

# NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ HÌNH HỌC CỦA HẠT ĐƯỜNG RS ỨNG DỤNG TRONG THIẾT KẾ MÁY SẤY TẦNG SÔI XUNG KHÍ

## EXPERIMENTAL STUDY DETERMINES THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF RS SUGAR CANE PARTICLES TO APPLY IN DESIGNING A PULSED FLUIDIZED BED DRYER

Phạm Quang Phú<sup>1</sup>, Bùi Trung Thành<sup>1</sup>, Lê Anh Đức<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Tp. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Trường Đại học Nông lâm Tp. Hồ Chí Minh

\*Tác giả liên hệ: leanhduc@hcmuaf.edu.vn

(Nhận bài: 09/8/2022; Chấp nhận đăng: 26/9/2022)

**Tóm tắt** - Trong tự nhiên các hạt vật liệu rời thường có hình dạng bất kỳ, kích thước không đồng nhất, dẫn đến khó khăn trong việc tính toán truyền nhiệt, truyền khối hay thiết kế sấy các hạt này trong lớp sôi. Để giải quyết được vấn đề này, cần phải xem xét và đưa các hạt vật liệu rời về dạng hạt tương đương hình cầu thông qua xác định kích thước hạt kết hợp với việc xác định cầu tính của chúng. Nội dung bài báo trình bày cách xác định đường kính trung bình của hạt đường RS bằng phương pháp sử dụng rây tiêu chuẩn và đã xác định được kích thước trung bình của hạt ( $d_m$ ) có giá trị là 0,892mm. Bài báo cũng đã sử dụng kết quả về giá trị cầu tính ( $\phi$ ) của hạt đường RS được chính tác giả đã thực hiện trước đó có giá trị bằng 0,85, nên đã xác định được đường kính trung bình của hạt đường RS quy về hạt có hình dạng tương đương hình cầu có đường kính ( $d_p$ ) là 760 $\mu$ m, diện tích trao đổi nhiệt, ẩm của hạt ( $a_p$ ) bằng 2,94.10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>.

**Từ khóa** - Vật liệu rời; đường kính hạt; hạt cầu; hạt tương đương cầu; diện tích hạt; sấy tầng sôi xung khí

### 1. Giới thiệu

Ngày nay kỹ thuật sấy khối hạt vật liệu rời tự nhiên, hoặc sau sơ chế trong lớp sôi đang được xem là một trong số các phương pháp sấy hiện đại cho chất lượng sản phẩm sấy cao hơn hẳn các phương pháp sấy thông thường khác [1]. Kỹ thuật sấy lớp sôi nói chung được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực sản xuất vật liệu được, hóa chất, thực phẩm [2].

Để sấy được khối hạt vật liệu rời trong lớp sôi và duy trì được quá trình sôi ổn định trong suốt quá trình sấy, yêu cầu phải cấp được một dòng tác nhân là không khí nóng vào lớp hạt theo hướng vuông góc với bề mặt lớp hạt sấy từ dưới lên thông qua ghi đỡ hạt của máy sấy đạt được giá trị vận tốc cân bằng của khối hạt ( $V_b$ ) [4] hay còn gọi là vận tốc lớp hạt sôi tối thiểu (minimum velocity) ( $V_{mf}$ ) [5].

Từ giá trị vận tốc lớp hạt sôi tối thiểu ( $V_{mf}$ ), tiếp tục tăng thêm lưu lượng khí vào khối hạt, vận tốc khối hạt sẽ sôi ổn định tại giá trị vận tốc sôi hợp lý ( $V_{Hf}$ ) [3, 5]. Việc sấy hạt trong lớp sôi nói chung và sấy trong lớp hạt sôi cấp khí kiểu xung cùng đều phải bảo đảm tuân thủ theo nguyên tắc cấp khí nói trên thì sản phẩm sấy mới đạt được chất lượng tốt nhất, thời gian sấy nhanh nhất và tiết kiệm được năng

