

MỘT SỐ VẤN ĐỀ KHI THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY ÉP - ĐÓNG BAO CÂY NGÔ SAU BẮM VÀ TRỘN, CÔNG SUẤT 01 TẤN/H

Phan Văn Nghị¹, Nguyễn Thái Bình¹, Lê Quang Duy¹, Cao Thanh Long²

¹Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên

²Đại học Thái Nguyên

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày cách thức thiết kế máy ép - đóng bao hỗn hợp thân, lá cây ngô sau băm và trộn có công suất 01 tấn/h để phù hợp với qui mô trang trại, gia trại tại các tỉnh trung du, miền núi phía Bắc. Các vấn đề về cấu trúc và các thông số động học máy cũng như khả năng công nghệ của máy được tính toán, thiết kế trên cơ sở các máy ép làm việc theo nguyên lý ép vít đùn. Các vấn đề động lực học máy được tính toán theo các phương pháp cơ học truyền thống. Kết quả vận hành thử nghiệm khi ép – đóng bao thử hơn 10 tấn nguyên liệu cho thấy máy làm việc đảm bảo công suất thiết kế và phù hợp với chỉ tiêu “Suất tiêu hao năng lượng” đề ra.

Từ khóa: Máy ép - đóng bao; ủ ure cây ngô; thức ăn cho đại gia súc về mùa đông

GIỚI THIỆU

Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, thức ăn xơ lý tưởng cho gia súc nhai lại chủ yếu là cỏ xanh, nhưng năng suất và sản lượng cỏ xanh lại thay đổi theo thời tiết, đặc biệt là trong vụ Đông ở miền núi các tỉnh vùng Tây Bắc. Do vậy, việc giải quyết đủ thức ăn xơ cho gia súc nhai lại trong vụ Đông tại các tỉnh trong vùng là hết sức cần thiết và có ý nghĩa quyết định trong việc phát triển ổn định ngành chăn nuôi các gia súc ăn cỏ này [1].

Các nguồn thức ăn này chủ yếu là thân, lá cây ngô, sắn, mía, rơm rạ, v.v.. Trong đó, thân cây ngô sau thu hoạch bắp có hàm lượng dinh dưỡng cao và có sản lượng lớn [2].

Hiện có hai phương pháp ủ thân cây ngô được áp dụng: (i) Phương pháp ủ thủ công thực hiện đơn giản nhưng cho năng suất và chất lượng ủ không cao; (ii) Phương pháp sử dụng hố ủ công nghiệp cho năng suất và chất lượng ủ cao nhưng chi phí lớn, chỉ phù hợp với chăn nuôi công nghiệp. Cả hai phương pháp ủ trên đều chưa phù hợp với mô hình chăn nuôi gia trại và trang trại nhỏ [2, 3].

Nhóm tác giả đề xuất một phương pháp ủ urea thân, lá cây ngô như sau: Hòa tan urea, muối và rỉ mật đường vào nước theo tỷ lệ nhất định. Sau đó, tưới nhỏ giọt dung dịch

này vào cây ngô đã được băm theo qui cách và trộn đều. Thức ăn sau khi trộn được ép, nén, đẩy cơ bản không khí ra ngoài và được đóng gói trong bao kín khí. Bằng cách này, cây ngô sau băm được cho vào máy ép để vừa ép cơ bản không khí ra ngoài, vừa không làm ảnh hưởng đến kết cấu xơ của thức ăn cũng như giữ lại được các phụ gia trong hỗn hợp. Sau khi ép, hỗn hợp được máy dồn vào túi ni lông và được hút chân không, hàn miệng túi để đảm bảo lượng khí tối đa còn lại trong túi trong phạm vi cho phép và hỗn hợp không bị ảnh hưởng bởi môi trường bên ngoài trong quá trình bảo quản.

Trong bài báo này, nhóm tác giả chủ yếu tập trung nghiên cứu thiết kế máy ép hỗn hợp thân cây ngô vào bao cho quá trình hút chân không, hàn miệng bao và ủ urea bảo quản hỗn hợp thức ăn lâu dài.

