



# XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA RÔTO TRONG MÁY QUẤN KIỆN RÁC KIỂU NGANG

Nguyễn Ngọc Hùng<sup>1\*</sup>, Lưu Đức Thạch<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Các loại máy quấn sử dụng màng LLDPE được ứng dụng nhiều trong công nghiệp, loại máy này còn được sử dụng để quấn kiện rác trong công nghệ xử lý các bãi rác tạm theo phương án tái chôn lấp. Hiện nay máy quấn kiện rác với thiết kế mới theo phương án quấn ngang được phát triển cho kích thước kiện lớn, Trong bài báo này, nghiên cứu tập trung vào một số thông số chính của loại máy mới này như tốc độ quay của rôto, lực căng ban đầu của màng, lực căng của màng trong quá trình quấn,...

**Từ khóa:** Bãi rác tạm; công nghệ xử lý rác; máy quấn kiện; màng LLDPE.

**Determining main parameters of roto of bale cross wrapping machine**

**Abstract:** Wrapping machines using LLDPE film have many applications in industry fields including waste treatment technology such as warpping waste bales. Recently the large scale of warpping machines for waste bales are developed with new design of horizontal wrap. In this paper the research focus on main parameters of this new type such as the speed of wrapping rotor in the relationship with initial pre-tension force and tension force of lldepe film.

**Keywords:** Temporary landfill; waste treatment technology; rotowrap; LLDPE film.

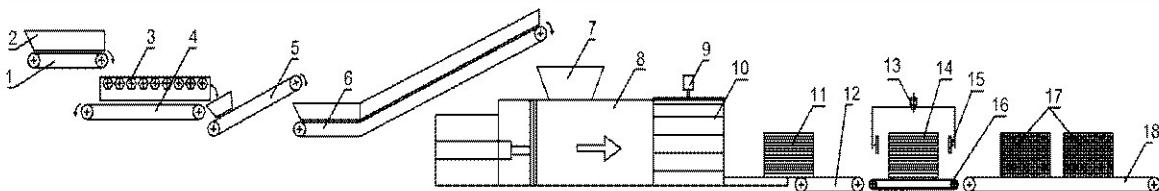
Nhận ngày 13/02/2017; sửa xong 13/3/2017; chấp nhận đăng 21/3/2017

Received: February 13, 2017; revised: March 13, 2017; accepted: March 21, 2017



## 1. Đặt vấn đề

Các bãi rác thải sinh hoạt chưa qua xử lý thường để lộ thiên, qua năm tháng một phần chất thải đã được phân hủy, phần còn lại vẫn chưa bị phân hủy. Các bãi rác này gây ô nhiễm môi trường hết sức nghiêm trọng làm ảnh hưởng đến môi trường sống của con người [2]. Đã có rất nhiều phương pháp xử lý chất thải loại này, một trong những phương pháp xử lý bằng cách chôn lấp với công nghệ: sàng phân loại, ép, quấn kiện và vận chuyển đến vị trí chôn lấp, như Hình 1.



**Hình 1.** Sơ đồ công nghệ sàng - ép - quấn rác tại Đồng Nai - Bắc Ninh

1.Băng tải nạp liệu; 2.Phễu nạp liệu; 3.Máy sàng dĩa; 4.Băng tải thu mùn; 5.Băng tải nghiêng; 6.Xích tải tấm; 7.Phễu nạp liệu máy ép; 8.Máy ép kiện; 9.Xy lanh ép đứng; 10.Khuôn ép kiện; 11.Kiện sau khi ép; 12.Băng tải ngang; 13.Máy quấn kiện kiểu đứng; 14.Kiện trong quá trình quấn màng LLDPE; 15.Lô quấn màng LLDPE; 16.Xích tải; 17.Kiện thành phẩm chờ vận chuyển đến hố chôn lấp; 18.Băng tải ngang

Ở Việt Nam hiện nay đã có một số đơn vị sử dụng công nghệ trên để xử lý chất thải như Bắc Ninh, Quảng Ninh, Đồng Nai, An Giang... Trong quá trình sử dụng các thiết bị nhập ngoại đã gặp phải một số vấn đề cần giải quyết liên quan đến máy quấn kiện rác kiểu đứng, Hình 1, là do rác ở Việt Nam chưa được phân loại từ nguồn và độ ẩm của rác thay đổi rất lớn theo điều kiện khí hậu Việt Nam, vì vậy, trong quá trình quấn kiện, rác thường bị rơi, vỡ góc do cơ cấu nâng và quay kiện rác trong quá trình quấn. Theo kết quả khảo sát tại các đơn vị có dây chuyền quấn kiện rác, để cho các kiện rác không bị rơi và vỡ góc trong quá trình quấn thì cần phải thay máy quấn kiện rác hiện có bằng một loại máy quấn kiện rác kiểu ngang không có cơ cấu nâng và quay kiện rác.