**Abstract** - In nature the solid bulk of material are usually arbitrary, the particle size is often not uniform. This property leads to calculation difficulty of heat and mass transfer as well as difficulty in calculation of drying these particles in a fluidized bed. To solve this problem, one must consider and get these solid bulk of particles into the spherical equivalent by determining the mean diameter combined with the sphericity of these particles. The article presents a standard sieve method to determine the mean diameter of the RS particles ( $d_m$ ) is 0.892mm. The paper also uses the result of the sphericity of the RS sugar particles that is performed by the author himself who defined its value ( $\phi$ ) is 0.85 to calculate the average diameter of the RS sugar particles which is equivalent to a spherical particle has diameter ( $d_p$ ) is 760 $\mu$ m and its surface area ( $a_p$ ) is 2.94e-6 m<sup>2</sup>.

**Key words** - Solid particle; particle diameter; sphericity; spherical particle; surface area of a particle; pulsed fluidized bed drying

lượng nhiệt và năng lượng điện của quạt cấp khí nóng cho quá trình sấy [6].

Để xác định được vận tốc khí cấp cho khối hạt sấy dạng vật liệu rời sôi tối thiểu ( $V_{mf}$ ), yêu cầu cần phải có bước thực hiện xác định được đường kính hạt sấy ( $d_p$ ), ngoài ra từ giá trị kích thước hạt được xác định sẽ cho phép tính được diện tích bề mặt trao đổi nhiệt và trao đổi ẩm của một hạt và của khối hạt trong lớp hạt sôi [5, 7].

Trong phạm vi bài báo này, tác giả trình bày phương pháp xác định đường kính trung bình của hạt đường RS, từ khối hạt đường RS trước khi thực hiện tính toán thiết kế mô hình máy sấy tầng sôi xung khí dạng nghiên cứu dự kiến năng suất mô hình là 2kg/m<sup>2</sup>.

### 2. Vật liệu và phương pháp

#### 2.1. Cơ sở lý thuyết

Thực hiện xét một khối hạt vật liệu để ở trạng thái tự nhiên, các hạt vật liệu này luôn chịu một lực hấp dẫn, chúng luôn dính lẫn nhau và chúng luôn chịu một giá trị trọng lực. Để các hạt trong khối hạt có thể giãn ra và chúng chuyển sang trạng thái linh động thì cần phải tác động vào khối hạt một dòng khí có giá trị bằng vận tốc tối thiểu  $V_{mf}$ (m/s) hay còn gọi là vận tốc cân bằng ( $V_b$ ) [4]:

<sup>1</sup> Industrial University of Ho Chi Minh City (Phạm Quang Phú, Bùi Trung Thành)

<sup>2</sup> Nong Lam University - Ho Chi Minh City (Le Anh Duc)

$$V_{mf} = V_b = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g d_p (\rho_p - \rho_f)}{C_d \rho_f}} \quad (1)$$

Trong đó:  $d_p$  – đường kính hạt cầu, m;  $\rho_p$  – khối lượng riêng của hạt có dạng cầu,  $\text{kg/m}^3$ ;  $\rho_f$  – khối lượng riêng của không khí,  $\text{kg/m}^3$ ;  $C_d$  – hệ số trở lực. Theo [3], trường hợp  $\text{Re} < 0,4$ :

$$C_d = \frac{24}{\text{Re}} \quad (2)$$

Trường hợp  $0,4 < \text{Re} < 500$ :

$$C_d = \frac{10}{\sqrt{\text{Re}}} \quad (3)$$

Hay theo [3] giá trị vận tốc dòng khí qua lớp hạt sôi tối thiểu  $V_{mf}$  (m/s) được tính theo phương trình (4) với hạt quy về tương đương hạt cầu

$$V_{mf} = \frac{\text{Re} \cdot \mu_f}{\rho_f \cdot \phi \cdot d} \quad (4)$$

Trong đó:  $\phi$  – cầu tính của hạt;  $d$  – đường kính hạt có hình dạng bất kỳ, m;  $\mu_f$  – độ nhớt động lực học, Pa.s;  $\text{Re}$  – chuẩn số Reynolds hạt xác định theo các chế độ khí thổi qua khối hạt. Theo [3],  $\text{Re} < 10$  khi dòng khí qua khối hạt là chảy tầng (laminar flow in voids),  $\text{Re} > 10^3$  dòng chảy rối (turbulent flow in voids) và  $10 < \text{Re} < 10^3$  là dòng chảy của khí qua khối hạt theo chảy quá độ (Transition to turbulent flow in voids).

