XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA HẠT MÍA ĐƯỜNG RS ĐỂ ỨNG DỤNG TRONG TÍNH TOÁN SẤY TẦNG SÔI XUNG KHÍ

DETERMINATION ON THE BASIC PHYSICAL PARAMETERS OF RS SUGAR CANE PARTICLE FOR APPLICATION OF PULSED FLUIDIZED BED DRYING CALCULATIONS

Phạm Quang Phú[1], Bùi Trung Thành[1*], Lê Anh Đức[2]

[1]Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
[2]Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: buitrungthanh@iuh.edu.vn)

(Nhận bài / Received: 09/8/2022; Sửa bài / Revised: 10/6/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 04/7/2023)

Tóm tắt - Sấy tầng sôi là dạng sấy hiện đại, nguyên liệu cho sấy tầng sôi là các hạt rắn, dạng rời, kích thước bé. Để khối hạt sấy có thể giả lỏng trong quá trình sấy, yêu cầu vận tốc không khí trên bề mặt lớp hạt phải đạt giá trị tối thiểu (V_{tt}). Để xác định được giá trị (V_{tt}), yêu cầu phải có được giá trị các thông số hạt gồm: Đường kính (d_h), khối lượng riêng (ρ_h), khối lượng riêng khối hạt (ρ_v) và độ xốp khối hạt (ε_0). Với hạt sấy dạng cầu thì kích thước hạt chính là đường kính hạt, nhưng nếu hạt sấy hình dạng bất thì kích thước hạt phải nhân thêm hệ số cầu (φ) của hạt. Nghiên cứu này đã xác định được khối lượng riêng của hạt đường RS (ρ_h) là 1598 kg/m^3, khối lượng riêng khối hạt (ρ_v) là 889 kg/m^3, độ xốp khối hạt trạng thái tự nhiên (ε_0) là 0,44, vận tốc tối thiểu của không khí trên bề mặt lớp hạt (V_{tt}) là 0,54m/s, độ xốp khối hạt trạng thái giả lỏng tối thiểu (ε_{tt}) là 0,48 và tính cầu của hạt đường RS (φ) là 0,85.

Từ khóa - Sấy tầng sôi; kích thước hạt**;** khối lượng riêng của hạt; khối lượng riêng khối hạt; độ xốp khối hạt; tính cầu của hạt; sự giả lỏng

Abstract - Fluidized bed drying is a modern methods. Drying materials are solid, loose, small size particles. For particles fluidization in drying process, the surface gas velocity of the grain layer obtains a minimum value which called (V_{tt}). To determine the value of (V_{tt}), parameters of the natural state particle must be known to including: The diameter (d_h), the density (ρ_h), the bulk density (ρ_v), and the porosity (ε_0). If a spherical form particles, the its size is the its diameter. In case nonspherical particles, the its particle size must be multiplied by the particle sphericity factor (φ). Authors used experimental methods and published equations to determine parameters of RS sugard particles including: the density is 1598 kg/m^3, the bulk density is 889 kg/m^3, the porosity of parked bed is 0.44, the hot air minimum velocity is 0.54m/s, the porosity of minimum fluidization(ε_{tt}) is 0.48 and the spherical properties is 0.85.

Key words - Fluidized bed drying; particle size; particle density; bulk density; porosity; spherical properties; fluidization

