sin \varphi; \\ \varphi &= \varphi_0 - \omega t; \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó: R_t là bán kính quay điểm đầu cuống quả; φ - Góc quay của bán kính OA so với phương nằm ngang; t - Thời gian tính từ khi quả lặc thoát khỏi thanh sàng trước.

Giả thiết cuống quả có chiều dài l_c không đổi, nối bản lề với thân cây lặc và quả lặc tại điểm A, B. Trong quá trình chuyển động quả lặc và cuống quả luôn nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục trống.

Các lực đặt tại trọng tâm quả lặc gồm có trọng lượng bản thân quả lặc G_q và lực quán tính ly tâm P_{lt} , được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} G_q &= m \cdot g; \text{ (N)}; \\ P_{lt} &= m \cdot R_m \cdot \omega^2; \end{aligned}$$

Ở đây: m là khối lượng quả lặc; kg; g là gia tốc trọng trường, $m \cdot s^{-2}$; R_m là bán kính từ tâm trống quay đến trọng tâm quả lặc; khi quả lặc chuyển động giữa hai thanh sàng, bán kính này luôn thay đổi và luôn lớn hơn bán kính cung sàng, m ; ω là vận tốc quay của quả lặc, có thể xem như quả lặc được kéo đi với vận tốc góc bằng vận tốc của trống bứt quả, rad/s.

Ước tính với các thông số của dàn thí nghiệm, $R_m = 240 \text{ mm} = 0,24 \text{ m}$, $\omega = 65 \text{ rad/s}$, $m = 2,18 \text{ g} = 0,00218 \text{ kg}$ [1], $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$, xác định được:

$$G_q = 0,0021 \text{ N và } P_{lt} = 2,2 \text{ N}.$$

Nhận thấy khối lượng bản thân quả lặc là rất nhỏ, lực quán tính ly tâm lớn hơn rất nhiều so với khối lượng bản thân quả lặc, nhưng so với lực cần thiết để làm đứt cuống quả, khoảng 16,76 N - 32,45 N [1], cũng là không đáng kể. Các lực này chỉ có thể làm kéo thẳng cuống quả trong quá trình quả lặc “bay” giữa hai thanh sàng, còn lực căng có thể gây ra

kéo đứt cuống quả là lực phát sinh khi quả lặc va chạm với thanh sàng. Vì vậy khi lập phương trình chuyển động của quả lặc có thể bỏ qua các đại lượng này.

Phương trình chuyển động của quả lặc có dạng:

$$\begin{aligned} m_q \cdot \ddot{x}_m &= T \cdot \cos \beta \\ m_q \cdot \ddot{y}_m &= T \cdot \sin \beta \\ J_q \cdot \ddot{\varphi}_q &= -T \cdot \sin(\varphi_q - \beta) \cdot l_q \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó: m_q , J_q lần lượt là khối lượng và mô men quán tính (lấy với trục quán tính chính trung tâm vuông góc với mặt phẳng xOy) của quả lặc.

T - Lực căng của cuống quả lặc;

β - Góc của cuống quả lặc so với phương nằm ngang;

φ_q - Góc quay của quả lặc so với phương nằm ngang;

l_q - Khoảng cách từ trọng tâm quả lặc tới cuống (điểm B).

Tọa độ trọng tâm quả lặc (điểm M) có thể tính theo công thức:

$$\begin{aligned} x_m &= x_b - l_q \cdot \cos \varphi_q \\ y_m &= y_b - l_q \cdot \sin \varphi_q \end{aligned} \quad (3)$$

Đồng thời tọa độ đầu cuống lặc (điểm B) được tính theo công thức:

$$\begin{aligned} x_b &= x_a - l_c \cdot \cos \beta \\ y_b &= y_a - l_c \cdot \sin \beta \end{aligned} \quad (4)$$