<sup>1</sup>KS, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy Lợi.

<sup>2</sup>TS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

\*Tác giả chính. E-mail: ngochung@tlu.edu.vn.



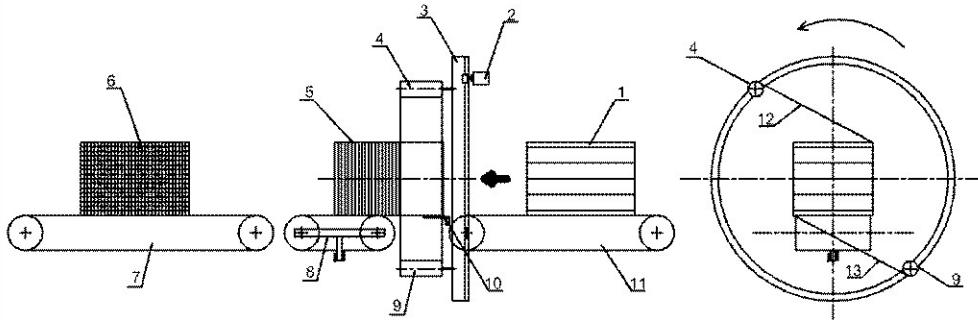
Hiện nay, ở Việt Nam chưa có nhiều tài liệu nghiên cứu về các loại máy này, vì vậy, việc nghiên cứu xác định một số thông số cơ bản của máy quấn kiện rác kiểu ngang phục vụ cho việc tính toán thiết kế và chế tạo máy quấn kiện phù hợp với đặc điểm rác thải tại Việt Nam và có khả năng tích hợp với dây chuyền sàng - ép - quấn đang được sử dụng cho công tác xử lý các bãi rác tạm ở Việt Nam là mang tính cấp thiết nhằm giải quyết hai vấn đề chính: một là giảm thiểu tình trạng vỡ góoc của kiện rác, hai là không làm vỡ kiện rác có độ ẩm cao trong khi quấn.



## 2. Mô hình cơ học rôto quấn kiện

### 2.1 Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy quấn rác kiểu ngang

Kiện rác 1 sau khi ép được băng tải 11 đưa vào rôto quấn kiện 3 để quấn bằng màng LLDPE từ các cuộn màng 4, 9 quấn bốn mặt kiện theo phương song song với trục dọc của máy, Hình 2. Khi quấn xong băng tải 11 tiếp tục đẩy kiện rác 1 vào băng tải 8, lúc này điều khiển rôto mang hai cuộn màng ở những vị trí thích hợp nhất định. Khi 8 quay hai mặt kiện song song với trục đứng của máy quấn kiện được bọc kín. Khi bọc xong băng tải 8 tiếp tục đẩy kiện rác đến băng tải 7, vận chuyển kiện rác 6 đã được quấn kín theo yêu cầu đến nơi tập kết chôn lấp.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy quấn rác kiểu ngang

- 1.Kiện rác sau khi ép;
- 2.Động cơ dẫn động rôto;
- 3.Rôto;
- 4.Cuộn màng;
- 5.Kiện rác trong quá trình quấn ngang;
- 6.Kiện rác thành phẩm;
- 7.Băng tải vận chuyển;
- 8.Băng tải có thiết bị quay;
- 9.Cuộn màng;
- 10.Thanh đỡ trung gian;
- 11.Băng tải vận chuyển;
- 12,13.Màng quấn

Do khuôn khổ của bài báo, nên chỉ tập trung vào việc nghiên cứu một vài thông số chính của cơ cấu quấn rôto trong quá trình làm việc ổn định mà chưa đề cập đến các thông số về độ cứng của rôto, ảnh hưởng của kích thước hình học và độ cứng của kiện rác khi ép, băng tải có cơ cấu quay, ảnh hưởng của quá trình khởi động, phanh dừng và đứt màng... Các vấn đề này sẽ được trình bày ở các phần nghiên cứu tiếp theo.