Máy ép và đóng bao theo qui trình nêu trên cần đảm bảo các yêu cầu sau:

+ Năng suất: Tối thiểu là 1 tấn/h, tương đương với 40 bao 25 kg.

+ Vận hành, sử dụng máy: Máy phải được thiết kế thuận tiện cho người vận hành, sử dụng và bảo dưỡng,

+ Khối lượng riêng hỗn hợp thức ăn: Khoảng 300 kg/m³ sau ép,

+ Lượng khí còn lại trong hỗn hợp: Nhỏ hơn 5% tổng thể tích hỗn hợp,

* Tel: 0977 599357, Email: phannghit@tmut.edu.vn

+ Kích thước bao: Phù hợp với các kích thước bao sẵn có trên thị trường,

+ Độ kín khít bao: Bao sau khi đóng phải đảm bảo không để không khí lọt vào bao trong khoảng thời gian 6 đến 9 tháng,

+ Suất tiêu hao năng lượng (lượng điện năng máy tiêu thụ để sản xuất 01 tấn sản phẩm): < 10 kW/tấn.

THIẾT KẾ MÁY ÉP - ĐÓNG BAO

Chọn mô hình nguyên lý máy

Các dữ liệu đầu vào của máy bao gồm: Loại nguyên liệu là thân, lá cây ngô sau trộn với độ ẩm khoảng 25 đến 30 %, khối lượng riêng từ 150 đến 180 kg/m³, năng suất cấp liệu tối thiểu là 1 tấn/h.

Các bộ phận quan trọng của máy bao gồm: Bộ phận cấp liệu, bộ phận ép, bộ phận định lượng, bộ phận đóng bao.

Lựa chọn phương pháp cấp liệu:

Hiện nay, đối với loại liệu thô, rời như hỗn hợp thân cây ngô và các phụ gia sau trộn, có thể sử dụng nhiều phương pháp cấp liệu. Nhóm tác giả chọn phương pháp cấp liệu theo dây chuyền cho tổ hợp máy này vì nó gần như không phát sinh thêm chi phí thiết bị và nhân công. Như vậy, hỗn hợp sau trộn sẽ được xả thẳng xuống máy ép - đóng bao.

Lựa chọn phương pháp ép hỗn hợp thân cây ngô và phụ gia:

Hiện nay, có nhiều phương pháp ép hỗn hợp thức ăn bằng máy: Sử dụng máy ép thủy lực, bằng vít me - đai ốc, ép bằng máy ép trực khuỷu, ép bằng vít đùn. Máy ép bằng vít đùn cho phép quá trình ép liên tục, cho chất lượng sản phẩm đồng đều, dễ bố trí theo dây chuyền. Tuy nhiên, các cánh vít của máy dễ bị mài mòn và công suất tiêu hao điện năng lớn. Đây chính là hai vấn đề cơ bản nhóm tác giả phải giải quyết khi thiết kế máy ép này.

Qua các phân tích trên, nhóm tác giả lựa chọn phương pháp dùng vít đùn để ép và đóng bao hỗn hợp thức ăn và phụ gia sau trộn. Công đoạn sử dụng máy ép vít đùn chủ yếu để đẩy

cơ bản không khí ra khỏi hỗn hợp nhằm đảm bảo kết cấu xơ của thân cây ngô, đảm bảo các phụ gia không bị mất mát khi ép và giảm tiêu hao điện năng so với quá trình ép chặt (đẩy gần như hoàn toàn không khí ra khỏi hỗn hợp). Sử dụng máy hút chân không kết hợp hàn kín miệng túi để hút lượng khí còn lại trong hỗn hợp và để đảm bảo thức ăn không bị ảnh hưởng bởi môi trường bên ngoài trong quá trình ủ bảo quản.