Như vậy:

$$\begin{aligned} x_m &= x_a - l_c \cdot \cos \beta - l_q \cdot \cos \varphi_q \\ y_m &= y_a - l_c \cdot \sin \beta - l_q \cdot \sin \varphi_q \end{aligned} \quad (5)$$

Đạo hàm cả hai vế thu được

$$\begin{aligned} \dot{x}_m &= \dot{x}_a + l_c \cdot \dot{\beta} \cdot \sin \beta + l_q \cdot \dot{\varphi}_q \cdot \sin \varphi_q \\ \dot{y}_m &= \dot{y}_a - l_c \cdot \dot{\beta} \cdot \cos \beta - l_q \cdot \dot{\varphi}_q \cdot \cos \varphi_q \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \ddot{x}_m &= \ddot{x}_a + l_c \cdot (\ddot{\beta} \cdot \sin \beta + \dot{\beta}^2 \cdot \cos \beta) + l_q \cdot (\ddot{\varphi}_q \cdot \sin \varphi_q + \dot{\varphi}_q^2 \cdot \cos \varphi_q) \\ \ddot{y}_m &= \ddot{y}_a - l_c \cdot (\ddot{\beta} \cdot \cos \beta - \dot{\beta}^2 \cdot \sin \beta) - l_q \cdot (\ddot{\varphi}_q \cdot \cos \varphi_q - \dot{\varphi}_q^2 \cdot \sin \varphi_q) \end{aligned} \quad (7)$$

Gia tốc điểm A thu được nhờ đạo hàm phương trình (1):

$$\begin{aligned} \ddot{x}_a &= -R_t \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi \\ \ddot{y}_a &= -R_t \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi \end{aligned} \quad (8)$$

Kết hợp các phương trình (2, 7, 8) có:

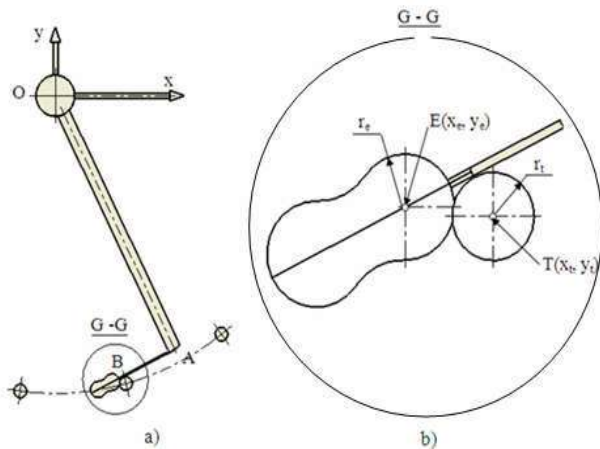
$$\begin{aligned} m_q \cdot [-R_t \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi + l_c \cdot (\ddot{\beta} \cdot \sin \beta + \dot{\beta}^2 \cdot \cos \beta) + l_q \cdot (\ddot{\varphi}_q \cdot \sin \varphi_q + \dot{\varphi}_q^2 \cos \varphi_q)] &= T \cdot \cos \beta \\ m_q \cdot [-R_t \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi - l_c \cdot (\ddot{\beta} \cdot \cos \beta - \dot{\beta}^2 \cdot \sin \beta) - l_q \cdot (\ddot{\varphi}_q \cdot \cos \varphi_q - \dot{\varphi}_q^2 \sin \varphi_q)] &= T \cdot \sin \beta \\ J_q \cdot \ddot{\varphi}_q &= -T \cdot \sin(\varphi_q - \beta) \cdot l_q \end{aligned} \quad (9)$$

