NGHIÊN CỨU ĐỘNG LỰC HỌC QUÁ TRÌNH BẺ NGỌN MÍA

RESEARCH OF THE DYNAMICS OF SHORT CANE BREAKING PROCESS

Nguyễn Đức Thật[1], TSKH. **Bạch Quốc Khang**[2], PGS,TS. **Lương Văn Vượt**[3],
ThS. **Nguyễn Đức Long**[2]
[1]Nghiên cứu sinh, Viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch
[2]Viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch
[3]Học viện Nông nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Bài viết giới thiệu kết quả nghiên cứu động lực học quá trình bẻ ngọn mía dưới sự tác động của bộ phận bẻ ngọn gắn liền với bộ phận làm sạch lá mía trên liên hợp máy thu hoạch mía một giai đoạn để nguyên cây. Kết quả nghiên cứu đã lập được hệ phương trình vi phân quá trình uốn động (phương trình 9) và uốn tĩnh (phương trình 17) của ngọn mía khi có tác động của lô bẻ ngọn. Dựa vào phần mềm được thiết lập trên Matlab, tiến hành khảo sát ảnh hưởng một số thông số như đường kính lô bẻ, chiều cao lô bẻ, khoảng cách từ lô bẻ tới điểm kẹp cây, vận tốc rút cây tới ứng suất bẻ ngọn, làm cơ sở cho việc lựa chọn các thông số của lô bẻ ngọn trong các nghiên cứu thực nghiệm.

Từ khóa: *Bẻ ngọn mía; Lực bẻ ngọn mía.*

ABSTRACT

This paper introduces the results of the study on the dynamics of the process of separating the tops of sugarcane under the influence of the top splitter attached to the cleaning unit of the cane leaves on a single-stage cane harvester complex to leave the plant intact. Research results have established a system of differential equations for the process of dynamic bending (Equation 7) and Static bending (Equation 15) of the cane tops under the impact of the tops. Based on the software set up on Matlab, conducted a survey on the influence of some parameters such as the diameter of the bend, the height of the roll, the distance from the bend to the tree clamping point, the speed of tree withdrawal to the top breaking stress, as a basis for the selection of parameters of the tops off batches in experimental studies…

Keywords: *Break cane tops; Cane top breaking force.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình thu hoạch mía bằng liên hợp máy (LHM), việc loại bỏ ngọn mía bằng cơ cấu cắt ngọn lắp phía trước hoạt động không hiệu quả do chiều cao của cây mía phân bố không đồng đều.

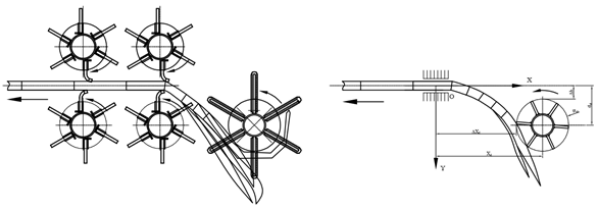
Các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, ngọn mía có ứng suất kéo tới hạn, ứng suất nén tới hạn, ứng suất cắt và ứng suất uốn thấp hơn đáng kể so với trung bình và thấp hơn thân mía ở các vị trí khác (Sandhar, Shukla, & Sharma, 2002) [4]. Phương án thiết kế bộ phận bẻ ngọn dựa trên nguyên lý tạo ra biến dạng uốn của ngọn mía vượt qua giới hạn cho phép sẽ tách được ngọn mía khỏi thân mà không phụ thuộc vào chiều cao của cây mía. Bộ phận bẻ ngọn được lắp nối tiếp với bộ phận làm sạch lá trên LHM thu hoạch mía.

Để đánh khảo sát và mô phỏng quá trình bẻ ngọn mía, cần phải nghiên cứu động lực học quá trình bẻ ngọn mía. Kết quả nghiên cứu được trình bày dưới đây.

2. MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH BẺ NGỌN MÍA

2.1. Một số nhận xét về quá trình bẻ ngọn trên dàn thí nghiệm

Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả [1] đã đề xuất bộ phận bẻ ngọn dựa trên biến dạng uốn của ngọn mía dưới tác dụng của thanh bẻ ngọn. Trên các thanh bẻ ngọn lắp các răng công tác có tác dụng lôi ngọn mía lên trên hoặc xuống dưới, tạo điều kiện cho thanh bẻ ngọn làm việc. Nguyên lý làm việc của bộ phận bẻ ngọn được mô tả trên hình 1a và 1b.



a) *b)*

Hình 1. Mô hình mô tả biến dạng của ngọn mía

Qua thí nghiệm xác định đặc tính biến dạng uốn của ngọn mía, ta có một số nhận xét sau:

- Quá trình bẻ ngọn mía xảy ra ở đầu lóng mía ở đai sinh trưởng của ngọn mía.