1. Đặt vấn đề

Theo cách phân loại của Geldart [1] vật liệu sấy được ứng dụng trong sấy tầng sôi tốt nhất là các hạt rắn dạng rời thuộc nhóm hạt A, B có kích thước phạm vi 0,1 - 1,2 mm. Dòng không khí nóng cấp vào khối hạt yêu cầu phải ở dải nhiệt độ thích hợp để không làm hỏng vật liệu sấy và yêu cầu phải cấp dòng khí theo phương vuông góc với ghi phân phối khí và vận tốc dòng khí qua bề mặt lớp hạt (superficial air velocity) phải đạt giá trị tối thiểu (V_{tt}) cùng với giá trị áp suất được xác định (áp suất tĩnh tuỳ theo chiều dày khối hạt sấy) [2]. Đối với sấy tầng sôi nói chung và thiết kế máy sấy tầng sôi xung khí nói riêng việc xác định được giá trị vận tốc khí qua bề mặt lớp hạt làm khối hạt giả lỏng tối thiểu ($V_{tt,}$ m/s) là rất quan trọng. Từ giá trị vận tốc khí giả lỏng tối thiểu (V_{tt}) tiếp tục phải xác định được giá trị vận tốc khí qua lớp hạt sấy sôi đều (V_s, m/s) và sau cùng là xác định vận tốc khí tới hạn (V_t, m/s) để không làm bay hạt sấy ra khỏi buồng sấy [3]. Để xác định được giá trị của 3 loại vận tốc khí qua lớp hạt nói trên để vận hành thiết bị trong quá trình sấy, người thiết kế máy sấy tầng sôi phải có được giá trị các thông số hạt sấy gồm: Đường kính hạt (d_h), khối lượng riêng hạt (ρ_h), khối lượng riêng khối hạt (ρ_v) và độ rỗng khối hạt trạng thái tự nhiên (ε_0). Trường hợp hạt sấy có dạng cầu, thì kích thước hạt là đường kính (d_h), nhưng thực tế trong tự nhiên và trong công nghê tạo hạt thì các hạt sấy thường có kích thước không đồng nhất, có hình dạng khác nhau (nonpherical particles) nên đường kính hạt trong tính toán phải quy về đường kính hạt trung bình (d_m) bằng phương pháp sàng rây [4] và nhân với cầu tính của hạt (φ) [4, 5, 6] và kích thước hạt sấy lúc này được gọi tương đương hạt cầu $d_h = (d_m.\varphi)$ [7].

Trong phạm vi bài báo này, các tác giả đã đưa ra phương pháp và cách xác định một số thông số hạt mía đường RS để làm cơ sở cho việc tính toán, thiết kế một máy tầng sôi cấp khí kiểu xung theo hướng nghiên cứu.

2. Dữ liệu và phương pháp

2.1. Vận tốc khí qua bề mặt hạt tối thiểu và vận tốc cân bằng của hạt sấy

Ta thực hiện xét một khối hạt rời kích thước phân tán đang ở trạng thái tĩnh (packed bed) các hạt trong khối hạt này luôn chịu ảnh hưởng lực hút, dính lẫn nhau (f_h) và trọng lực của hạt (W_h). Tại trạng thái tĩnh $V_{kk} = 0$; $dV_{kk}/d\tau = 0$.

Trọng lực của hạt (W_h): $W_h = m_h.g$ (1)

Lực Archimeder (Ar): $Ar = V_h.\rho_h.g$ (2)

Lực cản của môi trường (F): $F = C_d.S\frac{\rho_{kk}.V_{kk}^2}{2}$ (3)

[1] Industrial University of Ho Chi Minh City, Vietnam (Pham Quang Phu, Bui Trung Thanh)
[2] Nong Lam University of Ho Chi Minh City, Vietnam (Le Anh Duc)

Lực quán tính (I) $I = m.a = m_h \frac{dv}{d\tau}$ (4)

$$f_h = W_h - Ar \quad (5)$$

Trong đó: V_h - vận tốc hạt, m/s; C_d - hệ số trở lực của môi trường; S - hình chiếu tiết diện hạt vật liệu lên phương vuông góc với phương chuyển động, m^2; f_h - lực hút, dính lẫn nhau, N.

Khi cấp cho khối hạt sấy một dòng khí theo phương vuông góc với ghi phân phối khí, theo hướng từ dưới lên thì giá trị vận tốc khí trên bề mặt lớp hạt sấy (V_{kk}) được tính theo (PT6) $V_{kk} = \frac{Q_q}{A}$ (6)

Trong đó: Q_q - lưu lượng dòng khí cấp vào khối hạt, m^3/s; A - tiết diện ghi phân phối khí, m^2.

Khi vận tốc khí (V_{kk}) có giá trị đủ lớn, áp suất đủ lớn làm cho khối hạt sấy giãn ra, các hạt bắt đầu chuyển động qua lại và trở nên linh động, lúc này khối hạt có đặc tính tương tự như chất lỏng (fluidization), vận tốc hạt lúc này được gọi là vận tốc thăng bằng hay theo [5] được gọi là vận tốc cân bằng của hạt (V_{cb}, m/s) và vận tốc dòng không khí qua lớp hạt được đo trên bề mặt lớp hạt lúc này được gọi là vận tốc giả lỏng tối thiểu (V_{tt}) [3].