Biến đổi phương trình thu được

$$\begin{aligned} l_c \cdot \ddot{\beta} + l_q \cdot \cos(\varphi_q - \beta) \ddot{\varphi}_q &= R_t \cdot \omega^2 \cdot \sin(\beta - \varphi) - l_q \cdot \dot{\varphi}_q^2 \cdot \sin(\beta - \varphi_q) \\ l_q \cdot \ddot{\varphi}_q \cdot \sin(\varphi_q - \beta) - \frac{T}{m_q} &= R_t \cdot \omega^2 \cdot \cos(\varphi - \beta) - l_c \cdot \dot{\beta}^2 - l_q \cdot \dot{\varphi}_q^2 \cdot \cos(\varphi_q - \beta) \\ \frac{J_q}{m_q} \cdot \ddot{\varphi}_q + \frac{T}{m_q} \cdot \sin(\varphi_q - \beta) \cdot l_q &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

3.2.2. Phân tích quá trình tác động của thanh sàng lên quả lạc

Trên hình 6.a là sơ đồ mô tả thời điểm va chạm của quả lạc vào thanh sàng và hình 6.b là hình trích đặc tả vị trí tương đối giữa quả lạc và thanh sàng tại thời điểm đó.



Hình 6. Sơ đồ mô tả va chạm của quả lạc vào thanh sàng

Gọi δ là biến dạng chung của quả lạc và thanh sàng thép, mm; r_e, r_t – bán kính tương ứng của đầu quả lạc và thanh sàng thép, tương ứng với các đường kính $D_e = 2r_e, D_t = 2r_t$, mm. x_e, y_e – tọa độ tâm E của đầu quả lạc, mm; x_t, y_t – tọa độ tâm T của thanh sàng trong mặt phẳng đang xét, mm;

Lực tác động giữa quả lạc và thanh sàng sẽ xảy ra khi:

$$\begin{aligned} \delta &= (r_e + r_t) - \sqrt{(x_e - x_t)^2 + (y_e - y_t)^2} > 0 \\ \dot{\delta} &= -\frac{(x_e - x_t)\dot{x}_e + (y_e - y_t)\dot{y}_e}{\sqrt{(x_e - x_t)^2 + (y_e - y_t)^2}} \end{aligned} \quad (11)$$

Theo định luật Húc viết cho trường hợp biến dạng đàn hồi giữa một hình cầu và một hình trụ, lực

tác động gây ra do biến dạng quả lạc và thanh sàng được tính theo công thức [2]:

$$\delta = \frac{2 \cdot Q \cdot P}{a} \cdot K \quad (12)$$

Trong đó: P là lực tác động gây nên biến dạng tổng cộng δ ; a được xác định theo công thức:

$$a^3 = \frac{2 \cdot Q \cdot P}{A} \cdot \frac{1}{e} \frac{dE}{de} \quad (13)$$

Q được xác định theo công thức

$$Q = \frac{3}{4} (V_e + V_t); \quad (14)$$

Ở đây, V_e và V_t là hệ số được tính theo công thức,

$$\text{Với quả lạc: } V_e = \frac{(1 - \mu_e^2)}{\pi \cdot E_e}; \quad (15)$$

$$\text{Với thanh sàng thép: } V_t = \frac{(1 - \mu_t^2)}{\pi \cdot E_t} \quad (16)$$

E_e và E_t – Mô đun đàn hồi của quả lạc và thanh sàng;

μ_e và μ_t – Hệ số poát xông của quả lạc và thanh sàng thép.

Từ các công thức 12, 13 có:

$$P = \frac{\left[\frac{\delta \cdot (4 \cdot r_e \cdot K_e)^{1/3}}{2 \cdot K} \right]^{3/2}}{Q} \quad (17)$$

Trong đó $A = 1/D_e$;

Các hệ số K và K_e được tra trong bảng cho sẵn theo giá trị của tỷ số A/B:

$$\frac{A}{B} = \frac{\frac{1}{D_e}}{\frac{1}{D_e} + \frac{1}{D_t}}; \quad (18)$$