Như vậy nếu hạt vật liệu rời có dạng hình cầu thì thông số hình học của hạt dễ dàng được xác định khi biết đường kính của hạt. Thực tế trong tự nhiên cũng như trong sản xuất, quy trình công nghệ lại không thể tạo ra được hạt cầu, hầu hết các hạt đều có hình dạng bất kỳ. Do vậy, bắt buộc khi tính toán phải quy kích thước khối hạt sây về kích thước trung bình và tính toán lại đường kính hạt dựa trên hệ số cầu tính ( $\phi$ ) của hạt [3,5,7]

Theo [3] một hạt bất kỳ không có dạng hình cầu, nhưng sẽ được xem là hạt tương đương cầu khi xác định được “cầu tính  $\phi$ ” của nó. Theo [3], tính cầu của hạt được định nghĩa và xác định theo phương trình (5).

$$\phi = \frac{\text{Diện tích khối cầu có cùng thể tích với hạt}}{\text{Diện tích bề mặt của hạt}} \quad (5)$$

Theo [4], tác giả đã đưa ra khái niệm hệ số hình dạng của hạt, ký hiệu là  $K$  và được xác định theo phương trình (6).

$$K = \left( \frac{d_p}{d_v} \right)^2 = 0,207 a_p \cdot v_p^{-2/3} \quad (6)$$

Trong đó:  $d_p$ ,  $d_v$  – đường kính tương đương hạt cầu theo diện tích mặt và theo thể tích, m;  $a_p$  – diện tích bề mặt hạt,  $\text{m}^2$ ;  $v_p$  – thể tích của hạt,  $\text{m}^3$ ; và khi đó đường kính một hạt bất kỳ ( $d_x$ ) khi quy về hạt cầu sử dụng phương trình (7):

$$d_x = 1,24 \cdot K \sqrt[3]{v_p} \quad (7)$$

Thể tích của hạt hình cầu ( $v_s$ ) được tính:

$$v_s = \frac{\pi d_s^3}{6} \quad (8)$$

Trong đó:  $d_s$  – đường kính của một hạt cầu. Như vậy diện tích bề mặt  $a_s$  của một hạt cầu được tính theo phương trình (9):

$$a_s = 4\pi \left( \frac{d_s^2}{4} \right) \quad (9)$$

Trong khi đó theo [3], từ phương trình (6) có thể tính diện tích bề mặt một hạt đơn bất kỳ ( $a_p$ ) được đưa về tương đương hạt cầu và được tính theo phương trình (10)

$$a_p = \frac{\pi d^2}{\phi} \quad (10)$$

Trong đó:  $a_p$  – diện tích hạt tương đương hạt cầu,  $\text{m}^2$ ;  $d$  – đường kính của hạt có hình dạng bất kỳ, m;  $\phi$  – cầu tính của hạt đang xét.

**Bảng 1.** Hệ số hình dạng của hạt bất kỳ trong tự nhiên và trong công nghệ chế biến [4]

Hình dạng hạt	Tròn	Góc cạnh	dài kim	bản mỏng
K	1,3	1,52	1,72	2,33

Theo [3] tiêu chuẩn của Anh BS 4359 cung cấp các giá trị cầu tính một số hạt điển hình trong tự nhiên và trong chế biến.

