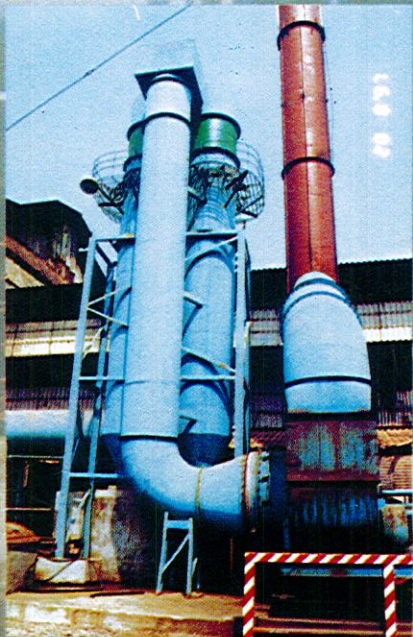


# KỸ THUẬT THÔNG GIÓ





**THƯ VIỆN  
HUBT**

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG  
GS. TRẦN NGỌC CHẤN

# KỸ THUẬT THÔNG GIÓ

(Tái bản)



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 2018





## LỜI NÓI ĐẦU

Môi trường sống của con người bao gồm nhiều lĩnh vực khác nhau : tự nhiên, kinh tế, xã hội... Song để con người tồn tại và phát triển về thể chất, lao động có hiệu quả trước tiên phải kể đến môi trường tự nhiên mà trong đó môi trường không khí đóng vai trò quan trọng nhất.

Thông gió là một lĩnh vực khoa học kĩ thuật rất rộng, bao gồm từ kiến trúc, xây dựng, nhiệt kĩ thuật, thủy khí động học, vệ sinh và an toàn lao động, công nghệ, chế tạo cơ khí v.v... có nhiệm vụ đảm bảo cho môi trường không khí bên trong các công trình kiến trúc dân dụng và công nghiệp được trong sạch, không bị ô nhiễm bởi bụi và khí độc hại, mát mẻ về mùa nóng, ấm áp dễ chịu về mùa lạnh, bảo vệ được sức khỏe cho người lao động.

Từ xa xưa con người đã biết tận dụng các yếu tố tự nhiên để thông gió chống nóng, tránh lạnh trong các nơi ẩn náu, cư trú của mình. Nhưng mãi đến thế kỉ 18, khi nền sản xuất công nghiệp ra đời và phát triển đánh dấu bằng sự xuất hiện của máy hơi nước thì Thông gió mới trở thành đối tượng nghiên cứu của nhiều nhà khoa học trên Thế giới và dần dần đã trở thành một ngành chuyên môn riêng biệt được giảng dạy đào tạo ở nhiều trường Đại học kĩ thuật và Trung học chuyên nghiệp của nhiều Quốc gia.

Trong số các nhà bác học Nga có nhiều cống hiến và đặt nền tảng cho lĩnh vực chuyên môn này trước tiên phải kể đến là : N. A. Lovov, A. A. Xablukov - người đầu tiên chế tạo ra máy quạt vào thế kỉ 19, I. I. Flavisky - người đầu tiên nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số môi trường không khí đến cảm giác nhiệt của con người. Tiếp theo đó là các nhà khoa học : A. K. Pavlosky, V. M. Traplin, A. N. Xêliverstov, L. A. Xêmenov, V. V. Baturin, P. N. Kamenhep, A. V. Nhesterenko, G. A. Maximov, A. A. Ruxin, M. F. Bromlay, V. N. Bogoslousky v.v...

Về phía các nhà khoa học phương Tây và các nước khác trên Thế giới trong lĩnh vực Thông gió có thể kể đến như : G. Kraft, K. Petsold, R. Rais (Đức), V. Keys, A. London, V. Stocker (Mỹ), A. Missenare, R. Humery (Pháp), J. Barton (Anh) v.v...

Có thể nói nền sản xuất công nghiệp có phát triển thì kĩ thuật Thông gió mới có điều kiện phát triển theo. Tuy vậy, ở Việt Nam vào những năm 60 của thế kỉ 20 này, khi đất nước vẫn còn bị chia cắt và chiến tranh, nền sản xuất công nghiệp còn rất nhỏ bé và lạc hậu, nhưng với tầm nhìn xa cho tương lai của đất nước, Giáo sư - Nhà giáo nhân dân Nguyễn Sanh Dạn, nguyên Hiệu trưởng đầu tiên của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã chăm lo việc chuẩn bị đội ngũ cán bộ giảng dạy để đào tạo kĩ sư ngành Thông gió - Cấp nhiệt - nay là ngành Kĩ thuật Vi khí hậu và Môi trường khí

từ năm 1962 đến nay ở Khoa Xây dựng Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội trước đây và nay là Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

Cuốn sách này nhằm hệ thống hoá và nâng cao những nội dung cơ bản và chuyên sâu của môn học Thông gió từ các tài liệu giáo trình mà tác giả đã biên soạn và ấn hành nội bộ để giảng dạy trong nhiều năm qua.

Nội dung cuốn sách chủ yếu là làm tài liệu tham khảo và học tập cho cán bộ giảng dạy và sinh viên chuyên ngành Vi khí hậu – Môi trường khí. Đối với các ngành khác như Kiến trúc, Xây dựng, An toàn lao động... nội dung giảng dạy có thể được chọn lựa từ những chương mục cơ bản của cuốn sách này, lược bỏ các phần chuyên sâu cho phù hợp với chương trình đào tạo.

Ngoài những phần lí thuyết và ví dụ tính toán, sách còn bao gồm một số phụ lục cần thiết nhằm phục vụ cho công tác nghiên cứu, thiết kế các hệ thống thông gió chống nóng, chống độc hại của cán bộ kĩ thuật ở các Viện thiết kế, Viện nghiên cứu khoa học có liên quan.

Trong quá trình biên soạn cuốn sách tác giả đã nhận được sự giúp đỡ tích cực của các kĩ sư : Nguyễn Đức Trung, Phạm Thị Chùng, Nguyễn Huy Tiến, Thạc sĩ Lê Ngọc Tường trong việc chuẩn bị bản thảo và đặc biệt là sự tham gia duyệt bản thảo của PTS Nguyễn Bá Toại. Tác giả xin chân thành cảm ơn các cá nhân nêu trên cùng tập thể Bộ môn Vi khí hậu – Môi trường khí, Trường Đại học xây dựng Hà Nội về những sự giúp đỡ quý báu và tạo điều kiện thuận lợi để chúng tôi hoàn thành cuốn sách này.

Chắc rằng cuốn sách không tránh khỏi thiếu sót. Tác giả rất mong và cảm ơn mọi ý kiến đóng góp của Đồng nghiệp và Bạn đọc.

TÁC GIẢ

## Chương 1

# NHỮNG KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÔNG GIÓ

### 1.1. ĐẶC TÍNH LÝ HÓA CỦA MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

#### 1.1.1. Trạng thái không khí

Không khí là môi trường mà con người suốt đời sống và hoạt động trong đó. Vì thế sức khỏe, tuổi thọ và cảm giác nhiệt của con người phụ thuộc rất nhiều vào độ trong sạch và đặc tính lý hóa của nó.

Không khí trong bầu khí quyển là một hỗn hợp cơ học của nhiều chất khí mà chủ yếu là khí nitơ, oxy và một ít hơi nước. Ngoài ra, trong không khí còn chứa một lượng rất nhỏ các chất khí khác như cacbonic, các chất khí trơ : argon, neon, kripton, hêli, ôzôn v.v...

Không khí có chứa hơi nước ta gọi là không khí ẩm, ngược lại - ta có không khí khô.

Thành phần các chất khí trong không khí khô tính theo phần trăm (%) thể tích và trọng lượng được cho ở bảng 1-1.

**Bảng 1-1**

**TỈ LỆ % CÁC CHẤT KHÍ TRONG KHÔNG KHÍ KHÔ**

Thứ tự	Tên các chất khí	Kí hiệu hóa học	% theo thể tích	% theo trọng lượng
1	Nitơ	N <sub>2</sub>	78,08	75,6
2	Oxi	O <sub>2</sub>	20,95	23,1
3	Argon	Ar	0,9325	1,286
4	Cacbonic	CO <sub>2</sub>	0,03	0,046
5	Neon	Ne	0,0018	0,0012
6	Hêli	He	0,0005	0,00007
7	Kripton	Kr	0,00011	0,0003
8	Xênon	Xe	0,000008	0,00004
9	Ôzôn	O <sub>3</sub>	1 . 10 <sup>-6</sup>	-
10	Radon	Rn	6 . 10 <sup>-8</sup>	-

Thành phần hơi nước (H<sub>2</sub>O) trong không khí ẩm có tỷ lệ thay đổi thường xuyên trong một phạm vi khá rộng từ 0 ÷ 3% theo trọng lượng tùy theo vùng địa lý và thời gian trong ngày, trong năm.

Trên đây là thành phần tự nhiên của không khí sạch. Trong thực tế, do sinh hoạt và các quá trình sản xuất của con người cũng như do thiên tai : hoạt động của núi lửa, bão cát, cháy rừng v.v... trong không khí còn có mặt nhiều loại khí độc hại và bụi, gây tác hại rất lớn đối với sức khỏe con người và sinh vật nói chung.

Trong các công trình kiến trúc, đặc biệt là trong nhà công nghiệp, môi trường không khí có thể bị ô nhiễm ở mức độ khác nhau bởi nhiệt và các chất khí thường gặp như cacbonic (CO<sub>2</sub>), ôxít cacbon (CO), đioxit sunphua (SO<sub>2</sub>) v.v... và bụi. Sống và làm việc trong môi trường không khí nóng bức, ngột ngạt bởi bụi và khí độc hại, con người sẽ không phát huy được năng suất lao động, chóng mệt mỏi, sức khỏe giảm sút, có nguy cơ dẫn đến các bệnh nghề nghiệp như bệnh bụi phổi, bệnh thiếu máu, bệnh tim mạch, bệnh thần kinh v.v...

Nhiệm vụ của thông gió là áp dụng các biện pháp kỹ thuật để tạo ra bên trong các công trình kiến trúc một môi trường không khí trong lành, không ngột ngạt, không nóng bức hoặc rét buốt, có thành phần cơ lí hóa phù hợp để tránh các tác hại tức thời cũng như những hậu quả về lâu về dài đối với sức khỏe con người như đã nêu trên.

Trên quan điểm thông gió mà xét thì thành phần hơi nước trong không khí có tầm quan trọng đặc biệt đối với cảm giác nhiệt của cơ thể cũng như đối với nhiều quá trình công nghệ chế biến, bảo quản vật tư vật liệu khác nhau, cho nên sau đây ta nghiên cứu các thông số vật lí đặc trưng cho trạng thái của không khí ẩm.

### 1.1.2. Các thông số vật lí của không khí ẩm

Chúng ta xem không khí ẩm là hỗn hợp của không khí hoàn toàn khô và hơi nước. Trong mức độ đủ chính xác đối với các phép tính kỹ thuật, ta có thể xem rằng hỗn hợp trên là hỗn hợp của các chất khí lí tưởng, do đó nó tuân theo định luật Bon Mariot và Gay Lutzac với phương trình đặc tính như sau :

Đối với 1kg không khí :

$$p v = R T \quad (1-1)$$

Đối với G kg không khí :

$$p G v = p V = G R T \quad (1-2)$$

Trong đó :

p- Áp suất của chất khí, mmHg hoặc kG/m<sup>2</sup>

v = V/G- Thể tích đơn vị của chất khí, m<sup>3</sup>/kg

T- Nhiệt độ tuyệt đối của chất khí, °K

$$T = t^{\circ}\text{C} + 273$$

R- Hằng số của chất khí

Nếu ta lấy một khối không khí ẩm có thể tích V m<sup>3</sup>, trọng lượng G<sub>ám</sub> kg, dưới nhiệt độ T °K và áp suất khí quyển P<sub>kq</sub>, tách ra thành hai phần riêng biệt, trong khi ấy vẫn giữ nguyên thể tích và nhiệt độ của mỗi phần bằng thể tích và nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp theo sơ đồ hình 1.1, lúc đó áp suất của phần không khí khô và của phần hơi nước sẽ là P<sub>khô</sub> và P<sub>hn</sub> - và ta gọi đó là áp suất riêng của không khí khô và của hơi nước.

$$\boxed{\begin{array}{c} G_{ám} V_{ám} \\ T \\ P_{kq} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} G_{khô}, V \\ T \\ P_{khô} \end{array}} + \boxed{\begin{array}{c} G_{hn}, V \\ T \\ P_{hn} \end{array}}$$

Hình 1.1





Theo nguyên lí bảo toàn trọng lượng :

$$G_{\text{hhợp}} = G_{\text{ám}} = G_{\text{khô}} + G_{\text{hn}} \quad (1-3)$$

Theo định luật Danton :

$$P_{\text{kq}} = P_{\text{khô}} + P_{\text{hn}} \quad (1-4)$$

Áp dụng phương trình đặc tính (1-2) cho phần không khí khô và hơi nước một cách riêng biệt, ta có :

- Đối với phần không khí khô :

$$P_{\text{khô}} V = G_{\text{khô}} R_{\text{khô}} T \quad (1-5)$$

- Đối với phần hơi nước :

$$P_{\text{hn}} V = G_{\text{hn}} R_{\text{hn}} T \quad (1-6)$$

Trong các công thức trên :

$G_{\text{khô}}$  - Trọng lượng phần không khí khô, kg

$G_{\text{hn}}$  - Trọng lượng phần hơi nước của không khí, kg

$G_{\text{ám}} = G_{\text{hhợp}}$  - Trọng lượng không khí ẩm, kg

$P_{\text{khô}}$  - Áp suất riêng của phần không khí khô, mmHg

$P_{\text{hn}}$  - Áp suất riêng của phần hơi nước, mmHg

$R_{\text{khô}}$  - Hằng số khí của không khí khô

$R_{\text{hn}}$  - Hằng số khí của hơi nước

Trong hệ thống đơn vị đo nêu trên, ta có :

$$R_{\text{khô}} = 2,153 \text{ mmHg} \cdot \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{°K}$$

$$R_{\text{hn}} = 3,461 \text{ mmHg} \cdot \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{°K}$$

Ta sử dụng các đẳng thức trên để suy ra các thông số vật lí của không khí ẩm.

### 1. Độ ẩm tuyệt đối

Định nghĩa : Độ ẩm tuyệt đối của không khí là lượng hơi nước tính bằng gam hoặc kg chứa trong  $1\text{m}^3$  không khí ẩm.

Kí hiệu độ ẩm tuyệt đối là  $D$ , đơn vị đo là  $\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{kg}/\text{m}^3$

Từ phương trình (1-6) ta suy ra :

$$D = \frac{G_{\text{hn}}}{V} = \frac{P_{\text{hn}}}{R_{\text{hn}} T}, \quad \text{kg}/\text{m}^3 \quad (1-7)$$

### 2. Độ ẩm tương đối

Lượng hơi nước chứa trong một đơn vị thể tích không khí ẩm (tức độ tuyệt đối) dưới áp suất và nhiệt độ nhất định có thể thay đổi, nhưng sự thay đổi ấy không vượt quá giới hạn cực đại mà tại đó không khí không còn có thể nhận thêm hơi nước nữa. Lúc đó ta có không khí no hơi nước hoặc bão hòa hơi nước và độ ẩm tuyệt đối ứng với trạng thái này là độ ẩm tuyệt đối cực đại hoặc độ ẩm tuyệt đối bão hòa  $D_{\text{bh}}$ .

$$D_{bh} = \frac{P_{bh}}{R_{hn} T}, \quad \text{kg/m}^3 \quad (1-8)$$

Trong đó :

$P_{bh}$  - Áp suất riêng của hơi nước bão hòa trong không khí ẩm, gọi tắt là áp suất bão hòa.

Độ ẩm tương đối hay mức độ no hơi nước  $\varphi$  của không khí ẩm là tỉ số của độ ẩm tuyệt đối  $D$  và độ ẩm tuyệt đối bão hòa  $D_{bh}$  ở cùng nhiệt độ.

Từ (1-7) và (1-8) ta có :

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{D}{D_{bh}} \cdot 100\% = \frac{P_{hn}}{P_{bh}} \cdot 100\% \\ \varphi &= \frac{P_{hn}}{P_{bh}} \cdot 100\% \end{aligned} \quad (1-9)$$

### 3. Dung ẩm

Trong quá trình làm ẩm và làm khô không khí, trọng lượng phần khô trong nó không thay đổi. Do đó để tiện lợi cho việc tính toán, người ta quy lượng hơi nước chứa trong không khí ẩm về cho 1kg không khí khô và đại lượng ấy gọi là dung ẩm, kí hiệu là  $d$ . Như vậy, dung ẩm là lượng hơi nước tính bằng gam trong một khối không khí ẩm có trọng lượng phần khô là 1kg.

Chia từng vế của (1-5) cho (1-6) ta có :

$$\frac{P_{khô}}{P_{hn}} = \frac{G_{khô} R_{khô}}{G_{hn} R_{hn}}$$

Từ đó, theo định nghĩa trên của  $d$ , ta suy ra được :

$$d = \frac{10^3 G_{hn}}{G_{khô}} = 10^3 \cdot \frac{R_{khô}}{R_{hn}} \cdot \frac{P_{hn}}{P_{khô}} = 10^3 \cdot \frac{2,153}{3,461} \cdot \frac{P_{hn}}{P_{khô}} = 622 \frac{P_{hn}}{P_{khô}} \quad (1-10)$$

Từ công thức (1-9) suy ra

$$P_{hn} = \varphi \cdot P_{bh} \text{ và } P_{kq} = P_{hn} + P_{khô} \rightarrow P_{khô} = P_{kq} - P_{hn}$$

Thay vào công thức (1-10), ta có :

$$d = 622 \frac{P_{hn}}{P_{kq} - P_{hn}} = 622 \frac{\varphi P_{bh}}{P_{kq} - \varphi P_{bh}}, \quad \text{g/kgk.k.khô} \quad (1-11)$$

### 4. Trọng lượng đơn vị của không khí ẩm $\gamma_{\text{âm}}$

Trọng lượng của một thể tích không khí ẩm là trọng lượng phần khô và phần hơi nước chứa trong thể tích ấy.

Từ (1-5) và (1-6) :

$$G_{\text{âm}} = G_{khô} + G_{hn} = \frac{V}{T} \left( \frac{P_{khô}}{R_{khô}} + \frac{P_{hn}}{R_{hn}} \right)$$

Trọng lượng đơn vị của không khí ẩm sẽ là :

$$\gamma_{\text{ám}} = \frac{G_{\text{ám}}}{V} = \frac{1}{T} \left( \frac{P_{\text{khô}}}{R_{\text{khô}}} + \frac{P_{\text{hn}}}{R_{\text{hn}}} \right)$$

Thay  $R_{\text{khô}}$  và  $R_{\text{hn}}$  vào ta có :

$$\gamma_{\text{ám}} = \frac{1}{T} (0,465 P_{\text{khô}} + 0,289 P_{\text{hn}})$$

hoặc ta có thể viết :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{ám}} &= \frac{1}{T} [0,465 (P_{\text{khô}} + P_{\text{hn}}) - 0,176 P_{\text{hn}}] \\ \gamma_{\text{ám}} &= \frac{1}{T} (0,465 P_{\text{kq}} - 0,176 P_{\text{hn}}), \quad \text{kg/m}^3 \end{aligned} \quad (1-12)$$

Nếu không khí hoàn toàn khô thì  $P_{\text{hn}} = 0$  và do đó :

$$\gamma_{\text{khô}} = \frac{0,465}{T} P_{\text{kq}} \quad (1-13)$$

suy ra :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{ám}} &= \gamma_{\text{khô}} - 0,176 \frac{P_{\text{hn}}}{T} \\ \gamma_{\text{ám}} &= \gamma_{\text{khô}} - 0,176 \frac{\varphi P_{\text{bh}}}{T} \end{aligned} \quad (1-14)$$

Từ công thức (1-14) ta thấy rằng trọng lượng đơn vị của không khí ẩm nhỏ hơn trọng lượng đơn vị của không khí khô.