- Việc bẻ ngọn mía ở các đốt trên cùng rất khó thực hiện nếu các lớp lá xanh vẫn còn nguyên trên thân mía. Trong trường hợp các lớp lá xanh vẫn còn nguyên trên thân mía, khi đó lóng mía sẽ bị phá vỡ do hiện trượt dọc thớ mà không bị bẻ gãy.

- Quá trình bẻ ngọn mía xảy ra khi biến dạng của ngọn mía vượt qua giới hạn bền của ngọn mía, ngay sau biến dạng đàn hồi, không có quá trình biến dạng chảy.

- Biến dạng uốn của ngọn mía tới lúc bị tách khỏi thân khá lớn (trên 50% của chiều dài), do đó các lý thuyết biến dạng dầm đàn hồi với giả thiết biến dạng bé (khi biến dạng dưới 5% của chiều dài dầm) không thể áp dụng được cho các nghiên cứu tính toán của biến dạng phá hủy ngọn mía).

2.2. Mô hình nghiên cứu quá trình bẻ ngọn mía

2.2.1. Phân tích quá trình bẻ ngọn mía trên dàn công tác

Quá trình bẻ ngọn mía trên dàn công tác xảy ra như sau:

- Khi cây mía được cấp vào dàn công tác, do vận tốc lô công tác cao hơn nhiều vận tốc của lô kẹp, lá mía bị lôi về phía gốc mía và kéo giật ra khỏi thân mía.

- Các lá mía khô, lá mía già sẽ bị bóc khỏi thân trước tiên. Các lá mía non ở phần ngọn chỉ bị tách ra sau khi răng công tác phá vỡ liên kết của bẹ lá với thân vì thế phần lá non ở ngọn rất khó có thể tách ra khỏi ngọn mía.

- Do vận tốc của lô công tác lớn hơn nhiều so với vận tốc của lô kẹp nên các lá non phần ngọn sẽ bị đẩy ngược lại phía gốc. Một số lá non sẽ bị răng công tác cuốn theo lô. Tùy thuộc vào xác suất lá có thể bị kéo lên phía trên hoặc phía dưới. Đồng thời với lá, ngọn mía cũng bị kéo theo (hình 1a.) Quá trình bẻ ngọn có thể xảy ra ngay lúc này khi ngọn mía bị kẹp cứng bởi lô kẹp như một khớp ngàm và lực kéo của răng công tác với lá mía đủ lớn để bẻ gãy ngọn mía.

- Trong trường hợp lực kéo lá mía không đủ lớn, ngọn mía có xu hướng uốn cong vượt vào vùng va đập của đỉnh thanh bắt răng công tác. Lúc này, đỉnh của thanh bắt răng công tác sẽ tác động trực tiếp lên ngọn mía gây ra biến dạng uốn (hình 1b) và làm gãy ngọn mía.

Để nghiên cứu quá trình biến dạng ngọn mía gây ra hiện tượng bẻ ngọn mía cần thiết phải xây dựng mô hình tương tác giữa các lô và ngọn mía.

2.2.2. Các giả thiết khi xây dựng mô hình

- Biến dạng kéo dãn ngọn mía theo chiều dọc trục so với biến dạng do mô men uốn là rất bé và có thể bỏ qua. Điều này có nghĩa là chiều dài đường trung bình của ngọn mía là không thay đổi trong mô hình.

- Lực tác động của đỉnh thanh bẻ ngọn lên ngọn mía vuông góc với đường trung bình của ngọn mía.

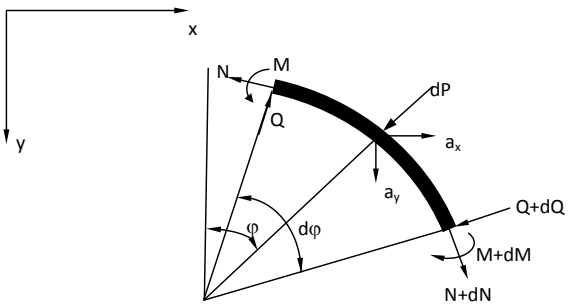
- Ngọn mía có đường kính không đổi, là vật liệu dẻo và có mô đun đàn hồi không đổi trên toàn chiều dài.