Như vậy tại trạng thái này $V_{cb} = V_{tt}$

Theo [5] vận tốc (V_{cb}) được tính cho hạt có dạng cầu

$$V_{cb} = \sqrt{\frac{4.g.d_h(\rho_h - \rho_{kk})}{3C_d.\rho_{kk}}} \quad (7)$$

Cùng theo [5], vận tốc cân bằng của hạt ở trạng thái giả lỏng phụ thuộc theo đường kính hạt (d_h), khối lượng riêng hạt (ρ_h) và đặc tính lưu chất và được đánh giá qua chuẩn số Reynol (Re_{tt}). Đối với hạt dạng cầu thì (V_{cb}) của hạt được tính theo (PT8)

$$V_{cb} = \frac{Re_{tt}.\mu_{kk}}{d_h.\rho_{kk}} \quad (8)$$

Trong đó: d_h - đường kính hạt dạng cầu, m; μ_{kk} - Độ nhớt động lực học của không khí, pa.s; ρ_{kk} - khối lượng riêng của không khí, kg/m^3; ρ_h - khối lượng riêng của hạt sấy, kg/m^3; Re_{tt} - chuẩn số Reynol trạng thái tính cho lớp hạt sôi tối thiểu

2.2. Tính cầu của hạt và kích thước hạt tương đương hạt cầu

Thực tế các hạt yêu cầu sấy có sẵn trong tự nhiên hoặc trong sản xuất được tạo thành có hình dạng tự do và rất khác nhau (không phải hình cầu) do vậy việc áp dụng (PT 8) để tính vận tốc thăng bằng của hạt sấy hay vận tốc khí cấp vào khối đạt đến giá trị làm khối hạt giả lỏng tối thiểu (V_{tt}) là rất khó. Để giải quyết vấn đề này H. Wadell [6] và Howard. J. R [7] đưa ra đinh nghĩa tính cầu của hạt cho các hạt có hình dạng bất kỳ có giá trị là (φ) (độc giả có thể xem định nghĩa φ trong tài liệu [4]. Như vậy, lúc này vận tốc (V_{tt}) trên bề mặt lớp hạt và vận tốc cân bằng của hạt có hình dạng bất kỳ, kích thước hạt đa phân tán được tính theo (PT 9) [3]

$$V_{tt} = V_{cb} = \sqrt{\frac{4.g.\varphi d_m(\rho_h - \rho_{kk})}{3C_d.\rho_{kk}}} \quad (9)$$

Trong đó, φ tính cầu của hạt [3], [5], [6]; d_m - đường kính trung bình khối hạt (được xác định theo phương pháp sàng rây, m; [4]; C_d - hệ số trở lực môi trường $C_d = f(Re; \varphi)$.

Sabri Ergun 1952 đã đưa ra phương trình (Ergun equation) liên quan đến các thông số hạt gồm kích thước hạt không cầu, tính cầu của hạt, tổn thất áp suất dòng khí (ΔP) qua lớp hạt sấy, vận tốc khí tối thiểu (V_{tt}) được trình bày trong tài liệu [7]

$$\frac{\Delta P}{H} = 150\frac{(1-\varepsilon_{tt})^2}{\varepsilon_{tt}^3}.\frac{\mu_{kk}.V_{tt}}{(\varphi.d_m)^2} + 1,75\frac{(1-\varepsilon_{tt})}{\varepsilon_{tt}^3}\frac{\rho_{kk}.V_{tt}^2}{(\varphi.d_m)} \quad (10)$$

Trong đó, ΔP - trở lực dòng khí qua lớp hạt, N/m^2; H - chiều cao lớp hạt; ε_{tt} - độ rỗng khối hạt sấy trạng thái sôi tối thiểu; d_m;- đường kính trung bình của hạt, m.

Theo Geldar 1986 được trình bày trong tài liệu [7] đã cung cấp tính cầu của một số loại hạt thông dụng, nằm trong khoảng từ 0,28 – 0,95. Theo [7], việc xác định kích thước hạt vật liệu phải có dụng cụ đo chính xác và vừa phải làm trong phòng thí nghiệm.