Trọng lượng đơn vị của không khí khô ở nhiệt độ  $t^\circ$  có thể suy ra từ trọng lượng đơn vị của không khí khô ở  $0^\circ\text{C}$  theo công thức sau :

$$\gamma_t = \frac{\gamma_0}{1 + \frac{t}{273}}, \quad \text{kg/m}^3$$

Nếu áp suất khí quyển  $P_{\text{kq}} = 760 \text{ mmHg}$  thì :

$\gamma_0 = 1,293 \text{ kg/m}^3$  và do đó :

$$\gamma_t = \frac{1,293}{1 + \frac{t}{273}}, \quad \text{kg/m}^3 \quad (1-15)$$

### 5. Trọng lượng phần khô trong $1\text{m}^3$ không khí ẩm

Kí hiệu :  $g_{\text{khô}}$ , đơn vị đo là  $\text{kg/m}^3$  k.k ẩm

Từ phương trình (1-5) ta viết được :

$$\begin{aligned} g_{\text{khô}} &= \frac{G_{\text{khô}}}{V} = \frac{P_{\text{khô}}}{R_{\text{khô}} T} = \frac{P_{\text{kq}} - P_{\text{hn}}}{2,153 T} \\ g_{\text{khô}} &= 0,465 \frac{P_{\text{kq}} - P_{\text{hn}}}{T}, \quad \text{kg/m}^3 \text{ k.k. ẩm} \end{aligned} \quad (1-16)$$

## 6. Nhiệt dung hoặc Entanpi của không khí ẩm

Nhiệt dung hoặc Entanpi của không khí ẩm là lượng nhiệt chứa trong một khối khí ẩm có trọng lượng phần khô là 1kg. Kí hiệu I, đơn vị đo : kcal/kg.k.k.khô.

Như trên ta biết đối với không khí ẩm, cứ mỗi kg phần khô có d gam hơi nước, do đó nhiệt dung của nó là tổng số nhiệt dung của 1kg không khí khô và nhiệt dung của d gam hơi nước ở cùng nhiệt độ t :

$$I = I_{\text{khô}} + i_{\text{hn}} \frac{d}{1000}, \quad \text{kcal/kg k.k.khô} \quad (1-17)$$

Trong đó :

I- Nhiệt dung của không khí ẩm, kcal/kg k.k.khô

$I_{\text{khô}}$ - Nhiệt dung của không khí khô, kcal/kg

$i_{\text{hn}}$ - Nhiệt dung của hơi nước, kcal/kg

$$I_{\text{khô}} = C_{\text{khô}} \cdot t, \quad \text{kcal/kg} \quad (1-18)$$

$C_{\text{khô}}$  - Tỉ nhiệt của không khí khô  $C_{\text{khô}} = 0,24 \text{ kcal/kg. } ^\circ\text{C}$

Đôi khi trong tính toán người ta dùng tỉ nhiệt thể tích của không khí khô :  $C_v = 0,31 \text{ kcal/m}^3. ^\circ\text{C}$

Nhiệt dung của hơi nước :

$$i_{\text{hn}} = 597,3 + 0,44t, \quad \text{kcal/kg} \quad (1-19)$$

Trong đó :

597,3 kcal/kg - là nhiệt hóa hơi của nước ở  $0^\circ\text{C}$

Thay vào (1-18) và (1-19) vào (1-17), ta có :

$$I_{\text{âm}} = 0,24t + (597,3 + 0,44t) \cdot d/1000, \quad \text{kcal/kg.k.k.khô} \quad (1-20)$$

## 1.2. BIỂU ĐỒ I-d CỦA KHÔNG KHÍ ẨM VÀ CÁCH THIẾT LẬP

### 1.2.1. Biểu đồ I-d của không khí ẩm

Sự liên hệ giữa các thông số của không khí ẩm t,  $\varphi$ , I, d và  $P_{\text{bh}}$  có thể biểu diễn trên biểu đồ I-d do Giáo sư L.K.Ramzin (Nga) thiết lập năm 1918 và sau đó, vào năm 1923, Giáo sư Mollier (Đức) cũng lập biểu đồ tương tự. Nhờ biểu đồ này, nếu biết trước 2 trong các thông số trên ta có thể tìm được các thông số còn lại.

Biểu đồ I-d giúp cho ta giải quyết được những bài toán thực tế rất nhanh và đơn giản hơn nhiều so với phương pháp tính toán số học.

Để lập biểu đồ I-d ta sử dụng 2 phương trình (1-11) và (1-20) và để đơn giản hóa trong cách viết, từ đây về sau đơn vị của nhiệt dung I và dung ẩm d thay vì cho kcal/kgk.k.khô và g/kgk.k.khô ta chỉ cần viết kcal/kg và g/kg nhưng ý nghĩa vẫn được hiểu là kg không khí khô.

$$d = 622 \frac{\varphi P_{\text{bh}}}{P_{\text{kq}} - \varphi P_{\text{bh}}}$$

$$I_{\text{âm}} = 0,24t + (597,3 + 0,44t) \cdot d/1000$$

Trong 2 phương trình này, ta thấy ngoài 5 yếu tố  $t, \varphi, I, d$  và  $P_{bh}$  còn có 1 yếu tố thứ 6 là áp suất khí quyển  $P_{kq}$ . Vì thế mỗi biểu đồ  $I-d$  phải được lập ra với một trị số áp suất khí quyển nhất định. Thông thường người ta lập với trị số áp suất khí quyển  $P_{kq} = 745 \text{ mmHg}$  và  $760 \text{ mmHg}$ .

Hình 1.2 là biểu đồ  $I-d$ . Trên trục tung người ta ghi các trị số nhiệt dung  $I$  của không khí ẩm, còn trục hoành là các trị số của dung ẩm  $d$ . Để cho đường biểu diễn của biểu đồ không xít vào nhau, người ta xoay trục hoành  $d$  để nó tạo với trục tung một góc khoảng  $\frac{3}{4}\pi$  ( $135^\circ$ ).

Các đường nhiệt dung  $I = \text{const}$  đi xiên song song với trục hoành  $d$ , còn các đường dung ẩm  $d = \text{const}$  thì có hướng thẳng đứng song song với trục tung  $I$ . Để cho kích thước biểu đồ được gọn gàng, thông thường trên hình vẽ không thể hiện trục  $d$  thực (tức trục  $d$  xiên góc) mà chỉ có trục hoành phụ trợ hợp với trục tung một góc  $90^\circ$  như những hệ trục vuông góc khác và trên trục ấy người ta chiếu tỉ lệ xích của các trị số dung ẩm  $d$  từ trục  $d$  xiên góc xuống.

Ngoài các đường  $I = \text{const}$  và  $d = \text{const}$ , trên biểu đồ  $I-d$  còn có các đường đẳng nhiệt độ  $t = \text{const}$  và độ ẩm tương đối  $\varphi = \text{const}$ . Các đường  $t = \text{const}$  là những đường thẳng gần song song nhau, hướng chếch lên trên; tại phía gốc của mỗi đường người ta ghi trị số nhiệt độ của nó. Các đường  $\varphi = \text{const}$  là những đường cong biểu thị mức độ no hơi nước của không khí xếp lần lượt từ trên xuống dưới theo trị số  $\varphi$  tăng dần. Đường  $\varphi = 100\%$  hay còn gọi là đường bão hòa ở dưới cùng và chia biểu đồ thành 2 vùng: các điểm nằm ở vùng bên trên đường  $\varphi = 100\%$  đặc trưng cho trạng thái không khí không bão hòa hơi nước, các điểm nằm dưới đường  $\varphi = 100\%$  biểu thị trạng thái thừa hơi nước trong không khí, tại đó hơi nước thừa sẽ ngưng tụ thành nước và tách ra khỏi không khí để đưa không khí trở về trạng thái bão hòa. Do đó ta gọi vùng này là "vùng ngưng kết" hay "vùng sương mù". Các điểm nằm trong vùng này không ổn định mà có xu hướng chuyển dịch về phía đường  $\varphi = 100\%$ , khi đó hơi nước thừa ngưng đọng thành nước, tách khỏi không khí.

Khi áp suất khí quyển tăng cao thì đường bão hòa  $\varphi = 100\%$  trên biểu đồ  $I-d$  chuyển dịch về phía trên, ngược lại, khi áp suất khí quyển giảm thì đường  $\varphi = 100\%$  dịch xuống dưới. Áp suất khí quyển thay đổi trong phạm vi  $\pm 20 \text{ mmHg}$  thì sự dịch chuyển ấy không đáng kể, ta sử dụng biểu đồ  $I-d$  và  $P_{kq}$  đã lập vẫn bảo đảm độ chính xác cho phép.

Ở phía dưới biểu đồ  $I-d$  người ta vẽ đường biểu diễn áp suất riêng của hơi nước  $P_{hn}$  trong không khí ẩm.

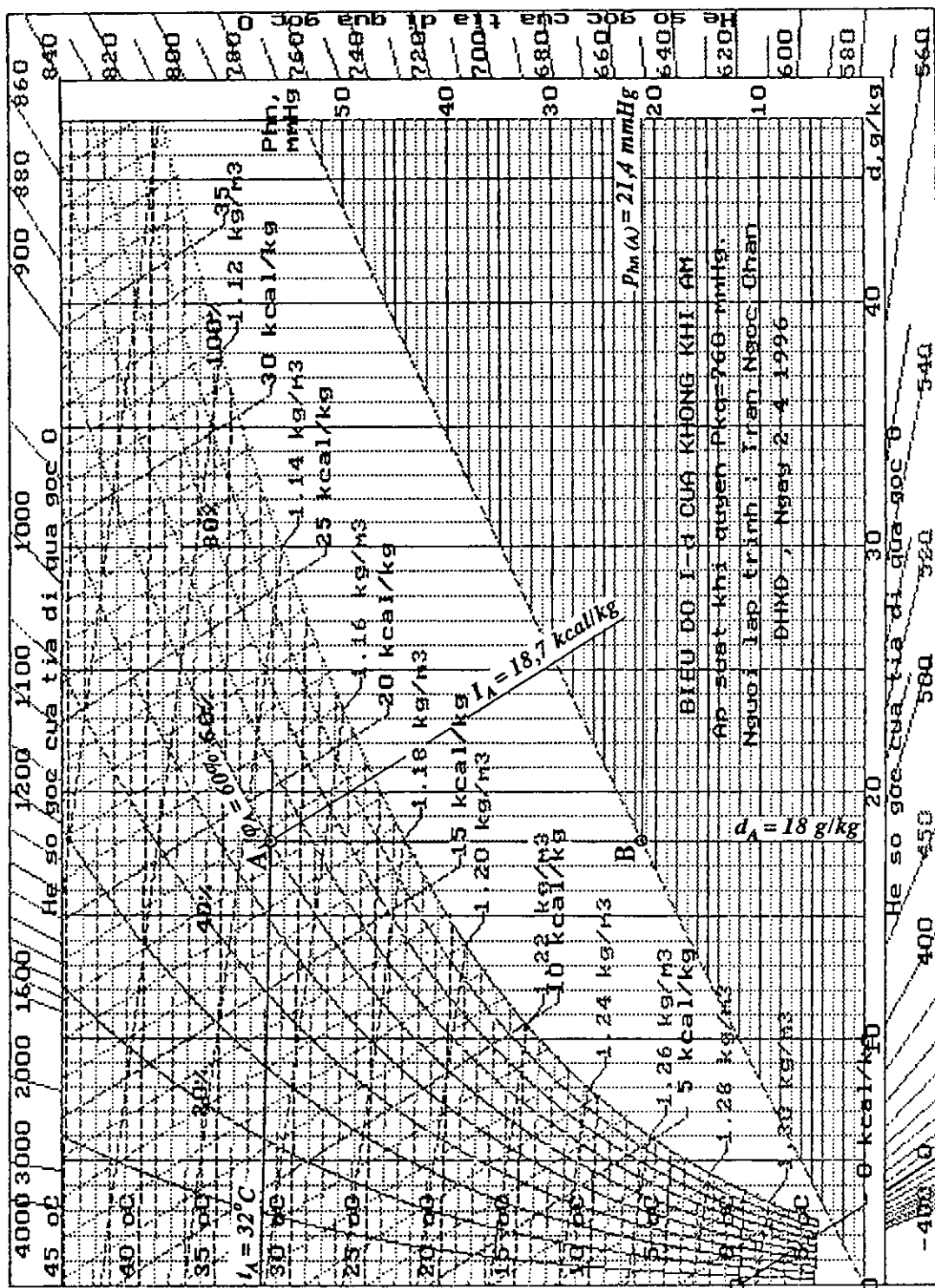
Một điểm bất kỳ nào trên biểu đồ  $I-d$  cũng đặc trưng cho một trạng thái vật lý nhất định của không khí. Thật vậy, nếu  $A$  là điểm đặc trưng cho một trạng thái không khí nào đó, thì ứng với trạng thái không khí đó ta sẽ có nhiệt độ  $t_A$ , và áp suất riêng của hơi nước  $P_{hn}^A$  (trị số  $P_{hn}^A$  tìm được bằng cách vạch qua  $A$  đường  $d = \text{const}$ , đường này cắt đường áp suất riêng của hơi nước tại  $B$ , từ  $B$  dóng về bên phải lên thước tỉ lệ của  $P_{hn}$ , ta được trị số  $P_{hn}^A$ , mmHg).

Ví dụ: Cho biết không khí có  $t = 32^\circ\text{C}$ , độ ẩm  $\varphi = 60\%$ , tìm dung ẩm, nhiệt dung và áp suất riêng của hơi nước, biết  $P_{kq} = 760 \text{ mmHg}$ .

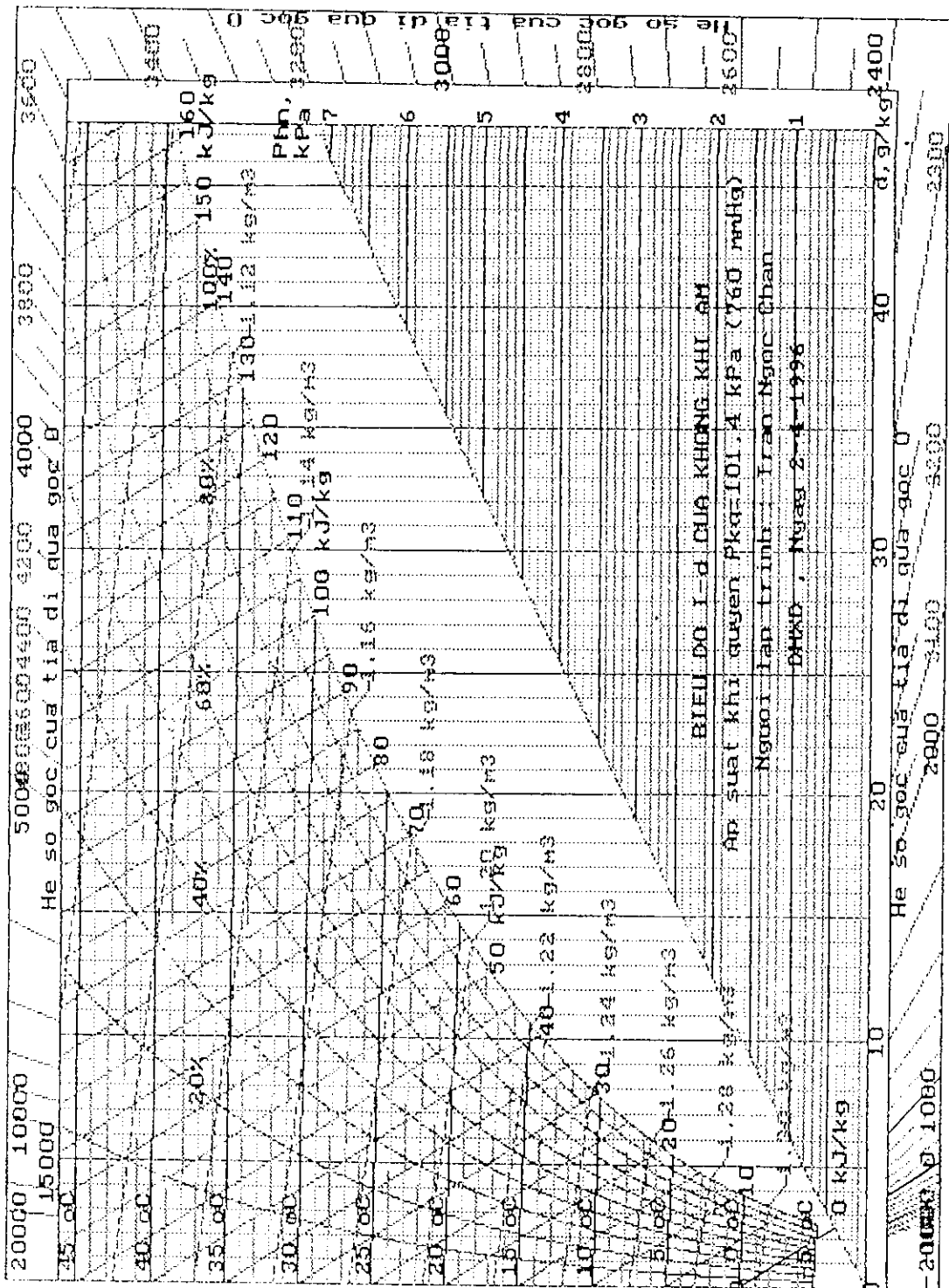
Dùng biểu đồ  $I-d$  lập cho áp suất  $P_{kq} = 760 \text{ mmHg}$  ta tìm được giao điểm  $A$  của đường  $t = 32^\circ\text{C}$  và  $\varphi = 60\%$ . Tại điểm đó ta đọc được các trị số  $d_A = 18 \text{ g/kg}$ ;  $I_A = 18,7 \text{ kcal/kg}$  và  $P_{hn(A)} = 21,4 \text{ mmHg}$  (hình 1.2a).

Ta có thể kiểm tra lại bằng các phép tính số học như sau:

Dùng bảng tính chất của không khí ẩm để tra ra áp suất riêng của hơi nước bão hòa:  
 $t = 32^\circ\text{C} \rightarrow P_{bh} = 35,66 \text{ mmHg}$ .



Hình 1.2a : Biểu đồ I-d của không khí ẩm



Hình 1.2b : Biểu đồ I-d của không khí ẩm với đơn vị nhiệt dung I theo kJ/kg và áp suất P : kPa.

Từ công thức (1-11) :

$$d = 622 \frac{\varphi P_{bh}}{P_{kq} - \varphi P_{bh}} = 622 \frac{0,6 \cdot 35,66}{760 - 0,6 \cdot 35,66} = 17,975 \text{ g/kg.}$$

Thay trị số d vừa tính vào (1-20) :

$$I = 0,24t + (597,3 + 0,44t) d/1000$$

$$= 0,24 \cdot 32 + (597,3 + 0,44 \cdot 32) \cdot 17,975/1000 = 18,67 \text{ kcal/kg}$$

Đối chiếu với cách tính bằng phương pháp tra biểu đồ ta thấy kết quả sai khác nhau không đáng kể.

### 1.2.2. Cách thiết lập biểu đồ I-d

#### 1. Thiết lập đường đẳng nhiệt $t = const$

Từ phương trình nhiệt dung của không khí ẩm (1-20) ta có thể viết :

$$I = ad + b \tag{1-20'}$$

Trong đó :

$$a = (597,3 + 0,44t) \cdot d/1000$$

và  $b = 0,24t$

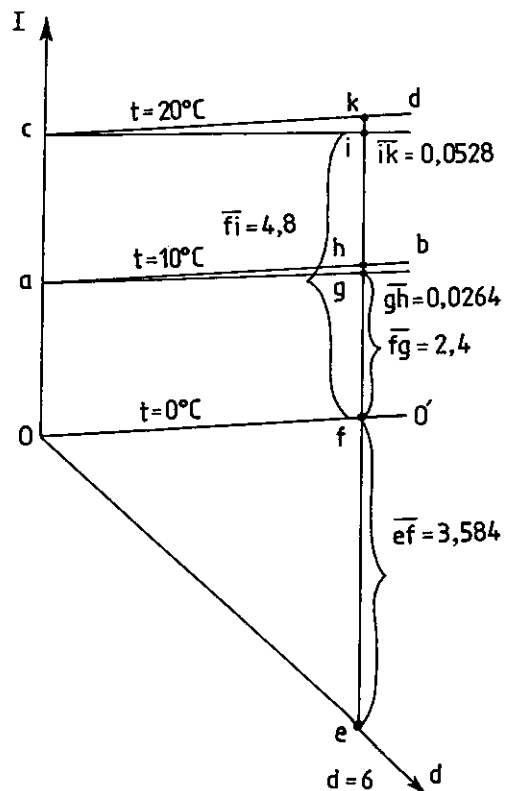
Ứng với một giá trị t nhất định thì biểu thức (1-20') là phương trình đường thẳng trong hệ tọa độ I-d mà a là hệ số góc và b là tung độ tại gốc. Hệ số góc a thay đổi theo t, do đó các đường  $t = const$  không song song nhau mà có xu hướng nghiêng dần về phía trên với độ lệch nghiêng không lớn lắm.

