

TCVN TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

**TCVN 9710:2013
ISO 4174:1998**

Xuất bản lần 1

**NGŨ CỐC, ĐẬU ĐỎ VÀ HẠT CÓ DẦU –
ĐO TỶ SỐ THẤT ÁP SUẤT KHÔNG KHÍ THỜI MỘT CHIỀU
QUA KHỐI HẠT RỜI**

*Cereals, oilseeds and pulses – Measurement of unit pressure loss
in one-dimensional air flow through bulk grain*

HÀ NỘI - 2013

Lời nói đầu

TCVN 9710:2013 hoàn toàn tương đương với ISO 4174:1998;

TCVN 9710:2013 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/F1
Ngũ cốc và đậu đỗ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo Lường Chất
lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố;

Lời giới thiệu

Định luật của Kozeny-Carman đối với các dòng chảy trong môi trường xốp đã được xem xét áp dụng đối với khối hạt (đặc biệt đối với ngũ cốc và đậu đỗ) và đã được xác nhận là phù hợp.

Giá trị tổn thất áp suất phụ thuộc vào kích thước, độ xốp, độ ẩm và dung trọng biểu kiến của khối hạt ở một điểm cụ thể, cũng như nhiệt độ, độ ẩm không khí tương đối, mật độ và vận tốc của dòng khí đi vào.

Các thực nghiệm được tiến hành theo kích thước cho phép ước tính hai thông số: độ ẩm và hình dạng (phép đo độ hạt). Các thông số còn lại có thể trở thành hệ số đặc trưng của môi trường cần xác định: độ xốp và diện tích riêng. Từ các kết quả thu được, có thể dự đoán tổn thất áp suất theo các dung trọng khác nhau tại một điểm cụ thể.

Ngũ cốc, đậu đỗ và hạt có dầu - Đo tổn thất áp suất không khí thổi một chiều qua khối hạt rời

Cereals, oilseeds and pulses - Measurement of unit pressure loss in one-dimensional air flow through bulk grain

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp đo tổn thất áp suất không khí thổi một chiều qua khối hạt rời, cho phép tính tổn thất áp suất toàn phần của hệ thống thông khí. Tổn thất áp suất này bằng tổng các tổn thất áp suất:

- trong hệ thống thông khí (ống dẫn v.v.);
- trong khối hạt (đối tượng của tiêu chuẩn này);
- do không khí đi qua ống dẫn vào trong khối hạt.

Tổn thất áp suất trong hệ thống thông khí và tổn thất áp suất do không khí đi qua ống dẫn vào trong khối hạt, có thể được xem là không đáng kể so với tổn thất áp suất trong khối hạt, nếu vận tốc dòng không khí không vượt quá các giới hạn sau:

- 8 m/s đến 10 m/s trong ống dẫn chính;
- 4 m/s đến 5 m/s trong ống dẫn thứ cấp;
- 0,25 m/s khi đi vào trong khối hạt.

Nếu vì lý do kinh tế mà vận tốc không khí cao hơn các giới hạn ở trên (lên đến 30 m/s trong ống dẫn chính) thì phải tính tổn thất áp suất gây ra bởi hệ thống phân bố và giải phóng không khí.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

ISO 3507:1976 ¹, *Pyknometer* (Máy đo tỷ trọng).

¹ ISO 3507:1976 đã hủy, hiện nay có ISO 3507:1999.