Bảng 1. *Tính cầu một số hạt [7]*

Vật liệu dạng hạt	Tính cầu (φ)	Vật liệu dạng hạt	Tính cầu (φ)
Hạt cát (dạng tròn)	0,86	Hạt muối tinh	0,7- 0,9
Hạt cát dạng cạnh	0,66	Hạt carbon hoạt tính	0,7-0,9
Hạt sỏi nghiền	0,8- 0,9	Hạt lúa mì	0,85

Trong thực tế tính cầu của các hạt rất khó đo lường, trong tính toán thiết kế phải dựa vào các công bố như đã trình bày trong Bảng 1 [7]. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này trình bày cách xác định được cầu tính (φ) của hạt thông qua việc sử dụng một số phương trình quan hê như các (PT 11), (PT12) và (PT13) khi có được vận tốc không khí (V_{tt}) và độ xốp của khối hạt (ε_{tt}).

Qua các phép biến đổi tư phương trình Egun (Egun equation) trình bày trong tài liệu [7] đã đưa ra Tiêu chuẩn Archimedes (*Ar*) với hạt sấy dạng cầu (d_h) được thể hiện trong (PT11)

$$Ar = \frac{g.\rho_{kk}(\rho_h - \rho_{kk})d_h^3}{\mu^2_{kk}} \quad (11)$$

Trong đó, Ar- tiêu chuẩn Archimedes.

Dựa theo tiêu chuẩn Reynol tại trạng thái cấp khí làm khối hạt bắt đầu giả lỏng (V_{tt}) ta có (PT12) cho hạt sấy kích thước đa phân tán

$$Re_{tt} = \frac{V_{tt}.\rho_{kk}.d_m}{\mu_{kk}} \quad (12)$$

Dựa theo Reynol tại trạng thái hạt sấy sôi tối thiểu (Re_{tt}) ứng với (V_{tt}) và qua các phép biến đổi, ta được Tiêu chuẩn Archimedes thể hiện trong (PT13)

$$Ar = 150\frac{(1-\varepsilon_{tt})}{\varphi^2\varepsilon_{tt}^3}Re_{tt} + \frac{1,75}{\varphi.\varepsilon_{tt}^3}Re_{tt}^2 \quad (13)$$

2.3. Khối lượng riêng của hạt sấy

Khối lượng riêng của hạt sấy (particle density) là khối lượng của một hạt sấy chia cho thể tích của nó.

$$\rho_h = \frac{m_h}{v_h} \quad (14)$$

Trong đó, m_h - khối lượng một hat, kg; v_h - thể tích một hạt, m^3.

2.4. Khối lượng riêng khối hạt

Khối lượng riêng khối hạt (bulk density) là thông số quan trọng được sử dụng tính toán thiết kế thể tích buồng sấy hạt, ngoài ra còn liên quan đến xác định độ xốp của khối hạt trạng thái tự nhiên. Khối lượng riêng khối hạt là hàm phụ thuộc theo hình dạng hạt, kích thước hạt và độ xốp khối hạt $\rho_v = f(\varepsilon_0, \varphi, d)$ và được tính theo (PT15):

$$\rho_v = \frac{M}{V_v} \quad (15)$$

Trong đó, M - khối lượng khối hạt đo, kg; v_h - thể tích khối hạt đo, m^3.

2.5. Độ xốp khối hạt tại các chế độ cấp khí khác nhau

Độ xốp của khối hạt (bed voidage) còn được gọi là độ rỗng khối hạt được ký hiệu (ε) là tỷ lệ thể tích trong khoảng trống trong một thể tích của một khối hạt vật liệu. (ε) là hàm số chịu ảnh hưởng về hình dạng các hạt, sự sắp xếp bố trí các hạt trong khối hạt. Độ xốp của khối hạt ở trạng thái tự nhiên (packed bed) được ký hiệu (ε_0) tính theo (PT16)

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_v}{\rho_h} \quad (16)$$

Theo Wen và Yu được trình bày trong nguồn [7] thì độ xốp của khối hạt ở trạng thái khối hạt giả lỏng tối thiểu được tính phương trình thực nghiệm khi có được tính cầu của hạt.