Khi  $t = 0^\circ\text{C}$  phương trình chỉ còn lại :

$$I = 597,3 \frac{d}{1000}, \text{ kcal/kg}$$

Trên biểu đồ I-d (hình 1.3) biểu thức này được biểu diễn bằng đường oo' đi qua gốc tọa độ. Tỷ lệ xích của I và d trong biểu đồ I-d cần chọn thế nào để đường biểu diễn đẳng nhiệt  $t = 0^\circ\text{C}$  lệch một góc không lớn lắm so với đường nằm ngang. Nếu ta lần lượt cho t những trị số khác nhau ta sẽ lập được các đường biểu diễn của I phụ thuộc vào d tương ứng với những trị số của t và cứ như thế ta có được tất cả các đường đẳng nhiệt độ.

Trong công thức nhiệt dung I có thể phân thành 3 thành phần :



Hình 1.3



$$I_1 = 597,3 \cdot d/1000, \text{ kcal/kg}$$

$$I_2 = 0,24t, \text{ kcal/kg}$$

$$I_3 = 0,44t \cdot d/1000, \text{ kcal/kg}$$

$I_1$ - Nhiệt dung cần thiết để  $d$  gam hơi nước trong không khí ẩm từ lúc còn là thể nước bốc thành hơi ở nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$ .

$I_2$ - Nhiệt lượng để đun nóng 1 kg không khí khô từ  $0^\circ\text{C}$  đến  $t^\circ\text{C}$

$I_3$ - Nhiệt lượng để đun nóng  $d$  gam hơi nước từ  $0^\circ\text{C}$  đến  $t^\circ\text{C}$ .

Trên hình (1.3) hai đường  $ab$  và  $cd$  là hai đường đẳng nhiệt độ ứng với  $t = 10^\circ\text{C}$  và  $t = 20^\circ\text{C}$ .

Giả sử khi  $t = 10^\circ\text{C}$  ta lấy  $d = 6 \text{ g/kg}$  thì

$$I_1 = 597,3 \cdot 6/1000 = 3,584 \text{ kcal/kg (đoạn ef)}$$

$$I_2 = 0,24 \cdot 10 = 2,4 \text{ kcal/kg (đoạn fg)}$$

$$I_3 = 0,44 \cdot 10 \cdot 6/1000 = 0,0264 \text{ kcal/kg (đoạn gh)}$$

Tương tự, khi  $t = 20^\circ\text{C}$  và  $d = 6 \text{ g/kg}$  ta có :

$$I'_3 = 0,0528 \text{ kcal/kg} = 2I_3$$

tức đoạn  $ik$  gấp 2 lần đoạn  $gh$ , chứng tỏ đường  $cd$  dốc về phía trên nhiều hơn so với đường  $ab$ .

## 2. Thiết lập đường áp suất riêng của hơi nước.

Trên cơ sở công thức (1-11) ta có :

$$P_{hn} = \frac{d P_{kq}}{622 + d}, \quad \text{mmHg}$$

Dựa vào phương trình này trên biểu đồ  $I-d$  ta có thể chọn một trục tung  $P_{hn}$  về phía bên phải, còn trục hoành là trục  $d$  phụ trợ vuông góc như trên biểu đồ  $I-d$  đã có sẵn, sau đó ta cho các trị số khác nhau của  $d$ , tính ra  $P_{hn}$  và vẽ thành đường cong  $P_{hn}$  (hình 1.2a).

## 3. Thiết lập đường $\varphi = \text{const}$

Áp suất hơi nước bão hòa  $P_{bh}$  là hàm số của nhiệt độ  $T$ . Trong thực tế người ta dùng phương pháp thực nghiệm để lập ra các biểu thức liên hệ giữa  $P_{bh}$  và  $T$  hoặc lập ra các bảng trị số đặc tính hơi nước bão hòa phụ thuộc theo nhiệt độ của nó.

Sự liên hệ giữa áp suất riêng của hơi nước bão hòa  $P_{bh}$  và nhiệt độ tuyệt đối  $T$  trong khoảng nhiệt độ từ  $0 \div 100^\circ\text{C}$  theo tài liệu của Giáo sư M. P. Vukalovit được thể hiện bằng biểu thức :

$$\begin{aligned} \lg P_{bh} = & 0,0141966 + 8,2 \lg \frac{373,15}{T} - 3,142305 \left[ \frac{10^3}{T} - \frac{10^3}{373,15} \right] \\ & - 0,0024804 (373,15 - T) \end{aligned} \quad (1-21)$$

Trong đó :

$P_{bh}$ - Tính theo  $\text{kG/cm}^2$

$T$ - Nhiệt độ tuyệt đối của hơi nước bão hòa,  $T = 273,15 + t \text{ }^\circ\text{K}$

Trong phạm vi nhiệt độ  $t = 20 \div 40^\circ\text{C}$  ta có thể áp dụng công thức đơn giản sau đây :

$$\lg P_{bh} = 9,97 - \frac{2220}{T} \quad (1-21'')$$

Ứng với trị số nhiệt độ  $t$ , có thể theo công thức (1-21) hoặc (1-21') hoặc theo bảng đã lập sẵn xác định trị số áp suất riêng của hơi nước trong không khí có  $\varphi = 100\%$  và nhiệt độ  $t$ .

Ví dụ : Nếu áp suất khí quyển  $P_{kq} = 760 \text{ mmHg}$  và  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  thì  $P_{bh(1)} = 0,01252 \text{ kg/cm}^2 = 9,209 \text{ mmHg}$ .

Theo công thức (1-11) ta tìm được :

$$d_1 = 622 \cdot \frac{1 \cdot 9,209}{760 - 1 \cdot 9,209} = 7,629 \text{ g/kg}$$

Trên hệ tọa độ  $I-d$  ta vẽ đường thẳng đứng đi qua trị số  $d_1 = 7,629$ , đường này cắt đường đẳng nhiệt độ  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  ở điểm A. Như vậy A nằm trên đường  $\varphi = 100\%$  (hình 1.4).

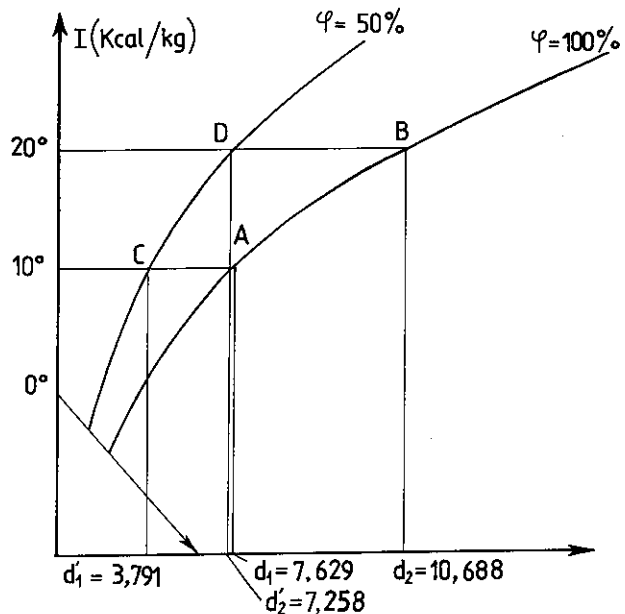
Cũng tương tự như vậy tính toán cho đường thẳng  $t_2 = 20^\circ\text{C}$  kết quả được là :  $P_{bh(2)} = 17,533 \text{ mmHg}$  và  $d_2 = 14,688 \text{ g/kg}$  và từ đó ta xác định được điểm B. Tập hợp các điểm A, B ... ta có đường cong  $\varphi = 100\%$ .

Để vẽ đường  $\varphi$  có giá trị bất kì, ví dụ  $\varphi = 50\%$  chẳng hạn, ta cũng áp dụng cách tính toán theo công thức (1-11) như trên, cụ thể là : Ứng với  $t_1 = 10^\circ\text{C} \rightarrow d'_1 = 622 \frac{0,5 \cdot 9,209}{760 - 0,5 \cdot 9,209} = 3,791 \text{ g/kg}$ . Từ trục hoành lấy giá trị  $d'_1 = 3,791$  và dóng thẳng đứng lên gặp đường  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  ở điểm C. Tương tự như vậy, khi  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ , ta có  $d'_2 = 7,258$  và ta xác định được điểm D. Tập hợp các điểm C, D .... cho ta đường cong  $\varphi = 50\%$ .

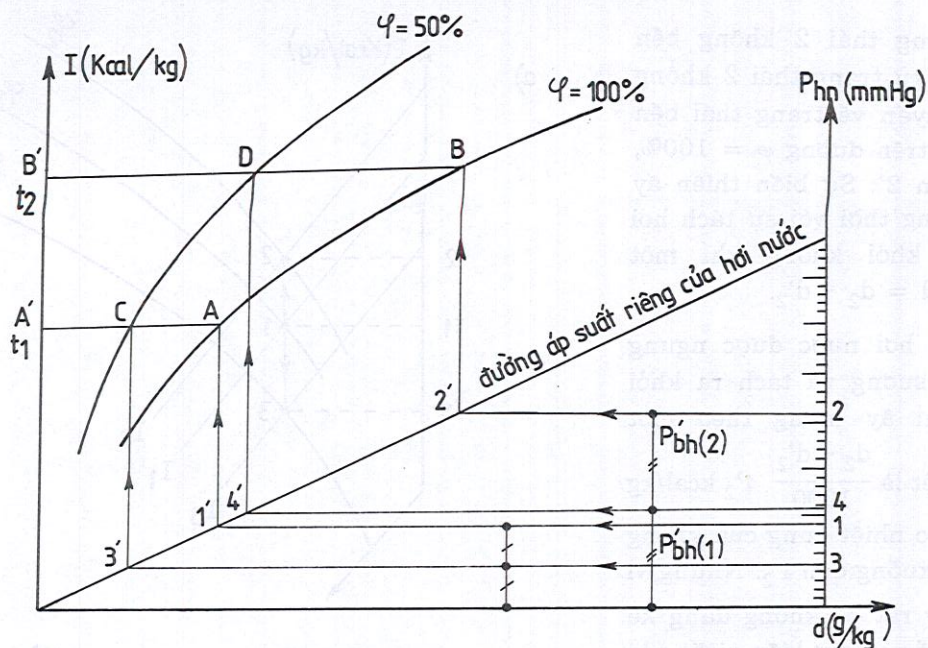
Ta còn có thể thiết lập các đường  $\varphi = \text{const}$  theo cách khác dựa vào đường  $t = \text{const}$  và đường cong áp suất riêng của hơi nước như sau : cho  $t = t_1$  ta tính hoặc tra ra trị số  $P_{bh(1)}$  và tương ứng với trị số này trên trục  $P_{bh}$  (điểm 1 hình 1.5) ta dóng sang trái theo đường 1-1' rồi dóng thẳng đứng cho đến điểm giao nhau với đường  $t_1 = \text{const}$  tại điểm A.

Tương tự như vậy, cho  $t = t_2$  ta sẽ có điểm B v.v... Tập hợp các điểm A, B, ... là đường cong  $\varphi = 100\%$ . Để vẽ đường cong  $\varphi$  có giá trị bất kì, ta cũng tiến hành tương tự như trên nhưng thay vì giá trị  $P_{bh}$ , ta dùng trị số  $P_{hn} = \varphi \cdot P_{bh}$  (theo định nghĩa của  $\varphi$  - công thức 1-9).

Ví dụ : Để vẽ đường cong  $\varphi = 50\%$ , trên trục  $P_{hn}$  ta lấy điểm 3 với  $P_{hn(3)} = 0,5 P_{hn(1)}$  và điểm 4 với  $P_{hn(4)} = 0,5 P_{hn(2)}$ . Từ các điểm 3,4 dóng ngang sang đường áp suất riêng của hơi nước ta có các điểm 3', 4' và dóng thẳng đứng lên gặp các đường  $t_1$  và  $t_2$  một cách tương ứng ta sẽ có các



Hình 1.4



Hình 1.5

điểm C, D. Tập hợp các điểm C, D, ... ta được đường cong  $\varphi = 50\%$ . Vì đường áp suất riêng của hơi nước có độ cong rất bé tức là gần như đường thẳng, nên một cách gần đúng ta có thể xem C và D là trung điểm của các đoạn  $AA'$  và  $BB'$  (vì  $\varphi_{C,D} = 50\%$ ).

Trên hình 1.2b là biểu đồ I-d của không khí ẩm với đơn vị đo nhiệt dung là kJ/kg và đơn vị đo áp suất là kPa.

### 1.3. BIỂU DIỄN QUÁ TRÌNH THAY ĐỔI TRẠNG THÁI KHÔNG KHÍ TRÊN BIỂU ĐỒ I-d

#### 1.3.1. Quá trình sấy nóng và làm lạnh

Quá trình thay đổi trạng thái của không khí khi sấy nóng và làm lạnh mà không có sự thay đổi dung ẩm được thể hiện trên biểu đồ I-d bằng đường thẳng đứng, tức là đường  $d = \text{const}$ .

Nếu không khí có trạng thái ban đầu đặc trưng bằng điểm 1 ( $t_1, \varphi_1$ ) được sấy nóng trong bình trao đổi nhiệt thì quá trình ấy sẽ được biểu diễn bằng đường thẳng đứng hướng từ dưới lên trên đi qua điểm 1 (hình 1.6a), nếu làm lạnh thì có chiều ngược lại (hướng xuống dưới). Nếu ta tiếp tục làm lạnh không khí rẽ tới điểm 3 là điểm gặp nhau của đường thẳng đứng đi qua điểm 1 với đường  $\varphi = 100\%$ . Điểm 3 là điểm sương vì nó cho ta biết được nhiệt độ điểm sương của trạng thái không khí 1.

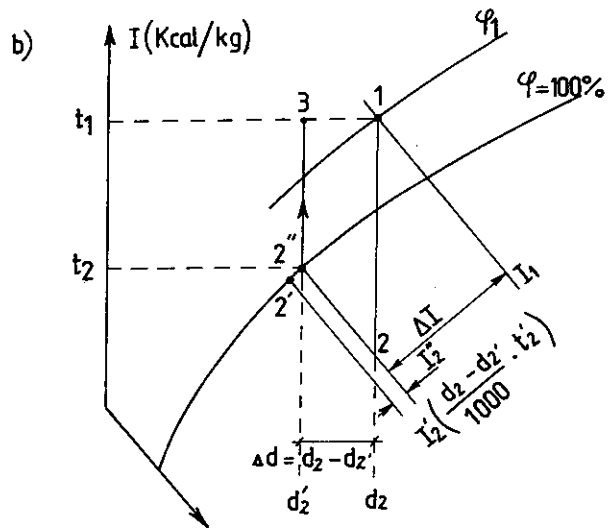
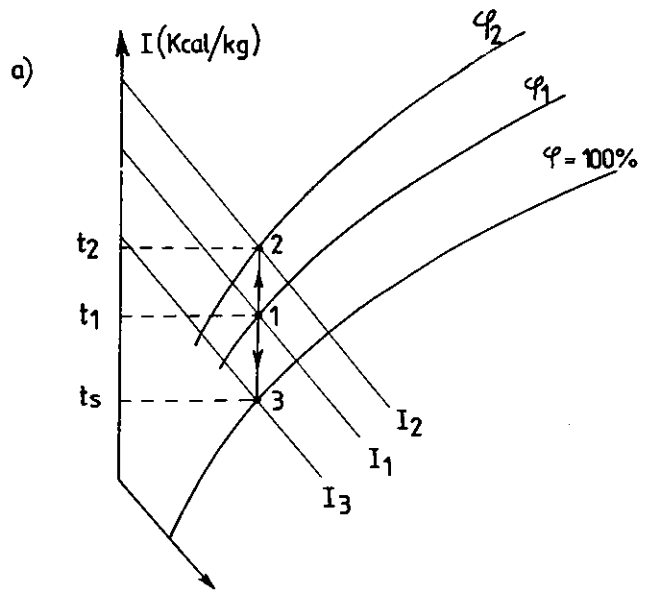
Làm lạnh không khí bão hòa xuống thấp hơn điểm sương (thấp hơn điểm 3) sẽ xảy ra hiện tượng đọng sương do hơi nước ngưng kết và đọng lại thành những hạt sương và tách ra khỏi không khí. Do đó không khí phần nào được làm khô. Ví dụ : Nếu không khí ở trạng thái 1 (xem hình 1.6b) bị làm lạnh tức là bị lấy đi một lượng nhiệt  $\Delta I = I_1 - I_2$  thì trạng thái không khí sau khi làm lạnh sẽ xác định bằng điểm 2 nằm trong miền sương mù. Nhưng

bởi vì trạng thái 2 không bền vững, nên từ trạng thái 2 không khí sẽ chuyển về trạng thái bền vững hơn trên đường  $\varphi = 100\%$ , đó là điểm 2'. Sự biến thiên ấy xảy ra đồng thời với sự tách hơi nước ra khỏi không khí một lượng :  $\Delta d = d_2 - d'_2$ .

Lượng hơi nước được ngưng tụ thành sương và tách ra khỏi không khí ấy mang theo một lượng nhiệt là  $\frac{d_2 - d'_2}{1000} t'_2$  kcal/kg và làm cho nhiệt dung của không khí giảm xuống đến  $I'_2$ . Nhưng vì lượng này rất bé không đáng kể nên có thể xem sự biến vị ấy xảy ra với nhiệt dung không đổi tức là biến vị theo đường  $I_2 = \text{const}$  và trạng thái cuối sẽ là 2".

Nếu bây giờ ta nung nóng không khí từ trạng thái 2" đến nhiệt độ ban đầu của nó là  $t_1$ , chúng ta sẽ có không khí khô hơn so với trạng thái 1 (điểm 3).

Từ biểu đồ I-d ta thấy rất rõ ràng : khi sấy nóng không khí độ ẩm tương đối của nó sẽ giảm đi, còn khi làm lạnh độ ẩm tương đối sẽ tăng lên. Lượng nhiệt Q kcal dùng để sấy nóng L kg không khí từ từ trạng thái 1 đến trạng thái 2 (hình 1.6) là :



Hình 1.6

$$Q = L (I_2 - I_1) = L [0,24 (t_2 - t_1) + 0,44 (t_2 - t_1)] \frac{d_1}{1000}, \text{ kcal} \quad (1-22)$$

Trong nhiều trường hợp đại lượng  $0,44 (t_2 - t_1) \frac{d_1}{1000}$  rất bé nên ta có thể bỏ qua. Lúc đó phương trình (1-22) chỉ còn lại :

$$Q = L \cdot 0,24 (t_2 - t_1), \text{ kcal} \quad (1-22')$$

### 1.3.2. Các quá trình hòa trộn không khí

Trong nhiều trường hợp, để tiết kiệm nhiệt về mùa đông người ta cần phải hòa trộn không khí lạnh bên ngoài với không khí ấm bên trong nhà. Ngoài ra, sự hòa trộn còn gặp

khí không khí thổi vào lan tỏa rộng ra khắp phòng và trộn lẫn với không khí trong phòng. Những quá trình hòa trộn như vậy thể hiện rõ ràng được trên biểu đồ I-d.

Giả sử rằng không khí có trạng thái  $I_1, d_1$  mà phần khô của nó nặng  $n_1$  kg hòa trộn với không khí có trạng thái  $I_2, d_2$  và trọng lượng phần khô là  $n_2$  kg. Ta tìm cách xác định các thông số của hỗn hợp.

Lập phương trình cân bằng nhiệt : Ta giả thiết rằng trong quá trình hòa trộn không khí không bị thay đổi về nhiệt (có nghĩa là không khí bị rút đi cũng như không cấp thêm nhiệt từ bên ngoài vào) do đó lượng nhiệt tổng cộng chứa trong 2 khối không khí đó trước và sau khi hòa trộn không thay đổi.