3 Nguyên tắc

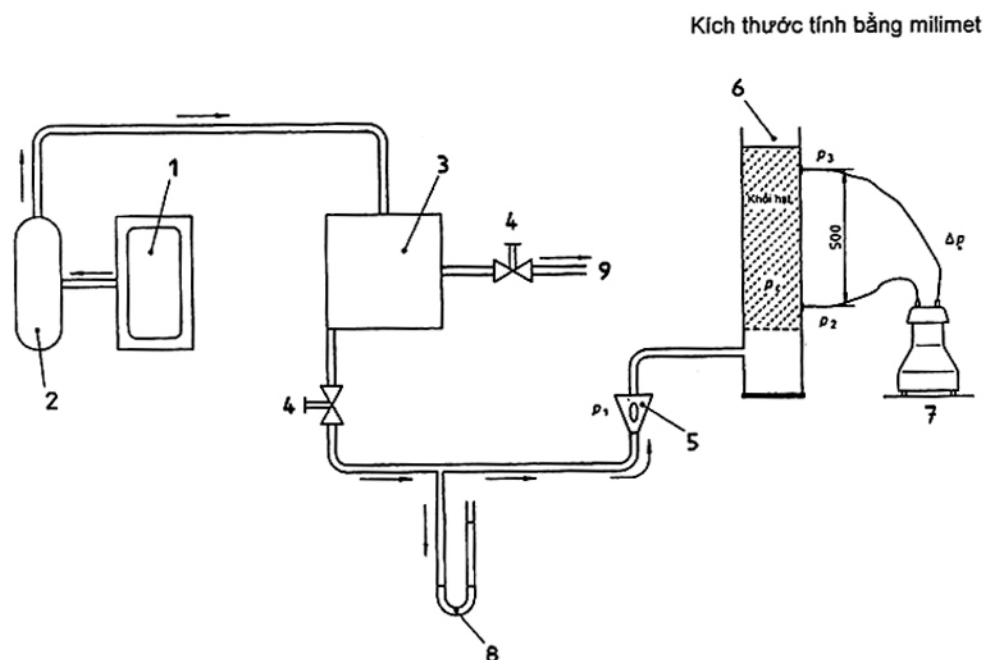
Dòng không khí qua khối hạt trong các điều kiện đồng nhất làm tăng tổn thất áp suất trên mỗi mét chiều dài khối hạt đi qua, được biểu thị bằng hàm của vận tốc tại thời điểm không khí đi vào khối hạt.

Phương trình dòng chảy, tính sự tổn thất áp suất trong khối hạt, được xác định từ đồ thị thực nghiệm.

4 Thiết bị, dụng cụ

4.1 Thiết bị đo tổn thất áp suất (xem Hình 1)

Khối hạt được đặt trong khoang đo có thành nhẵn gồm một ống hình trụ có hai van áp suất trên thành, cách nhau 500 mm, mỗi hệ ống có 2 ống có đường kính trong 1 mm tiếp xúc với hạt. Có khoang áp suất ở đáy và lưới mịn để hạt không bị kẹt.



CHÚ DẪN

- | | |
|---|--------------------------|
| 1 Quạt, bơm hoặc máy nén (ví dụ: công suất 3 m ³ /h) | 5 Dụng cụ đo dòng |
| 2 Bình giảm sốc (ví dụ: dung tích 1,5 dm ³) | 6 Khoang đo |
| 3 Khoang nén (ví dụ: dung tích 25 dm ³) | 7 Kính hiển vi quang sợi |
| 4 Van kim | 8 Áp kế hình chữ U |
| | 9 Nơi thoát khí |

Hình 1 – Sơ đồ thiết bị đo tổn thất áp suất

Quạt, bơm hoặc máy nén, nén không khí đi vào trong bình giảm sóc. Không khí sau đó được đẩy vào trong khoang nén gắn với van kim, có thể mở và đóng, để điều chỉnh dòng không khí qua khối hạt. Lưu lượng dòng khí được đo bằng dụng cụ đo dòng chảy (ví dụ: dụng cụ đo quay).

Cuối cùng, áp suất không khí trước khi dụng cụ đo lưu lượng dòng chảy đo được bằng áp kế (ví dụ: áp kế hình chữ U), và tổn thất áp suất trên 500 mm đo bằng vi áp kế (ví dụ: miniscope) với độ chính xác $\pm 0,1$ Pa.