Để đơn giản cho tính toán, từ các số liệu tra trong bảng [1], các hệ số K và Ke được xấp xỉ hóa theo các công thức sau:

$$K = 1.5300762 - 0.60078536 \cdot \ln\left(\frac{A}{B}\right); \quad (19)$$

$$Ke = 0.64467934 - 0.57293149 \cdot \ln\left(\frac{A}{B}\right);$$

Lực ma sát được tính theo công thức:

$$F_f = P \cdot f \quad (20)$$

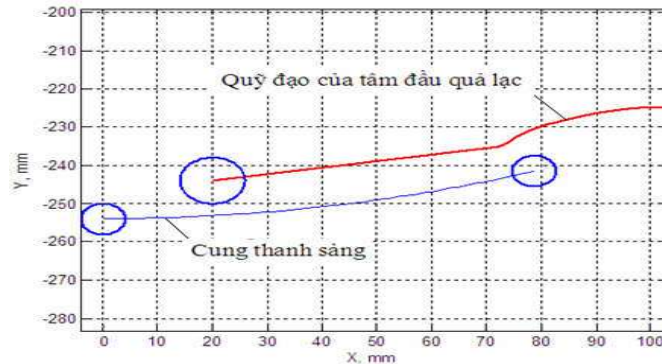
$$\begin{aligned} l_c \cdot \sin \beta \cdot \ddot{\beta} + l_q \cdot \sin \varphi_q \cdot \ddot{\varphi}_q &= \frac{T \cdot \cos \beta + P_x + F_{fx}}{m_q} + (R_t \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi - l_c \cdot \dot{\beta}^2 \cdot \cos \beta - l_q \cdot \dot{\varphi}_q^2 \cos \varphi_q) \\ -l_c \cdot \cos \beta \cdot \ddot{\beta} - l_q \cdot \cos \varphi_q \cdot \ddot{\varphi}_q &= \frac{T \cdot \sin \beta + P_y + F_{fy}}{m_q} + R_t \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi - l_c \cdot \dot{\beta}^2 \cdot \sin \beta - l_q \cdot \dot{\varphi}_q^2 \sin \varphi_q \\ J_q \cdot \ddot{\varphi}_q &= -T \cdot \sin(\varphi_q - \beta) l_q + d_r \cdot P + d_t \cdot F_f \end{aligned} \quad (22)$$

Biến đổi phương trình trên thu được:

$$\begin{aligned} l_c \cdot \ddot{\beta} + l_q \cdot \cos(\varphi_q - \beta) \ddot{\varphi}_q &= \frac{P_x + F_{fx}}{m_q} \cdot \sin \beta - \frac{P_y + F_{fy}}{m_q} \cdot \cos \beta + R_t \cdot \omega^2 \cdot \sin(\beta - \varphi) - l_q \cdot \dot{\varphi}_q^2 \sin(\beta - \varphi_q) \\ l_q \cdot \ddot{\varphi}_q \cdot \sin(\varphi_q - \beta) - \frac{T}{m_q} &= \frac{P_x + F_{fx}}{m_q} \cdot \cos \beta + \frac{P_y + F_{fy}}{m_q} \cdot \sin \beta + R_t \cdot \omega^2 \cdot \cos(\varphi - \beta) - l_c \cdot \dot{\beta}^2 - l_q \cdot \dot{\varphi}_q^2 \cos(\varphi_q - \beta) \\ J_q \cdot \ddot{\varphi}_q &= -T \cdot \sin(\varphi_q - \beta) l_q + d_r \cdot P + d_t \cdot F_f \end{aligned} \quad (24)$$

Phương trình trên có thể giải bằng phương pháp Runge-Kutta trên cơ sở phần mềm Matlab và qua đó xác định được lực T làm cơ sở đánh giá khả năng bứt quả.

3.2.3. Khảo sát quá trình bứt quả lạc và nhận xét



Hình 7. Quỹ đạo của tâm đầu quả lạc

Sử dụng phần mềm Matlab [3], [4], giải hệ phương trình hệ phương trình (22), với các thông số

Véc tơ của lực pháp tuyến đi qua tâm của khối cầu của đầu quả lạc và vuông góc với đường tâm của thanh sàng trong mặt phẳng đang xét.