Lượng nhiệt tổng cộng trước khi hòa trộn :

$$n_1 I_1 + n_2 I_2, \quad \text{kcal}$$

Sau khi hòa trộn trọng lượng phần khô của hỗn hợp sẽ là  $n_1 + n_2$  kg và lượng nhiệt chứa trong hỗn hợp ấy sẽ là :  $(n_1 + n_2) I_{hh}$  kcal

Trong đó :  $I_{hh}$  - Nhiệt dung của hỗn hợp, kcal/kg

Ta có phương trình cân bằng sau :

$$n_1 I_1 + n_2 I_2 = (n_1 + n_2) I_{hh} \quad (1-23)$$

Cũng lập luận như trên ta có phương trình cân bằng ẩm :

$$n_1 d_1 + n_2 d_2 = (n_1 + n_2) d_{hh} \quad (1-24)$$

Trong đó :  $d_{hh}$  - Dung ẩm của hỗn hợp g/kg

Từ phương trình (1-23) và (1-24) ta suy ra :

$$\frac{I_1 - I_{hh}}{I_{hh} - I_2} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

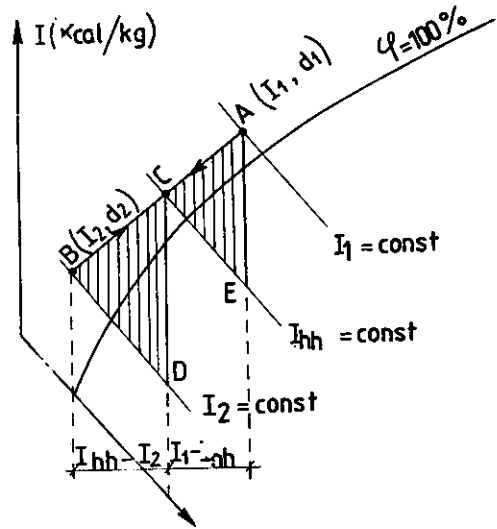
và

$$\frac{d_1 - d_{hh}}{d_{hh} - d_2} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

vậy

$$\frac{I_1 - I_{hh}}{I_{hh} - I_2} = \frac{d_1 - d_{hh}}{d_{hh} - d_2} = \frac{n_2}{n_1} = n \quad (1-25)$$

Ta nhận thấy rằng phương trình (1-25) là phương trình của một đường thẳng đi qua 3 điểm A ( $I_1, d_1$ ), B ( $I_2, d_2$ ) và C ( $I_{hh}, d_{hh}$ ); tức là điểm C đặc trưng cho trạng thái không khí sau khi hòa trộn nằm trên đoạn thẳng nối liền 2 điểm A và B là các điểm đặc trưng cho trạng thái hai khối không khí trước khi hòa trộn hình 1.7.



Hình 1.7

Trên hình 1.7 ta xét 2 tam giác đồng dạng ACE và CBD. Ta có :

$$\frac{AC}{BC} = \frac{AE}{CD} = \frac{I - I_{hh}}{I_{hh} - I_2} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

$$\frac{AC + CB}{CB} = \frac{AB}{CB} = \frac{n + 1}{1} \rightarrow CB = \frac{AB}{n + 1} \quad (1-26)$$

Như vậy điểm C đặc trưng cho trạng thái của hỗn hợp không khí sau khi hòa trộn là điểm chia trong đoạn thẳng AB theo tỉ lệ  $1/(n + 1)$ ; điểm C nằm lệch về phía điểm đặc trưng cho khối khí có trọng lượng lớn hơn (giống như nguyên tắc tìm điểm đặt của hợp lực 2 lực song song nhau).

Một số ví dụ :

Ví dụ 1 : Không khí ở trạng thái 1 có phần khô nặng

$G_1 = 1000$  kg và  $t_1 = 15^\circ\text{C}$  ;  
 $\varphi_1 = 60\%$ .

Không khí ở trạng thái 2 có  
 $G_2 = 2500$  kg ;  $t_2 = 30^\circ\text{C}$  ;  $\varphi_2 = 50\%$  Tìm điểm hỗn hợp và trạng thái của nó biết áp suất khí quyển  $P = 760$  mmHg.

Giải :

Ta có  $n = \frac{2500}{1000} = 2,5$ .

Trên biểu đồ I-d ta xác định các điểm (hình 1.8) :

1- ứng với  $t_1 = 15^\circ\text{C}$  ;  $\varphi_1 = 60\%$ .

2- ứng với  $t_2 = 30^\circ\text{C}$  ;  $\varphi_2 = 50\%$ .

Nối 1 và 2 thành đoạn thẳng và chia đoạn 1-2 thành  $n + 1 = 2,5 + 1$  phần bằng nhau.

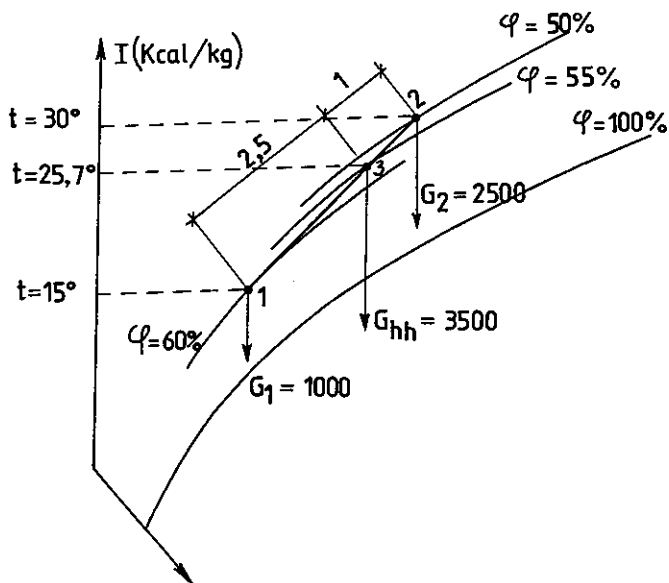
Điểm hỗn hợp 3 sẽ là điểm nằm cách 2 một đoạn bằng 1 đơn vị. Tại đó ta đọc được các thông số của hỗn hợp :

$$t_3 = 25,7^\circ\text{C} ; \varphi_3 = 55\% ; I_3 = 13 \text{ kcal/kg}$$

$$d_3 = 11,3 \text{ g/kg} ; G_3 = 3500 \text{ kg}$$

Ví dụ 2 : Cho 2 thể tích không khí  $V_1 = 10000 \text{ m}^3$ ,  $V_2 = 16000 \text{ m}^3$  với trạng thái như sau :  $t_1 = 16^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 50\%$  ;  $t_2 = 32^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 40\%$ . Áp suất khí quyển  $P_{kq} = 760$  mmHg.

Tìm các thông số của hỗn hợp.



Hình 1.8

Giải :

Vì ở đây lượng không khí cho theo thể tích cho nên trước hết phải tìm trọng lượng phần khô của chúng.

Dùng biểu đồ I-d ta xác định được áp suất riêng của hơi nước  $P_{hn}$  trong không khí ứng với các trạng thái (1) và (2) sau đó dùng công thức (1-16) xác định trọng lượng phần khô đơn vị (tức trọng lượng phần khô chứa trong  $1m^3$  không khí ẩm).

$$t_1 = 16^\circ C, \varphi_1 = 50\% \rightarrow P_{hn(1)} = 6,8 \text{ mmHg}$$

$$t_2 = 32^\circ C, \varphi_1 = 40\% \rightarrow P_{hn(2)} = 14,3 \text{ mmHg}$$

$$g_{khô(1)} = 0,465 \frac{P_{kq} - P_{hn}}{273 + t} = 0,465 \frac{760 - 6,8}{273 + 16} = 1,212 \text{ kg/m}^3 \text{ ẩm}$$

$$g_{khô(2)} = 0,465 \frac{760 - 14,3}{273 + 32} = 1,137 \text{ kg/m}^3 \text{ ẩm}$$

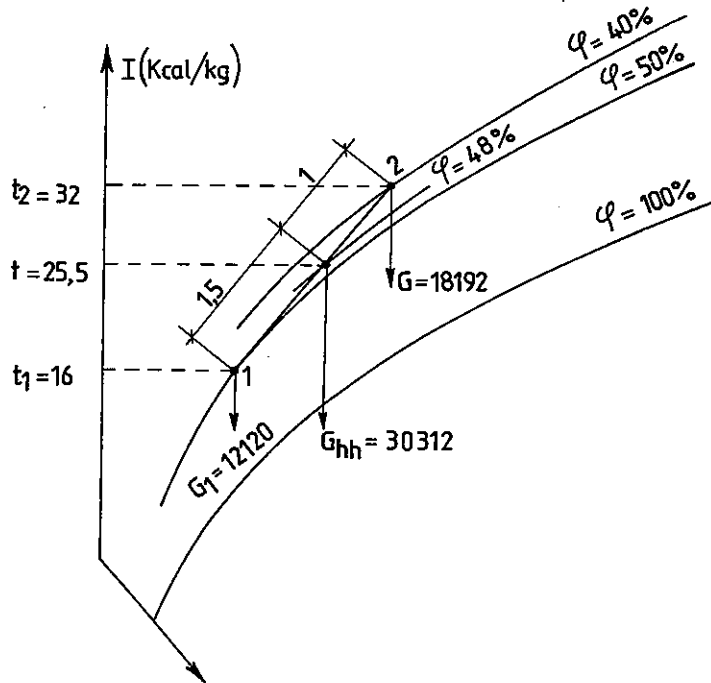
từ đó suy ra trọng lượng phần khô chứa trong khối khí 1 và 2 :

$$G_{khô(1)} = g_{khô(1)} \cdot V_1 = 1,212 \cdot 10000 = 12120 \text{ kg}$$

$$G_{khô(2)} = g_{khô(2)} \cdot V_2 = 1,137 \cdot 16000 = 18192 \text{ kg}$$

ta xác định tỉ số trọng lượng  $n = \frac{G_2}{G_1} = \frac{18192}{12120} \approx 1,50$

Vậy điểm đặc trưng cho trạng thái của không khí sau khi hòa trộn là điểm chia đoạn 1-2 theo tỉ lệ  $\frac{1}{1,5 + 1} = \frac{1}{2,5}$ . Tại điểm hỗn hợp đó ta có  $t_{hh} = 25,5^\circ C$ ;  $\varphi_{hh} = 48\%$ ;  $I_{hh} = 12 \text{ kcal/kg}$ ;  $d = 9,8 \text{ g/kg}$ ;  $G_{hh} = 30312 \text{ kg}$  (hình 1.9).



Hình 1.9

## 1.4. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC BIỆT TRÊN BIỂU ĐỒ I-d

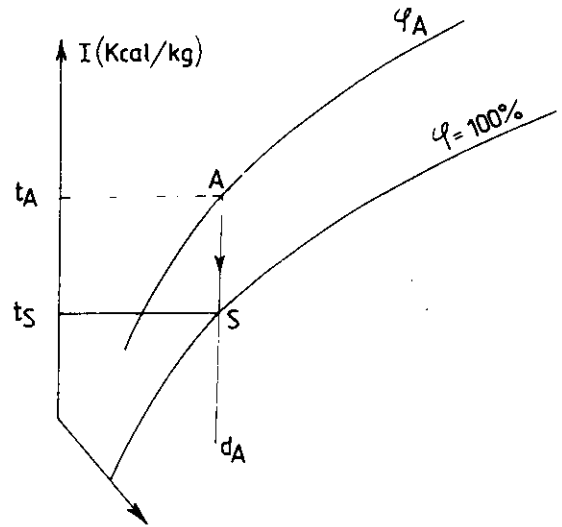
Ngoài 5 thông số  $t$ ,  $\varphi$ ,  $I$ ,  $d$  và  $P_{hn}$  ra, biểu đồ I-d còn cho phép ta xác định được các thông số đặc biệt khác của không khí, đó là nhiệt độ điểm sương và nhiệt độ điểm ướt.

### 1.4.1. Nhiệt độ điểm sương

Định nghĩa : Nhiệt độ điểm sương là nhiệt độ cần phải làm lạnh không khí để nó có được trạng thái bão hòa trong điều kiện dung ẩm không thay đổi ( $d = \text{const}$ ).

Nếu không khí sau khi đạt nhiệt độ ấy cứ tiếp tục làm lạnh nữa (dưới nhiệt độ điểm sương) thì hơi nước trong không khí bắt đầu ngưng tụ và tách ra khỏi không khí thành nước. kết quả vẫn được không khí bão hòa nhưng dung ẩm của nó giảm đi.

Nếu A là điểm đặc trưng cho một trạng thái ban đầu nào đó của không khí thì nhiệt độ điểm sương ứng với trạng thái A tìm được bằng cách vẽ qua A đường thẳng đứng ( $d = \text{const}$ ), đường này cắt đường  $\varphi = 100\%$  ở điểm S tại đó ta đọc được trị số nhiệt độ điểm sương  $t_s$  (hình 1.10).



Hình 1.10

### 1.4.2. Nhiệt độ ướt $t_u$

Khi ta dùng nhiệt biểu thông thường để đo nhiệt độ của không khí thì chỉ số của nhiệt biểu ấy gọi là "nhiệt độ khô", hoặc để gọn hơn, người ta chỉ gọi là nhiệt độ của không khí.

Cũng như nhiệt độ khô, nhiệt độ ướt là một trong những thông số đặc trưng cho trạng thái không khí. Để có khái niệm rõ về nhiệt độ này, ta quan sát quá trình tác dụng tương hỗ giữa không khí và nước

Không khí chưa bão hòa tiếp xúc với bề mặt của lớp nước mỏng thì sẽ xảy ra hiện tượng trao đổi nhiệt và trao đổi chất (hơi nước) giữa lớp nước và không khí. Sự trao đổi ấy có chiều về phía thế năng thấp, nếu nhiệt độ của nước thấp hơn nhiệt độ của không khí nhưng lớn hơn nhiệt độ điểm sương của nó thì sự trao đổi nhiệt sẽ đi từ không khí vào nước, còn trao đổi hơi nước : từ lớp nước vào không khí (tức là nước bốc hơi) vì áp suất riêng của hơi nước trên bề mặt nước cao hơn áp suất riêng của hơi nước trong khối không khí tiếp xúc. Trong quá trình bay hơi, nước tiêu thụ một lượng nhiệt, lượng nhiệt này chính do sự truyền nhiệt từ không khí vào nước cung cấp.

Nếu trong quá trình tiếp xúc với nước, không khí có trạng thái không thay đổi theo thời gian (điều này có thể thực hiện được bằng cách liên tục cho không khí có trạng thái nhất định đi qua bề mặt nước) và bình chứa nước có thành cách nhiệt thì đến một lúc nào đó nhiệt độ của nước sẽ đạt tới trị số nhất định  $\tau$  và nó dừng lại ở trị số  $\tau$  này khi lượng nhiệt truyền từ không khí vào nước cân bằng với lượng nhiệt tiêu thụ cho sự bốc hơi nước. Trị số  $\tau$  bao giờ cũng thấp hơn nhiệt độ ban đầu của không khí và càng thấp khi không khí càng khô, tức  $\varphi$  càng bé (hình 1.11)



Sau khi nước đạt đến trị số  $\tau$ , ta tiến hành cách nhiệt hoàn toàn khối không khí với không gian xung quanh và nếu lượng nước trong bình đủ lớn, ta sẽ thấy nhiệt độ của không khí giảm dần, dung ẩm và độ ẩm tương đối tăng, trong khi ấy nhiệt độ nước vẫn giữ ở trị số  $\tau$  không thay đổi. Quá trình thay đổi trạng thái của không khí sẽ hoàn thành khi độ ẩm của nó đạt tới  $\varphi = 100\%$  và nhiệt độ đạt tới nhiệt độ  $\tau$  của nước.  $\tau$  gọi là nhiệt độ giới hạn làm lạnh của không khí. Mỗi trạng thái của không khí có giới hạn làm lạnh  $\tau$  nhất định.

Vì  $t > \tau$  nên không khí nhường cho nước lượng nhiệt hiện  $Q_h$ , lượng nhiệt này làm bốc hơi nước vào không khí và chính hơi nước hoàn lại cho không khí một lượng nhiệt ẩn chứa trong lượng hơi nước bốc vào không khí  $Q_a \approx Q_h$ . Do đó nhiệt dung của không khí gần như không thay đổi. Quá trình thực hiện cho tới khi  $\varphi = 100\%$ . Người ta gọi quá trình trên là quá trình *bão hòa đoạn nhiệt* hoặc *làm ẩm đoạn nhiệt*.

Thực ra quá trình đoạn nhiệt đúng với tính chất của nó thì lượng nhiệt  $Q$  truyền vào nước và từ nước vào không khí phải thỏa mãn phương trình của định luật thứ nhất Nhiệt động học :

$$dQ = dU + Adl = 0 \quad \text{và} \quad \int_1^2 dQ = 0$$

Trong đó :  $dQ$ - Lượng nhiệt mà hệ thống nhận được  
 $dU$ - Độ gia tăng nội năng của hệ thống tính theo đơn vị nhiệt  
 $dl$ - Công do hệ thống sản ra

$$A\text{-} \text{Đương lượng nhiệt của công } A = \frac{1}{426,45} \quad \text{kcal/kGm}$$

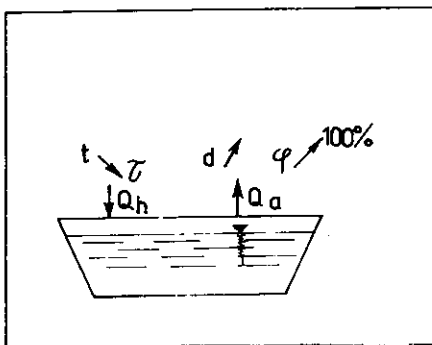
Còn ở đây, trong các điều kiện bão hòa ta đang xét, đại lượng  $\int_1^2 dQ$  đối với toàn bộ quá trình thực sự triệt tiêu. Thế nhưng đại lượng  $dQ$  không thể bằng 0 bởi vì không khí không ngừng truyền cho nước nhiệt lượng  $dQ = C_p dt$  và đồng thời liên tục nhận về lượng nhiệt  $dQ = i \cdot d(d)$ .

Tuy vậy, danh từ bão hòa "đoạn nhiệt" hoặc làm ẩm "đoạn nhiệt" về sau ta vẫn tiếp tục dùng bởi vì nó đã quá thông dụng trong sách vở tài liệu kĩ thuật và quá trình ấy gần giống như quá trình đoạn nhiệt.

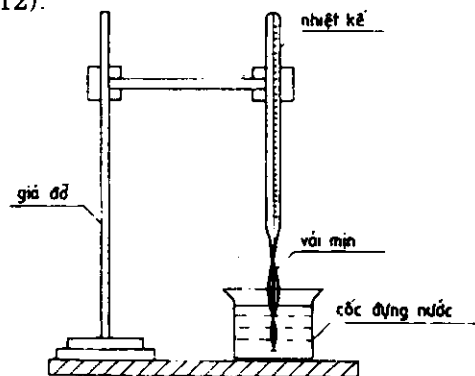
Để đo nhiệt độ  $\tau$  người ta dùng một nhiệt biểu có bầu thủy ngân được bọc lớp vải mịn hoặc bông vải cuộn thành bấc và nhúng vào một cốc đựng nước.

Nhờ hiện tượng mao dẫn, nước bị hút lên lớp vải bọc quanh bầu thủy ngân và làm ướt lớp vải liên tục.

Nhiệt biểu như vậy gọi là nhiệt biểu ướt (hình 1.12).



Hình 1.11



Hình 1.12

Đặt nhiệt biểu ướt vào môi trường không khí, lập tức xảy ra sự trao đổi nhiệt và hơi nước giữa bề mặt bầu thủy ngân với môi trường xung quanh. Nhiệt độ của nước sẽ giảm dần, đến lúc nào đó sẽ đạt đến trị số cố định  $t_u$ , lúc đó nhiệt biểu chỉ  $t_u$ . Hiện tượng này tương tự như hiện tượng bão hòa "đoạn nhiệt" vừa nghiên cứu trên và giá trị  $t_u$  được gọi là nhiệt độ ướt của không khí.

Như vậy trị số  $t_u$  về mặt lý thuyết phải bằng nhiệt độ giới hạn làm lạnh  $\tau$ . Nếu không khí xung quanh bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt chuyển động với vận tốc đủ lớn để quá trình bốc hơi xảy ra một cách nhanh chóng và triệt để thì trị số  $t_u$  đo được càng chính xác.

Như trên đã nói, trong quá trình làm ẩm đoạn nhiệt, nhiệt dung của không khí hầu như không thay đổi. Do đó để xác định nhiệt độ ướt của không khí được đặc trưng bởi điểm A trên biểu đồ I-d, ta vẽ qua A đường  $I_A = \text{const}$ , đường này cắt đường  $\varphi = 100\%$  tại điểm M và nó cho ta trị số  $t_u = \tau$  cần tìm (hình 1.13).