$$11 = \frac{1-\varepsilon_{tt}}{\varphi^2 \varepsilon_{tt}^{\ 3}} \quad (17)$$

và

$$14 = \frac{1}{\varphi.\varepsilon_{tt}^{\ 3}} \quad (18)$$

Theo Ginzbug AS được trình bày trong [3] tại trạng thái khối hạt sôi tối thiểu thì độ xốp của hạt được tính theo (PT19)

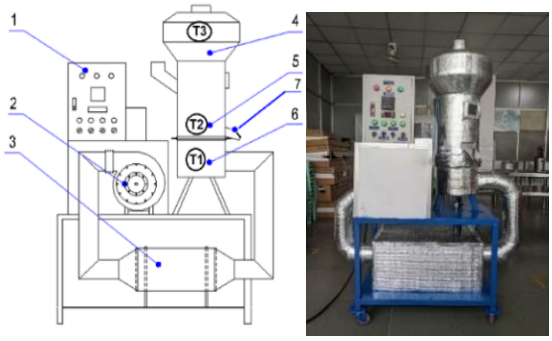
$$\varepsilon_{tt} = \varepsilon_0.1{,}1 \quad (19)$$

(độ rỗng khối hạt trạng thái sôi tối thiểu tăng 10% so với trạng thái tĩnh)

2.6. Phương tiện và dụng cụ xác định các thông số

Thực nghiệm đã sử dụng các loại dụng cụ đo gồm: Đồng hồ đo nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí HT350, độ chính xác ±2%; các loại ống đong bằng thuỷ tinh trong suốt gồm các loại từ 100ml -2000mm của CHLB Đức sản xuất, thang chia 0,1mm, độ chính xác 0,05mm; Cân điện tử (R420P-Sartorius của CHLB Đức Đức phạm vi đo 300g, sai số ±0,001g; Dụng cụ đo vận tốc gió KANOMAX 6501 của Nhật bản sản xuất, thang đo: 0,01 đến 50m/s, độ chính xác ±2%; Dụng cụ đo áp suất chênh lệch Extech HD755 của Mỹ sản xuất, thang đo 0,5psi, độ chính xác ±0,3%; Bộ điều khiển nhiệt độ Autonics TZ4ST và bộ ghi PNTECH DDC-C46 của Nhật Bản, độ chính xác hiển thị ± 0,3%, dung dịch ethylene glycol và mô hình máy sấy tầng sôi năng suất 5kg/mẻ.

Hình 2. *Các loại ống đong & dung dịch ethylene glycol sử dụng xác định khối lượng riêng hạt đường RS*



Hình 2. *Mô hình máy sấy tầng sôi 5kg/ mẻ*

1- Tủ điện điều khiển; 2- Quạt cấp không khí; 3- Bộ gia nhiệt; 4- Buồng lắng; 5- Buồng sấy; 6- Buồng phân phối TNS; 7- Cửa lấy mẫu; T1, T2, T3: các vị trí đo nhiệt độ

3. Kết quả thực nghiệm

3.1. Xác định khối lượng riêng của hạt đường RS

Bảng 2. *Thực nghiệm xác định khối lượng riêng hạt đường RS*

Số thứ tự thí nghiệm	Thể tích dung dịch ban đầu V^1(ml)	Khối lượng đường (m) (g)	Thể tích hỗn hợp V_2(ml)	Khối lượng riêng ρ_h(kg/m^3)
1	6	7,58	10,8	1579
2	18	9,624	24	1604
3	60	40,53	85,2	1608
4	120	56,43	156	1568
5	180	38,78	204	1616
6	300	278,63	474	1601
7	360	623,6	750	1599
8	1200	963,12	1800	1605
9	1800	763,21	2280	1590
Trung bình khối lượng riêng				**1596,8**

Thực hiện cho dung dịch ethylene glycol vào ống đo, ta xác định được thể tích dung dịch (v_1) trong ống nghiệm, kế tiếp, ta thực hiện cân một mẫu đường RS (m_1) và đổ mẫu đường vừa cân được vào ống đo, lúc này thể tích hỗn hợp được xác định là (v_2), ta xác định được (Δv) trước và sau khi cho mẫu đường RS vào ống đo. Ta tính được khối lượng riêng của hạt đường RS theo (PT14). Kết quả đo được trình bày tại Bảng 2. Theo [9] và [10] cũng cho kết quả (ρ_h) là 1590 và 1600 kg/m^3, cho thấy kết quả thực nghiệm của nghiên cứu đã thực hiện này là tương đối hợp

lý. Ta lấy giá trị (ρ_h) của đường RS Việt Nam vừa được xác định là 1597,8 kg/m^3 vào trong các tính toán liên quan đến thiết kế mô hình sấy tầng sôi xung khí theo hướng nghiên cứu.