Lựa chọn phương pháp định lượng:

Trong một giờ, máy ép và đóng bao phải tạo ra ít nhất 40 bao với khối lượng khoảng 25 kg/bao. Để đảm bảo mỗi bao có khối lượng khoảng 25 kg, cần có bộ phận định lượng sau ép.

Với các bao thức ăn chăn nuôi, độ chính xác về khối lượng không yêu cầu cao nhưng yêu cầu đơn giản, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp định lượng bằng thể tích khối hỗn hợp sau ép để thiết kế bộ phận định lượng của máy.

Với mỗi khối lượng m cần định lượng, có:

$$m = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L \cdot \gamma}{4} \quad (\text{kg}) \quad (1)$$

Gần đúng, coi hỗn hợp thức ăn sau ép là hình trụ với đường kính D (m); L (m) là chiều dài hình trụ; γ (kg/m³) là khối lượng riêng bánh liệu sau ép.

Để tạo ra được khối lượng m (kg), mỗi bao sẽ chứa đoạn hỗn hợp sau ép có chiều dài L theo:

$$L = \frac{4 \cdot m}{\pi D^2 \cdot \gamma} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

Công thức (2) được sử dụng để xác định vị trí cữ hạn trên máy ép.

Lựa chọn phương pháp đóng bao:

Khối hỗn hợp sau ép cần được bảo quản kín khí để đảm bảo quá trình ủ urea được diễn ra bình thường cũng như thuận tiện cho quá trình bảo quản, vận chuyển, sử dụng. Với yêu cầu đó, miệng bao phải đảm bảo độ kín khít và bền lâu.

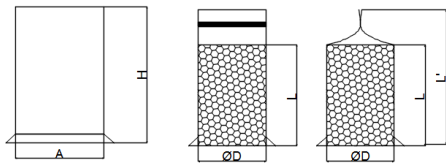
Hiện nay, thường sử dụng các kiểu đóng bao sau: Đóng hộp, đóng bao bằng thanh kẹp,

đóng bao bằng chỉ may, đóng bao bằng quần, đóng bao bằng hàn nhiệt miệng bao. Trong đó, hàn nhiệt là phương pháp cho độ kín khít và năng suất cao, tuy nhiên vật liệu làm bao cần làm từ nhựa PE. Với yêu cầu cao về độ kín khít bao sau đóng và năng suất đóng bao, nhóm nghiên cứu lựa chọn kiểu đóng bao bằng hàn nhiệt.

Kích thước bao cần thỏa mãn các công thức sau:

$$A > \frac{D \cdot \Pi}{2} \text{ và } H > \frac{m \cdot \Pi}{A^2 \cdot \gamma} + \Delta L \text{ (cm)} \quad (3)$$

Với A và H (cm) lần lượt là chiều rộng và chiều cao của bao ở trạng thái xẹp hoàn toàn. Còn ΔL là chiều cao phần thêm so với chiều cao của khối hỗn hợp ép để có thể đóng bao dễ dàng.

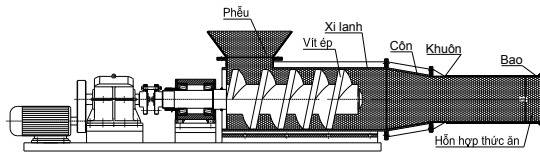


Hình 1. Kích thước bao gói cho hàn miệng bao

Thiết kế phần ép hỗn hợp thức ăn

Thiết kế động học máy:

Quá trình ép hỗn hợp thức ăn sau trộn thành khối và đùn vào bao chứa được thực hiện theo nguyên lý thể hiện trên hình 2.

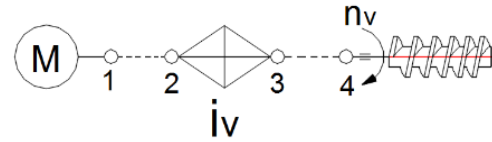


Hình 2. Sơ đồ nguyên lý máy ép vít đùn

Hỗn hợp thức ăn được đầu ra của máy trộn cấp vào phễu và được vít ép di chuyển và ép chặt về phía khuôn để tạo ra liên tục khối hỗn hợp hình trụ có đường kính D. Bao được công nhân lồng vào khuôn ép và quá trình ép đùn sẽ đẩy hỗn hợp vào bao và đẩy bao ra vị trí hút chân không. Bao chứa hỗn hợp sẽ được công nhân thực hiện quá trình hút chân không và hàn miệng bao trên máy hút chân không chuyên dụng (có sẵn trên thị trường).