Vậy có thể nói : Nhiệt độ ướt của không khí là nhiệt độ mà không khí nhận được khi biến thành không khí bão hòa trong quá trình bốc hơi nước với điều kiện "đoạn nhiệt".

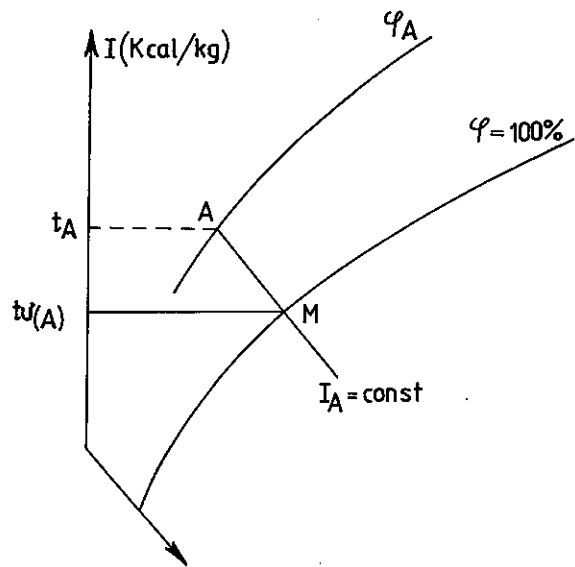
Từ hình 1.13 ta dễ dàng nhận thấy : ở cùng nhiệt độ nếu không khí có độ ẩm tương đối càng bé (tức không khí càng khô) thì nhiệt độ ướt của nó càng thấp.

## 1.5. TÁC DỤNG CỦA MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ ĐỐI VỚI CƠ THỂ CON NGƯỜI VÀ SẢN XUẤT

### 1.5.1. Ý nghĩa của vấn đề

Như ta đã biết, do sự hô hấp và hoạt động, cơ thể con người luôn tỏa ra nhiệt. Lượng nhiệt này lớn hay nhỏ là phụ thuộc phần lớn vào nhiệt độ, tốc độ chuyển động và độ ẩm tương đối của môi trường không khí xung quanh con người. Tổng hợp 3 yếu tố  $t$ ,  $v$ ,  $\varphi$  là một trong những điều kiện ảnh hưởng đến sự tỏa nhiệt của cơ thể con người. Ngoài các yếu tố nói trên, lượng nhiệt do người tỏa ra còn phụ thuộc vào lứa tuổi và công việc nặng hay nhẹ người ấy làm. Trung bình trong một ngày đêm lượng nhiệt do cơ thể tỏa ra vào khoảng  $1800 \div 6000$  kcal.

Sự cân bằng nhiệt trong cơ thể con người có thể đạt được khi tất cả số nhiệt tạo ra trong quá trình hoạt động của cơ thể hoàn toàn được thải ra ngoài. Nếu như lượng nhiệt ấy chỉ thải ra một phần nào thôi thì cơ thể sẽ bị đốt nóng, nhiệt độ của cơ thể tăng và do đó người ta cảm thấy nóng bức khó chịu. Tăng hay giảm nhiệt độ của cơ thể trong phạm vi  $1^\circ\text{C}$  thôi so với thân nhiệt bình thường ( $36,5^\circ\text{C}$ ) cũng làm cho cảm giác nhiệt của con người thay đổi rõ rệt. Tuy nhiên sự ổn định nhiệt độ của cơ thể con người chưa phải là đủ để nói rằng môi trường xung quanh đã hoàn toàn dễ chịu ôn hòa đối với cơ thể.



Hình 1.13

Khi nhiệt độ của không khí tăng cao hay giảm thấp mặc dầu trong cơ thể vẫn giữ được sự cân bằng nhiệt nhưng trạng thái cảm giác ôn hòa của con người có thể bị phá vỡ, đó chính là do sự thay đổi phương thức và lượng nhiệt mà cơ thể thải ra ngoài.

Sự tỏa nhiệt của cơ thể con người ra môi trường xung quanh có thể thực hiện bằng các phương thức khác nhau : dẫn nhiệt, đối lưu, bức xạ và bốc hơi (mồ hôi bốc hơi từ bề mặt da).

Trong hoạt động ta thường thấy, lúc nóng bức cơ thể đổ nhiều mồ hôi. Điều đó có thể giải thích như sau : Khi nhiệt độ xung quanh càng cao (nhưng không cao hơn thân nhiệt) thì cường độ thải nhiệt bằng đối lưu và bức xạ của cơ thể con người ra môi trường xung quanh càng yếu. Để đảm bảo sự cân bằng nhiệt, cơ thể phải thực hiện phản ứng bảo vệ nhằm nâng cao cường độ tỏa nhiệt dưới hình thức bốc hơi trên bề mặt da, do đó mà các tuyến mồ hôi hoạt động mạnh tiết ra nhiều mồ hôi hơn lúc nhiệt độ thấp. Mức độ bốc hơi mồ hôi phụ thuộc vào nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ chuyển động của không khí trong môi trường xung quanh, do đó cường độ thải nhiệt bằng bốc hơi cũng phụ thuộc vào những yếu tố ấy. Còn cường độ thải nhiệt bằng bức xạ thì vì không khí là môi trường trong suốt đối với các tia bức xạ, cho nên không phụ thuộc vào nhiệt độ của nó mà phụ thuộc vào nhiệt độ của các bề mặt bao quanh như tường, nền, mái nhà, các thiết bị máy móc, tức là các bề mặt trực tiếp trao đổi nhiệt bức xạ với cơ thể. Ngoài ra, độ ẩm của không khí cũng có ảnh hưởng đến cường độ bức xạ bởi vì không khí càng ẩm, tính chất trong suốt đối với các tia bức xạ càng kém.

Tóm lại sự cân bằng nhiệt hay cảm giác nhiệt của con người phụ thuộc vào những yếu tố sau :

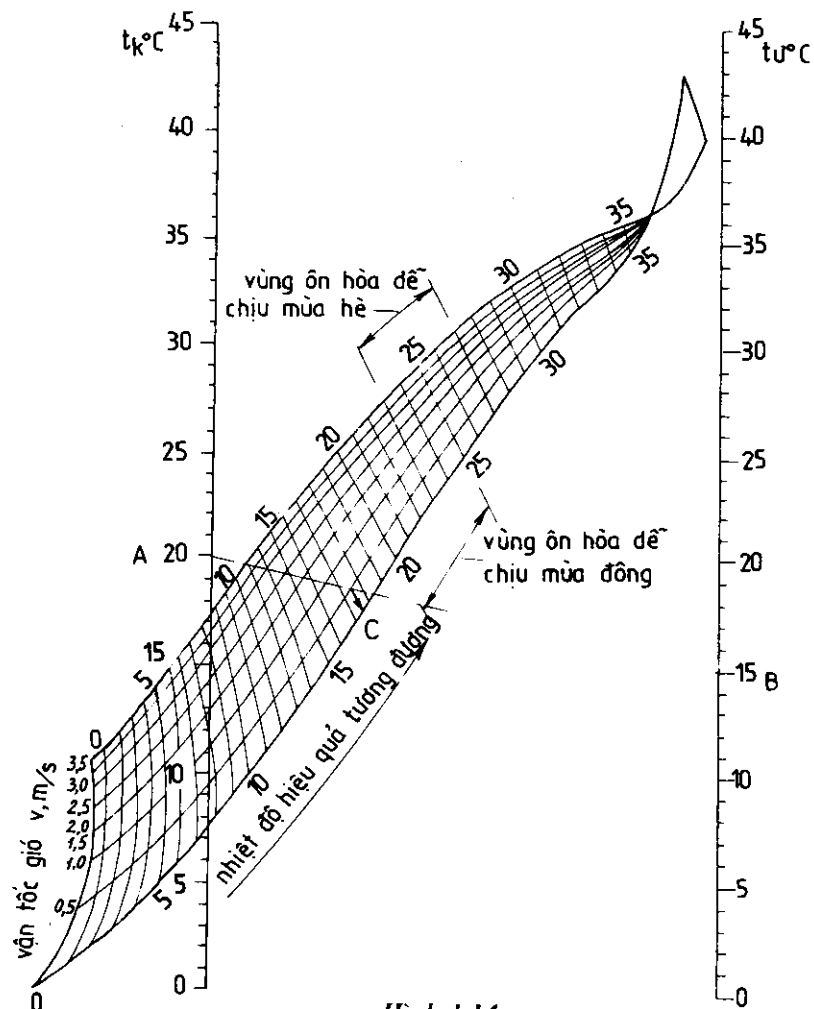
- Nhiệt độ,
- Độ ẩm tương đối,
- Tốc độ chuyển động của không khí,
- Nhiệt độ của các bề mặt bao quanh.

Tổ hợp của 4 yếu tố trên gọi là "yếu tố vi khí hậu". Cùng một cảm giác nóng hay lạnh có thể được gây ra bởi những tổ hợp khác nhau của 4 yếu tố trên. Do đó để xác định điều kiện vi khí hậu thích hợp, người ta lập ra những bảng tổ hợp các yếu tố trên hoặc vẽ thành biểu đồ để tìm các tổ hợp thích hợp của các yếu tố ấy.

### 1.5.2. Nhiệt độ hiệu quả tương đương và biểu đồ biểu diễn nhiệt độ hiệu quả tương đương

Nhiệt độ hiệu quả tương đương của không khí có nhiệt độ  $t$ , độ ẩm  $\varphi$  và tốc độ chuyển động  $v$  là nhiệt độ của không khí có  $\varphi = 100\%$  và không chuyển động tức  $v = 0$  mà tổ hợp các yếu tố ấy gây ra cảm giác nóng hoặc lạnh giống hệt như cảm giác gây ra bởi không khí với  $t, \varphi, v$  đã cho.

Một cách khác rõ ràng hơn : ta có hai môi trường không khí, môi trường thứ 1 có nhiệt độ  $t$ , độ ẩm tương đối  $\varphi$  và vận tốc chuyển động  $v$  ; môi trường 2 có nhiệt độ  $t'$ , độ ẩm  $\varphi' = 100\%$  và vận tốc chuyển động  $v' = 0$  m/s. Nếu hai môi trường không khí nói trên cùng gây ra cảm giác nóng hoặc lạnh như nhau đối với cơ thể con người thì nhiệt độ  $t'$  được gọi là nhiệt độ hiệu quả tương đương của môi trường không khí thứ 1 và kí hiệu là  $t_{\text{hqtđ}}$ . Biểu đồ để xác định nhiệt độ hiệu quả tương đương được Hội Sưởi Ấm và Thông Gió Hoa kì lập ra dựa trên cơ sở thực nghiệm trong môi trường không khí có các yếu tố vi khí hậu thay đổi với rất nhiều người ở lứa tuổi khác nhau, ăn mặc bình thường (không dày, không mỏng) ở trạng thái tĩnh (ngủ ngơi) (hình 1.14).



Hình 1.14

Bảng 1-2

TỔ HỢP CỦA CÁC YẾU TỐ  $t$ ,  $\varphi$  VÀ  $v$  CÙNG CHO  $t_{hqd} = 25^{\circ}\text{C}$

$v$ , m/s	$t_k$ , $^{\circ}\text{C}$	$t_u$ , $^{\circ}\text{C}$	$\varphi$ , %
0	28	21,8	50
	30	19,8	41
	32	18	32
1	28	25,5	70
	30	23	58
	32	20,6	44
2	28	27,7	98
	30	25,5	27
	32	22,5	55
3	30	27	82
	32	24	64

Vì độ ẩm tương đối của không khí có thể xác định bằng nhiệt độ khô và ướt, cho nên trên biểu đồ ta thấy có hai trục nhiệt độ khô và ướt. Ngoài ra trên biểu đồ người ta vẽ ra chùm đường cong với các trị số khác nhau của vận tốc gió, các đường cong này cắt nhau tại một điểm tương ứng với nhiệt độ khô  $36,5^{\circ}\text{C}$  tức là nhiệt độ bình thường của cơ thể con người. Hai đường cong biên tương ứng với tốc độ gió  $0\text{ m/s}$  và  $3,5\text{ m/s}$ . Người ta ghi các trị số của nhiệt độ hiệu quả tương đương trên các đường cong biên. Cách sử dụng biểu đồ có thể thấy rõ trong ví dụ sau đây.

Ví dụ : cần xác định  $t_{\text{hqtđ}}$  gây ra bởi không khí không chuyển động ( $v = 0\text{ m/s}$ ) có nhiệt độ  $t = 20^{\circ}\text{C}$  và  $\varphi = 60\%$ .

Vì ở đây chỉ cho nhiệt độ khô và độ ẩm  $\varphi$ , vì thế trước hết ta phải tìm nhiệt độ ướt của không khí. Theo biểu đồ 1-d ứng với  $t_k = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi = 60\%$  ta có  $t_u = 15^{\circ}\text{C}$ .

Trên biểu đồ nhiệt độ hiệu quả tương đương ta xác định 2 điểm A và B ứng với  $t_{\text{khô}} = 20^{\circ}\text{C}$  và  $t_u = 15^{\circ}\text{C}$ . Nối 2 điểm A và B, đường AB cắt đường cong  $v = 0\text{ m/s}$  tại điểm C. Điểm C cho trị số  $t_{\text{hqtđ}} = 18,3^{\circ}\text{C}$ .

Nếu không khí có  $t_k$  và  $t_u$  như trên nhưng  $v = 0,5\text{ m/s}$  thì  $t_{\text{hqtđ}} = 17,5^{\circ}\text{C}$ .

Ngược lại, khi biết  $t_{\text{hqtđ}}$  và tốc độ gió  $v$  cần tìm nhiệt độ khô và nhiệt độ ướt của không khí, ta tiến hành như sau. Qua điểm cắt nhau của  $v$  và  $t_{\text{hqtđ}}$  ta vẽ hàng loạt các đoạn thẳng cắt 2 trục nhiệt độ  $t_k$  và  $t_u$  và ta đọc được từng cặp nhiệt độ khô và ướt tương ứng. Như vậy ta có hàng loạt những tổ hợp có thể có của nhiệt độ và độ ẩm. Tất cả những tổ hợp ấy đều gây ra cảm giác nóng hoặc lạnh giống nhau. Các số liệu ghi trong bảng 1-2 là tổ hợp của 3 yếu tố vi khí hậu cùng có nhiệt độ hiệu quả tương đương là  $25^{\circ}\text{C}$ .

Theo biểu đồ, chúng ta thấy trục nhiệt độ khô cắt các đường cong biểu diễn vận tốc gió. Trong vùng nằm về phía trái của trục  $t_k$  khác với vùng phía bên phải là cơ thể con người cảm thấy lạnh hơn nếu không khí có độ ẩm cao hơn. Điều đó có thể giải thích được bằng sự tăng độ dẫn nhiệt của không khí khi  $\varphi$  tăng và đồng thời lúc đó cường độ hấp thụ các tia bức xạ của hơi nước trong không khí cũng tăng cùng với độ ẩm  $\varphi$ .

Nếu không khí không chuyển động có nhiệt độ khô lớn hơn  $7,5^{\circ}\text{C}$  thì khi độ ẩm của nó tăng, tuy là khả năng hấp thụ các tia bức xạ của hơi nước có tăng và làm tăng sự mất nhiệt của cơ thể bằng con đường bức xạ, nhưng mặt khác, cường độ mất nhiệt bằng con đường bốc hơi lại giảm và giảm khá nhiều, do đó lượng nhiệt mất có giảm đi, vì thế cảm giác ẩm áp càng tăng khi độ ẩm càng tăng.

Đối với không khí có nhiệt độ khô dưới  $7,5^{\circ}\text{C}$  thì hiện tượng sẽ ngược lại. Khi độ ẩm  $\varphi$  tăng cường độ mất nhiệt bằng bốc hơi có giảm nhưng không đáng kể, trong lúc đó cường độ mất nhiệt bằng bức xạ vẫn cứ tăng, do đó lượng nhiệt mất tăng và cơ thể cảm thấy lạnh hơn.

Với trị số  $t_k > 36,5^{\circ}\text{C}$  thì cơ thể con người không phải ở trường hợp mất nhiệt nữa mà là thu nhiệt từ môi trường xung quanh vào cơ thể. Trong trường hợp này, nếu vận tốc chuyển động của không khí càng lớn người ta càng cảm thấy nóng bức bởi vì trao đổi nhiệt đối lưu tăng khi  $v$  tăng.

Trên biểu đồ nhiệt độ hiệu quả tương đương (hình 1-13) có xác định vùng ôn hòa về mùa hè và mùa đông, ngoài vùng đó cơ thể sẽ cảm thấy nóng hoặc lạnh. Đối với cơ thể người Việt Nam có thể lấy vùng ôn hòa dễ chịu về mùa hè là  $t_{\text{hqtđ}} = 23 \div 27^{\circ}\text{C}$  và về mùa đông là  $t_{\text{hqtđ}} = 20 \div 25^{\circ}\text{C}$ , trong đó trị số nhiệt độ hiệu quả tương đương cho cảm giác nhiệt ôn hòa dễ chịu nhất là  $25^{\circ}\text{C}$  về mùa hè và  $23^{\circ}\text{C}$  về mùa đông. Cần chú ý rằng có rất nhiều tổ

hợp khác nhau của  $t$ ,  $\varphi$  và  $v$  có thể cùng gây ra cảm giác nóng hoặc lạnh như nhau, nhưng không phải tất cả các tổ hợp đó đều đáp ứng được điều kiện tiện nghi nhiệt ôn hòa dễ chịu của cơ thể. Ví dụ ta xét hai tổ hợp sau đây của các yếu tố vi khí hậu :

Tổ hợp thứ nhất :  $t_1 = 28^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_1 = 60\%$ ,  $v_1 = 0 \text{ m/s}$   
 Tổ hợp thứ hai :  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 100\%$ ,  $v_2 = 0 \text{ m/s}$

Hai tổ hợp trên có cùng nhiệt độ hiệu quả tương đương là  $25^\circ\text{C}$ , tức cùng gây ra một cảm giác nhiệt như nhau đối với cơ thể. Tuy nhiên, ở tổ hợp thứ 2 vì độ ẩm  $\varphi_2 = 100\%$  nên sự tỏa nhiệt bằng con đường bốc hơi mồ hôi bị hạn chế đến mức tối thiểu, do đó con người không cảm thấy dễ chịu thoải mái bằng so với tổ hợp thứ nhất.

Thông thường, điều kiện tiện nghi nhiệt ôn hòa dễ chịu là điều kiện mà nhiệt độ hiệu quả tương đương của môi trường nằm trong giới hạn nêu trên, đồng thời độ ẩm tương đối  $\varphi$  nằm trong khoảng  $50 \div 70\%$  và vận tốc gió dưới  $0,5 \text{ m/s}$  đối với trường hợp cơ thể ở trạng thái tĩnh (không lao động). Trường hợp lao động, giới hạn tiện nghi nhiệt sẽ lùi về bên dưới một cách tương ứng với mức độ lao động và vận tốc gió có thể cho phép lên đến  $3 \div 4 \text{ m/s}$ .

Nhược điểm của nhiệt độ hiệu quả tương đương là nó mới chỉ kể đến 3 yếu tố  $t$ ,  $\varphi$ ,  $v$  của không khí chứ không kể đến nhiệt độ của các bề mặt bao bọc xung quanh, tức là không kể đến yếu tố trao đổi nhiệt bằng bức xạ.

Một cường độ bức xạ không lớn lắm giữa cơ thể với nguồn nhiệt bên ngoài cũng có ảnh hưởng rất rõ rệt đến cảm giác nhiệt của con người. Cường độ ấy càng lớn nó càng gây cho cơ thể những phản ứng sinh lí mạnh và đột ngột, do đó thời gian chịu đựng của cơ thể càng ngắn.

Kết quả thực nghiệm của Kaplun S.I và Galanin N.F. [37] về thời gian chịu đựng của cơ thể đối với cường độ bức xạ cho ở bảng 1-3.