3.2. Xác định khối lượng riêng khối hạt và độ xốp của khối hạt đường RS

Vẫn sử dụng các dụng cụ đo trong thí nghiệm trước, nhưng không dùng ethylene glycol. Lấy một mẫu đường RS ngẫu nhiên trong bao đường rồi tiến hành cân xác định khối lượng mẫu, sau đó thực hiện đổ mẫu đường này vào ống đong qua một phễu. Sử dụng một que gạt cho bằng mặt khối mẫu trong ống đong và thực hiện xác định thể tích khối hạt trong ống đo (v) và tính ra giá trị khối lượng riêng khối hạt (ρ_v) và độ xốp trong khối hạt trạng thái tĩnh (Fixed bed) (ε_0) theo (PT15) và (PT 16) ở trên.

Thí nghiệm này được thực hiện trên 06 loại ống đo kích thước khác nhau, khối lượng mẫu đo khác nhau, thể tích ống đo khác nhau cho kết quả (ρ_v) và (ε_0) trong Bảng 3.

Bảng 3. *Thực nghiệm xác định khối lượng riêng khối hạt và độ xốp khối hạt đường RS*

Số thứ tự thí nghiệm	Khối lượng khối hạt M(g)	Thể tích chiếm chỗ V(ml)	Khối lượng riêng khối hạt ρ_v (kg/m^3)	Độ xốp khối hạt (ε_0)
1	8,0	9,0	888,9	0,444
2	13,3	15,0	886,7	0,445
3	17,0	19,0	894,7	0,440
4	17,8	20,0	890,0	0,443
5	45,0	51,0	882,4	0,448
6	71,2	81,0	879,0	0,450
7	88,6	100,0	886,0	0,446
8	103,8	120,0	865,0	0,459
9	133,8	150,0	892,0	0,442
10	182,8	204,0	896,1	0,439
11	224,8	250,0	899,2	0,437
12	269,4	300,0	898,0	0,438
13	356,8	400,0	892,0	0,442
14	445,6	500,0	891,2	0,442
15	731,2	820,0	891,7	0,442
16	900,4	1010,0	891,5	0,442
17	1325,4	1500,0	883,6	0,447
18	1783,4	2000,0	891,7	0,442
Giá trị trung bình			**888,9**	**0,444**

Kết quả các thực nghiệm đã xác định được khối lượng riêng khối hạt ρ_v là 889 kg/m^3. Theo tài liệu [9-10] khối lượng riêng khối hạt đường RS được tác giả công bố là 800 kg/m^3. Giá trị khối lượng riêng khối hạt đường RS được lấy theo thực nghiệm này được làm tròn là 889 kg/m^3 được sử dụng trong tính toán thiết kế kích thước buồng sấy tầng sôi xung khí trong các nghiên cứu về sấy tầng sôi cấp khí kiểu xung.

3.3. Xác định tính cầu của hạt đường RS

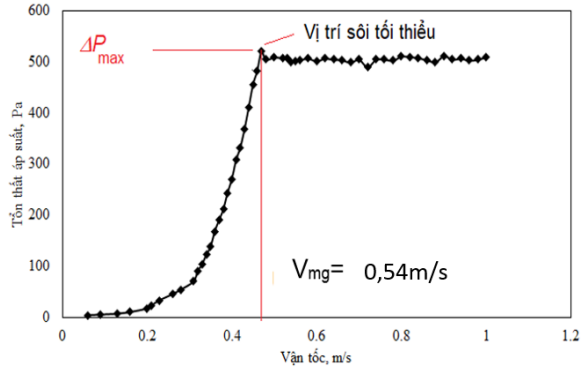
Theo (PT 9) và (PT 10) cho thấy, để tính được vận tốc dòng không (V_{tt}) và tổn thấp áp suất (ΔP) của dòng khí qua khối hạt sấy làm khối hạt sôi tối thiểu đối với hạt sấy có hình dạng bất kỳ (cụ thể đang xét cho sấy khối hạt đường) RS phải có được giá trị tính cầu của hạt