2.2.3. Mô hình biến dạng của ngọn mía

Trên đường đàn hồi của ngọn mía xét một phân tố cây mía có chiều dài cung ∂s (hình 2) có chuyển vị góc φ với khối lượng $\partial m = A.\rho_m.\partial s$.

Trong đó: A là diện tích mặt cắt của phân tố;

ρ_m- Khối lượng riêng của ngọn mía.



Hình 2. Mô hình động lực học phân tố ngọn mía

- Tọa độ mở rộng S, không trùng với tọa độ xoy;

- Quan hệ giữa tọa độ S và tọa độ xoy được thể hiện theo phương trình:

$$\frac{dx}{ds} = Cos\varphi; \qquad \frac{dy}{ds} = Sin\varphi$$

Các lực tác dụng vào phân tố ngọn mía bao gồm:

- Ứng lực tiếp tuyến (cắt) ở 2 mặt của ☞

phân tố Q và Q + dQ;

- Ứng lực pháp tuyến lên 2 mặt cắt của phân tố ngọn mía N và N + dN;

- Ứng lực mô men uốn ở 2 mặt cắt M và M + dM;

- Áp lực dP tác dụng lên chiều dài của phân tố, vuông góc với phân tố, dP = p.ds.

Để xây dựng mô hình động lực học của phân tố, ta xem xét điều kiện cân bằng lực theo các phương X, Y và mô men.

Chiếu theo phương X, ta có:

$$-N.\cos\left(\varphi-\frac{d\varphi}{2}\right)+Q.\sin\left(\varphi-\frac{d\varphi}{2}\right)+(N+dN)\cos\left(\varphi+\frac{d\varphi}{2}\right)$$
$$-(Q+dQ)\sin\left(\varphi+\frac{d\varphi}{2}\right)-dP\sin\varphi=\partial m\frac{\partial^2 x}{\partial t^2};$$

$$-N.\cos\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-N\sin\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+Q\sin\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-Q\cos\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+(N+dN).\cos\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-$$
$$-(N+dN)\sin\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-(Q+dQ)\sin\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-(Q+dQ)\cos\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-dP\sin\varphi=\partial m\frac{\partial^2 x}{\partial t^2};$$

Thực hiện các biến đổi đại số, giả nước các thành phần giống nhau trái dấu, sử dụng phép xấp xỉ cho thành phần vô cùng bé (dφ/2)-[sin(dφ/2)≅dφ/2; cos (dφ/2)≅1]- và bỏ qua các thành phần vô cùng bé bậc cao, ta được phương trình cân bằng lực chiếu theo phương x.

$$-N\sin\varphi.d\varphi-Q\cos\varphi.d\varphi+dN.\cos\varphi-dQ.\sin\varphi-dP\sin\varphi=\partial m\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}\quad(1)$$

Chiếu theo phương y:

$$-N.\sin\left(\varphi-\frac{d\varphi}{2}\right)-Q.\cos\left(\varphi-\frac{d\varphi}{2}\right)+(N+dN)\sin\left(\varphi+\frac{d\varphi}{2}\right)+(Q+dQ)\cos\left(\varphi+\frac{d\varphi}{2}\right)$$
$$-dP.\cos\varphi=\partial m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2};$$

$$-N.\sin\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+N.\cos\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-Q\cos\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-Q\sin\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+(N+dN).\sin\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)$$
$$+(N+dN)\cos\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+(Q+dQ).\cos\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-(Q+dQ).\sin\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)$$
$$-dP.\cos\varphi=\partial m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2};$$

$$2.N.\cos\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-2.Q\sin\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+dN.\sin\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+dN.\cos\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)+dQ.\cos\varphi.\cos\left(\frac{d\varphi}{2}\right)$$
$$-dQ.\sin\varphi.\sin\left(\frac{d\varphi}{2}\right)-dP.\cos\varphi=\partial m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2};$$

Thực hiện các biến đổi đại số, giả nước các thành phần giống nhau trái dấu, sử dụng phép xấp xỉ cho thành phần vô cùng bé (dφ/2)-[sin(dφ/2)≅dφ/2; cos(dφ/2)≅ 1]- và bỏ qua các thành phần vô cùng bé bậc cao, ta được phương trình cân bằng lực chiếu theo phương y.

$$N.\cos\varphi.d\varphi-Q\sin\varphi.d\varphi+dN.\sin\varphi+dQ.\cos\varphi+dP.\cos\varphi=\partial m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2};\quad(2)$$

