



NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH MỘT SỐ THÔNG SỐ CƠ BẢN VỀ KHÍ ĐỘNG ĐỐI VỚI MÙN CƯA SỬ DỤNG TẠO VIÊN NHIÊN LIỆU

Nguyễn Văn Thành^{1*}, Nguyễn Đình Tùng², Bùi Hải Triều³

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xác định một số thông số chính về “khí động” đối với vật liệu mùn cưa được sử dụng làm viên nhiên liệu như: Dải phân bố kích thước, vận tốc sôi, vận tốc vận chuyển, khối lượng riêng, để làm cơ sở cho việc nghiên cứu thiết kế máy sấy mùn cưa kiểu trống quay phân tầng quy mô công nghiệp. Kết quả cho thấy mùn cưa có kích thước từ 0,63mm - 2,5mm chiếm khoảng 78,8%, với độ ẩm của vật liệu từ 39,05 - 40,36%, khối lượng riêng từ 405,2 - 416,3 kg/m³, vận tốc vận chuyển nhỏ nhất 6,06m/s.

Từ khóa: Vận tốc lơ lửng; vận tốc vận chuyển; mùn cưa; trống quay kết hợp khí động.

A study determining the basic pneumatic transport parameters of sawdust used to make the fuel pellets

Abstract: This paper presents a study determining the basic pneumatic transport parameters of sawdust used to make the fuel pellets, such as wide range of particle sizes, fluidization velocity, transport velocity particle, and specific density used as the foundation to design a industrial-scale pneumatic dryer combined with rotary dryer of sawdust material. The results showed that the range of sawdust particle size 0.63mm to 2.5mm (about 78.8%), sawdust moisture of content ranged from 39,05 to 40,36%, specific density is from 406,2 to 416,3kg/m³, and minimum transport velocity particle is 6,06m/s.

Keywords: Fluidization velocity; transport velocity; sawdust; pneumatic dryer combined with rotary dryer.

Nhận ngày 10/5/2017; sửa xong 15/6/2017; chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 15, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Đặt vấn đề

Trong các dây chuyền sản xuất viên nhiên liệu, công đoạn làm khô/sấy đóng vai trò hết sức quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất, chất lượng của sản phẩm [1]. Đối với dây chuyền sản xuất viên nhiên liệu, công đoạn sấy là một trong những công đoạn chiếm nhiều chi phí năng lượng nhất [2,3], bởi vậy cần thiết phải tìm phương pháp, hoặc có giải pháp để giảm thiểu chi phí ở công đoạn này [1]. Có nhiều phương pháp để giảm thiểu năng lượng cho công đoạn này như xây dựng quy trình vận hành hợp lý, trình độ của người vận hành, ngoài ra nguyên lý kết cấu của thiết bị có ảnh hưởng không nhỏ đến năng suất, chất lượng sản phẩm cũng như chi phí năng lượng. Qua nghiên cứu thăm dò bước đầu cho thấy, với đối tượng sấy là mùn cưa thì thiết bị sấy trống quay phân tầng (là thiết bị sấy kết hợp giữa nguyên lý trống quay với khí động) là phù hợp. Tuy nhiên, để có cơ sở cho việc thiết kế thiết bị, giảm chi phí năng lượng và nâng cao chất lượng sản phẩm thì các đặc tính cơ bản của nguyên liệu như: vận tốc sôi, vận tốc vận chuyển, khối lượng riêng, kích thước hạt,... cần phải nghiên cứu trước tiên.



2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu trong bài báo này là mùn cưa được thu gom từ các cơ sở xẻ gỗ làm đồ gia dụng. Vì vậy nguyên liệu có đặc tính là kích thước hạt và độ ẩm không đều. Qua thực tế khảo sát độ ẩm của vật liệu nghiên cứu thường ở khoảng 39,05 - 40,36%. Về phương pháp nghiên cứu, trong bài báo này sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với phương pháp thực nghiệm. Đối với các thiết bị đo sử dụng trong nghiên cứu gồm có: Cân để xác định khối lượng; Ống đong để xác định thể tích; Thiết bị đo độ ẩm OHAUS (Thụy Sĩ); Thiết bị đo lưu lượng và vận tốc dòng khí testol (CHLB Đức) KIMO (Pháp).

¹ThS, Khoa cơ điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

²PGS.TS, Viện nghiên cứu Thiết kế chế tạo máy nông nghiệp.