**Bảng 1-3**

**THỜI GIAN CHỊU ĐỰNG CỦA CƠ THỂ ĐỐI VỚI BỨC XẠ NHIỆT**

Cường độ bức xạ $q$ cal/cm <sup>2</sup> ph	$\leq 0,8$	1,2	2	3	4	5	10	12,5	15	20
Thời gian chịu đựng của cơ thể, s (giờ)	Không giới hạn	<300	160÷300	40÷50	30÷40	10÷30	5÷ 11	3÷8	3÷7	1÷5

**1.5.3. Chỉ số cảm giác nhiệt**

Để kể đến ảnh hưởng của sự trao đổi nhiệt bức xạ giữa cơ thể con người với các bề mặt bao quanh, năm 1959 V.E Korenkov [23] đã đề ra phương pháp đánh giá điều kiện vi khí hậu bên trong nhà theo "chỉ số tiện nghi nhiệt  $\sum H$ " được thể hiện bằng biểu thức sau:

$$\sum H = 0,24 (t_k + t_R) + 0,1d - 0,09 (37,8 - t_k) \sqrt{v} \quad (1-27a)$$

Trong đó :

$t_k$ - Nhiệt độ không khí trong phòng, °C.



$t_R$ - Nhiệt độ trung bình bề mặt trong của kết cấu bao che hoặc đồ vật, thiết bị, °C

d- Dung ẩm của không khí trong phòng, g/kg.

v- Vận tốc chuyển động của không khí, m/s.

Theo số liệu thực nghiệm của G.S Phạm Ngọc Đăng [53], trị số giới hạn của các mức cảm giác nhiệt theo chỉ số  $\sum H$  (gọi tắt là chỉ số Korenkov) được cho ở bảng 1-4.

Bảng 1-4

CHỈ SỐ  $\sum H$  ỨNG VỚI CÁC MỨC CẢM GIÁC NHIỆT  
KHÁC NHAU Ở MIỀN BẮC VIỆT NAM

Trạng thái vi khí hậu	Mức cảm giác nhiệt của cơ thể	Chỉ số $\sum H$	
		Mùa đông	Mùa hè
Lạnh	Lạnh	7,1	-
	Hơi lạnh	10,0	-
Ôn hòa dễ chịu	Giới hạn dưới	11,1	-
	Dễ chịu hoàn toàn	12,7	13,8
	Giới hạn trên	14,9	16,3
Nóng	Hơi nóng	15,0	17,5
	Nóng	-	19,1

Cùng lúc với chỉ số tiện nghi nhiệt Korenkov, một biểu thức khác có dạng tương tự được đề xuất để đánh giá mức cảm giác nhiệt gây ra bởi tổng hợp của 4 yếu tố vi khí hậu. Biểu thức đó được gọi là "Thang cảm giác nhiệt S" [25] :

$$S = K - 0,1 t_k - 0,0968 t_R - 0,0372 P_{hn} + 0,0367 (37,8 - t_k) \sqrt{v} \quad (1-27b)$$

Trong đó :

S- Thang cảm giác nhiệt

K- Hằng số có giá trị 8,45 đối với mùa hè và 7,83 đối với mùa đông

$P_{hn}$ - Áp suất riêng của hơi nước trong không khí xung quanh, mmHg.

Các kí hiệu khác :  $t_k$ ,  $t_R$  và v như trong công thức 1-27a.

Đối với cơ thể người Châu Âu ở trạng thái tĩnh, thang cảm giác nhiệt S ứng với các mức cảm giác khác nhau như sau :

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| S = 1 - Rất nóng ;   | S = 5 - Hơi lạnh ; |
| S = 2 - Nóng ;       | S = 6 - Lạnh ;     |
| S = 3 - Ấm ;         | S = 7 - Rất lạnh . |
| S = 4 - Bình thường; |                    |

Ngoài các chỉ số đánh giá mức độ tiện nghi nhiệt của các yếu tố vi khí hậu nêu trên, nhiều nhà khoa học trên thế giới còn đưa ra các biểu thức khác với mục đích tương tự như chỉ số cường độ nhiệt HSI (Heat Stress Index) của Belding và Hatch [46], thời gian chịu đựng DLE (Durée limite d'exposition) của Vogt và Metz [51], chỉ số nhiệt độ ướt và cầu đen WBGT của Québec, Canada [47] v.v...

#### 1.5.4. Ảnh hưởng của các yếu tố vi khí hậu đối với quá trình sản xuất

Trong các phòng sản xuất nhờ thông gió có tổ chức và đúng đắn, người ta có thể tạo ra điều kiện vi khí hậu thích hợp cho toàn xưởng hoặc tại chỗ làm việc của công nhân.

Ví dụ ta có thể tạo ra luồng không khí có nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ gió nhất định thổi vào chỗ làm việc của công nhân hoặc trong các trường hợp nhiệt độ hiệu quả tương đương tại chỗ làm việc của công nhân quá cao, người ta có thể làm ẩm không khí tại chỗ bằng cách phun nước thành những hạt nhỏ vào không khí. Nhờ đó nhiệt độ không khí tại vùng làm việc có thể được hạ thấp đáng kể và tạo được điều kiện vi khí hậu cần thiết.

Cường độ làm việc của người công nhân càng lớn thì nhiệt do cơ thể thải ra càng nhiều. Do đó không khí thổi vào cần phải có nhiệt độ hiệu quả tương đương thấp. Nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc không khí thổi vào còn phụ thuộc tính chất của quá trình công nghệ.

Khi chọn các yếu tố vi khí hậu của môi trường không khí cần phải căn cứ vào những số liệu thực nghiệm tiến hành trực tiếp trong các điều kiện sản xuất.

Điều kiện vi khí hậu không những có ảnh hưởng đến sức khỏe con người mà còn có vai trò rất quan trọng trong các quá trình sản xuất. Chất lượng sản phẩm ở phần lớn các loại nhà máy phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ và độ ẩm của không khí.

Ví dụ trong nhà máy dệt, các phân xưởng cần có chế độ nhiệt độ và độ ẩm khác nhau như sau (bảng 1-5) :

Bảng 1-5

#### NHIỆT ĐỘ, ĐỘ ẨM CỦA KHÔNG KHÍ CẦN ĐẢM BẢO BÊN TRONG CÁC PHÂN XƯỞNG NHÀ MÁY SỢI DỆT

Thứ tự	Phân xưởng	Mùa hè		Mùa đông	
		t, °C	$\varphi$ , %	t, °C	$\varphi$ , %
1	Chải bông	30 ÷ 32	55	20 ÷ 25	55
2	Kéo sợi	30 ÷ 32	55	20 ÷ 25	55
3	Hổ sợi	28 ÷ 32	75	18 ÷ 25	75
4	Dệt vải	28 ÷ 32	75	18 ÷ 25	75

Trong nhà máy in, nếu độ ẩm của không khí không ổn định sẽ dẫn đến sự thay đổi kích thước của giấy in và việc in màu sẽ không chính xác, chất lượng kém.

Tăng độ ẩm của không khí từ 50 lên 80% trong phân xưởng in sẽ dẫn đến sự thay đổi kích thước tờ giấy in 0,08% và sự thay đổi ấy cũng đủ làm cho tờ in bị hư hỏng.

Trong các xưởng chế tạo dụng cụ đo lường chính xác cần giữ chế độ nhiệt và ẩm không thay đổi với dao động nhiệt độ và độ ẩm trong phạm vi  $\Delta t = \pm 0,1$  °C và  $\Delta \varphi = \pm 5\%$ .

Trong công nghệ thực phẩm, việc chế biến và bảo quản Sôcôla phải được tiến hành trong điều kiện  $t = 18 \div 20$ °C, nếu khác đi thì Sôcôla bị biến chất.

Việc bảo đảm các yêu cầu về nhiệt ẩm như trên không phải là vấn đề đơn giản, vì ta biết t và  $\varphi$  của không khí ngoài trời luôn luôn thay đổi, cộng vào đó bên trong công trình luôn luôn có sự toả nhiệt và hơi nước làm cho trạng thái không khí càng không ổn định. Do



để để không chế tất cả các yếu tố ảnh hưởng, ta phải áp dụng nhiều biện pháp kĩ thuật khác nhau, trong đó có kĩ thuật thông gió.

Nếu thông gió tốt không những bảo đảm tốt chất lượng sản phẩm sản xuất ra mà còn đảm bảo tốt sức khoẻ công nhân và do đó có khả năng tăng năng suất lao động, giảm giá thành sản phẩm.

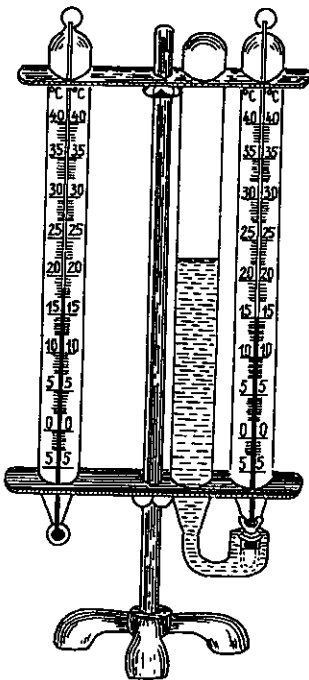
### 1.5.5. Phương pháp và dụng cụ đo các yếu tố vi khí hậu

#### 1. Đo độ ẩm

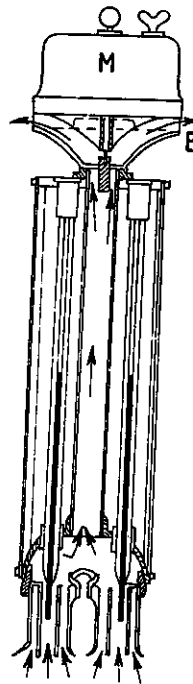
Người ta có thể tiến hành đo độ ẩm tương đối của không khí bằng nhiều phương pháp khác nhau. Sau đây ta xem xét một số phương pháp đo độ ẩm phổ biến nhất.

#### \* Phương pháp nhiệt độ ướt

Trước hết ta nghiên cứu cách đo độ ẩm bằng nhiệt độ ướt. Dụng cụ đo độ ẩm theo phương pháp này là ẩm kế gồm 2 nhiệt biểu, một nhiệt biểu khô và một nhiệt biểu ướt (hình 1.15).



Hình 1.15



Hình 1.16

Như trên (mục 1.4.2) đã đề cập đến, quá trình xảy ra trên bề mặt bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt, với mức độ tương đối có thể xem là quá trình bão hòa đoạn nhiệt và chỉ số của nó cho ta biết trị số nhiệt độ ướt  $t_u$  của không khí. Nhiệt độ  $t_u$  luôn luôn nhỏ hơn hoặc bằng nhiệt độ khô  $t_k$ . Hiệu số  $t_k - t_u$  gọi là hiệu số ẩm kế. Hiệu số ẩm kế càng lớn khi không khí càng khô tức  $\varphi$  càng bé.

Dựa vào hiệu số ẩm kế, người ta lập sẵn bảng hoặc biểu đồ cho ẩm kế để tra ra độ ẩm tương đối của không khí. Cũng có thể căn cứ vào  $t_k$  và  $t_u$  và dùng biểu đồ I-d để tìm độ ẩm  $\varphi$ .

Cách tiến hành như sau : Đường nhiệt độ  $t_u$  cắt  $\varphi = 100\%$  tại M. Qua M vạch đường  $I = \text{const}$  cắt đường  $t_k$  tại T. Đường cong  $\varphi$  đi qua T cho ta độ ẩm cần phải tìm (hình 1.17).

Nhược điểm của phương pháp này là trị số  $t_u \neq \tau$ , cộng vào đó đường bão hòa đoạn nhiệt không hoàn toàn trùng với đường  $I = \text{const}$ , do đó việc tra độ ẩm trên biểu đồ I-d khi biết nhiệt độ  $t_k$  và  $t_u$  cho ta trị số không được chính xác.

Lý thuyết về ẩm kế nhiệt độ ướt dựa trên cơ sở sau đây :

Trong điều kiện trao đổi nhiệt ổn định, có thể xem rằng lớp không khí tiếp xúc với bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt có nhiệt độ bằng nhiệt độ của nước. Như vậy không khí bị làm lạnh từ nhiệt độ ban đầu  $t_k$  đến nhiệt độ  $t_u$ . Một lượng nhiệt hiện tương ứng với độ hạ nhiệt độ ấy tiêu thụ cho nước bốc thành hơi. Bỏ qua lượng nhiệt chứa trong số

nước trước khi bốc thành hơi vào không khí, ta có thể viết phương trình trao đổi nhiệt cho  $1\text{m}^2$  bề mặt của lớp vải ướt bọc quanh bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt như sau :

$$\alpha (t_k - t_u) = w.r \tag{1-28}$$

Trong đó :

$\alpha$ - Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu,  $\text{kcal/m}^2.\text{h}.\text{°C}$

$r$ - Nhiệt hóa hơi của nước,  $\text{kcal/kg}$

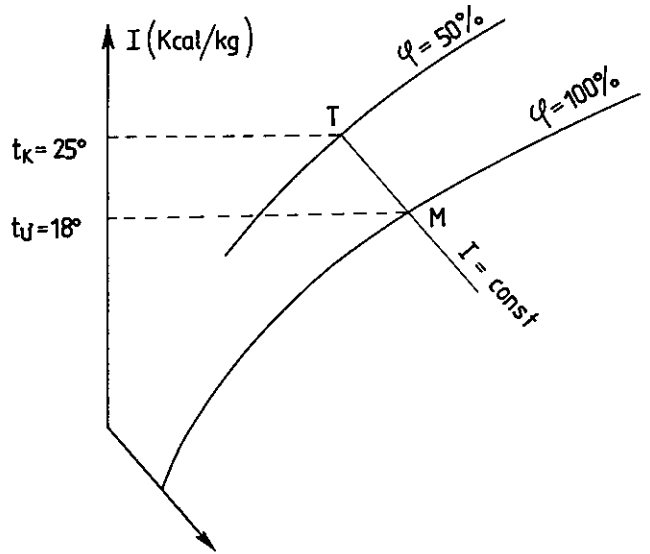
$w$ - Lượng nước bốc hơi trong 1 giờ trên  $1\text{m}^2$  bề mặt của bầu nhiệt biểu ướt,  $\text{kg/m}^2.\text{h}$

Lượng nước  $w$  có thể xác định theo định luật Danton :

$$w = \beta ( P_{bh}^M - P_{hn} ) 760/P_{kq}, \quad \text{kg/m}^2.\text{h} \tag{1-29}$$

Trong đó :  $\beta$ - Hệ số trao đổi hơi nước hoặc hệ số bốc hơi,  $\text{kg/m}^2.\text{h}.\text{mmHg}$ .

$P_{bh}^M$ - Áp suất riêng của hơi nước bão hòa trong không khí ở lớp ranh giới bọc quanh bầu thủy ngân ở nhiệt độ  $t_u$ ,  $\text{mmHg}$ .



Hình 1.17

$P_{hn}$  - Áp suất riêng của hơi nước trong không khí chung quanh, mmHg.

Lấy trị số  $w$  rút ra từ (1-28) và thay vào (1-29) ta có :

$$\alpha (t_k - t_u) = \beta (P_{bh}^M - P_{hn}) \frac{760}{P_{kq}} r \quad (1-30)$$

$$P_{hn} = P_{bh}^M - A (t_k - t_u) \cdot P_{kq} \quad (1-31)$$

Trong đó :

$$A = \frac{\alpha}{760 r \beta} - \text{gọi là hệ số ẩm kế.}$$

Chia 2 vế đẳng thức (1-31) cho  $P_{bh}$  - là áp suất bão hòa của hơi nước trong không khí xung quanh ở nhiệt độ  $t_k$ , ta thu được độ ẩm tương đối dưới dạng thường gặp :

$$\varphi = \frac{P_{hn}}{P_{bh}} = \frac{P_{bh}^M - A (t_k - t_u) P_{kq}}{P_{bh}} \quad (1-32)$$

Như đã nghiên cứu, đáng ra thì trị số nhiệt độ  $t_u$  của nhiệt biểu ướt phải đúng bằng trị số nhiệt độ giới hạn làm lạnh  $\tau$ . Tuy nhiên trong thực tế  $t_u \neq \tau$ . Điều đó giải thích được bởi lí do là bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt không được bảo vệ để tránh ảnh hưởng của nhiệt bức xạ từ các bề mặt xung quanh, trong lúc đó quá trình bão hòa đoạn nhiệt đúng ra phải là quá trình chỉ có sự trao đổi nhiệt giữa nước và không khí mà thôi. Ngoài ra nhiệt độ trên nhiệt biểu ướt không phải chỗ nào cũng như nhau, ở bầu thủy ngân có nhiệt độ thấp hơn so với thân nhiệt biểu và do đó lại xuất hiện sự trao đổi nhiệt ngay trên thân nhiệt biểu.

Một nguyên nhân đáng kể nữa là trong quá trình bốc hơi của nước, vì không khí xung quanh đứng yên hoặc có chuyển động rất yếu nên lớp không khí bão hòa tiếp xúc với bề mặt bầu thủy ngân không được lưu thông và tạo thành một lớp dày bọc quanh bầu thủy ngân, làm giảm dần cường độ bốc hơi, do đó nước không bốc hơi được triệt để và nhiệt độ của nó không thể đạt được đến trị số  $\tau$ . Cho nên muốn trị số  $t_u$  càng gần với trị số  $\tau$ , tức là hiệu số  $t_u - \tau$  càng bé thì vận tốc chuyển động của không khí phải đủ lớn.

Để tính đến ảnh hưởng của vận tốc không khí, hệ số ẩm kế  $A$  trong công thức (1-31) và (1-32) được xác định bằng thực nghiệm và có giá trị cho ở bảng 1-6.

Bảng 1-6

HỆ SỐ ẨM KẾ  $A$  (KHI ÁP SUẤT RIÊNG CỦA HƠI NƯỚC TRONG KHÔNG KHÍ TÍNH THEO mmHg)

Vận tốc không khí, m/s <sup>*</sup> )	Hệ số $A$	Vận tốc không khí, m/s <sup>*</sup> )	Hệ số $A$
0,13	0,0013	0,8	0,0008
0,16	0,0012	2,3	0,0007
0,20	0,0011	3,0	0,00069
0,30	0,0010	4,0	0,00067
0,40	0,0009		

<sup>\*</sup>) Ghi chú : Đây là vận tốc không khí quanh bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt.

Cũng có thể xác định hệ số A theo công thức gần đúng của Reknagen [27] sau đây :

$$A = 0,00001 \left( 65 + \frac{6,75}{v} \right) \quad (1-33)$$

Để thấy rõ sự sai lệch của việc tra độ ẩm  $\varphi$  theo  $t_k$  và  $t_u$  trên biểu đồ I-d với kết quả tính toán theo lý thuyết ẩm kế nhiệt độ ướt, ta có thể xem xét ví dụ sau đây :

Ví dụ : Nhiệt độ khô và ướt của không khí trong phòng đo được là :  $t_k = 25^\circ\text{C}$ ,  $t_u = 18^\circ\text{C}$ . Vận tốc không khí chuyển động quanh bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt là  $v = 0,4$  m/s, áp suất khí quyển  $P_{kq} = 760$  mmHg.

Nếu căn cứ vào  $t_k = 25^\circ\text{C}$  và  $t_u = 18^\circ\text{C}$  và tra từ biểu đồ I-d theo cách gần đúng khi cho rằng đường bão hòa đoạn nhiệt trùng với đường I = const như đã trình bày ở trên đây (hình 1.17), ta có  $\varphi_T = 50\%$ .

Nếu áp dụng công thức (1.32) để tính  $\varphi$  thì kết quả sẽ là :

$$\varphi = \frac{15,477 - 0,0009(25 - 18) 760}{23,756} = 0,45 \text{ tức } 45\%$$

Trong công thức trên :

$P_{bh}^M = 15,477$  mmHg- Áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ  $t_u = 18^\circ\text{C}$ .

$P_{bh} = 23,756$  mmHg- Áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ  $t_k = 25^\circ\text{C}$

$A = 0,0009$ - Hệ số ẩm kế A tra theo bảng 1.6 ứng với vận tốc  $v = 0,4$  m/s.