**Bảng 2.** Cầu tính một số hạt trong tự nhiên và trong công nghệ chế biến [3]

Loại hạt	Cầu tính	Loại hạt	Cầu tính
Cát	0,92-0,98	Hạt nhôm	0,3-0,8
Than (nghiền)	0,8-0,9	Hạt xúc tác	0,4-0,9
Bột mica	0,28	Đá vôi	0,5-0,9

Trên cơ sở dữ liệu có được cầu tính của hạt theo Bảng 2 hoặc tính  $\phi$  theo phương trình (4) bằng phương pháp thực nghiệm kết hợp với việc xác định kích thước trung bình bằng phương pháp sàng rây ta có thể xác định được thông số hình học của bất cứ loại hạt nào, dù chúng có hình dạng bất kỳ. Việc xác định kích thước trung bình khối hạt này được thực hiện như sau:

Cân một lượng nhỏ trong khối hạt vật liệu rời rồi tiến hành phân loại kích thước chúng qua một loạt các sàng rây tiêu chuẩn với các kích thước lỗ sàng rây của mỗi sàng rây đã biết. Phần khối lượng mẫu hạt được giữ lại do lớn hơn kích thước của lỗ rây được cân lên sẽ có giá trị là ( $m_i$ ) sau đó lấy giá trị của ( $m_i$ ) chia cho khối lượng mẫu ban đầu mang vào phân tích, giá trị của tỷ số này được gọi là ( $x_i$ ), sau cùng sử dụng phương trình (11) để tính ra kích thước trung bình của hạt [3]:

$$d_m = \left( \sum (x_i / d_i) \right)^{-1} \quad (11)$$

Trong đó:  $d_i$  là giá trị trung bình cộng của kích thước hai lỗ kế nhau của sàng rây  $\mu\text{m}$ ;  $x_i$  là tỷ số giữa khối lượng hạt còn lại trên rây tính theo khối lượng (gam), và khối lượng mẫu lấy phân tích ban đầu cũng tính theo gam.

Như vậy, đường kính hạt có hình dạng bất kỳ được quy về tương đương hạt cầu được tính theo phương trình (12) [3], [5].

$$d_p = \phi \cdot d_m \quad (12)$$

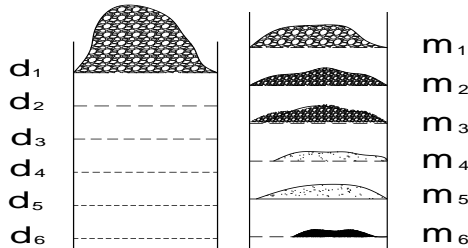
Trong đó:  $d_p$  – đường kính của hạt tương đương cầu, mm;  $d_m$  – đường kính trung bình của hạt được xác định

bằng phương pháp sàng rây, mm;  $\phi$  – cầu tính của hạt.

Theo [3] diện tích khối hạt mà các hạt có hình dạng bất kỳ nhưng được quy về hạt tương đương cầu và được tính theo phương trình (13):

$$A_s = \frac{6V_p}{\phi \cdot d_m} \quad (13)$$

Trong đó:  $V_p$  – thể tích riêng của khối hạt trạng thái tự nhiên, m<sup>3</sup>/kg;  $d_m$  – đường kính trung bình của khối hạt tính toán theo phương trình (11) bằng phương pháp sàng rây, m;



Hình 1. Phân tích các kích thước khối hạt vật liệu rời bằng sàng rây tiêu chuẩn [3]

## 2.2. Dụng cụ thí nghiệm

Ống nghiệm có thang chia vạch; Cân tiểu ly kỹ thuật số hiệu Ohaus PA214 độ nhạy 0,0001g; Bộ sàng thí nghiệm tiêu chuẩn Haver & Boecker được nhập khẩu từ công ty liên bang Đức có kích thước lỗ 0,25mm – 1,5mm.