4.2 Nhiệt kế được gắn với bộ ghi, để đo và ghi nhiệt độ của không khí đi vào trong khối hạt.

4.3 Âm kế bầu khô-ướt có quạt, hoặc dụng cụ đo khác có độ chính xác tương đương (ví dụ: âm kế điện dung hoặc dụng cụ đo điểm sương) để đo và ghi nhiệt độ bầu ướt và bầu khô của không khí trong quá trình thử nghiệm.

4.4 Áp kế, để đo và ghi áp suất không khí (phù hợp với các yêu cầu của tiêu chuẩn này).

4.5 Máy đo tỷ trọng, phù hợp với ISO 3507.

4.6 Máy làm sạch hạt phòng thử nghiệm, làm sạch hạt để thử nghiệm.

5 Cách tiến hành

5.1 Phương pháp cấp liệu

Phép thử cần được tiến hành với khối hạt đã được làm sạch hoàn toàn bằng máy làm sạch (4.6), nếu có các đặc tính và loại tạp chất khác thì phải đưa vào báo cáo thử nghiệm.

Tiến hành hai phép thử độc lập với hai phương pháp cấp liệu khoang thử.

Để mô phỏng cách cấp liệu từ đường ống, rót hạt vào phễu, giữ phễu sao cho cuống phễu tiếp xúc với bề mặt hạt trong khoang. Đưa phễu vào từ từ để hạt chảy vào khoang ở độ cao gần bằng zero. Bổ sung hạt liên tục vào phễu để duy trì mức hạt trong phễu chảy xuống chậm.

Để mô phỏng cách cấp liệu từ máy rải hạt, rót hạt từ độ cao 200 mm lên mặt sàng có lỗ sàng thích hợp để hạt lọt qua từng hạt một. Dịch chuyển từ từ sàng lên phía trên để giữ lại chiều cao rơi hạt giữa sàng và bề mặt hạt trong khoang là 800 mm tạo ra khối hạt lấp đầy tự nhiên.

5.2 Dụng cụ thí nghiệm biểu diễn tổn thất áp suất là hàm của vận tốc không khí

5.2.1 Yêu cầu chung

Việc xác định tổn thất áp suất (Δp) là hàm của vận tốc không khí (U_0), đòi hỏi phải lặp lại phép đo khi dòng khí giảm hoặc khi dòng khí tăng (cấp liệu lại khoang chứa hạt mỗi lần đo).

TCVN 9710:2013

Cần tính đến việc khối hạt bị nén nhẹ trong quá trình thực nghiệm.

Lặp lại thử nghiệm ba lần đối với trường hợp giảm và tăng tốc độ dòng.

5.2.2 Tiến hành đo

Đối với các tốc độ dòng khác nhau (q_0), tính bằng mét khối trên giây, được dùng trong thực nghiệm và được đo bằng dụng cụ đo dòng để xác định:

- áp suất không khí đi vào khoang đo, P , tính bằng pascal, được đo bằng áp kế (hoặc áp kế hình chữ U) (xem 4.1);
- tổn thất áp suất, Δp , tính bằng pascal, được đọc bằng áp kế (xem 4.1).

5.2.3 Các thông số cần xác định

5.2.3.1 Các thông số phụ thuộc vào hạt

Xác định như sau:

- Dung trọng biểu kiến của khối hạt trong khoang đo, ρ_s , tính bằng kilogam trên mét khối.

Tiến hành cân cả trước và sau khi khối hạt bị xẹp, đo lượng hạt xẹp. Giá trị thu được là trung bình cộng của các giá trị dung trọng biểu kiến đo được.

- Dung trọng hạt của khối hạt, ρ_v , tính bằng kilogam trên mét khối.

Dung trọng được xác định bằng máy đo tỷ trọng (4.5).

5.2.3.2 Các thông số khác

Xác định như sau:

- Áp suất khí quyển, p_a , tính bằng pascal.