Gọi d_r và d_t là khoảng cách từ trọng tâm quả lạc tới véc tơ lực pháp tuyến và tiếp tuyến, mô men lực tác động lên quả lạc sẽ là:

$$M_\delta = d_r \cdot P + d_t \cdot F_f; \quad (21)$$

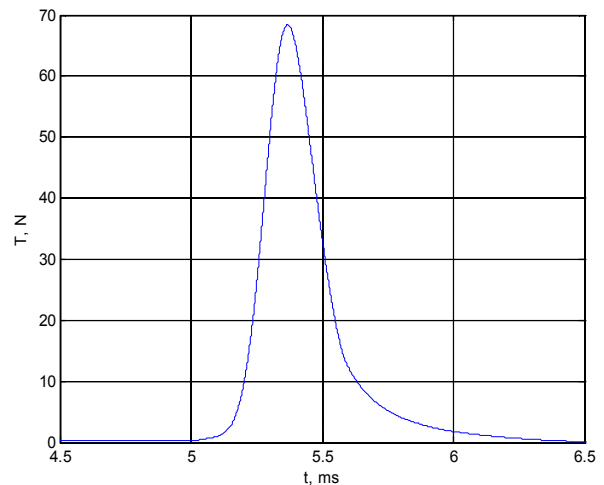
Phương trình tác động của thanh sàng lên quả lạc tương tự như phương trình (2) với việc bổ sung thêm lực va đập, lực ma sát do trượt.

$$\begin{aligned} m_q \cdot \ddot{x}_m &= T \cdot \cos \beta + P_x + F_{fx} \\ m_q \cdot \ddot{y}_m &= T \cdot \sin \beta + P_y + F_{fy} \end{aligned} \quad (22)$$

$$J_q \cdot \ddot{\varphi}_q = -T \cdot \sin(\varphi_q - \beta) l_q + d_r \cdot P + d_t \cdot F_f$$

Biến đổi phương trình (20) tương tự như trên ta có:

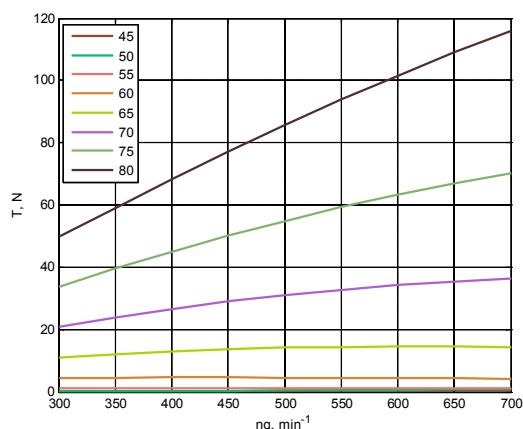
ở mức cơ sở, ta thu được các kết quả thể hiện quỹ đạo chuyển động của tâm đầu quả lạc (Hình 7) và sự thay đổi lực căng cung quả theo thời gian (Hình 8).



Hình 8. Sự thay đổi lực căng T theo thời gian
Các thông số mức cơ sở:

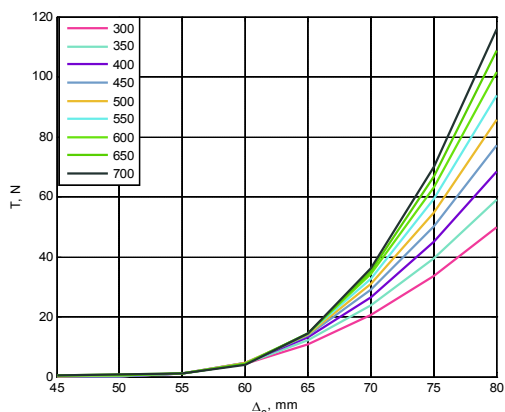
Số vòng quay trục trống: $n_q=400 \text{ min}^{-1}$;
 Đường kính thanh sàng $D_s=2.r_s=8\text{mm}$;
 Chiều dài cung giữa 2 thanh sàng: $d_s=60 \text{ mm}$;
 Modul đàn hồi của thép $E_t=2.10^{11}$ (Pa);
 Modul đàn hồi của quả lạc $E_e = 1.10^6$.