Bảng 2. Kết quả xác định đường kính trung bình của hạt đường RS sử dụng sàng tầng sôi xung khí

Cỡ rây ( $\mu\text{m}$ )	Kích thước lỗ rây trung bình của hai sàng rây kế tiếp nhau $d_i$ ( $\mu\text{m}$ )	mẫu $m_1$ (g)	mẫu $m_2$ (g)	mẫu $m_3$ (g)	$x_{i1}$	$x_{i2}$	$x_{i3}$	$x_{i1}/d_i$	$x_{i2}/d_i$	$x_{i3}/d_i$
1500		1	0	0	0	0	0	0	0	0
1200	1350	2,1411	2,0987	1,9977	0,022	0,021	0,020	$1,597 \cdot 10^{-5}$	$1,564 \cdot 10^{-5}$	$1,482 \cdot 10^{-5}$
1000	1100	20,5723	21,2014	18,105	0,207	0,213	0,181	$1,883 \cdot 10^{-4}$	$1,939 \cdot 10^{-4}$	$1,648 \cdot 10^{-4}$
800	900	63,944	62,1994	63,0042	0,644	0,626	0,631	$7,152 \cdot 10^{-4}$	$6,951 \cdot 10^{-4}$	$7,010 \cdot 10^{-4}$
600	700	11,6466	11,511	13,9175	0,117	0,116	0,139	$1,675 \cdot 10^{-4}$	$1,654 \cdot 10^{-4}$	$1,991 \cdot 10^{-4}$
400	500	1,0352	2,4088	2,8361	0,010	0,024	0,028	$2,084 \cdot 10^{-5}$	$4,846 \cdot 10^{-5}$	$5,680 \cdot 10^{-5}$
300	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tổng		99,3392	99,4193	99,8605				$1,108 \cdot 10^{-3}$	$1,119 \cdot 10^{-3}$	$1,137 \cdot 10^{-3}$

Tiến hành lấy ngẫu nhiên một khối hạt đường RS trong bao đường và đem cân lấy đủ khối lượng là 100 gam. Sử dụng bộ rây có dây kích thước lỗ rây thứ tự từ 0,3 mm – 1,5 mm và thực hiện sàng rây phân loại các loại kích thước hạt, sau đó tiến hành cân từng khối hạt còn nằm trên rây (hạt không còn lọt xuống được) và thực hiện các phép tính để tìm ra các giá trị  $x_i$ .

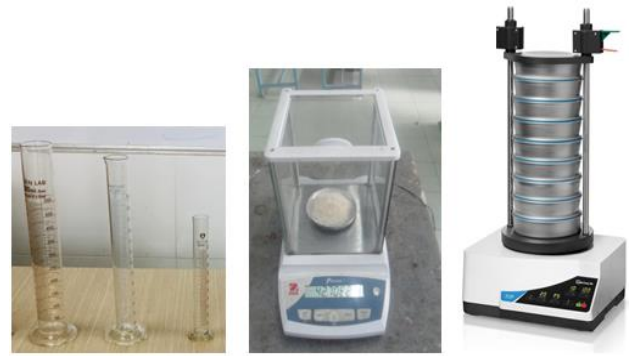
Minh họa cho cách xác định ( $d_i$ ) và ( $x_i$ ) tại trường hợp tính cho kích thước trung bình của sàng rây thứ nhất và thứ 2 tại Bảng 2 như sau:

$$d_1 = \frac{1}{2}(1500 + 1200) = 1350 \mu\text{m}$$

$$x_1 = 2,1411 / 100 = 0,022$$

Tiến hành tuần tự cho đến lỗ rây trung bình cuối cùng ta được kết quả trình bày trong Bảng 2.

Với 3 lần đo trên 3 mẫu ngẫu nhiên và thiết lập các giá



Hình 2. Các dụng cụ đo phục vụ thí nghiệm xác định kích thước hạt đường RS

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Xác định kích thước hình học hạt đường RS ứng dụng sàng tầng sôi xung khí

Xét cho trường hợp xác định kích thước hạt đường RS sau công nghệ ly tâm tại nhà máy đường Casuco (Cần Thơ) có khối lượng thể tích  $\rho_b = 889 \text{ kg/m}^3$  (giá trị này được chính nhóm tác giả thực hiện thí nghiệm và hiện đang trong giai đoạn chờ công bố trong một bài báo khoa học khác). Theo [8] đã công bố, đối với loại hạt đường RS có đường kính hạt 0,2mm – 0,85mm có khối lượng thể tích của hạt là 833 – 880 kg/m<sup>3</sup> và khối lượng riêng là 1579 kg/m<sup>3</sup>.