Dụng cụ xác định tính cầu (φ) của hạt đường RS gồm: Mô hình sấy tầng sôi dạng mẻ như Hình 2, dụng cụ đo HT350, dụng cụ đo vận tốc gió KANOMAX 6501

Ta sử dụng kết quả khối lượng riêng của hạt đường RS vừa xác định (ρ_h) =1598 kg/m^3, nhiệt độ của không khí sấy cung cấp cho thí nghiệm được điều chỉnh và duy trì ổn định ở nhiệt độ ở 80°C và chiều dày lớp hạt sấy được bố trí ở mức H_0 = 30mm.

Tiến hành cấp khí vào buồng sấy và sử dụng dụng cụ đo vận tốc khí trên bề mặt lớp hạt. Tiến hành quan sát khối hạt và xác định giá trị vận tốc khí qua bề mặt lớp hạt ở trạng thái bắt đầu giả lỏng. Giá trị vận tốc không khí đo được lúc này chính là vận tốc khí tối thiểu (V_{tt}) cần xác định. Tiến hành thế giá trị (V_{tt}) vừa có được vào (PT11) và (PT12), trong đó kế thừa kết quả xác định đường kính trung bình của hạt đường RS(d_m) đã trình bày trong [4], ta tính được giá trị tiêu chuẩn Archimedes (Ar) trong (PT11) và Reynolds (Re_{tt}) trong (PT12), sau đó thể kết quả vào (PT13) để tính ra tính cầu (φ) của hạt cho từng trường hợp cụ thể và sau cùng là lấy giá trị trung bình để thừa nhận kết quả. Ta cũng có thể sử dụng (PT10) để tính ra giá trị tính cầu của hạt khi biết được tổn thất áp suất dòng khí qua lớp hạt sấy và chiều cao lớp hạt sấy.

Áp dụng cho thực nghiệm này ta có kết quả tính toán như sau: Đường kính hạt trung bình d_m = 0,892mm [4], độ xốp khối hạt ở trạng thái giả lỏng tối thiểu được lấy trong Bảng 3, kết hợp (PT19), ta tính được độ xốp khối hạt trạng thái sôi tối thiểu (ε_{mg}) là 0,488. Tại nhiệt độ không khí t_{kk} cấp vào là 80^{o}C, tra bảng được độ nhớt động lực học μ_{kk} là 2,096.10^{-5} kg/(m.s), khối lượng riêng của tác nhân khí ρ_{kk} là 0,9994 kg/m^3, sử dụng kế quả thực nghiệm xác định khối lượng riêng của hạt đường RS tại Bảng 1 có ρ_h là 1598 kg/m^3, vận tốc không khí qua lớp hạt làm lớp hạt bắt đầu dịch chuyển giả lỏng tối thiểu đo được là 0,54 m/s (Hình 3).



Hình 3. *Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa tổn thất áp suất và vận tốc không khí trên bề mặt khối hạt đường RS trạng thái giả lỏng tối thiểu bằng thực nghiệm*

Thế các giá trị của các thông số nói trên vào (PT11) tính được chuẩn số đồng dạng Archimedes Ar = 25294,46 và số reynol trạng thái giả lỏng tối thiểu (Re_{tt}) = 19,99.

Ta đưa 2 giá trị này vào (PT13) ta có được (PT 20):

$$25294{,}46 = \frac{150(1-0{,}488)}{0{,}488^3\phi^2}19{,}99 + \frac{1{,}75}{0{,}488^3\phi}19{,}99^2$$

$$25294{,}46\varphi^2 - 6002{,}51\varphi - 13167{,}6 = 0 \qquad (20)$$

Tiến hành giải (PT 20) và chỉ lấy 01 nghiệm dương ta có được giá trị tính cầu φ của hạt đường RS bằng 0,85.