Về mặt động học bộ phận ép đùn: Truyền động được dẫn động từ động cơ qua hộp giảm

tốc và truyền đến trục vít ép. Sơ đồ động học của phần ép được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc động học phần ép

Thông số động học quan trọng nhất của phần ép chính là tốc độ quay của trục vít ép (n_v), được xác định như sau: $n_v = n_{dc} \cdot i_v$

$$\text{Và } n_v = \frac{P}{47 D_v^2 \cdot S_{tb} \cdot \gamma \cdot \varphi} \quad (4) \quad [4]$$

Với:

+ P: Năng suất ép, P = 1000 kg/h

+ D_v : Đường kính ngoài của vít ép, chọn $D_v = 390$ mm

+ S_{tb} : Bước trung bình của vít ép

$$S_{tb} = \frac{\sum_1^i (S_i)}{4} \text{ với } S_i \text{ là các bước thay đổi trên}$$

trục vít ép. Trục vít ép được thiết kế với bước giảm dần theo chiều tiến về khuôn ép để tạo độ nén cho hỗn hợp, lấy $S_{tb} = 190$ mm;

+ γ : Khối lượng riêng của hỗn hợp trước ép, $\gamma = 160$ kg/m³;

+ φ : Hệ số cung cấp của máy, lấy $\varphi = 0,288$;

+ Chọn động cơ điện có $n_{dc} = 1450$ vg/ph;

Từ (4) có $n_v = 39$ vg/ph và:

$$i_v = \frac{n_v}{n_{dc}} = \frac{39}{1450} = \frac{1}{37}$$

Với giá trị hệ số điều chỉnh này, chia truyền động giảm tốc thành 2 phần: Giảm tốc qua hộp giảm tốc với tỷ số truyền $\frac{1}{31,5}$ (chọn hộp

giảm tốc tiêu chuẩn) và sử dụng bộ truyền đai nối từ động cơ đến hộp giảm tốc với tỷ số giảm tốc là $\frac{1}{1,17}$.

Tính toán lựa chọn động cơ:

Động cơ được lựa chọn phải đảm bảo công suất cho trục vít ép để vít ép nén và đẩy khối

hỗn hợp thức ăn từ xi lanh, qua côn ép, khuôn ép và dồn vào bao chứa. Như vậy, công suất này phải thắng được công suất cản do các thành phần lực cản tạo nên, bao gồm: Lực cản nén (do bước vít thay đổi); lực ma sát giữa hỗn hợp liệu và trục vít ép, lòng xi lanh, lòng côn ép và khuôn ép.

Mô men xoắn trên trục vít ép xác định bởi công thức: $M_x = F_{ms} \cdot R$ [4].

Trong đó: F_{ms} là lực ma sát giữa hỗn hợp và vít ép, N; R là bán kính chân trục vít, mm (Lấy $R=100$ mm);

$F_{ms} = P_{max} \cdot f \cdot F$ với P_{max} là áp suất lớn nhất tác dụng lên khuôn ($P_{max} = 0,2$ MN/m² theo số liệu thực nghiệm); f là hệ số ma sát giữa hỗn hợp thức ăn và vít ép ($f=0,65$ từ số liệu thực nghiệm); F là diện tích mặt cắt ngang khuôn ép:

$$F = \frac{\Pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 370^2}{4} = 107466,5 \quad (\text{mm}^2)$$

(Chọn đường kính khuôn ép là $D=370$ mm).