³PGS.TS, Khoa Cơ điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

*Tác giả chính. E-mail: thanhriam@gmail.com.

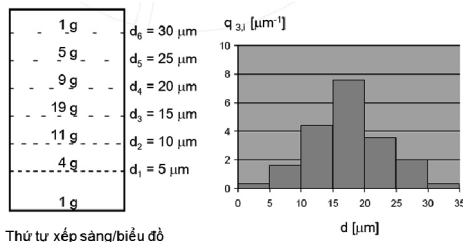


3. Cơ sở lý thuyết xác định các đặc tính khí động

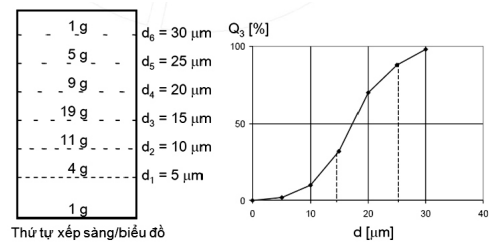
3.1. Phân loại kích thước hạt

Một trong những tiêu chuẩn để có thể tạo được viên nhiên liệu từ mùn cưa, ngoài độ ẩm của vật liệu thì kích thước của hạt có ảnh hưởng rất lớn đến tỷ lệ tạo viên, chất lượng viên. Bởi vậy một trong những yêu cầu quan trọng là kích thước hạt mùn cưa phải tương đối đồng nhất (nằm trong dải cho phép nhỏ hơn 2,5mm) [2]. Hơn nữa độ ẩm của nguyên liệu trước khi đưa vào tạo viên cũng phải đảm bảo độ đồng đều. Bởi vậy, phân loại để loại bỏ những hạt mùn cưa không đạt “tiêu chuẩn” là cần thiết, từ đó sẽ giúp cho việc làm khô/sấy được thuận lợi hơn, độ ẩm đồng nhất góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm như: độ chặt, tỷ khối và độ bóng của sản phẩm.

Trong bài báo này tác giả đã sử dụng phương pháp phân loại hạt theo sàng để lựa chọn được vùng kích thước hạt của vật liệu thí nghiệm. Theo các tiêu chuẩn quy định về sàng, sàng được bố trí theo trình tự như Hình 1, sau khi phân loại kết quả thu được như biểu đồ hàm phân bố được thể hiện ở Hình 2 [4,5].



Hình 1. Quy luật bố trí sàng [4-6]



Hình 2. Biểu đồ hàm phân bố tích lũy kích thước hạt [4-6]

Cơ sở khoa học việc phân loại lựa chọn vùng kích thước hạt nguyên liệu được xác định ở các phương trình sau [4-7]:

Tỷ lệ khối lượng thu được trên các lớp sàng được xác định ở phương trình (1):

$$q_3(\bar{d}_i) = \frac{\Delta M_i}{M \cdot d_i} \quad (1)$$

trong đó: q_3 là tỷ lệ khối lượng thu được ứng với mỗi khoảng kích thước của hạt; $\bar{d}_i$ là giá trị trung bình kích thước giữa 2 lớp sàng gần nhau, sàng thứ i và thứ $i+1$; ΔM_i là khối lượng trên mỗi lớp sàng thu được ứng với mỗi khoảng kích thước của hạt tương ứng M là tổng khối lượng trên các lớp sàng với các kích thước sàng, tức là tổng khối lượng ban đầu cho vào phân loại.

Trong đó, với: $M = \sum_{i=0}^8 \Delta M_i$ $\Delta d_i = d_{i+1} - d_i$

$$d_i = \frac{1}{2} \cdot (d_i + d_{i+1}) \quad (2)$$

Do đó chia làm hai phần tỷ lệ như sau:

$$\text{Hàm phân bố mật độ: } Q_{r,t} = \frac{\text{Phần khối lượng } (d_{\min} \dots d)}{\text{Tổng khối lượng } (d_{\min} \dots d_{\max})} \quad (3)$$

$$\text{Hàm phân bố tích lũy: } Q_{r(d)} = \frac{\text{Phần khối lượng } (d_{\min} \dots d)}{\text{Tổng khối lượng } (d_{\min} \dots d_{\max})} \quad (4)$$

3.2 Xác định khối lượng riêng của hạt mùn cưa

Việc xác định khối lượng riêng của mùn cưa để làm cơ sở khoa học xác định thông số vận tốc (vận tốc sôi, vận tốc vận chuyển) từ đó làm cơ sở cho việc tính toán/lựa chọn được vận tốc dòng tác nhân sấy sau này. Bởi vậy việc xác định khối lượng riêng là cần thiết thông qua đo thể tích, cân khối lượng, tính toán khối lượng riêng. Các thiết bị phục vụ thí nghiệm đã được trình bày chi tiết ở mục 2.