Kết hợp 2 phương trình (1) và (2), ta được:

$$-N\sin\varphi.d\varphi-Q\cos\varphi.d\varphi+dN.\cos\varphi-dQ.\sin\varphi-dP\sin\varphi=\partial m\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}$$
$$N.\cos\varphi.d\varphi-Q\sin\varphi.d\varphi+dN.\sin\varphi+dQ.\cos\varphi+dP.\cos\varphi=\partial m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\quad(3)$$

Trong đó, ∂m là khối lượng phân tố;

$\frac{d^2x}{dt^2}$ và $\frac{d^2y}{dt^2}$ là gia tốc của phân tố theo chiều X và Y.

Thay $\partial m = A.\rho_m.\partial s$ vào hệ phương trình (3) và biến đổi ta thu được hệ phương trình:

$$\begin{aligned}-N\sin\varphi\partial\varphi-Q\cos\varphi\partial\varphi+\partial N.\cos\varphi-\partial Q.\sin\varphi-dP\sin\varphi&=A.\rho_m.\partial s.\frac{\partial^2 x}{dt^2}\\ N.\cos\varphi\partial\varphi-Q\sin\varphi\partial\varphi+\partial N.\sin\varphi+\partial Q.\cos\varphi+dP.\cos\varphi&=A.\rho_m.\partial s.\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\end{aligned}\quad(4)$$

Chia hai vế của hệ phương trình (4) cho ∂s và biến đổi ta thu được hệ phương trình:

$$\begin{aligned}\left(\frac{\partial N}{\partial s}-Q.\frac{\partial\varphi}{\partial s}\right)\cos\varphi-\left(\frac{\partial Q}{\partial s}+N.\frac{\partial\varphi}{\partial s}+p\right)\sin\varphi&=A.\rho_m.\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}\\ \left(\frac{\partial N}{\partial s}-Q.\frac{\partial\varphi}{\partial s}\right)\sin\varphi+\left(\frac{\partial Q}{\partial s}+N.\frac{\partial\varphi}{\partial s}+p\right)\cos\varphi&=A.\rho_m.\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\end{aligned}\quad(5)$$

Đạo hàm phương trình trên theo s với ràng buộc $\frac{\partial x}{\partial s}=\cos\varphi$; $\frac{\partial y}{\partial s}=\sin\varphi$ và biến đổi các công thức ta thu được:

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial s^2}+2.\frac{\partial N}{\partial s}\frac{\partial\varphi}{\partial s}+Q.\left(\frac{\partial\varphi}{\partial s}\right)^2+N.\frac{\partial^2\varphi}{\partial s^2}+\frac{\partial p}{\partial s}=-A.\rho_m.\frac{\partial^2\varphi}{dt^2}$$
$$\frac{\partial^2 N}{\partial s^2}-2.\frac{\partial Q}{\partial s}.\frac{\partial\varphi}{\partial s}-Q\frac{\partial^2\varphi}{\partial s^2}-N.\left(\frac{\partial\varphi}{\partial s}\right)^2-p\frac{\partial\varphi}{\partial s}=-A.\rho_m.\left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)^2\quad(6)$$

Phương trình cân bằng mô men:

$$\frac{\partial M}{\partial s}.ds + Qds + \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial s}ds^2 - \partial J\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0 \quad (7)$$

Trong đó, ∂J là mô men quán tính của phân tố $dJ = \rho_m ds\int_A Z^2 dA = \rho_m I ds$

Thay vào (7) sau khi loại bỏ những thành phần vô cùng bé bậc cao $\frac{\partial Q}{\partial s}\partial s^2 = 0$, ta có:

$$\frac{\partial M}{\partial s} + Q - \rho_m I\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0 \quad (8)$$

Theo lý thuyết cơ học ứng dụng bán kính cong ρ của phân tố được tính theo công thức:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{E_s I_s}$$

Trong đó: M – Mô men uốn tác dụng lên phân tố;

E – Mô dul dàn hồi của lóng mía tại điểm đang tính;

I_s – Mô men quán tính của mặt cắt của phân tố.