Từ đồ thị trên hình 7, 8 cho thấy: Khi quả lạc bay tự do trong khoảng không giữa 2 thanh sàng, lực căng trên cuống quả xem như bằng không do ta đã bỏ qua lực cản của không khí tác động lên quả lạc. Sau khi quả lạc chạm vào thanh sàng, ứng với khi $\delta=0$ (phương trình 11), quá trình va chạm bắt đầu, lực căng T tăng lên rất nhanh từ giá trị ban đầu lên đến giá trị cực đại $T_{\max}$. Quá trình quả lạc chuyển động sau khi va chạm với thanh sàng không được khảo sát. Ảnh hưởng của các thông số hình động học đến lực căng T trên cuống quả được thể hiện ở hình 9, 10, 11.

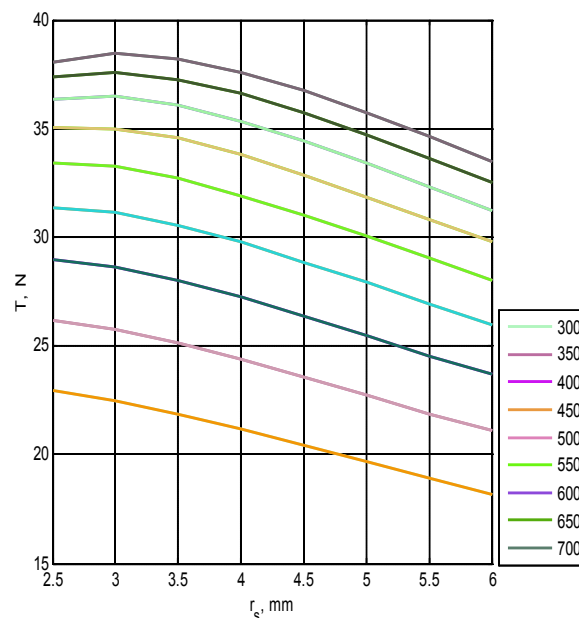


Hình 9. Ảnh hưởng của vận tốc quay của trống tới lực căng lớn nhất

Ghi chú: $T_{\max}$ với khoảng cách thanh sàng d_s (mm) khác nhau.



Hình 10. Ảnh hưởng của khoảng cách thanh sàng d_s (mm) tới lực căng lớn nhất $T_{\max}$ ở vận tốc quay của trống n_q (min^{-1}) khác nhau



Hình 11. Ảnh hưởng của bán kính thanh sàng r_s (mm) tới lực căng lớn nhất $T_{\max}$ với các vận tốc quay của trống n_q (min^{-1}) khác nhau

Từ các kết quả trên các hình 9, 10, 11 cho thấy:

- Với một trị số khoảng cách giữa các thanh sàng không đổi $d_s=\text{const}$, khi vận tốc quay của trống n_q càng lớn thì lực căng lớn nhất trên cuống quả càng lớn. Với các trị số khoảng cách giữa các thanh sàng không quá 60 mm, ảnh hưởng của vận tốc quay của trống đến lực căng $T_{\max}$ không đáng kể. Chỉ khi khoảng cách giữa các thanh sàng từ 65 mm trở lên, vận tốc quay của trống mới có ảnh hưởng rõ rệt đến lực căng lớn nhất.