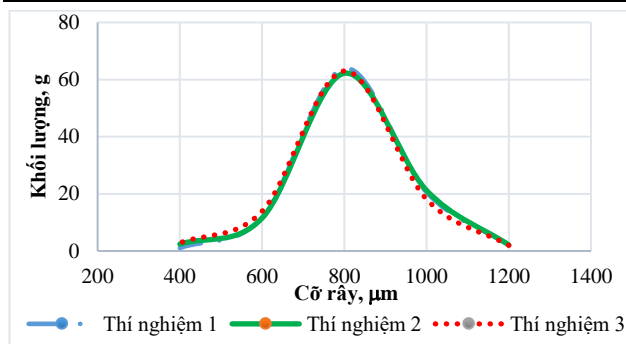
trị mỗi lần đo trên Bảng 2, kết hợp sử dụng phương trình (11) để tính ra đường kính trung bình ( $d_m$ ) của khối hạt đường RS đã lấy mẫu.

$$d_m = \left( \sum (x_i / d_i) \right)^{-1} = \frac{1}{1,21 \cdot 10^{-3}} = 892 \mu\text{m}$$

Trong đó: giá trị  $1,21 \cdot 10^{-3}$  là giá trị trung bình cộng của 3 mẫu đo  $x_{i1}/d_i$  (xem Bảng 2)

Lấy 5 mẫu đường RS nguyên liệu ngẫu nhiên ở các bao đường nguyên liệu khác và cùng thực hiện các thí nghiệm tuần tự như trên và cũng xác định được đường kính trung bình của hạt nằm trong khoảng 892 $\mu\text{m}$ , trong đó kết quả sai số giữa các lần < 3%, được chấp nhận.

Trên Bảng 2 giá trị  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_6$  là kích thước trung bình của các sàng rây kế nhau,  $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}$  là tỷ số giữ khối lượng hạt nằm trên sàng rây và khối lượng mẫu đưa vào sàng phân loại ban đầu [3].



Hình 3. Phân bố kích thước hạt đường RS

### 3.2. Tính toán xác định đường kính hạt và diện tích bề mặt của một hạt đường RS

Ưu thế của phương pháp sấy vật liệu rời trong lớp sôi so với các loại phương pháp sấy khác là hiệu suất truyền nhiệt, truyền ẩm cao do tác nhân sấy tiếp xúc bao quanh toàn bộ diện tích bề mặt hạt sấy, đặc biệt một phần năng lượng nhiệt của sấy được dùng để làm gia nhiệt hạt sấy ngay giai đoạn sấy đầu tiên [6, 7]. Như vậy, vấn đề xác định diện tích bề mặt hạt sấy cũng như xác định diện tích trao đổi nhiệt và trao đổi ẩm khối hạt trong lớp sôi rất có ý nghĩa trong việc xác định động học của quá trình sấy.

Từ phương trình (12) ta xác định đường kính của hạt đường RS được quy về hạt tương đương cầu khi giá trị kích thước hạt trung bình ( $d_m$ ) nhân thêm trị cầu tính ( $\phi$ ). Trong bài báo này thừa nhận giá trị cầu tính của hạt đường RS được chính tác giả bài báo đã xác định được  $\phi = 0,85$  (cách tính xác định giá trị cầu tính hạt đường RS được trình bày trong một bài báo khác).

$$d_p = \phi \cdot d_m = 0,85 \cdot 0,892 = 0,76 \text{ mm}$$

Diện tích bề mặt của hạt đường RS không phải hình cầu có đường kính trung bình  $d_m$  được xác định theo phương trình (10) với cầu tính của hạt được thừa nhận  $\phi = 0,85$ . Ta xác định diện tích của một hạt đường RS tương đương hạt cầu có giá trị là:

$$a_{RS} = \frac{\pi d_m^2}{\phi} = \frac{3,14 \cdot (892 \cdot 10^{-6})^2}{0,85} = 2,94 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Khối hạt đường RS cấp vào buồng sấy tầng sôi cấp khí kiểu xung gồm hỗn hợp các hạt có kích thước khác nhau, nhưng hình dạng giống nhau, thì tổng diện tích bề mặt của hạt,  $A_s$  được tính theo phương trình (13) [3].