Quan hệ giữa bán kính cong của đường đàn hồi tại điểm được tính và chuyển vị góc được tính theo quy luật hình học:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\partial\varphi}{\partial s}$$

Thay vào phương trình (8) ta có

$$E_s I.\frac{\partial^2\varphi}{\partial s^2} + Q = \rho_m I\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} \quad (9)$$

Trong các bài toán dao động thanh do chiều dài thanh lớn hơn rất nhiều chiều cao của thanh nên thành phần vế phải của phương trình (9) thường có giá trị rất nhỏ và có thể bỏ qua [5]. Như vậy, ứng lực Q và các đạo hàm của nó theo s có thể tính toán theo công thức:

$$Q = -E_s I.\frac{\partial^2\varphi}{\partial s^2};\frac{\partial Q}{\partial s} = -E_s I.\frac{\partial^3\varphi}{\partial s^3};\frac{\partial^2 Q}{\partial s^2} = -E_s I.\frac{\partial^4\varphi}{\partial s^4} \quad (10)$$

Thế công thức (10) vào (6), ta có:

$$-E_s I.\frac{\partial^4\varphi}{\partial s^4} + 2.\frac{\partial N}{\partial s}\frac{\partial\varphi}{\partial s} - E_s I.\frac{\partial^2\varphi}{\partial s^2}.\left(\frac{\partial\varphi}{\partial s}\right)^2 + N.\frac{\partial^2\varphi}{\partial s^2} + \frac{\partial p}{\partial s} = A.\rho_m.\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} \quad (a)$$

$$\frac{\partial^2 N}{\partial s^2} + 2.E_s I.\frac{\partial^3\varphi}{\partial s^3}.\frac{\partial\varphi}{\partial s} + E_s I.\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial s^2}\right)^2 - N.\left(\frac{\partial\varphi}{\partial s}\right)^2 - p\frac{\partial\varphi}{\partial s} = -A.\rho_m.\left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)^2 \quad (b) \quad (11)$$

Đây là hệ phương trình đạo hàm riêng với 2 ẩn là N và φ.

Phương trình (11.b) là phương trình vi phân bậc 2 theo s với ẩn số là N, qua đó, ta có thể xác định được N khi biết giá trị của góc φ và vận tốc góc ∂φ/∂t tại thời điểm đã cho. Phương trình (11.a) là phương trình vi phân theo thời gian với ẩn số φ khi đã biết các giá trị của góc φ, vận tốc góc ∂φ/∂t và ứng lực N tại thời điểm đã cho. Sử dụng phương pháp runge-kutta[2],[6]dựa trên phần mềm mở Matlap[7] để giải các phương trình vi phân ở trên.

a) Điều kiện biên

1. Tại s = 0. Cây mía được kẹp dạng ngàm

nên $\begin{cases} \varphi_0 = 0; \\ \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}(s=0) = 0 \\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}(s=0) = 0 \end{cases}$

Từ phương trình(9), ta có:

$$\begin{cases} \frac{\partial N_0}{\partial s} - Q.\frac{\partial\varphi_0}{\partial s} = 0 \\ \frac{\partial Q_0}{\partial s} + N.\frac{\partial\varphi_0}{\partial s} + p_0 = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Thế phương trình (10) vào (6) ta có

$$\frac{\partial N_0}{\partial s} + E_s I.\frac{\partial^2\varphi_0}{\partial s^2}.\frac{\partial\varphi_0}{\partial s} = 0$$

2. Tại S=L $\begin{cases} \frac{\partial\varphi_l}{\partial s} = 0; \frac{\partial^2\varphi_l}{\partial s^2} = 0 \\ N = 0; \\ Q = 0; \end{cases}$ (13)

3. Tại t=0 $\varphi_i = 0; \frac{\partial \varphi_i}{\partial t} = 0;$

b) Điểm đặt lực

Trong mặt phẳng thẳng đứng dọc chứa hệ trục tọa độ XOY, quỹ đạo chuyển động của các điểm tại đỉnh của thanh bắt răng công tác làmột đường tròn có tâm cố định với bán kính R_t. Như vậy tọa độ điểm đặt lực tác động của thanh bắt răng công tác và ngọn mía được tính theo công thức sau:

$$x_F = x_t + R_t \cos \varphi_t$$
$$y_F = y_t + R_t \sin \varphi_t \quad (14)$$

Trong đó: φ_t là góc quay của lô công tác; x_t, y_t – tọa độ của tâm lô công tác.

Đây chính là ràng buộc của phương trình đường đàn hồi. Đường phải đi qua điểm (x_F, y_F) chính là tọa độ của các đỉnh thanh bắt răng công tác.