Đo áp suất khí quyển bằng áp kế (4.4) hoặc dùng số hiệu của cơ quan khí tượng học.

- Nhiệt độ bầu khô, θ , tính bằng độ Celsius.

Đo nhiệt độ này bằng nhiệt kế (4.2).

- Nhiệt độ của không khí đi vào khối hạt, θ_c , tính bằng độ Celsius.

Đo nhiệt độ này dùng nhiệt kế (4.2).

d) Hàm lượng nước bay hơi trong không khí, w , tính bằng kilogam nước trên kilogam không khí.

Hàm lượng này xác định được bằng dụng cụ đo ẩm có thông hơi (4.3) và biểu đồ độ ẩm, hoặc được tính theo công thức có liên quan đến độ ẩm không khí.

e) Thể tích riêng của không khí, v , tính bằng mét khối trên kilogam.

Đại lượng này xác định được bằng cách sử dụng biểu đồ độ ẩm hoặc tính theo công thức liên quan đến độ ẩm không khí.

f) Diện tích tiết diện của khoang đo, A , tính bằng mét vuông.

Tính như sau:

a) Tỷ trọng của không khí xung quanh, ρ_a , tính bằng kilogam trên mét khối:

$$\rho_a = \frac{1+w}{v}$$

b) Tỷ trọng không khí được hiệu chỉnh, ρ_0 , tính bằng kilogam trên mét khối:

$$\rho_0 = \rho_a \times \frac{T_a}{T_0} \times \frac{P_0}{P_a}$$

Trong đó:

T_0 là nhiệt độ chuẩn, tính bằng kelvin (= 293 K);

T_a là nhiệt độ của không khí đi vào ống dẫn, tính bằng kelvin (= 273 + θ);

P_0 là áp suất khí quyển chuẩn (101,325 Pa).

5.2.4 Phép tính để xác định U_0 và ΔP

Tỷ trọng không khí trong dụng cụ đo dòng, ρ_r , tính bằng kilogam trên mét khối, được tính như sau:

$$\rho_r = \rho_0 \times \frac{P_1}{P_0} \times \frac{T_0}{T_c}$$

Trong đó:

P_1 là áp suất đo được trước dụng cụ đo dòng, tính bằng pascal ($P_1 = P_a + P$);

T_c là nhiệt độ của không khí đi vào khối hạt, tính bằng kelvin (= 273 + θ_c).

Dòng không khí thực qua dụng cụ đo dòng, q_r , tính bằng mét khối trên giây, theo công thức:

$$q_r = q_0 \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_r}}$$

Trong đó q_0 là tốc độ dòng trong dụng cụ đo dòng, tính bằng mét khối trên giây.

Áp suất trong khoang đo, ρ_c , tính bằng pascal, theo công thức:

$$\rho_c = \rho_3 + \frac{1}{2} \Delta p$$

Trong đó:

ρ_3 là áp suất đo được ở điểm đo áp suất gần đỉnh của khối hạt trong khoang, tính bằng pascal;

Δp là tổn thất áp suất trên 0,5 m đọc được bằng dụng cụ để đo tổn thất áp suất (4.1), tính bằng pascal.

Tỷ trọng của không khí trong khoang đo, ρ_c , tính bằng kilogam trên mét khối, được tính theo công thức:

$$\rho_c = \rho_0 \times \frac{T_0}{T_c} \times \frac{\rho_c}{\rho_0}$$

Dòng không khí trong khoang đo, q_c , tính bằng mét khối trên giây, theo công thức:

$$q_c = q_r \sqrt{\frac{\rho_r}{\rho_c}}$$

Vận tốc không khí trong khoang đo, U_0 , tính bằng mét trên giây, theo công thức:

$$U_0 = \frac{q_c}{A}$$

Trong đó A là diện tích tiết diện của khoang đo, tính bằng mét vuông.