Một cách khác để đo  $\varphi$  theo  $t_k$  và  $t_u$  là dùng chỉ số của nhiệt biểu ướt để xác định nhiệt độ giới hạn làm lạnh  $\tau$  theo công thức :

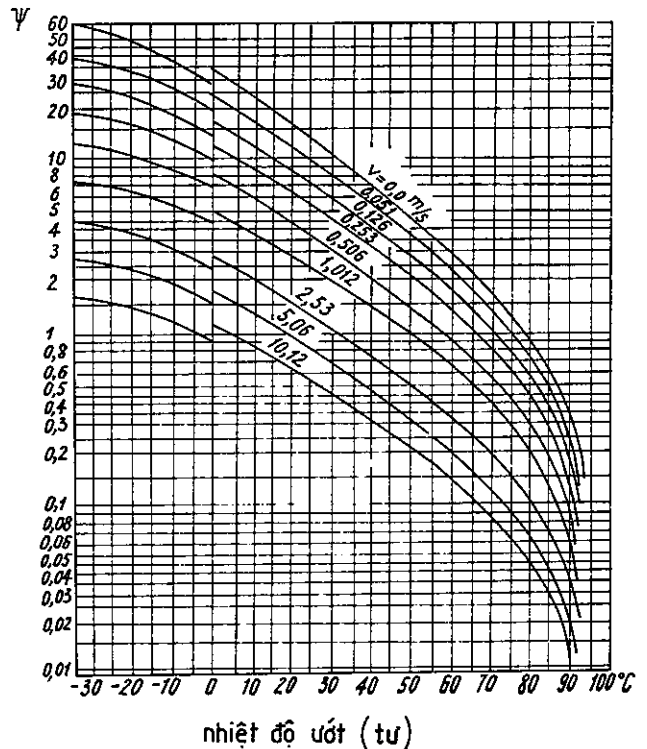
$$\tau = t_u - \frac{\psi}{100} (t_k - t_u) \quad (1-34)$$

$\psi$ - Hệ số phụ thuộc vào vận tốc không khí  $v$  và nhiệt độ  $t_u$ .

Bằng thực nghiệm Kape và Lindzai đã tìm được sự liên hệ giữa  $\psi$  với  $v$  và  $t_u$  bằng biểu đồ (hình 1.18).

Như vậy khi biết được vận tốc không khí, căn cứ vào chỉ số của nhiệt biểu khô và ướt, nhờ các công thức (1.31) và (1-32) ta có thể tính được độ ẩm tương đối của không khí một cách chính xác. Hoặc có thể dùng biểu đồ (hình 1.18) và công thức (1-34) để tính ra trị số giới hạn làm lạnh  $\tau$ , sau đó trên biểu đồ I-d ta tìm giao điểm của đường bão hòa đoạn nhiệt có trị số  $\tau$  với đường nhiệt độ  $t_k$ . Tại giao điểm ấy ta đọc được trị số độ ẩm  $\varphi$  (xem hình 1.19).

Đường bão hòa đoạn nhiệt có trị số  $\tau$  trên biểu đồ I-d là đường thẳng có hệ số góc :



Hình 1.18

$$\varepsilon = \frac{10^3 \Delta I}{\Delta d} \quad (1-35)$$

đi qua giao điểm của đường nhiệt độ  $t = \tau$  với  $\varphi = 100\%$ .

Ví dụ : Xác định độ ẩm của không khí bằng biểu đồ I-d, khi các trị số của các nhiệt biểu khô và ướt là :  $t_k = 17^\circ\text{C}$ ,  $t_u = 13,5^\circ\text{C}$ . Vận tốc không khí là  $v = 0,1 \text{ m/s}$ .

Giải :

Ứng với  $t_u = 13,5^\circ\text{C}$  và  $v = 0,1 \text{ m/s}$  theo đồ thị (1.18) tìm được  $\psi = 14,3$ .

$$\tau = t_u - \frac{\psi}{100} (t_k - t_u) = 13,5 - \frac{14,3}{100} (17 - 13,5)$$

$$\tau = 13^\circ\text{C}.$$

Qua điểm M giao điểm của đường nhiệt độ  $t = \tau = 13^\circ\text{C}$  với đường  $\varphi = 100\%$ , ta vạch một đường thẳng có hệ số góc  $\varepsilon = \tau = 13$  (hình 1.19) Đường này cắt  $t_k = 17^\circ\text{C}$  ở điểm T, tại T ta đọc được :  $\varphi_T = 62\%$ ,  $I_T = 8,78 \text{ kcal/kg}$   $d_T = 7,67 \text{ g/kg}$ .

Để kết quả đo độ ẩm được chính xác cần phải xác định đúng vận tốc chuyển động của không khí. Tuy nhiên trong thực tế điều đó không phải là vấn đề đơn giản.

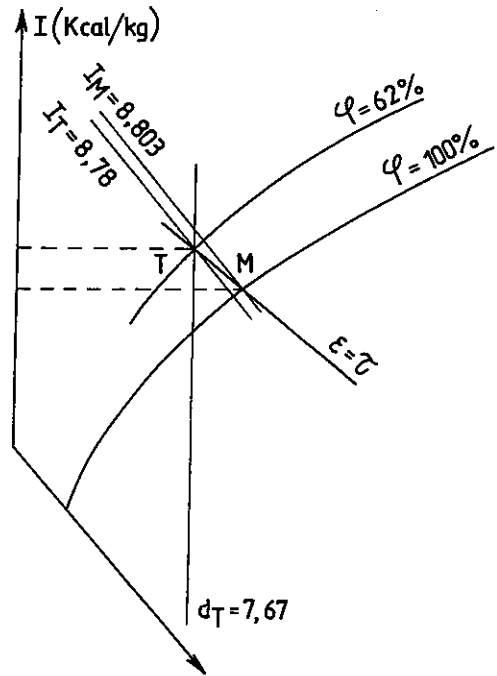
Một loại ẩm kế nhiệt biểu ướt tương đối hiện đại hơn, khắc phục được những nhược điểm của loại trên là ẩm kế hút gió, còn gọi là ẩm kế Asman. Loại này cũng tương tự như trên, nhưng hai nhiệt biểu của nó đặt trong hai ống kim loại và qua đó người ta cho không khí chuyển động với vận tốc nhất định trong khoảng  $2,5 \div 4 \text{ m/s}$ . Sự chuyển động của không khí được gây ra bởi một máy quạt nhỏ lắp vào đầu ẩm kế và chạy bằng dây cót. Để tránh ảnh hưởng của nhiệt bức xạ, mặt ngoài của vỏ kim loại được mạ niken và làm bóng sáng để có độ phản xạ tốt (hình 1.16).

Nhờ không khí có chuyển động mạnh nên chỉ số  $t_u$  của nhiệt biểu ướt so với trị số giới hạn  $\tau$  không sai nhau mấy. Khi vận tốc  $v \geq 2,5 \text{ m/s}$  sai số ấy vào khoảng  $1 \div 1,5\%$  và khi  $v = 4 \text{ m/s}$  thì nhiệt độ của nước hầu như đạt tới trị số giới hạn làm lạnh, tức  $t_u = \tau$ .

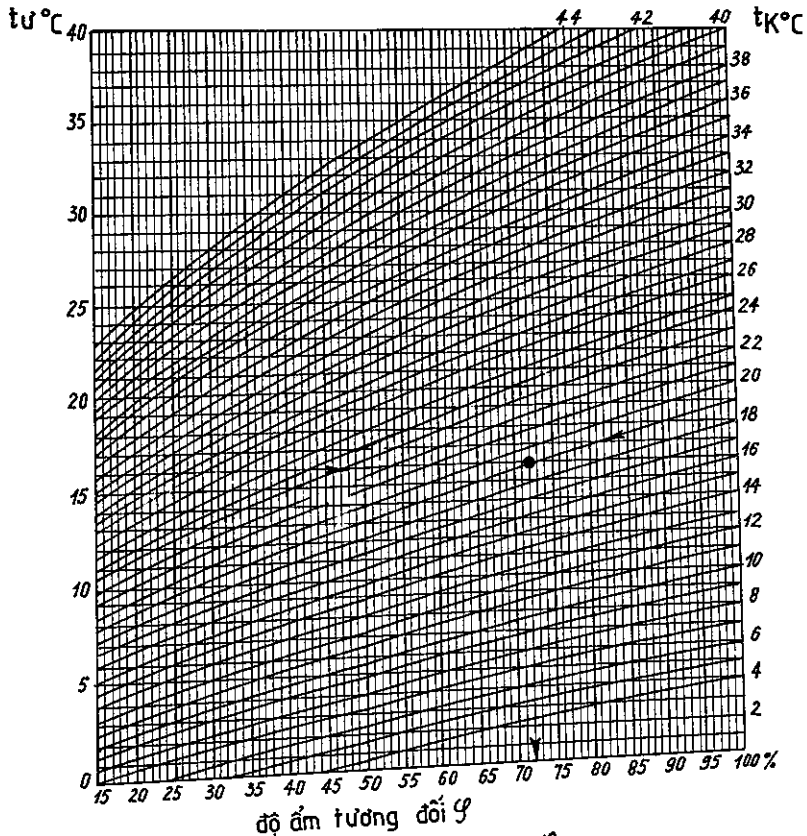
Dựa vào nhiệt độ  $t_k$  và  $t_u$ , dùng biểu đồ hình 1.20 để tra ra độ ẩm không khí tại nơi tiến hành đo.

Đối với ẩm kế hút gió thì quá trình trao đổi nhiệt cũng như trao đổi ẩm trên bề mặt bầu thủy ngân của nhiệt biểu ướt xảy ra trong điều kiện cưỡng bức.

Do đó công thức độ ẩm đối với ẩm kế hút gió có dạng :



Hình 1.19



Hình 1.20 : Biểu đồ xác định độ ẩm  $\varphi$  theo ẩm kế Asman khi  $v \geq 2$  m/s.

$$\varphi = \frac{P_{hn}}{P_{bh}} = \frac{P_{bh}^M}{P_{bh}} - 0,5 \frac{t_k - t_u}{P_{bh}} \cdot \frac{P_{kq}}{760} \quad (1-36)$$

Trong công thức này các đại lượng  $P_{bh}^M$  và  $P_{bh}$  và  $P_{kq}$  có thứ nguyên mmHg.

Nếu các trị số áp suất đo bằng  $\text{kg/m}^2$  thì công thức sẽ có dạng :

$$\varphi = \frac{P_{hn}}{P_{bh}} = \frac{P_{bh}^M}{P_{bh}} - 6,8 \frac{t_k - t_u}{P_{bh}} \cdot \frac{P_{kq}}{10330} \quad (1-37)$$

Từ các biểu thức (1-32) và (1-37) ta có thể rút ra được đặc điểm của sự liên hệ giữa  $\varphi$  và hiệu số  $(t_k - t_u)$ . Để thực hiện mục đích này, các biểu thức trên có thể đơn giản hóa đi, tuy có phần nào làm giảm độ chính xác.

Trước hết chúng ta nhận rằng  $\frac{P_{bh}^M}{P_{bh}} \approx \frac{P_{kq}}{10330} \approx 1$ . Như vậy biểu thức (1-37) sẽ có dạng :

$$\varphi = 1 - \frac{6,8}{P_{bh}} (t_k - t_u) \quad (1-38)$$

Trên cơ sở biểu thức (1-21') ta biểu diễn  $P_{bh}$  dưới dạng  $P_{bh} = 10^{9,97 - \frac{2220}{T_k}}$  và thay vào

(1-38) ta thu được :

$$\varphi = 1 - \frac{6,8 \cdot 10^{\frac{2220}{T_k}}}{10^{9,97}} (t_k - t_u) \quad (1-39)$$

Đại lượng  $10^{\frac{2220}{T_k}}$  có thể phân thành liệt số :

$$10^{\frac{2220}{T_k}} = 1 + \frac{2220}{T_k} \ln 10 + 0,5 \left( \frac{2220}{T_k} \ln 10 \right)^2 + \dots$$

Chỉ cần lấy 2 số hạng đầu của liệt số và lúc đó công thức (1-39) sẽ trở thành :

$$\varphi = 1 - \frac{6,8 \left( 1 + \frac{2220 \ln 10}{T_k} \right)}{10^{9,97}} (t_k - t_u)$$

Đại lượng  $\frac{6,8}{10^{9,97}}$  rất bé nên bỏ qua và do đó :

$$\varphi = 1 - \frac{6,8 \times 2220 \ln 10}{10^{9,97}} (t_k - t_u) \cdot \frac{1}{T_k}$$

hoặc :

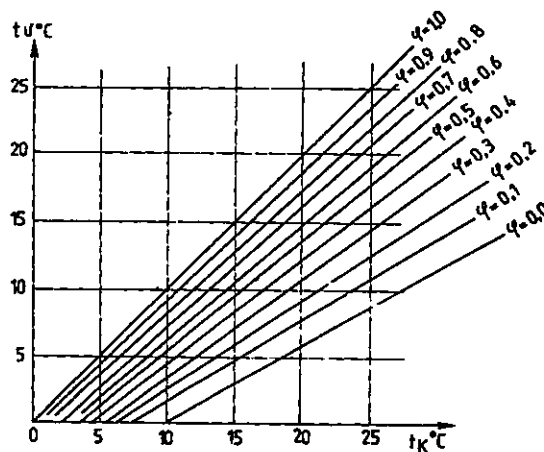
$$\varphi = 1 - C \frac{t_k - t_u}{T_k} = 1 - C \left( 1 - \frac{T_u}{T_k} \right) \quad (1-40)$$

Từ đó :

$$T_u = T_k \left( 1 - \frac{1 - \varphi}{C} \right) \quad (1-41)$$

Công thức (1-41) cho ta thấy rằng trong hệ thống tọa độ  $t_u, t_k$  các đường biểu diễn  $\varphi$  là những đường thẳng (hình 1.21).

Đĩ nhiên các biểu thức trên không hoàn toàn chính xác, nhưng sai số của chúng tương đối bé nên vẫn dùng được. Khi  $t_k = t_u$  thì không khí ở trạng thái bão hòa  $\varphi = 100\%$ , điều đó các biểu thức ấy đều nghiệm đúng. Hơn nữa các trị số  $\varphi$  tra ở biểu đồ 1.21 so với các trị số  $\varphi$  tra ở các bảng đã lập sẵn cho ẩm kế hút gió hầu như không khác gì nhau.



Hình 1.21 : Các đường  $\varphi = \text{const}$  trong hệ trục  $t_u$  và  $t_k$

**\* Phương pháp đo độ ẩm bằng điện trở**

Những kết quả thu được ở trên còn cho phép ta xác định trực tiếp độ ẩm không khí bằng phép đo điện trở. Ta quan sát sơ đồ cầu điện hình 1.22. Hai vai của cầu là các điện trở cố định  $R_1$  và  $R_2$  còn 2 vai kia là các nhiệt biểu điện trở khô  $R_k$  và ướt  $R_u$ .

Điện kế V nối vào đường chéo của cầu tại các điểm a và b.

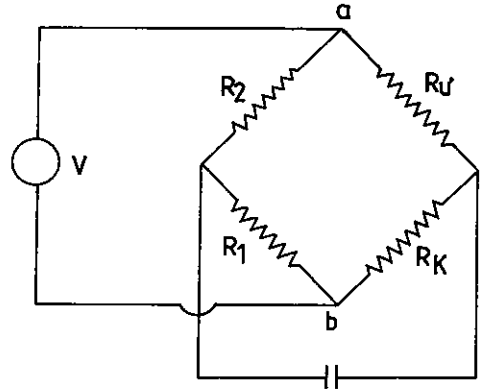
Sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ trong phạm vi nhiệt độ dưới  $100^\circ\text{C}$  có thể biểu diễn bằng công thức :

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

$R_0, R_t$  - điện trở ở  $0^\circ\text{C}$  và  $t^\circ\text{C}$

$\alpha$  - hệ số nhiệt độ

$t$  - nhiệt độ,  $^\circ\text{C}$



Hình 1.22

Đối với đồng và bạc, hệ số  $\alpha$  gần đúng bằng  $\frac{1}{273}$  tức là bằng hệ số giãn nở thể tích của chất khí.

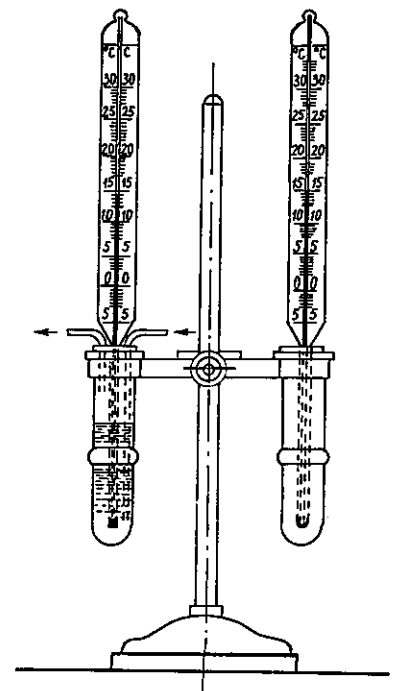
Từ đó, tỉ số điện trở của nhiệt biểu ướt và khô, dựa vào công thức 1-41, có thể viết :

$$\frac{R_u}{R_k} = \frac{R_0 (1 + \alpha t_u)}{R_0 (1 + \alpha t_k)} = \frac{T_u}{T_k} = 1 - \frac{1 - \varphi}{C} \quad (1-42)$$

Bởi vì khi  $R_1$  và  $R_2$  cố định, độ lệch của kim điện kế phụ thuộc vào tỉ số  $R_u/R_k$ , cũng tức là tỉ số  $T_u/T_k$ , cho nên độ lệch ấy tỉ lệ với trị số độ ẩm tương đối  $\varphi$ . Bảng chia độ của điện kế được quy ra thành trị số  $\varphi$ .

**\* Phương pháp đo độ ẩm bằng nhiệt biểu điểm sương**

Người ta còn đo độ ẩm bằng phương pháp nhiệt độ điểm sương. Dụng cụ đo theo phương pháp này gọi là ẩm kế điểm sương. Nó cũng gồm 2 nhiệt biểu, một nhiệt biểu khô để đo nhiệt độ  $t_k$  và nhiệt biểu kia đo nhiệt độ điểm sương  $t_s$ . Bầu thủy ngân đựng trong 2 ống kim loại kín đáy và có thành mỏng. Mặt ngoài của các ống kim loại được làm nhẵn bóng như mặt gương để tránh bức xạ. Ống kim loại của nhiệt kế điểm sương đựng ête. Nắp đáy của bình ête có gắn 2 ống nhỏ : một ống có gắn một nút cao su để sục không khí vào bình và ống kia để thoát khí (hình 1.23).



Hình 1.23

Khi bóp nút cao su các bong bóng không khí sôi lên trong ête kích thích cho ête bốc hơi mạnh và do đó nhiệt độ của nó hạ xuống. Tại thời điểm khi mà mặt ngoài của



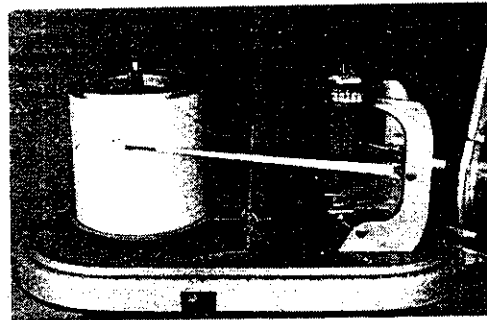
bình chứa ête xuất hiện những hạt sương lấm tẩm tức là khi nhiệt độ bề mặt hạ xuống đến trị số nhiệt độ điểm sương, người ta ghi lấy chỉ số của nhiệt biểu, đó chính là trị số nhiệt độ điểm sương  $t_s$ . Sau đó dùng bảng tra áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ  $t_s$  và  $t_k$  và xác định  $\varphi$  theo tỉ số :

$$\varphi = \frac{P_{bh}(t_s)}{P_{bh}(t_k)} \cdot 100\%$$

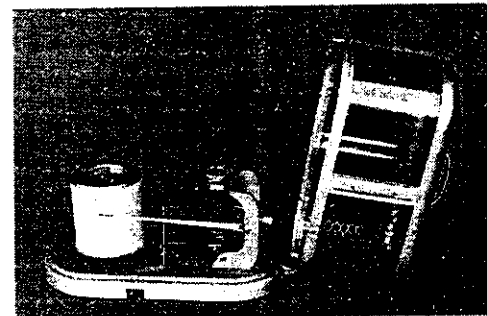
Phương pháp  $t_s$  không được chính xác lắm. Nhiệt biểu chỉ nhiệt độ của ête đang bốc hơi, nhiệt độ này dĩ nhiên là thấp hơn ít nhiều so với nhiệt độ bề mặt ngoài của bình kim loại chứa nó. Ngoài ra việc xác định thời điểm xuất hiện sương trên bề mặt ống kim loại là tùy thuộc vào người quan sát.

**\* Phương pháp ẩm kế tóc**

Ta xác định độ ẩm dựa vào tính chất co dãn của một số vật liệu có nguồn gốc hữu cơ. Khi độ ẩm không khí thay đổi các vật liệu này có khả năng cân bằng độ ẩm bản thân với độ ẩm của môi trường xung quanh bằng cách nhả bớt hơi nước (bốc hơi) hoặc ngậm thêm hơi nước vào (hút ẩm). Tính chất này thể hiện rõ ở một số vật liệu như tóc người sau khi đã tẩy sạch mỡ, kapron và một số chất khác.