2.2.4. Điều kiện bẻ gãy ngọn mía

Ứng suất tại một mặt cắt bất kì điểm nào của ngọn mía được tính bao gồm 2 thành phần: ứng suất uốn và ứng suất nén. Ứng suất uốn phân bố đối xứng so với tâm của tiết diện cây mía. Giá trị tuyệt đối của ứng suất phía trên, phía dưới được tính theo công thức:

Giá trị tuyệt đối của ứng suất mặt trên

$$|\sigma_+| = \frac{M}{I} * \frac{d_s}{2} - 4 * \frac{N}{\pi * d_s^2} \quad (15)$$

Giá trị tuyệt đối của ứng suất mặt dưới

$$|\sigma_-| = \frac{M}{I} * \frac{d_s}{2} + 4 * \frac{N}{\pi * d_s^2} \quad (16)$$

Trong đó: d_s là đường kính lóng mía tại điểm đang xét.

Ngọn mía thông thường sẽ bị bẻ gãy ở vòng sinh trưởng và như nhận xét ở trên, vật liệu thân mía ở đây là loại vật liệu giòn do đó quá trình bẻ gãy sẽ không qua giai đoạn biến dạng dẻo và ở vùng ứng suất kéo vì thế điều kiện bẻ gãy của thân mía là khi ứng suất kéo vượt qua giới hạn bền hay

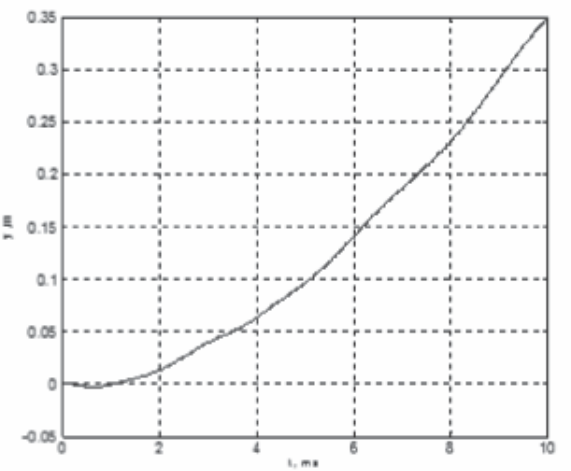
$$\sigma_- = \frac{M}{I} * \frac{d_s}{2} + 4 * \frac{N}{\pi * d_s^2} > [\sigma_k] \quad (17)$$

Trong đó: $[\sigma_k]$ là ứng suất bền kéo của vòng sinh trưởng.

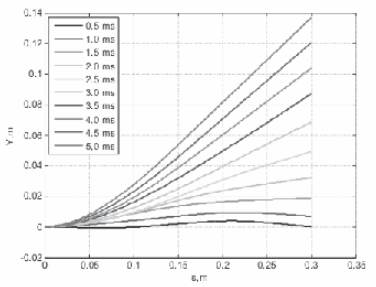
2.3. Khảo sát mô phỏng quá trình bẻ ngọn mía

2.3.1. Khảo sát quá trình động

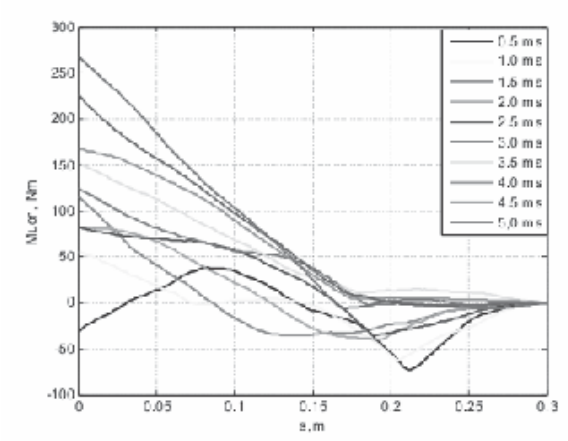
Sử dụng phần mềm Matlab [3] giải hệ phương trình vi phân mô tả biến dạng của ngọn mía (hệ phương trình 11), thu được kết quả thể hiện trên hình 3, 4, 5.



Hình 3. Dịch chuyển của điểm cuối ngọn theo thời gian



Hình 4. Dịch chuyển thẳng đứng theo chiều dài của ngọn mía ở các thời gian khác nhau



Hình 5. Sự thay đổi của mô men uốn theo thời gian ở các điểm khác nhau trên chiều dài ngọn mía.

Qua hình 4 và 5, ta thấy rằng ở giai đoạn đầu quá trình động tác dụng vào ngọn mía sẽ làm cong ngọn mía tại đúng vị trí đập và ở đây có mô men uốn lớn nhất. Tuy nhiên, theo thời gian các lực quán tính của quá trình động so với mô men đàn hồi sẽ không đáng kể và quá trình uốn gần giống với quá trình uốn tĩnh.