3.3 Cơ sở lý thuyết xác định thông số khí động [8]

Các thông số khí động khi khảo sát hạt mùn cưa (vận tốc, lưu lượng của dòng lưu chất gồm không khí, mùn cưa) giúp cho việc xác định lưu lượng dòng tác nhân sấy, từ đây làm cơ sở để lựa chọn và tính toán nguyên lý, kết cấu và các thông số của quạt sấy. Việc lựa chọn tính toán tối ưu các thông số của quạt sẽ góp phần vào việc nâng cao chất lượng sản phẩm, giảm thiểu chi phí năng lượng, chi phí sản xuất của

dây chuyền thiết bị. Mặt khác để có cơ sở xác định các chế độ vận tốc sôi, hay vận tốc khí động để vật liệu có thể “bay” được, cần xét một số nét tóm lược về cơ sở lý thuyết như sau đây:

Các thành phần hạt nguyên liệu (nguyên liệu rắn, kí hiệu với chỉ số P), đường kính hạt d_p . Thành phần độ lớn, khối lượng riêng ρ_p và hình dạng hạt $\phi_{sph,P}$ đã chỉ ra rằng hệ số $\phi_{sph,P}$ phụ thuộc như sau: với $\phi_{sph,P}$ = diện tích bề mặt (diện tích riêng phần) của mùn cưa, ta có $\phi_{sph,P} = 1$ (đối với hạt hình cầu); $\phi_{sph,P} < 1$ (đối với hạt không phải hình cầu). Về thành phần của dòng lưu chất (kí hiệu với chỉ số F), thành phần của dòng lưu chất, khối lượng riêng của dòng lưu chất $\rho_f(P, T)$, độ nhớt tĩnh học $\nu_f = \nu_f(P, T) = \eta_f / \rho_f$. Đối với độ nhớt động học $\eta_f = \eta_f(T)$ và tốc độ của dòng lưu chất W_p cũng như nhiệt độ, mối quan hệ giữa thể tích vùng chiếm chỗ ψ nó tạo thành lớp sôi khi đó là ở trạng thái lực trọng trường của hạt khi mà trọng lực $\bar{G}_{Ak,Ws}$ và lực trọng trường $\bar{G}_{Ak,Ws}$ được xác định thông qua lớp sôi phụ thuộc vào dòng khí và phương trình cân bằng khối lượng/trọng lượng với lực trọng trường $\bar{G}_{Sk,Ws}$, ở đây lực cân bằng khối lượng:

$$\bar{G}_{Sk,Ws} = \bar{G}_{Wk,Ws} + \bar{G}_{Ak,Ws} \quad (5)$$

$$\text{Với lực trọng trường: } G_{Sk,Ws} = V_{Ws} \cdot (1 - \psi) \cdot \rho_{p,Ws} \cdot g \quad (6)$$

$$\text{Trọng lượng của hạt: } G_{Ak,Ws} = V_{Ws} \cdot (1 - \psi) \cdot \rho_{f,Ws} \cdot g \quad (7)$$

$$\text{Lực tạo bởi dòng khí: } G_{Wk,Ws} = F_{Ws} \cdot \Delta \rho_{p,Ws} \cdot g \quad (8)$$

Sự dẫn nở của lớp sôi với hệ số rỗng ψ của vật liệu (là mối quan hệ giữa thể tích chiếm chỗ và độ rỗng) nó được chỉ ra rằng tính toán tỷ lệ giữa thể tích chiếm chỗ và thể tích tổng thể của lớp vật liệu. Tổng thể tích của hạt V_p với thể tích khoảng trống $V_{luecken}$ sẽ tạo thành thể tích tổng thể của lớp “chút”.

$$V_{ges} = V_p + V_{luecken} \quad (9)$$

Qua đó người ta có thể xác định được thể tích rỗng để đánh giá dòng lưu chất và thể tích của hạt phụ thuộc vào thể tích tổng thể của lớp sôi như xác định bởi tổng sau:

$$\frac{V_p}{V_{ges}} + \frac{V_{luecken}}{V_{ges}} = 1 \quad (10)$$

Do đó thể tích rỗng là một phần hoặc hệ số ψ :

$$\psi = \frac{V_{ges} - V_p}{V_{ges}} = \frac{V_{luecken}}{V_p + V_{luecken}} \quad (11)$$

trong đó: $\psi[-]$ là chỉ số độ rỗng; V_p [m³] là thể tích của hạt; V_p [m³] là thể tích rỗng; V_{ges} [m³] là thể tích tổng thể của “lớp chút”.