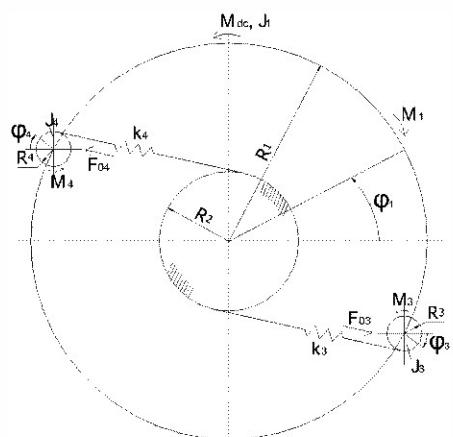
### 2.2 Mô hình động lực học của cơ cấu quấn kiện rôto

Từ sơ đồ nguyên lý làm việc của rôto 13 gắn các cuộn cuồn màng LLDPE, Hình 2. Ta giả thiết rằng: kiện rác có dạng là hình tròn; màng LLDPE là phần tử đàn hồi, bỏ qua khối lượng và hệ số cản; tại thời điểm xét, coi bán kính cuộn màng không đổi; bỏ qua ảnh hưởng độ cứng của trục động cơ, trục dẫn động và hộp giảm tốc, quy đổi các mô men quán tính, mô men dẫn động quay về trục của rôto; vành quay của rôto là tuyệt đối cứng. Mô hình cơ học của rôto khi quấn kiện như Hình 3.

Trong đó:  $M_{dc}$ ,  $J_1$ ,  $M_3$ ,  $M_4$  là mô men dẫn động quay của động cơ, mô men cản quay của rôto và mô men cản quay của hai cuộn màng;  $J_1$ ,  $J_3$ ,  $J_4$  là mô men quán tính của các chi tiết quay quy về trục quay của rôto và mô men quán tính của hai cuộn màng;  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  là bán kính của rôto, kiện rác và hai cuộn màng;  $F_{03}$ ,  $F_{04}$  là lực căng trước đặt tại hai cuộn màng;  $K_3$ ,  $K_4$  là độ cứng của màng;  $\varphi_1$ ,  $\varphi_3$ ,  $\varphi_4$  là góc quay của rôto và hai cuộn màng.

Sử dụng phương trình Lagrange loại II thiết lập phương trình vi phân chuyển động của rôto [1-3]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} + \frac{\partial \Pi}{\partial \dot{q}_k} = Q_k^*, \quad k = 1, \dots, n \quad (1)$$



Hình 3. Mô hình cơ học của rôto quấn ngang

trong đó:  $q_1$  là tọa độ suy rộng;  $Q_k^*$  là lực suy rộng;  $T$  là biểu thức động năng;  $\Pi$  là biểu thức thế năng;  $n$  là bậc tự do của hệ. Ở đây bỏ qua biểu thức hàm hao tán.

Biểu thức động năng và thế năng của rôto có dạng:

$$T = \frac{1}{2} (J_1\dot{\varphi}_1^2 + J_3\dot{\varphi}_3^2 + J_4\dot{\varphi}_4^2) \quad (2)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} [k_3(R_2\varphi_1 - R_3\varphi_3)^2 + k_4(R_2\varphi_1 - R_4\varphi_4)^2] \quad (3)$$

Với  $q_1 = \varphi_1$ ,  $q_3 = \varphi_3$ ,  $q_4 = \varphi_4$  là các chuyển vị góc của rôto và hai cuộn màng.

Để tính các lực suy rộng, ta tính công di chuyển khả dĩ của hệ:

$$\delta A = (M_{dc} - M_1 - F_{03}R_3 - F_{04}R_4)\delta\varphi_1 + 0\delta\varphi_2 + (-M_3 - F_{03}R_3)\delta\varphi_3 + (-M_4 - F_{04}R_4)\delta\varphi_4 \quad (4)$$

Từ đó suy ra:

$$Q_1^* = (M_{dc} - M_1 - F_{03}R_3 - F_{04}R_4); Q_3^* = (-M_3 - F_{03}R_3); Q_4^* = (-M_4 - F_{04}R_4) \quad (5)$$