Giả sử tính cụ thể cho một máy sấy tầng sôi xung khí sấy đường RS có năng suất 500kg/ mẻ. Ta công nhận kết quả đường kính trung bình hạt đường RS có giá trị  $d_m = 892 \mu\text{m}$  ở trên và thừa nhận các kết quả thực nghiệm của tác giả đã xác định cầu tính hạt đường RS  $\phi = 0,85$ , khối lượng thể tích của khối hạt  $\rho_b = 889 \text{ kg/m}^3$

Ta tính được tổng diện tích bề mặt của khối hạt sấy:

Thể tích của khối hạt đang xét có giá trị

$$V_p = \frac{m}{\rho_b} = \frac{500}{889} = 0,562 \text{ m}^3$$

Vậy diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của khối hạt đường RS trong sấy lớp sôi xung khí kiểu sấy mẻ được xác định theo phương trình (13)

$$A_s = \frac{6V_p}{\phi \cdot d_m} = \frac{6 \cdot 0,562}{0,85 \cdot 892 \cdot 10^{-6}} = 4447 \text{ m}^2$$

Diện tích trao đổi nhiệt thường xuyên của khối lượng đường RS trên ghi phân phối khí tương đương với diện tích xung quanh của một căn nhà tầng lầu tiêu chuẩn tại TP Hồ Chí Minh có kích thước sàn xây dựng 4m x 17m và cao 54 tầng (178m).

## 4. Kết luận

Thông qua lý thuyết và sử dụng kết quả thực nghiệm đã xác định được kích thước hạt đường nguyên liệu RS đưa vào mô hình sấy tầng sôi xung khí có đường kính biến thiên trong phạm vi từ 1,2 mm đến 0,4mm có kích thước trung bình của hạt  $d_m = 0,892 \text{ mm}$  và hạt đường RS này được quy về hạt tương đương cầu có đường kính hạt  $d_p = 0,76 \text{ mm}$  (trong đó thừa nhận giá trị cầu tính của hạt ( $\phi = 0,85$ ) và diện tích một hạt là  $2,94 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ ).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Arun S. Mujumdar, *classification and selection of industrial dryers*, the third edition of Hand book by Taylor & Francis Group, LLC. 2006 page 20-29.
- [2] Kudra, T., & Mujumdar, A. S., *Advanced drying technologies*. CRC Press, 2009.
- [3] Howard J.R. *Fluidized bed Technology, principles and application*, Publisher Taylor & Francis Group Date, 1989. page 24,1982.
- [4] Nguyễn Văn Lựa, *Khuấy, lắng lọc, Quá trình và thiết bị cơ học*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia, TP Hồ Chí Minh, trang 76-78 và trang 84, 2005.
- [5] Trung Thanh Bui, Le Anh Duc, *Determination on fluidization velocity types of the continuous refined salt fluidized bed drying*, Current drying processes, Israel, Pala-Rosas, ISBN: 978-1-83880-109-0/978-1-83880-6, pp. 85-107. InTechOpen, 2020.
- [6] Todor georgiev djurkov, *rotating-pulsed fluidized bed, (hydrodynamics, heat and mass transfer when drying and roasting food, flavour and bio-products in rotating-pulsed fluidized bed*, Monograph, Plovdiv published house, Bulgary in English, pages 20-52, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.5772/intechOpen.92077> (tác giả xem số DOI này của tài liệu số [5])
- [7] Bùi Trung Thành, *Kỹ thuật sấy muối tinh tầng sôi*, Luận án Tiến sỹ trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh, năm 2011.
- [8] William J. Colonna Upasiri Samaraweera Margaret A. Clarke Michael Cleary Mary An Godshall J. S. White, "Sugar, Properties of Sucrose", *Wiley Online Library*, 2000, DOI:10.1002/0471238961.1618151603151215.a01.pub2.