Vậy: $F_{ms} = 0,2 \cdot 0,65 \cdot 107466,5 \approx 13970$ N

Và: $M_x = 13970 \cdot 0,1 = 1397$ Nm

Mặt khác: $M_x = \frac{9550 \cdot N}{n_v}$ Nm [5]

Với: N là công suất cần thiết trên trục vít ép, kW; n_v là số vòng quay của trục vít ép, $n_v=39$ vg/ph.

Do vậy: $N = \frac{M_x \cdot n_v}{9550} = \frac{1397 \cdot 39}{9550} = 5,7$.

Công suất của động cơ điện xác định theo công thức sau: $N_{dc} = \frac{N}{\eta}$ (kW) [5]

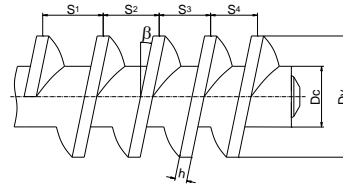
Với: η là hiệu suất dẫn động từ động cơ đến trục vít ép, lấy $\eta=0,85$.

Do vậy: $N_{dc} = \frac{5,7}{0,85} = 6,7$ (kW).

Như vậy, chọn động cơ truyền dẫn cho trục vít ép là động cơ điện không đồng bộ 3 pha có công suất 7,5 kW, tốc độ quay 1450 vòng/phút.

Thiết kế phần vít ép:

Các thông số của trục vít ép được thể hiện trên hình 4.



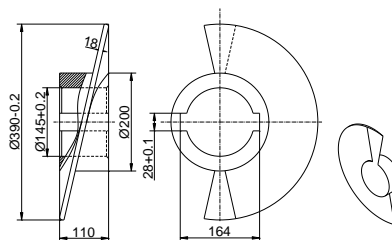
Hình 4. Các thông số của trục vít ép

Các thông số của vít ép là bước vít, góc nâng đường ren vít, đường kính đỉnh và đường kính chân trục vít cũng như chiều dày cánh vít. Trong đó, bước vít và góc nâng đường ren của trục vít là hai thông số quan trọng nhất.

+ *Bước vít và góc nâng đường ren của trục vít ép:* Để trục vít có thể nén được vật liệu, có thể chế tạo bước vít giảm dần từ cửa tiếp liệu đến khuôn ép hoặc chế tạo bước vít không đổi nhưng thay đổi chiều sâu rãnh vít nhỏ dần về phía khuôn ép. Nhóm nghiên cứu lựa chọn phương án giảm dần bước vít và sử dụng giải pháp lắp ghép từng nửa bước vít có bước khác nhau lên trục vít để thuận tiện cho việc chế tạo.

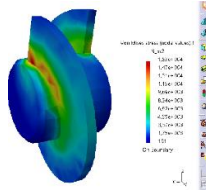
Để ép sơ bộ hỗn hợp thức ăn là thân, lá cây ngô và phụ gia, lựa chọn trục vít ép gồm 4 bước vít giảm dần là S_1, S_2, S_3 và S_4 . Trong đó, bước vít đầu tiên S_1 được xác định dựa vào đường kính đỉnh D_v và góc nâng đường ren β . Để trục vít ép đùn liệu đi một cách liên tục thì góc nâng β phải nhỏ hơn góc ma sát θ của vật liệu với trục vít ($\theta = \arctan(f) = \arctan(0,65) = 33^\circ$) [4]. Với đường kính đỉnh trục vít được chọn là $D_v=390$ mm, lấy $S_1=220, S_2=200, S_3=180, S_4=160$ mm.