Thế các biểu thức (2), (3) và (5) vào (1) ta được hệ phương trình vi phân chuyển động của rôto quấn ngang:

$$\begin{cases} J_1\ddot{\varphi}_1 + (k_3 + k_4)R_2^2\varphi_1 - k_3R_2R_3\varphi_3 - k_4R_2R_4\varphi_4 = M_{dc} - M_1 - F_{03}R_3 - F_{04}R_4 \\ J_3\ddot{\varphi}_3 - k_3R_3R_2\varphi_1 + k_3R_3^2\varphi_3 = -M_3 - F_{03}R_3 \\ J_4\ddot{\varphi}_4 - k_4R_4R_2\varphi_1 + k_4R_4^2\varphi_4 = -M_4 - F_{04}R_4 \end{cases} \quad (6)$$

Để giải hệ phương trình vi phân (6), ta thêm các điều kiện đầu và điều kiện biên của hệ phương trình như sau:

$$\varphi_1 = 0; \varphi_3 = 0; \varphi_4 = 0; \dot{\varphi}_1 = \omega_1; \dot{\varphi}_3 = 0; \dot{\varphi}_4 = 0. \quad (7)$$

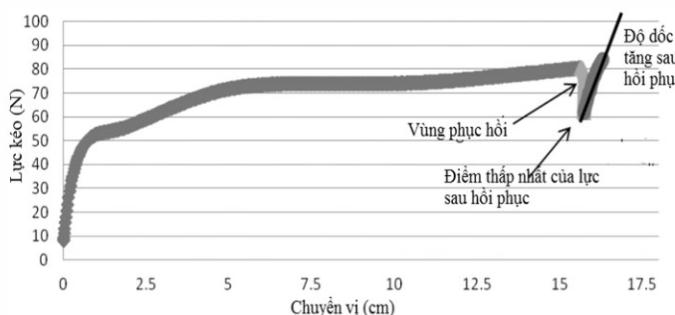
Từ đó sẽ xác định được các nghiệm của phương trình 6 là: góc quay, vận tốc và gia tốc của rôto quấn, làm cơ sở để tính toán các thông số hợp lý trong phần khảo sát.



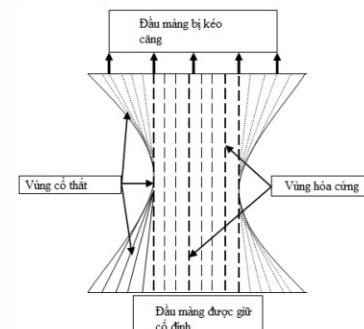
### 3. Khảo sát xác định các thông số cơ bản của rôto quấn kiệt

#### 3.1 Các thông số ban đầu

Theo [6] giá trị lực căng của màng trong quá trình làm việc để có hiệu quả quấn chặt kiện, tốt nhất là làm việc trong vùng "cổ thắt" như mô tả ở Hình 4 và Hình 5, tức là vùng mà màng bắt đầu vượt qua trạng thái ứng suất chảy và bắt đầu chuyển tiếp sang trạng thái hóa cứng với giá trị lực kéo trong khoảng  $70 \div 80$  (N). Sau khi màng được quấn lên kiện, quá trình phục hồi của màng xảy ra sau khi kết thúc quá trình quấn (kết thúc quá trình kéo), sau quá trình phục hồi màng tự phát triển tính chất hóa cứng và chuyển sang làm việc ở vùng hóa cứng dẫn đến cường độ chịu kéo của màng tăng lên (độ dốc lớn như Hình 4) đây chính là vùng làm việc sau này của màng, vì vậy kiện sau khi quấn luôn được giữ chặt trong thời gian dài.



Hình 4. Đồ thị khả năng chịu lực kéo của màng LLDPE có chiều rộng 50,7 (cm)



Hình 5. Mô tả tính chất biến đổi cơ tính của màng LLDPE

Tính chất hóa cứng là thuộc tính của màng khi bị kéo căng và giữ độ dãn dài do màng bị kéo căng và giữ trong quá trình quấn và sau quấn nên các tinh thể của màng sắp xếp lại, Hình 5, là nơi mà tỷ lệ tinh thể hóa trong màng phát triển cao và có xu hướng xếp thẳng hàng với nhau theo chiều kéo đồng thời giảm chiều rộng của màng vì vậy ứng suất của màng có xu hướng tăng cao như đồ thị Hình 4.