Từ phương trình (11) ta xác định được tỷ lệ hạt như sau (phương trình 8):

$$\frac{V_p}{V_{ges}} = 1 - \psi \quad (12)$$

Khối lượng riêng của lớp hạt được xác định như độ lớn của mật độ lớp chút và thể tích của hạt được xác định bởi tỷ số giữa khối lượng của hạt trên thể tích của hạt (phương trình 13):

$$r_p = \frac{m_p}{V_p} \quad (13)$$

Khối lượng riêng của hạt được xác định từ phương trình (9) và phương trình (13) như sau:

$$r_p = \frac{m_p}{V_p} = \frac{m_p}{V_{ges} - V_{luecken}} \quad (14)$$

Điểm bắt đầu sôi: Điểm bắt đầu “sôi” khi lực trọng trường nhỏ hơn tổng của hai lực là lực đẩy lớp hạt và lực của dòng khí. Điểm vận chuyển (điểm vật liệu bắt đầu bay): Khi hạt được đưa vào với vận tốc đẩy rất lớn nó sẽ bị cọ sát/va chạm, dịch chuyển... để nó tạo thành mối quan hệ giữa lực trọng trường và tổng hai lực thành phần. Lưu ý rằng đối với hạt hình cầu thì mối quan hệ điểm bắt đầu vận chuyển sẽ được tạo bởi vùng số và bởi mô hình (Hình 3) xác định bởi phương trình thể hiện mối quan hệ đó như sau:

$$\text{Phương trình cân bằng lực: } \bar{G}_{Sk,p} = \bar{G}_{Wk,p} + \bar{G}_{Ak,p} \quad (15)$$

$$\text{Lực trọng trường: } G_{Sk,p} = V_{p,r_p,g} = \frac{P}{6} \times d_p^3 \times r_p \times g \quad (16)$$

$$\text{Lực đẩy tạo bởi hạt: } G_{Ak,p} = V_p \times r_f \times g = \frac{P}{6} \times d_p^3 \times r_f \times g \quad (17)$$

$$\text{Lực đẩy của dòng khí: } G_{Wk,p} = \frac{r_f}{2} \times A_{Q,p} \times (w_f - w_p)^2 \times c_w(Re_p) \quad (18)$$

Sự khái quát giữa tốc độ của hạt hình cầu và đường kính của chúng được tạo bởi định luật STOCKE với lực trọng trường và bởi dòng đối chiều xác định bởi hệ số hạt (phương trình 19):

$$(r_p - r_f) \times \frac{p}{6} \times d_p^2 \times g = \frac{r_f}{2} \times w_{f,sg}^2 \times d_p^2 \times c_w \quad (19)$$

Hoặc được chỉ ra bởi phương trình (20):

$$w_{f,sg}^2 = \frac{4}{3} \times \frac{r_p - r_f}{r_f} \times \frac{g \cdot d_p}{c_w} \quad (20)$$

Do đó $C_w = f(Re_p)$; Ở phương trình (20) cho ta thấy rằng đường kính của hạt d_p cũng như vận tốc $w_{f,sg}$ và hệ số C_w là một tỷ số kép (bình phương).



Hình 3. Cân bằng lực của hạt [8]

Từ kết quả nghiên cứu của tác giả MARTIN, WIRTH, RICHARDSON và ZAKI tỷ lệ đó có thể được xác định bởi các pha lỏng - rắn - sôi một cách đơn giản bằng phương trình gần đúng của tổng vùng rỗng như phương trình (21) đã chỉ ra và được xác định bởi tỷ số W_{ws} và tốc độ ($W_{sg} = W_{o,A}$) và xác định bởi giá trị trung bình của tỷ số. Nó như một hàm số mũ của hệ số rỗng ψ (phương trình 21).