- Với một trị số vận tốc quay của trống không đổi $n_q=\text{const}$, khi khoảng cách giữa các thanh sàng d_s càng lớn thì lực căng lớn nhất trên cuống quả càng lớn. Tuy nhiên, với các giá trị vận tốc quay của trống càng tăng thì độ cong của các đồ thị càng lớn. Ảnh hưởng của khoảng cách giữa các thanh sàng đến lực căng lớn nhất trên cuống quả tăng rõ rệt khi vận tốc quay của trống đủ lớn, khoảng 500 vòng/phút trở lên.

- Với một trị số đường kính thanh sàng không đổi $D_s=\text{const}$, khi vận tốc quay của trống n_q càng lớn thì lực căng lớn nhất trên cuống quả càng lớn. Tuy nhiên, khi đường kính thanh sàng nhỏ dưới 10 mm, sự tăng vận tốc quay không có ảnh hưởng đáng kể đến lực căng lớn nhất. Chỉ khi đường kính thanh sàng lớn trên 10 mm, vận tốc quay của trống mới có ảnh hưởng rõ rệt đến lực căng lớn nhất.

- Từ các nhận xét cho từng trường hợp, để khai thác triệt để ảnh hưởng của các thông số đến lực căng lớn nhất trên cuống quả T_{max} , nên chọn đường kính các thanh sàng $D_s \geq 10$ mm, khoảng cách giữa các thanh sàng $d_s \geq 65$ mm và vận tốc quay của trống ($n_q \geq 500$ v/ph).

4. KẾT LUẬN

Đã xây dựng được hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của quả lạc trong khoảng không giữa hai thanh sàng và hệ phương trình mô tả mối quan hệ giữa lực căng trên cuống quả với các thông số hình động học của bộ phận bứt quả lạc.

Đã khảo sát quá trình chuyển động của tâm đầu quả lạc và sự thay đổi lực căng của cuống quả lạc trong quá trình va chạm với thanh sàng theo một số thông số hình động học của bộ phận bứt quả làm cơ sở cho việc xác định các thông số này làm cơ sở cho việc tiến hành các bước nghiên cứu thực nghiệm tiếp sau.

- Từ các kết quả thu được, đã đưa ra vùng giá trị của các thông số hình động học của bộ phận bứt quả,

theo quan điểm có được lực căng cuống quả càng lớn càng tốt, khi tiến hành nghiên cứu thực nghiệm là: đường kính thanh sàng ≥ 10 mm, khoảng cách giữa các thanh sàng ≥ 65 mm và vận tốc quay của trống ≥ 500 vòng/phút.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Võ Văn May, Phan Hòa, Lê Minh Lư. Nghiên cứu đề xuất nguyên lý làm việc bộ phận đập của máy bứt củ lạc. *Tạp chí Công nghiệp nông thôn*, số 45/2022.
2. M. J. Puttock and E. G. Thwaite (1969). *Elastic Compression of Spheres and Cylinders at Point and Line Contact*, National Standards Laboratory Technical Paper No. 25.
3. Đặng Thế Huy (1987). *Phương pháp nghiên cứu khoa học cơ khí nông nghiệp*. NXB Nông nghiệp.
4. <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/ode45.html>.

RESEARCH OF PROCESS DYNAMICS PICKING PEANUTS ON PEANUT HARVESTER

Le Quyet Tien, Do Huu Quyet, Le Sy Hung

Summary

This paper introduces the results of studying the dynamics of the peanut picking process in the threshing chamber of the peanut harvester. The research results have established a system of differential equations describing the motion of the center of the peanut head and the impact of the sieve on the peanut. Used the Runge-kutta method based on Matlab software to investigate the motion trajectory of the center of the peanut center and evaluate the influence of some kinematic parameters of the fruiting part on the maximum tension of the fruit stalks of peanuts, as a basis for further experimental studies.

Keywords: *Peanut picking machine, Peanut harvester, Peanut picking, peanut picking force.*

Người phản biện: PGS.TS. Nông Văn Vìn

Ngày nhận bài: 9/11/2022

Ngày thông qua phản biện: 9/12/2022

Ngày duyệt đăng: 15/12/2022