Mặt khác theo [6] khi sử dụng phương pháp tuyến tính hóa từng đoạn thì tính chất làm việc của màng vẫn có thể áp dụng được theo định luật Hooke, xem như phần tử đàn hồi, vì vậy có thể xác định được lực kéo của màng thông qua độ cứng  $k$  và độ dãn dài của màng  $\Delta x$  là  $F = k\Delta x$ . (8)

$$\text{Theo [1] ta có biểu thức tính độ cứng của phần tử đàn hồi là: } k = \frac{EA}{L_0} \quad (9)$$



trong đó: Theo sức bền vật liệu [4]  $E$  là mô đun đàn hồi ( $N/m^2$ ):  $E = \frac{\sigma_k}{\varepsilon}$ ;  $\sigma_k$  là ứng suất kéo ( $N/m^2$ );  $\varepsilon$  là phần trăm dãn dài;  $A$  là diện tích mặt cắt ngang chịu kéo của màng, ( $m^2$ ):  $A = B \cdot \delta$ ;  $B$  là bề rộng của màng 0,5 (m);  $\delta$  là bề dày của màng  $18 \cdot 10^{-6}$  (m);  $L_0$  là chiều dài ban đầu trước khi màng bị kéo 1,2 (m).

Để xác định mô đun đàn hồi của màng đang được sử dụng ngoài thực tế, tiến hành thí nghiệm kéo mẫu màng tại phòng thí nghiệm của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội thu với mẫu kéo là màng LLDPE có kích thước hình học như sau: dài  $\times$  rộng  $\times$  dày =  $25 \cdot 10^{-3}$  (m)  $\times$   $6,6 \cdot 10^{-3}$  (m)  $\times$   $18 \cdot 10^{-6}$  (m), được kết quả như sau:

Qua đồ thị Hình 6, Ứng suất kéo  $\sigma_k$  tăng không tuyến tính khi phần trăm dãn dài của màng tăng, vùng làm việc của màng có độ dãn dài  $100 \div 200\%$  có ứng suất kéo ổn định là 2 (Mpa) nên ta chọn vùng làm việc này. Như vậy mô đun đàn hồi thực tế của màng khi làm việc là:

$$E = \frac{\sigma_k}{\varepsilon} = \frac{2}{1} = 2 \text{ (Mpa)} = 2 \cdot 10^6 \text{ (N/m}^2)$$

Các thông số lựa chọn ban đầu của máy như sau:  $J_1 = 269,35 \text{ kgm}^2$ ;  $J_3 = J_4 = 0,49 \text{ kgm}^2$ ;  $R_2 = 0,598 \text{ m}$ ;  $R_3 = R_4 = 0,11 \text{ m}$ ;  $M_{dc} = 629 \text{ Nm}$ ;  $M_1 = 619,9 \text{ Nm}$ ;  $M_3 = M_4 = 0$ ,  $F_{03} = F_{04}$ ;  $n = 20 \text{ v/ph}$ ;  $\omega_1 = 2\pi n/60$ ;  $k_3 = k_4 = k$ .

### 3.2 Khảo sát các thông số cơ bản của rôto

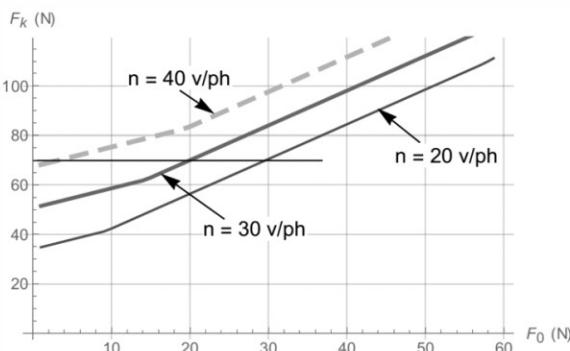
Để đảm bảo kiện được quấn chặt và màng không bị đứt trong quá trình quấn thì cần khảo sát lực kéo màng ( $F_k$ ) trong khi quấn và độ dãn dài của màng  $\Delta x$ . Tuy nhiên, lực kéo màng trong quá trình quấn được quyết định bởi số vòng quay của rôto ( $n$ ) mang hai cuộn màng và lực căng trước ( $F_{03}, F_{04}$ ). Ta coi như trong quá trình làm việc hai cuộn màng có tính chất như nhau. Qua đó khảo sát mối quan hệ của các đại lượng trên để lựa chọn các giá trị lực căng trước và số vòng quay của rôto, khảo sát sự ảnh hưởng của đường kính cuộn màng, chiều dài ban đầu trước khi kéo màng (phụ thuộc vào bán kính rôto  $R_1$ ) và khảo sát độ dãn dài của màng trong quá trình làm việc.