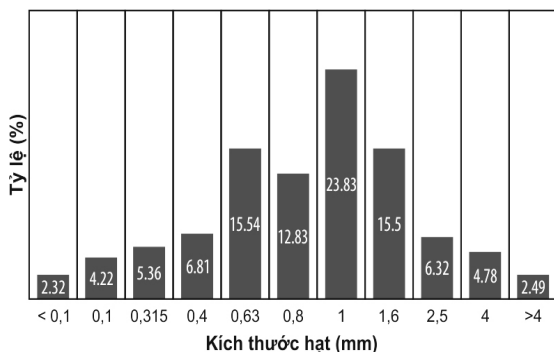
$$\frac{W_{ws}}{W_{o,A}} = \psi^n \quad (21)$$

Nhận xét: Qua các phương trình tính toán nêu trên làm cơ sở khoa học cho việc tính toán sơ bộ các thông số “công nghệ” và kết cấu cho mô hình thí nghiệm, hơn nữa còn làm cơ sở để xây dựng các phương án thí nghiệm đánh giá, và kiểm chứng giữa kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm.

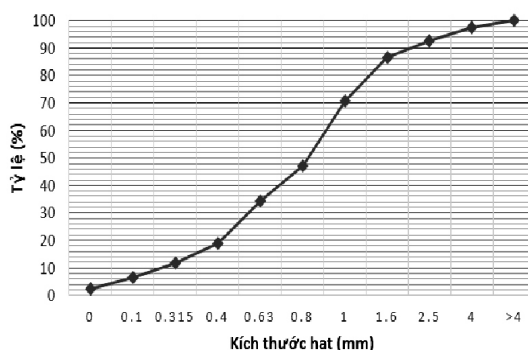


4. Kết quả nghiên cứu và bàn luận về một số thông số khí động của mùn cưa

Xác định dải phân bố kích thước hạt mùn cưa: Kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định dải phân bố kích thước hạt mùn cưa thông qua hàm mật độ được thể hiện trên Hình 4 và hàm phân bố được biểu diễn như trên Hình 5. Căn cứ vào biểu đồ hàm mật độ và hàm phân bố làm cơ sở xác định được “vùng” kích thước hạt mùn cưa chiếm tỷ lệ lớn đủ điều kiện có thể sử dụng được để ép viên nhiên liệu.



Hình 4. Biểu đồ hàm mật độ về kết quả phân loại hạt mùn cưa



Hình 5. Biểu đồ hàm phân bố về kết quả phân loại kích thước hạt mùn cưa

Qua biểu đồ Hình 4 cho thấy đối với mùn cưa thu được từ chế biến gỗ được khảo sát cho nghiên cứu này có kích thước tập chung chủ yếu nằm trong khoảng $d=0,63-d=2,5mm$, chiếm tỷ lệ lớn khoảng 78,8% khối lượng. Với mùn cưa có kích thước như trên được đưa đi thí nghiệm để xác định một số thông số khí động như: khối lượng riêng, vận tốc sôi, vận tốc bay...

Xác định khối lượng riêng của mùn cưa: Nguyên liệu mùn cưa sử dụng trong nghiên cứu này có độ ẩm từ 39,05-40,36%, với dải kích thước từ 0,63-2,5mm xác định được khối lượng riêng từ 405,2-416,3kg/m³.

Xác định thông số vận tốc của mùn cưa ở các “chế độ” làm việc khác nhau: Xác định các thông số vận tốc của mùn cưa ở các chế độ thí nghiệm khác nhau (Bảng 1) làm cơ sở để lựa chọn tính toán thiết kế thiết bị sấy “đặc biệt” là cơ sở để xác định được chế độ công nghệ sấy từ đó lựa chọn và tính toán được quạt sấy, quạt làm mát, thiết bị thu lắng và các thiết bị phụ trợ khác.