Tổn thất áp suất, ΔP , tính bằng pascal trên mét, theo công thức:

$$\Delta P = \frac{\Delta p}{0,5}$$

5.2.5 Biểu thị kết quả

Các kết quả ghi được hoặc tính toán phải đưa vào Bảng 1.

Tổn thất áp suất (ΔP) ghi được trên giấy "module log-log 2" là hàm của vận tốc tại thời điểm không khí đi vào khối hạt (U_0), hoặc đọc được bằng phần mềm thích hợp.

Bảng 1

Số đọc trên dụng cụ đo dòng (thang đo chuẩn)	P Pa	Δp Pa	q_0 m ³ /s	p_1 Pa	ρ kg/m ³	p_c Pa	ρ_c kg/m ³	q_c m ³ /s	U_0 m/s	Δp Pa/m
140										
130										
120										
110										
100										
90										
80										
70										
60										
50										
40										

5.3 Phương trình dòng

Sau khi vẽ đồ thị thực nghiệm, phương trình hồi quy Kozeny-Carman được áp dụng như sau:

$$\frac{\Delta P}{\rho_c l} = \frac{k \eta (1 - \varepsilon)^2 S^2}{g \varepsilon^3} U_0 + \frac{h \beta (1 - \varepsilon) S}{g \varepsilon^3} U_0^2$$

Trong đó:

l là chiều dài tương ứng với ΔP , tính bằng mét, ($l = 1$ m);

k là hằng số (= 5);

η là độ nhớt động của không khí, tính bằng mét vuông trên giây (m²/s):

$$\eta = 0,152 \times 10^{-4} [1 + (\theta_c - 20) 0,006] \frac{101,325 \times 10^3}{p_a}$$

ε là độ xốp; nghĩa là thể tích của khoảng trống trên đơn vị thể tích tại một điểm cụ thể:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_v}$$

TCVN 9710:2013

S là diện tích riêng của khối hạt, tính bằng mét vuông trên mét khối rắn, phụ thuộc vào kích thước và đặc tính của khối hạt (xem Phụ lục A);

$h\beta$ là hằng số Burke-plummer, phụ thuộc vào đặc tính của khối hạt (xem Phụ lục A);

g là gia tốc rơi tự do chuẩn của hạt, tính bằng mét trên giây bình phương ($= 9,81 \text{ m/s}^2$);

U_0 là vận tốc không khí đi vào khối hạt, tính bằng mét trên giây (m/s).

Từ hai điểm đã chọn thích hợp, suy ra các giá trị của S và $h\beta$ tương ứng. Nhìn chung, việc tính toán hiệu chỉnh được thực hiện từ các điểm thực nghiệm, sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

5.4 Phương trình dòng được hiệu chỉnh

Trong thực tế, phương trình dòng có tính đến ảnh hưởng của thành khoang đo dùng để thu được giá trị thực S . Do đó, diện tích riêng đã hiệu chỉnh S' tính theo:

$$S' = S - \frac{2}{d(1-\varepsilon)}$$

Trong đó d là đường kính của khoang đo, tính bằng mét.

6 Biểu thị kết quả

Đối với mẻ hạt đã cho và có tính đến:

- dung trọng của khối hạt,
- dung trọng biểu kiến ở điểm cụ thể trong khối hạt,
- vận tốc ở thời điểm dòng khí đi vào khối hạt,

Phương trình dòng đã được hiệu chỉnh cho phép tổn thất áp suất do dòng không khí một chiều thổi qua khối hạt được xác định như sau:

$$\Delta P = \frac{\rho_c k \eta S'^2 (1-\varepsilon)^2}{g \varepsilon^3} U_0 + \frac{\rho_c h \beta S' (1-\varepsilon)}{g \varepsilon^3} U_0^2$$

7 Áp dụng trong thực tế

7.1 Dự báo tổn thất áp suất đối với dung trọng biểu kiến khác nhau ở một điểm cụ thể

Các kết quả thực nghiệm liên quan đến khối hạt bị nén nhẹ. Thực tế, dung trọng biểu kiến ở một điểm cụ thể trong silô thay đổi tùy thuộc vào chiều cao hạt rơi xuống và chiều cao kho bảo quản.