Sau khi giải hệ phương trình 6 bằng phần mềm toán học Mathematica [5] và thay các giá trị tìm được vào biểu thức tính lực kéo màng như sau:

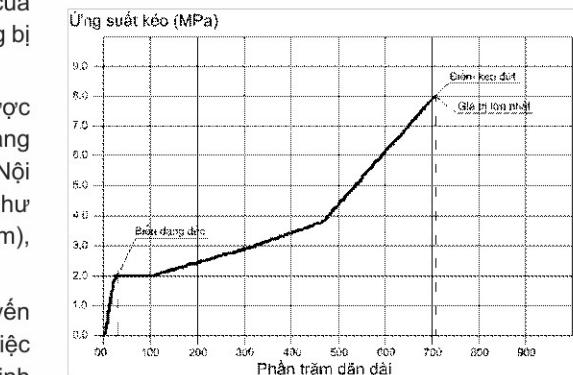
$$F_k = (\varphi_1 R_2 - \varphi_3 R_3) k \quad (10)$$

$$\text{Và độ dãn dài của màng là } \Delta x = (\varphi_1 R_2 - \varphi_3 R_3) \quad (11)$$

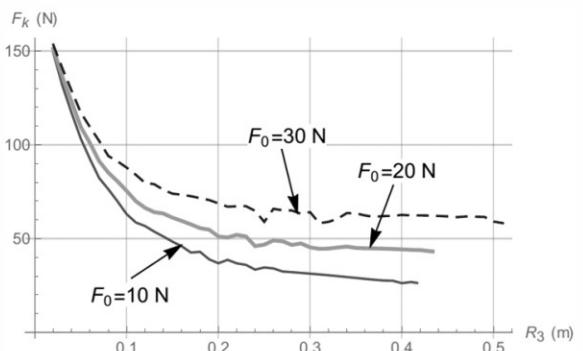
Các kết quả khảo sát được trình bày ở các đồ thị dưới đây:



Hình 7. Khảo sát mối quan hệ giữa lực căng trước và lực kéo màng theo tốc độ rôto



Hình 6. Đồ thị thí nghiệm màng LLDPE

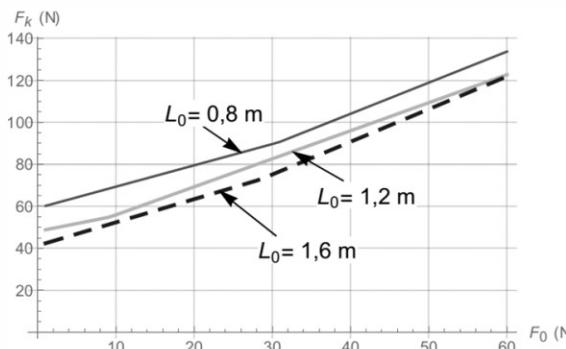


Hình 8. Khảo sát mối quan hệ giữa lực kéo màng và bán kính cuộn màng theo lực căng trước

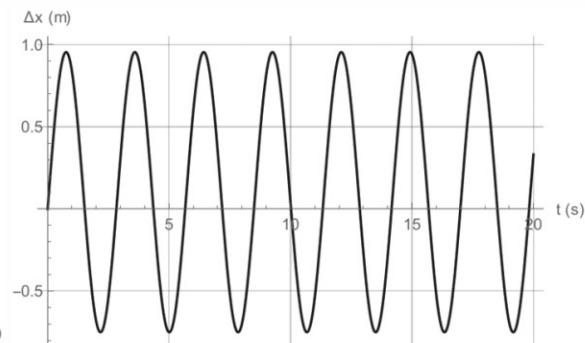
Đồ thị Hình 7 là kết quả khảo sát giá trị  $F_k$  theo biểu thức (10) khi thay đổi giá trị lực căng trước  $F_0$  từ 0 đến 60 (N) và số vòng quay  $n$  của rôto tại ba giá trị: 20 (v/ph), 30 (v/ph) và 40 (v/ph). Nhìn vào Hình 7, thấy rằng khi tăng số vòng quay của rôto thì lực kéo căng ban đầu giảm đồng thời lực kéo màng tăng. Để đảm bảo năng suất và lực kéo nằm trong vùng giá trị phù hợp  $F_k = 70$  (N), chọn số vòng quay của rôto là  $n = 30$  (v/ph), tương ứng với lực kéo ban đầu là  $F_0 = 20$  (N).