2.3.2. Khảo sát quá trình tĩnh

a) Phương trình mô tả biến dạng tĩnh

Để đơn giản quá trình tính toán ta có thể sử dụng quá trình uốn tĩnh để khảo sát quá trình uốn của ngọn mía với sai số không lớn.

Từ phương trình (5) với gia tốc

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = 0; \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \text{ ta có } \frac{\partial N}{\partial s} - Q.\frac{\partial \varphi}{\partial s} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + N.\frac{\partial \varphi}{\partial s} + p = 0 \qquad (18)$$

Kết hợp với phương trình (11) ta có

$$\frac{\partial N}{\partial s} + E_s I.\frac{\partial^2 \varphi}{\partial s^2}.\frac{\partial \varphi}{\partial s} = 0$$

$$-E_s I.\frac{\partial^3 \varphi}{\partial s^3} + N.\frac{\partial \varphi}{\partial s} + p = 0 \qquad (19)$$

Đây là phương trình vi phân với 2 ẩn N và φ với điều kiện biên:

1. Tại s=0; φ=0.

2. Tại điểm tác dụng lực của đỉnh thanh bẻ ngọn lên ngọn mía $s=S_F$;

$$E_s I.\frac{\partial^2 \varphi_F}{\partial s^2} = -F$$

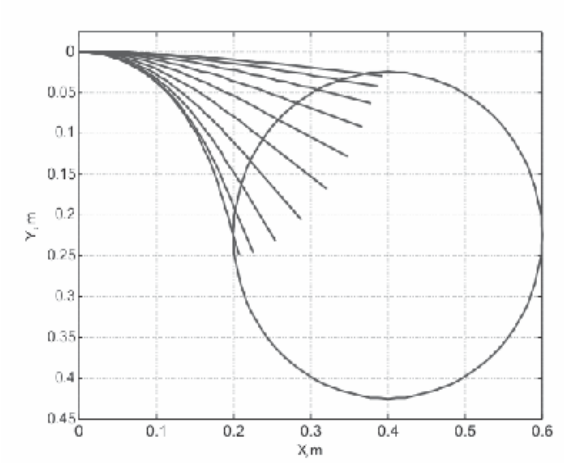
N=0; Q=F hay $$\frac{\partial^2 \varphi_F}{\partial s^2} = -\frac{F}{EI} \qquad (20)$$

và $$\frac{\partial \varphi_F}{\partial s} = 0$$

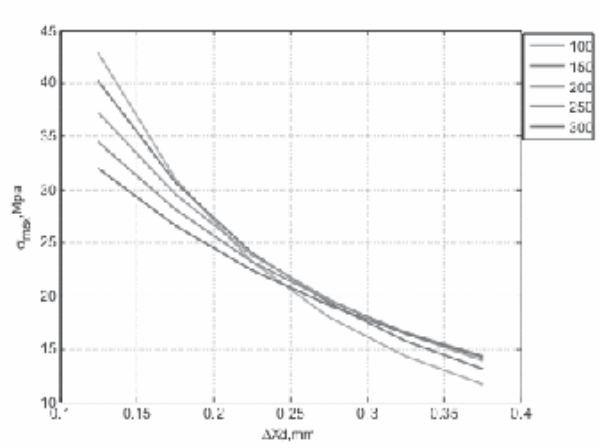
Lực F và độ dài S_F phải thỏa mãn phương trình (20).

b) Kết quả khảo sát quá trình biến dạng tĩnh

Giải hệ phương trình vi phân mô tả biến dạng tĩnh của ngọn mía (hệ phương trình 19), ta có thể khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố như: bán kính vòng tròn đỉnh thanh bẻ ngọn R_d, vị trí của lô bẻ $\Delta X_d = X_d - R_d$ và $\Delta h_d = d_d - R_d$ tới ứng suất uốn lớn nhất của ngọn mía. Kết quả thể hiện trên hình 6, 7, 8. ☞