Vi vậy cần lập phương trình đối với ε và S' (xem 5.3 đến 5.4) để tính tổn thất vị áp suất đối với dung trọng biểu kiến khác nhau ở một điểm cụ thể.

7.2 Tổn thất áp suất do khối hạt

Tổn thất áp suất do khối hạt ($\Delta P_{\text{tổn thất}}$) được tính theo công thức:

$$\Delta P_{\text{tổn thất}} = \Delta P \times h$$

Trong đó h là chiều cao của khối hạt trong khoang, tính bằng mét, trong trường hợp dòng khí thổi ngược hoặc trong trường hợp khác h là chiều dài quãng đường không khí dịch chuyển qua lớp hạt, tính bằng mét.

8 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm phải nêu rõ:

- mọi thông tin cần thiết để nhận biết đầy đủ về mẫu thử;
- phương pháp thử đã sử dụng, viện dẫn trong tiêu chuẩn này;
- phương trình dòng chảy hiệu chỉnh đã sử dụng;
- kết quả thử thu được;
- tất cả các chi tiết thao tác không quy định trong tiêu chuẩn này, hoặc tùy chọn cùng với các chi tiết bất thường khác có thể ảnh hưởng tới kết quả;

Phụ lục A
(Tham khảo)

Xác định diện tích riêng của hạt, S , và hằng số Burke-Plummer $h\beta$

Đo kích thước và đặc tính của 80 hạt mỗi loại và mỗi ẩm độ:

L chiều dài hạt

I chiều rộng hạt

h chiều dày hạt (từ mặt đáy đến mặt trên)

W chiều rộng đường rãnh hạt

D chiều sâu đường rãnh hạt

Tính diện tích và thể tích của hạt trung bình đối với từng loại hạt và từng độ ẩm không khí. Để làm được điều này, hãy xem hạt có dạng nửa khối elip, có các trục không bằng nhau và từ đó suy ra, trên mặt phẳng, một lăng kính tam giác đứng có chiều dài và tiết diện bằng với chiều dài và tiết diện tương ứng của hạt và đường rãnh.

Ba nửa trục là a' , b' và c' :

$$a' = L/2$$

$$b' = h$$

$$c' = I/2$$

Khối elip có trục không bằng nhau được so sánh với khối elip tròn xoay có nửa trục bằng:

$$a = \frac{a' + b'}{2}$$

$$b = a' = I/2$$

Diện tích hình chiếu khối elip tròn xoay ($a > b$) được tính theo tổng của dãy sau đây:

$$S' = 2\pi a^2 + 2\pi b^2 \left[1 + \frac{1}{3} \frac{(a^2 - b^2)}{a^2} + \frac{1}{5} \frac{(a^2 - b^2)^2}{a^2} + \frac{1}{7} \frac{(a^2 - b^2)^3}{a^2} + \dots \right]$$

Diện tích bề mặt khối elip có trục không bằng nhau được tính theo công thức:

$$S' = 4 \frac{a' b'}{(a' + b')^2} S$$

Thể tích của khối elip có trục không bằng nhau được tính theo công thức:

$$V' = \frac{4}{3} \pi a' b' c'$$

Do vậy có thể tính được:

- diện tích bề mặt riêng S (tính bằng cm^2/cm^3) (tỷ lệ của tổng diện tích bề mặt khối hạt và thể tích chứa);
- hằng số Burke-Plummer $h\beta$, thu được từ tổn thất áp suất đo được phù hợp với quy trình đã nêu và từ công thức nêu trong Điều 6. Khi đã xác định được hằng số này có thể tính tổn thất áp suất theo các giá trị vận tốc không khí khác nhau, sử dụng công thức nêu trên.