Đồ thị Hình 8 là kết quả khảo sát giá trị  $F_k$  theo biểu thức (10) khi giá trị tốc độ rôto  $n = 30$  (v/ph), giá trị đường kính cuộn màng  $R_3$  thay đổi từ 0,05 (m) đến 0,5 (m) và giá trị lực căng trước  $F_0$  tại ba giá trị: 10 (N), 20 (N) và 30 (N). Từ đồ thị Hình 8, ta thấy rằng với số vòng quay rôto không đổi  $n = 30$  (v/ph) như chọn ở trên, khi bán kính cuộn màng giảm thì lực kéo màng tăng. Ảnh hưởng của lực căng ban đầu  $F_0$  ( $F_{03}, F_{04}$ ) không lớn khi cuộn màng làm việc ổn định từ  $R_{3max} = 0,11$  (m) đến  $R_{3min} = 0,05$  (m).



**Hình 9.** Khảo sát mối quan hệ giữa lực căng trước và lực kéo màng theo chiều dài ban đầu của màng



**Hình 10.** Khảo sát độ dãn dài của màng trong quá trình làm việc

Đồ thị Hình 9 là kết quả khảo sát giá trị  $F_k$  theo biểu thức (10) khi thay đổi giá trị lực căng trước  $F_0$  từ 0 đến 60 (N) và giá trị chiều dài ban đầu của màng  $L_0$  (phụ thuộc vào bán kính rôto  $R_1$ ) tại ba giá trị: 0,8 (m), 1,2 (m) và 1,6 (m). Từ đồ thị hình 9, ta thấy rằng chiều dài làm việc ban đầu của màng càng nhỏ thì lực kéo càng lớn và lực căng ban đầu  $F_{03}, F_{04}$  nhỏ. Qua đó chọn chiều dài ban đầu là  $L_0 = 1,2$  (m) để kích thước rôto không lớn.

Đồ thị Hình 10 là kết quả khảo sát độ dãn dài của màng trong quá trình máy làm việc theo biểu thức (11). Nhìn vào đồ thị Hình 10, ta thấy rằng dao động độ dãn dài của màng là một hàm điều hòa với giá trị  $\Delta x \approx 1,7$  (m), nằm trong vùng làm việc hợp lý của màng (vùng cõi thắt), đảm bảo khả năng quấn chặt kiện theo yêu cầu.



#### 4. Kết luận

Trong phần nghiên cứu này đã xây dựng được mô hình cơ học của rôto quấn kiện rác kiểu ngang, thiết lập phương trình vi phân chuyển động của rôto trong quá trình quấn kiện.

Đã khảo sát xác định được một số thông số có ảnh hưởng lớn đến chất lượng quấn kiện theo yêu cầu như: số vòng quay của rôto  $n = 30$  (v/ph), lực căng ban đầu  $F_0 = 20$  (N), chiều dài làm việc ban đầu của màng  $L_0 = 1,2$  (m), độ dãn dài của màng  $\Delta x \approx 1$  (m) và bán kính cuộn màng khi thay đổi theo chiều dày không ảnh hưởng nhiều đến chất lượng quấn kiện.

#### Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Văn Khang (1998), *Đao động kỹ thuật*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
2. Nguyễn Văn Phước (2008), *Giáo trình quản lý và xử lý chất thải rắn*, NXB Xây Dựng.
3. Đỗ Sanh (2010), *Động lực học máy*, NXB Bách Khoa - Hà Nội.
4. Lê Quan Minh, Nguyễn Văn Vượng (1994), *Sức bền vật liệu tập mêt*, NXB Giáo dục - Hà Nội.
5. Vũ Ngọc Tước (2000), *Ngôn ngữ lập trình mathematica 3.0*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
6. James V. Bisha (2012), *Correlation of the Elastic Properties of Stretch Film on Unit Load Containment*, Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University.