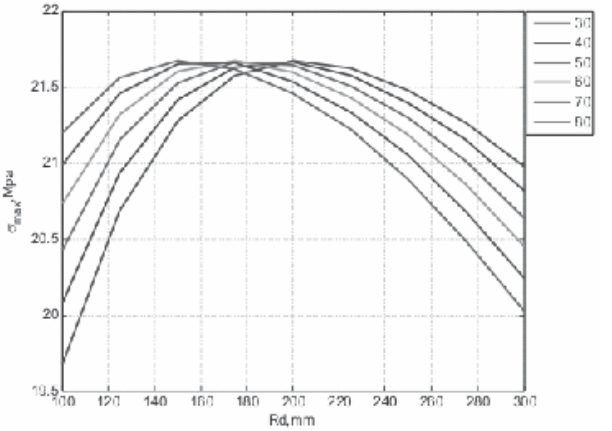


Hình 6. Biến dạng của ngọn mía ở các góc quay khác nhau của thanh bẻ ngọn



Hình 7. Ảnh hưởng của ΔX_d với R_d khác nhau tới ứng suất cực đại

Theo hình 6, tại mỗi giá trị của R_d thì ứng suất cực đại nghịch biến với ΔX_d. Điều này có nghĩa nếu khoảng cách từ lô công tác đến lô kẹp càng nhỏ thì ứng suất cực đại càng tăng. Đồng thời khi R_d tăng thì ứng suất cực đại cũng giảm đối với vùng giá trị nhỏ của ΔX_d. Tuy nhiên trong thực tế, không thể giảm ΔX_d quá nhỏ vì khi đạt giá trị σ_{max} thì điểm "mặt trăng" (điểm dễ gãy nhất của ngọn mía) đã vượt qua điểm kẹp. Giá trị của ΔX_d cần được xác định bằng thực nghiệm để vị trí kẹp (nơi có ứng suất cao nhất) gần với "mặt trăng" nhất.



Hình 8. Ảnh hưởng của R_d với các giá trị khác nhau của Δh_d tới ứng suất cực đại

Theo hình 7, tại khoảng giá trị R_d = 140÷200mm thì ứng suất cực đại đạt giá trị lớn nhất. Với mỗi giá trị của Δh_d thì có 1 giá trị của R_d mà ở đó ứng suất đạt cực đại. Tuy nhiên để đảm bảo kết cấu máy phù hợp, chúng tôi lựa chọn R_d =150mm và khi đó Δh_d = 60mm.

3. KẾT LUẬN

1) Đã xây dựng được hệ phương trình vi phân quá trình uốn động (phương trình 11) và uốn tĩnh (phương trình 19) của ngọn mía khi có tác động của lô bẻ ngọn. Trên cơ sở đó có thể xác định được ứng suất uốn của ngọn mía khi có tác động của lô bẻ ngọn.

2) Qua khảo sát quá trình uốn động cho thấy, mô men uốn của thân mía ở thời điểm đầu va đập nằm ở điểm va đập và kéo dài không lâu, sau đó quá trình uốn không quá khác biệt so với quá trình tĩnh. Điều này cho phép sử dụng quá trình uốn tĩnh để khảo sát quá trình uốn của ngọn mía với sai số không lớn.

3) Dựa vào phần mềm được thiết lập trên Matlab, tiến hành khảo sát ảnh hưởng một số thông số như đường kính lô bẻ, chiều cao

lô bẻ, khoảng cách từ lô bẻ tới điểm kẹp cây tới ứng suất bẻ ngọn. Qua đó xác định được R_d =150mm; Δh_d = 60mm, đây là cơ sở để thiết kế, chế tạo dàn thí nghiệm và tiến hành nghiên cứu thực nghiệm nhằm xác định các thông số khác.❖

Ngày nhận bài: **01/3/2022**
Ngày phản biện: **16/3/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Nguyễn Đức Thật, Bạch Quốc Khang, Lương Văn Vượt (2021); *Nguyên lý làm việc của bộ phận bẻ ngọn trên liên hợp máy thu hoạch mía nguyên cây,* Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 11 năm 2021.

[2]. Đặng Thế Huy (1987); *Phương pháp nghiên cứu khoa học cơ khí nông nghiệp*, NXB. Nông nghiệp.

[3]. Nguyễn Hoài Sơn, Đỗ Thanh Việt, Bùi Xuân Lâm (2000); *Ứng dụng Matlab trong kỹ thuật,* NXB. Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

[4]. Sandhar N S, Shukla L N, Sharma V K*, Additional Director of Research (Engg) (2020). *Studies on Mechanical Properties of Sugarcane and their Relevance to Cleaning.*

[5]. И. МБабаков, Теорияколебании, "Наука" Москва -1968

6. Форсайт Дж., М. Малкълм и др, Компютърни методи за математическо смятане — София <Техника> -1986.

[7]. https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/ode45.html