Bảng 1. Kết quả thông số vận tốc của dòng lưu chất tại các vùng làm việc

Vị trí/vùng làm việc	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình
Đối với kích thước đến 0,63mm				
Bắt đầu sôi	0,82	0,79	0,87	0,83
Sôi	0,82-1,74	0,79-1,81	0,87-1,76	0,83-1,77
Bắt đầu bay	1,74	1,81	1,76	1,77
Bay	1,74-2,70	1,81-2,82	1,76-2,88	1,77-2,80
Đối với kích thước từ 0,63 đến 1mm				
Bắt đầu sôi	1,39	1,36	1,43	1,39
Sôi	1,39-2,87	1,36-2,78	1,43-2,73	1,39-2,79
Bắt đầu bay	2,87	2,78	2,73	2,79
Bay	2,87-3,60	2,78-3,58	2,73-3,66	2,79-3,61
Đối với kích thước từ 1,0 đến 2,5 mm				
Bắt đầu sôi	2,67	2,59	2,55	2,57
Sôi	2,67-4,32	2,59-4,06	2,55-4,40	2,57-4,26
Bắt đầu bay	4,32	4,06	4,40	4,26
Bay	4,32-6,00	4,06-6,21	4,40-6,07	4,26-6,06

Nhận xét: Kết quả thực nghiệm từ Bảng 1 cho thấy với hạt mùn cưa ở độ ẩm từ 39,05% - 40,36%, ở dải kích thước hạt từ 0-0,63mm, 0,63-1,0mm và 1,0-2,5mm, tương ứng với vận tốc vận chuyển/vận tốc bay lần lượt là 1,77-2,28m/s, 2,79-3,61m/s và 4,26-6,06m/s. Qua các kết quả trên cho thấy đối với hỗn hợp mùn cưa sử dụng làm viên nhiên liệu thì vận tốc làm việc tối thiểu của dòng tác nhân sấy nên từ 6,06m/s trở lên sẽ đảm bảo độ an toàn trong quá trình làm việc. Từ kết quả này làm cơ sở khoa học cho việc tính toán, thiết kế hệ thống sấy (trống sấy, quạt sấy, quạt làm nguội và các thiết bị phụ trợ khác), đồng thời còn làm cơ sở cho việc xây dựng các chế độ công nghệ sấy nhằm hướng tới nâng cao chất lượng sản phẩm sau sấy và giảm thiểu chi phí năng lượng.



5. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, đối với mùn cưa được thực nghiệm trong nghiên cứu này có độ ẩm từ 39,05-40,36%, tỷ khối từ 405,2-416,3kg/m³, kích thước của hạt mùn cưa trong khoảng 0,63 đến 2,5mm (đủ tiêu chuẩn kỹ thuật để ép viên/tạo viên nhiên liệu-pellet [2]) chiếm 78,8%. Với các dải kích thước hạt mùn cưa đến 0,63mm, 0,63-1,0mm và 1,0-2,5mm vận tốc tối thiểu để có thể vận chuyển được (làm bay được) hạt mùn cưa lần lượt tương ứng là 2,80m/s, 3,61m/s và 6,06m/s. Vậy vận tốc của dòng tác nhân sấy để có thể vận chuyển được hỗn hợp mùn cưa cần từ 6,06m/s.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Văn Thành (2012), *Nghiên cứu một số thông số của máy sấy mùn cưa kiểu trống quay phân tầng trong dây chuyền sản xuất viên nhiên liệu*, Luận văn thạc sĩ khoa học, Trường đại học Nông nghiệp Hà Nội.
2. Richard S., Monika S., Martin J., Wolfgang H. (2009), "Final report on producers, traders and consumers of wood pellet", *HFA Holzforschung Austria*.
3. Mani S., Tabil L.G., Sokhansanj S. (2006), "Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses", *Biomass and Bioenergy*, (30):648-654.
4. Tomas J. (2013), *Mechanische Verfahrenstechnik*, Skript zur Vorlesung, Universität Magdeburg, Deutschland.
5. Tomas J. (2015), *Mechanische Verfahrenstechnik*, Skript zur Vorlesung, Universität Magdeburg, Deutschland.
6. Nguyễn Đình Tùng (2012), *Nghiên cứu công nghệ xử lý nhiệt phụ phế phẩm nông nghiệp để tạo viên nhiên liệu (pellet) có nhiệt trị cao*, Đề tài nghiên cứu cấp Bộ 2012, Bộ Công Thương.
7. Nguyễn Đình Tùng, cs. (2014), *Nghiên cứu thiết kế chế tạo lò khí hóa phụ phế phẩm nông nghiệp (vỏ trấu, lõi ngô) quy mô công nghiệp*, Đề tài nghiên cứu cấp Nhà nước 2014.
8. Tung N.D. (2009), *Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Abfälle aus Vietnam*, Dissertation, Universität Rostock, Deutschland.