Như vậy, có 8 nửa bước vít được thiết kế tương tự như nửa bước vít đầu tiên được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Các thông số của nửa bước vít S_1

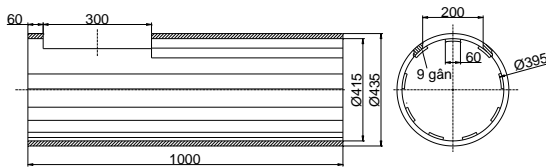
Các cánh vít sau thiết kế được kiểm bền bằng cách mô phỏng ứng suất và chuyển vị bằng phần mềm Catia V5, được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Ứng suất trên cánh vít

Thiết kế xi lanh buồng ép:

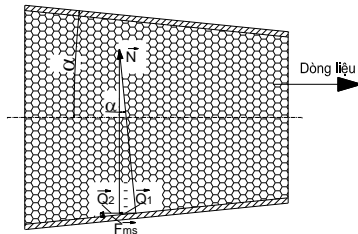
Xi lanh buồng ép có dạng cơ bản là ống trụ bao lấy trục vít, làm nhiệm vụ chứa hỗn hợp thức ăn cần ép và kết hợp với trục vít ép để đẩy ép thức ăn vào khuôn ép. Để hỗn hợp được vít ép đẩy đi mà không dính vào cánh vít, trong lòng xi lanh cần thiết kế các gân dọc như hình vẽ 7. Do tính chất của các dạng liệu này là hệ số nội ma sát giữa các thành phần liệu với nhau luôn lớn hơn hệ số ma sát giữa liệu với kim loại làm trục vít ép nên khi trục vít quay, dòng liệu không bị quay theo mà nó tỳ vào các rãnh trên xi lanh và trượt, ép về phía khuôn ép. Kết cấu và kích thước của phần xi lanh buồng ép được thể hiện trên hình 7.



Hình 7. Xi lanh buồng ép

Thiết kế côn ép:

Nhiệm vụ của côn ép là tăng thêm độ ép chặt cho khối hỗn hợp thức ăn sau khi nó đã được nén chặt một phần từ các cánh vít. Các lực tác dụng lên khối hỗn hợp từ bề mặt côn ép với góc côn α được thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Lực tác dụng từ côn ép lên hỗn hợp

N là áp lực pháp tuyến của mặt côn tác dụng lên hỗn hợp. N tạo ra thành phần cản dọc trục

Q_1 lên khối hỗn hợp và cản chúng theo phương chuyển động dọc trục tạo ra sự nén ép lên khối hỗn hợp:

$$Q_1 = N \cdot \sin \alpha = \rho \cdot S \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Với ρ (N/mm^2) là áp lực đơn vị của khối hỗn hợp lên bề mặt của côn ép và S là diện tích xung quanh trong lòng côn ép.

Ngoài ra, khối hỗn hợp còn chịu lực cản dọc trục Q_2 do lực ma sát F_{ms} của thành côn tác dụng lên khối hỗn hợp:

$$Q_2 = F_{ms} \cdot \cos \alpha = N \cdot f \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

$$= \rho \cdot S \cdot f \cdot \cos \alpha$$

Như vậy, tổng lực phần côn ép tác dụng lên khối hỗn hợp theo chiều trục và ép khối hỗn hợp được xác định:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \rho \cdot S \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha) \quad (7)$$

$$= \frac{D+d}{2} \cdot \rho \cdot \Pi \cdot L \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha)$$

Với D , d và L lần lượt là đường kính đầu lớn, đường kính đầu nhỏ và chiều dài côn ép.

Bằng các thực nghiệm thay đổi các giá trị góc côn α và xác định độ nén chặt của hỗn hợp đầu ra, kết quả góc côn và các thông số hợp lý của côn ép như sau: Góc côn $\alpha=2^\circ$, chiều dài đoạn côn ép $L=450$.

KHẢO NGHIỆM MÁY ÉP-ĐÓNG BAO

Máy ép - đóng bao đã thiết kế và chế tạo được tiến hành chạy thử ép và đóng bao hơn 10 tấn cây ngô sau băm, trộn với các kết quả cụ thể như sau:

- Năng suất: Đạt từ 1,2 – 1,3 tấn/h;
- Cường độ dòng điện lớn nhất trên một pha vào động cơ dẫn: $I_{max} < 12A$ (tương đương với suất tiêu hao năng lượng < 10 kW/tấn)
- Các cánh vít và gân dọc trong lòng xi lanh ở trạng thái bình thường, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đề ra.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Từ quá trình vận hành khảo nghiệm cho thấy: Cùng với máy trộn, máy hút chân không, máy ép – đóng bao đã tạo thành 01 dây chuyền hoàn chỉnh đạt năng suất 01 tấn/h, hoạt động

ổn định và có độ tin cậy cao. Dây chuyền đã đạt các chỉ tiêu kỹ thuật đề ra.