4. Kết luận

Sử dụng một số phương trình lên quan đến các thông số vật lý của hạt rắn và một số phương trình tương quan liên quan đến tính toán về làm giả lỏng khối hạt răn đã được các nhà khoa học đã công bố trên các bài báo, kết hợp với các nghiên cứu thực nghiệm thông qua các dụng cụ đo trên mô hình thực nghiệm. Tác giả bài báo đã xác định được khối lượng riêng (ρ_h) của hạt đường RS là1598 kg/m^3, khối lượng riêng khối hạt (ρ_v) là 889 kg/m^3, độ xốp khối hạt trạng thái tĩnh (ε_0) là 0,44, vận tốc khí trạng thái giả lỏng tối thiểu cho hạt đường RS (V_{tt}) là 0,54m/s, độ xốp trạng thái giả lỏng tối thiểu (ε_{tt}) là 0,44 và tính cầu của hạt φ là 0,85.

BẢNG KÝ HIỆU TRONG BÀI

A-	diện tích ghi phân phối khí, m^2;
Ar-	chuẩn số Archimedes
d_h	đường kính của hạt cầu, m;
d_m-	đường kính trung bình của hạt, m;
m_h-	khối lượng của một hạt, kg;
M-	khối lượng khối hạt, kg;
g	gia tốc trọng trường, m/s^2;
Re_{tt}-	chuẩn số Reynol ở chế độ khối hạt giả lỏng tối thiểu
μ_{tt}-	độ nhớt tuyệt đối của không khí, Pa.s;
ρ_{kk}-	khối lượng riêng của không khí, kg/m^3
ΔP-	tổn thất áp suất không khí qua lớp hạt sấy, N/m^2
V_{cb}-	vận tốc thăng bằng của hạt, m/s
V_{kk}	vận tốc khí trên bề mặt lớp hạt, m/s;
V_{tt}-	vận tốc khí làm khối hạt giả lỏng tối thiểu, m/s;
v_h –	thể tích của một hạt, m^3;
V_v	thể tích khối hạt, m^3;
ε_0	độ xốp khối hạt trạng thái tự nhiên
ε_{tt}-	độ xốp khối hạt giả lỏng tối thiểu;
φ -	tính cầu của hạt sấy
ρ_h -	Khối lượng riêng của hạt, kg/m^3
ρ_v –	Khối lượng riêng khối hạt, kg/m^3

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] D. Geldart, Types of gas fluidization, *Powder technology*, vol. 7, no. 5, pp 285-292, 1973.

[2] L. G. Gibilaro, *Fludizattion and application of a predictive theory for the fluidized state, University of L'Aquilar, Italy, Butter worth-Heinemann Linacre house*, Jodan Hill,Oxford OX2-2041, ISBN 0 7506 5003 6, 2001.

[3] B. T. Thanh and L. A. Duc, *Determination on fluidization velocity types of the continuous refined salt fluidized bed drying*, Current drying processes, InTechOpen, ISBN: 978-1-83880-109-0/978-1-83880-6, pp. 85-107, 2020.

[4] P. Q. Phu, B. T. Thanh, and L. A. Duc, Experimental Study Determines the Geometrical Parameters of RS Sugar Cane Particles to Apply in Designing a Pulsed Fluidized Bed Dryer". *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 20, no. 10.2, pp 44-57, 2022.

[5] N. V. Lua, *"Chemical and food technology processes and equipment, volume 1, mechanical processes & equipment, volume 1 Stirring, sedimentation"*, filtration, Ho Chi Minh City National University Publishing House, 2005.

[6] H. Wadell, "Volume, shape, spherical and roundness of quartz particals", *The Journal of Geology, The University of Chicago*, vol. 43, no. 3, pp. 250-280, 1935.

[7] J. R. Howard, *Fluidized bed Technology, principles and application*, Publisher Taylor and Francis Group, 1989, pp. 18-25.

[8] D. Geldart, "*Gas Fluidization Technology*", John Wiley&Sons, New York, 1986, pp 25-35.

[9] P. J. Fellows, "*Food processing technology*", Food Process. Technol, 2009.

[10] F. Mohos, "*Confectionery and chocolate engineering*, " John Wiley & Sons, 2016.

[11] L. G. Gibilaro, *Fludizattion and application of a predictive theory for the fluidized state, University of L'Aquilar, Italy, Butter worth-Heinemann Linacre house, Jodan Hill*, Oxford OX2-2041, ISBN 0 7506 5003 6, 2001.

[12] W.-C. Yang, *Hand book of fluidization and fluid-particle*, system Marcel Dekker INC system, 2003.