Tuy nhiên, để giảm giá thành hệ thống hơn nữa, nhóm nghiên cứu sẽ tập trung vào việc giảm thêm công suất tiêu thụ điện của máy ép – đóng bao.

Các vấn đề về ảnh hưởng của bước vít ép, hệ số ma sát giữa hỗn hợp liệu và trục vít ép, góc côn ép đến năng suất ép, độ nén sản phẩm đầu ra sẽ được trình bày trong các bài báo và công trình khoa học tiếp theo.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm sâu sắc đến Văn phòng Chương trình Khoa học và Công nghệ trọng điểm cấp Nhà nước giai đoạn 2013-2018 “Khoa học và Công nghệ phục vụ phát triển bền vững vùng Tây Bắc”, mã số: KH-CN-TB/13-18, ĐH Quốc gia Hà Nội, ĐH Thái Nguyên và DNTN Thái Long đã tài trợ kinh phí và tạo mọi điều kiện tốt nhất để nghiên cứu được hoàn thành.

ABSTRACT

DESIGN AND MANUFACTURE OF A PRESSED - PACKAGING MACHINE WITH CAPACITY OF 01 TON/H FOR CORN STALKS AFTER CUTTING AND MIXING

Phan Van Nghi^{1*}, Nguyen Thai Binh¹, Le Quang Duy¹, Cao Thanh Long²

¹University of Technology - TNU

²Thai Nguyen University

This paper presents how to design a pressed - packaging machine after cutting and mixing of corn stalks with a capacity of 01 ton/h to fit farm size in the midland and mountainous provinces in the North of Vietnam. The problems of kinematics, parameters of motions and technological capabilities of the machine are calculated, designed on the basis of screw pressing machines. Machine dynamics problems are calculated according to traditional mechanical methods. The test results of more than 10 tons of raw materials indicate that the machine has been working at its designed capacity and in line with the indicator " Specific energy consumption rate".

Key words: *Pressed – packaging machines, bagging machines, corn urea composting, feed for cattles in the winter*

Ngày nhận bài: 01/11/2017; Ngày phản biện: 23/11/2017; Ngày duyệt đăng: 05/01/2018

* Tel: 0977 599357, Email: phannghi@tmut.edu.vn

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Quang Tuấn, Nguyễn Xuân Trạch, Đỗ Đức Lực (2008), “Ảnh hưởng của một số yếu tố đến việc sử dụng rơm và thân cây ngô làm thức ăn cho trâu bò tại các tỉnh phía Bắc”, *Tạp chí khoa học và phát triển*, tập VI, số 1, tr.47-51.
2. Nguyễn Hưng Quang, Mai Anh Khoa, Phan Đình Thắm, Stephen Ives (2014), “Assessment of the utilization of the natural grass and agriculture by-products in cattle production in Son La – Vietnam”, *NIAS – Journal of Animal Science and Technology*. Vol.46 – February, pp. 30-38.
3. Nguyễn Thu Phương (2009), *Đánh giá khả năng sinh trưởng và ảnh hưởng của cây ngô ủ chua đến năng suất, chất lượng sữa của đàn bò sữa nuôi tại huyện Đông Triều tỉnh Quảng Ninh*, Luận văn thạc sĩ khoa học nông nghiệp, chuyên ngành chăn nuôi động vật, mã số 60.62.40, trường ĐH Nông Lâm, ĐH Thái Nguyên.
4. Hồ Lê Viên (2003), *Các máy gia công vật liệu rắn và dẻo, tập 2*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
5. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2006), *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, tập 1*, Nxb Giáo dục.