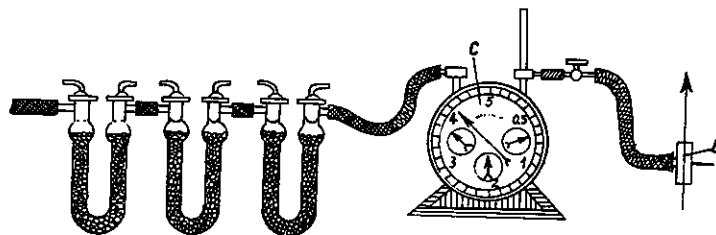
Biến dạng của vật liệu tóc được chuyển thành chuyển động của hệ thống kim trên một mặt chia độ ghi trị số  $\varphi$  : Ta có ẩm kế tóc. Nếu cùng với hệ thống kim ấy nhưng mặt chia độ có chuyển động quay theo thời gian ta sẽ có ẩm kế tóc tự ghi (hình 1.24).



Hình 1.24 : Ẩm kế tóc tự ghi

**\* Đo độ ẩm không khí bằng phương pháp cân**

Đây là phương pháp đo độ ẩm chính xác nhất. Không khí cần đo độ ẩm nhờ một máy quạt nhỏ B được hút qua một dây bình chữ U lắp nối tiếp nhau, trong đó có chứa vật liệu hút ẩm như  $CaCl_2$ , photpho-ric anhydric (hình 1.25).



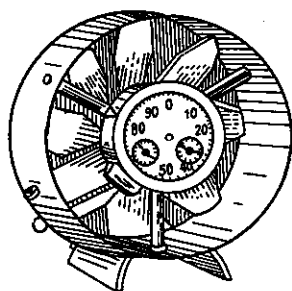
Hình 1.25

Trước khi tiến hành đo, người ta cân dụng cụ trên cân tiểu li. Sau khi hút qua ống một thể tích không khí tùy ý, người ta cân lại. Hiệu số trọng lượng 2 lần cân là lượng hơi nước bị giữ lại của thể tích không khí đã được hút qua dụng cụ. Thể tích không khí đo bằng đồng hồ lưu lượng C, từ đó suy ra được độ ẩm của không khí.

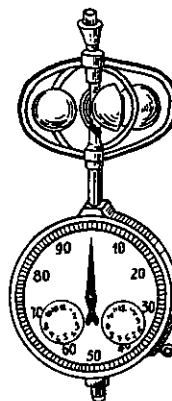
## 2. Đo vận tốc gió

Đo vận tốc gió được tiến hành bằng một loại dụng cụ đo gọi là vận tốc kế. Có 2 loại vận tốc kế cơ học :

- Vận tốc kế chong chóng cánh quạt (hình 1.26)
- Vận tốc kế chong chóng hình bán cầu (hình 1.27)



Hình 1.26



Hình 1.27

Cả 2 loại đều dựa trên nguyên tắc là dưới tác dụng của luồng gió, chong chóng quay quanh trục với một vận tốc nào đó tùy theo luồng gió mạnh hay yếu, chuyển động quay của chong chóng được chuyển đến một hệ thống máy với kim di động trên mặt chia độ. Kim đồng hồ trên mặt chia độ cho ta biết đoạn đường mà luồng gió đã đi tương ứng với số vòng quay của chong chóng sau khoảng thời gian Z từ lúc bắt đầu đo đến khi dừng lại. Thời gian Z được ghi bằng đồng hồ bấm giây.

Nếu trước khi đo kim của vận tốc kế chỉ ở số  $n_1$  và sau khi đo ở số  $n_2$  thì vận tốc đo sẽ là :

$$v_{do} = \frac{n_2 - n_1}{Z}$$

Vận tốc chuyển động thật của gió không bằng vận tốc  $v_{do}$  của vận tốc kế. Vì vậy sau khi chế tạo xong, vận tốc kế được hiệu chỉnh trong ống gió khí động với luồng gió có vận tốc xác định. Kết quả của việc hiệu chỉnh là mỗi một vận tốc kế đều được kèm theo một đồ thị (hình 1.28) hoặc một công thức thực nghiệm để suy ra vận tốc chuyển động của luồng gió khi biết được vận tốc  $v_{do}$  của nó.

Khi đo phải chú ý đặt vận tốc kế cánh quạt sao cho mặt phẳng chong chóng phải trực giao với chiều gió, còn vận tốc kế hình gáo thì trục quay trực giao với chiều gió.

Vận tốc kế cánh quạt thường đo vận tốc gió từ  $0,5 \div 10$  m/s, loại hình gáo đo  $v = 10 \div 40$  m/s. Còn đối với vận tốc quá bé ( $< 0,5$  m/s) hoặc quá lớn ( $> 40$  m/s) hoặc ở những nơi không sử dụng dụng cụ này được (như không khí trong ống, mương dẫn) thì người ta áp dụng phương pháp đo vận tốc qua áp suất bằng một dụng cụ gọi là vi áp kế với ống đo áp suất khí động.

Người ta có thể dùng vận tốc kế để đo vận tốc gió ở các miệng thổi và miệng hút.

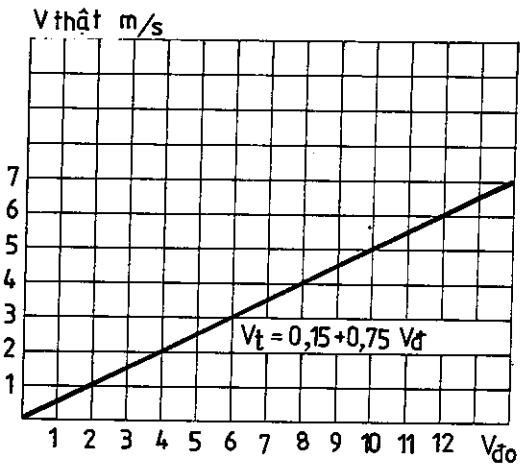
Trong các trường hợp này khó mà đo thật hoàn toàn chính xác. Một cách gần đúng, người ta tiến hành như sau : khi đo vận tốc ở những miệng thổi có lưới chắn cần giữ vận tốc kế ở khoảng cách  $50 \div 70$ mm kể từ lưới, nơi mà những dòng riêng lẻ đã hòa lại với nhau thành một dòng thống nhất và xem diện tích tiết diện ngang của lưới là diện tích ngang của dòng chảy (hình 1.29a). Khi đo vận tốc ở miệng hút có lưới chắn, người ta cho phép gắn vào miệng hút một ống hình chóp cụt, ống này hạn chế không cho không khí ở rìa bị ló cuốn vào (hình 1.29b). Vận tốc kế đặt ở tiết diện cuối của chóp cụt và vận tốc đo được là tùy thuộc vào tiết diện ngang ở đầu cuối của ống.

Có thể dùng vận tốc kế để xác định lưu lượng trao đổi không khí tự nhiên bằng cách đo vận tốc gió ở các cửa hoặc ở các miệng gió vào và ra của nhà. Khi đo vận tốc gió ở các cửa lớn người ta chia diện tích cửa thành nhiều phần hình vuông hoặc chữ nhật bằng nhau và tiến hành đo ở trung tâm mỗi một phần rồi lấy kết quả trung bình.

Đối với các cửa có cánh mở 1 góc  $< 90^\circ$  so với bề mặt cửa việc đo vận tốc và lưu lượng ở đó là vấn đề phức tạp. Thông thường người ta cũng chia cửa thành nhiều ô vuông, đo vận tốc ở mỗi ô vuông rồi suy ra vận tốc và lưu lượng trung bình.

3. Nhiệt vận kế (Katatecmomet) (đo tác dụng tổng hợp của nhiệt và vận tốc gió).

Đây là một loại nhiệt kế bầu rượu với thang chia độ  $35^\circ \div 38^\circ\text{C}$  đối với loại bầu rượu hình trụ (hình 1.30a) hoặc từ  $33 \div 40^\circ\text{C}$  đối với loại bầu rượu hình cầu (hình 1.30b). Phía sau của nhiệt vận kế có ghi số hiệu gọi là nhân tố  $\phi$ . Nhân tố  $\phi$  biểu diễn lượng nhiệt



Hình 1.28 : Dạng biểu đồ xác định đặc tính của vận tốc kế



Hình 1.29

trên đơn vị diện tích của bầu rượu mà nhiệt kế mất đi trong thời gian nguội dần của nó khi cột rượu từ mức trên cùng hạ xuống đến mức dưới cùng.

Cách sử dụng khi đo :

Trước khi đo, người ta nhúng nhiệt kế vào nước nóng  $60 \div 70^\circ\text{C}$  để cho cột rượu dâng lên 1/2 bầu trên. Sau đó lau khô và đặt vào vị trí định đo. Dùng đồng hồ bấm giây ghi khoảng thời gian Z mà cột rượu hạ từ 40 đến  $33^\circ\text{C}$  (hoặc từ 38 đến  $35^\circ\text{C}$ ).

Lượng nhiệt mất đi tính cho  $1\text{m}^2$  bề mặt của bầu rượu trong một giây khi nhiệt kế bị làm lạnh trong phạm vi thang chia độ của nó gọi là "lực làm lạnh" hay "cường độ làm lạnh" và kí hiệu là  $Q_{\text{Kat}}$  :

$$Q_{\text{Kat}} = \frac{\Phi}{Z} \text{ cal/cm}^2.\text{s} \quad (1-43)$$

Trị số  $Q_{\text{Kat}}$  đánh giá được tác dụng tổng hợp của các yếu tố khí hậu đối với cơ thể con người. Những trị số  $Q_{\text{Kat}}$  gây được cảm giác ôn hòa cho cơ thể :

- + Trạng thái tĩnh  $Q_{\text{Kat}} = 5 \text{ cal/cm}^2.\text{s}$
- + Trạng thái lao động trí óc  $Q_{\text{Kat}} = 5,5 \text{ cal/cm}^2.\text{s}$
- + Trạng thái lao động chân tay nhẹ  $Q_{\text{Kat}} = 6 \text{ cal/cm}^2.\text{s}$
- + Trạng thái lao động chân tay nặng  $Q_{\text{Kat}} = 18 \text{ cal/cm}^2.\text{s}$

Nếu trong thời gian đo tốc độ nguội của nhiệt kế ta đo cả nhiệt độ t của không khí xung quanh, ta có thể xác định tốc độ chuyển động của không khí bằng các công thức thực nghiệm sau :

- Khi  $v < 1 \text{ m/s}$  
$$v = \left( \frac{\frac{Q_{\text{Kat}}}{36,5 - t} - 0,2}{0,4} \right)^2, \text{ m/s} \quad (1-44)$$

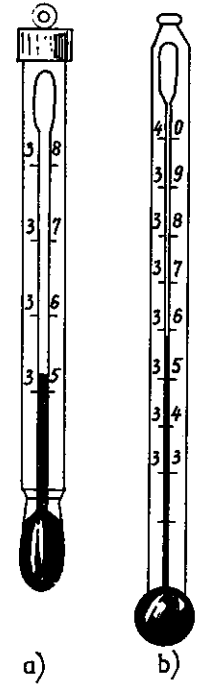
- Khi  $v > 1 \text{ m/s}$  ( $1 \div 17 \text{ m/s}$ ) 
$$v = \left( \frac{\frac{Q_{\text{Kat}}}{36,5 - t} - 0,13}{0,47} \right)^2, \text{ m/s} \quad (1-45)$$

Nếu  $\frac{Q_{\text{Kat}}}{36,5 - t} \leq 0,6$  vận tốc chuyển động của không khí  $\leq 1 \text{ m/s}$ .

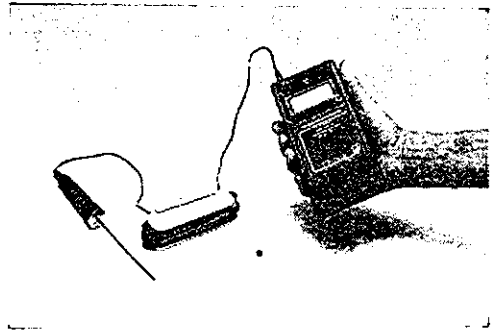
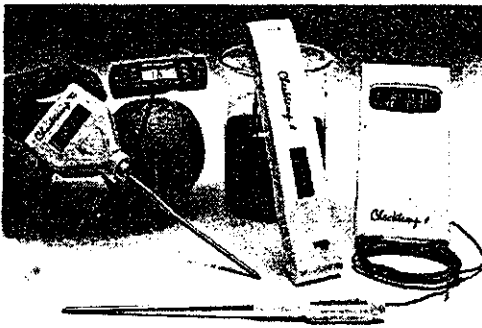
Nếu  $\frac{Q_{\text{Kat}}}{36,5 - t} > 0,6$  vận tốc chuyển động của không khí  $> 1 \text{ m/s}$ .

Trên đây là một số dụng cụ đo các yếu tố vi khí hậu đã được sáng chế và sử dụng từ lâu trên thế giới cho tới nay vẫn tồn tại và tiếp tục được sử dụng vì cấu tạo đơn giản, đảm bảo chính xác cần thiết, rẻ tiền và lâu bền.

Bên cạnh đó, nhờ tiến bộ khoa học kĩ thuật, nhất là kĩ thuật điện tử, ngày nay người ta đã chế tạo ra nhiều loại dụng cụ đo hiện số chạy bằng pin để đo các thông số vật lí, hóa học khác nhau, trong đó có các yếu tố vi khí hậu. Trên hình 1.31 là một loại dụng cụ đo nhiệt độ hiện số.



Hình 1.30 : Nhiệt vận kế Katatecmomet



Hình 1.31 : Dụng cụ đo nhiệt độ hiện số

## 1.6. NHỮNG CHẤT CÓ HẠI TRONG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH

### 1.6.1. Nồng độ của các chất có hại trong không khí

Để đặc trưng cho mức độ hòa lẫn của các chất khí ngoại lai trong không khí, người ta dùng khái niệm về nồng độ. Đơn vị đo nồng độ có thể khác nhau. Thông thường, người ta biểu diễn nồng độ của một chất khí nào đó trong không khí bằng trọng lượng của nó tính bằng mg hay g trong 1 lít hoặc  $1\text{m}^3$  hỗn hợp :  $\text{mg/lít}$  hoặc  $\text{g/m}^3$ . Ta kí hiệu là  $y$ .

Tuy nhiên, trong một số trường hợp người ta còn biểu diễn nồng độ bằng tỉ số % của thể tích chất khí đối với thể tích hỗn hợp và kí hiệu  $m\%$ , có nghĩa là cứ  $100\text{m}^3$  hỗn hợp có  $m\text{m}^3$  chất khí ấy.

Một cách gần đúng ta có thể xem tất cả các chất khí đều là khí lí tưởng, lúc đó theo định luật Avôgadrô, trong điều kiện nhất định một thể tích như nhau của bất kì chất khí nào cũng đều có chứa một số lượng phân tử như nhau và chỉ khác nhau về trọng lượng phân tử  $\mu$ , cho nên một lượng  $\mu$  kg của chất khí bất kì ở  $0^\circ\text{C}$  và  $760\text{mmHg}$  cũng đều có thể tích là  $22,4\text{m}^3$ .

Trọng lượng của  $m\text{m}^3$  khí chứa trong  $100\text{m}^3$  hỗn hợp sẽ bằng  $\mu \cdot \frac{m}{22,4}$  kg. Nếu đổi ra gam và quy về  $1\text{m}^3$  hỗn hợp sẽ bằng :

$$y = \frac{m \mu \cdot 1000}{22,4 \cdot 100} = \frac{m \mu}{2,24}, \quad \text{g/m}^3 \quad (1-46)$$

và ngược lại :

$$m = \frac{2,24 y}{\mu} \% \quad (1-47)$$

Ngoài đơn vị nồng độ  $m$  tính theo % thể tích, ở các nước phương Tây còn dùng đơn vị ppm - phần triệu ( $10^{-6}$ ) theo thể tích :

$$\text{ppm} = \frac{22,4 \cdot 10^3 y}{\mu} \quad (1-48)$$

Vì thể tích không khí thay đổi theo nhiệt độ, do đó nồng độ tính theo thể tích cũng sẽ thay đổi theo nhiệt độ, cho nên để được tiện lợi hơn người ta dùng nồng độ tính theo trọng lượng, biểu diễn trọng lượng chất khí trong một đơn vị trọng lượng 1kg hỗn hợp giữa không khí và chất khí đó.

Nếu kí hiệu nồng độ trọng lượng là  $c$ , ta xem rằng trọng lượng đơn vị của hỗn hợp bằng trọng lượng đơn vị của không khí ta sẽ có :

$$c = \frac{y}{\gamma_{\text{kkhí}}}, \quad \text{g/kg} \quad (1-49)$$

$\gamma_{\text{kkhí}}$  : Trọng lượng đơn vị của không khí có nhiệt độ bằng nhiệt độ khi xác định  $y$ ,  $\text{kg/m}^3$ .

### 1.6.2. Tác dụng của các chất khí có hại đối với cơ thể con người

Tác dụng của các chất khí có hại đối với cơ thể con người phụ thuộc vào mức độ độc hại, nồng độ của nó trong không khí và thời gian mà con người tiếp xúc với các chất khí ấy.

Mỗi một loại khí có tác dụng sinh lí khác nhau đối với cơ thể. Dưới đây là một số các chất khí và hơi có hại thường gặp nhất trong sản xuất công nghiệp.

Dựa theo tính chất tác dụng đối với cơ thể con người của các chất khí và hơi có hại, người ta chia ra làm 4 nhóm sau đây :

- Các chất gây ngạt thở : Oxyt cacbon  $\text{CO}$ , khí cacbonic  $\text{CO}_2$ , khí mêtan, êtan v.v...
- Các chất gây run giật và ngất :  $\text{Cl}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , v.v...
- Các chất gây mê : étxăng, benzen,  $\text{CS}_2$ , Anilin, v.v...
- Các chất ngộ độc : Phốt pho, thủy ngân, thạch tín, v.v...

Ở bảng 1-7 là giới hạn cho phép của một số chất khí độc hại và bụi thường gặp trong các phân xưởng sản xuất.

Bảng 1-7

### NỒNG ĐỘ CHO PHÉP CỦA MỘT SỐ CHẤT KHÍ ĐỘC HẠI VÀ BỤI TRONG PHÂN XƯỞNG SẢN XUẤT

(Theo Tiêu chuẩn tạm thời về môi trường do Bộ KHCN và MT ban hành 1993).

TT	Tên chất	Nồng độ cho phép $\text{mg/m}^3$	TT	Tên chất	Nồng độ cho phép $\text{mg/m}^3$	TT	Tên chất	Nồng độ cho phép $\text{mg/m}^3$
1	Acrolein	2	14	Clobenzen	50	27	Metylenclorua	50
2	Amoniac	2	15	Dầu hỏa	300	28	Naphtalen	20
3	Ancolmetylic	50	16	Dầu thông	300	29	Nicotin	0,5
4	Anilin	5	17	Đioxit sunfua	20	30	Nitơ oxit	5
5	Axeton	200	18	Điclobenzen	20	31	Ozon	0,1
6	Axit axetic	5	19	Đicloetan	10	32	Phenon	5
7	Axit nitric	5	20	Đivinon	100	33	Bụi thuốc lá, chè	3
8	Axit sunfuric	2	21	Ete etylic	300	34	Bụi có chứa từ 20 ÷ 50% $\text{SiO}_2$	1
9	Benzen	50	22	Etylen oxit	1	35	Bụi xi măng, đất sét, bụi vô cơ không chứa $\text{SiO}_2$	6
10	Cacbon monooxit	30	23	Hidrosunfua	10			
11	Cacbon đioxit	1%*	24	Iot	1			
12	Clo	0,1	25	Kẽm oxit	5			
13	Clodioxit	1	26	Magie oxit	15			

### 1.6.3. Các loại bụi trong không khí

Trong không khí, ngoài những chất khí có hại còn có những hạt vật chất thể rắn hoặc lỏng (ví dụ : bụi, sương mù...).

Nếu một hỗn hợp không khí với những hạt vật chất, mà các hạt chiếm phần lớn thể tích, ta có aêrogen.

Nếu không khí chiếm phần lớn thể tích, ta có aêrozon (hay là "xon khí"). Như vậy bụi lẫn trong không khí là "xon khí" còn bụi đã lắng xuống là aêrogen.

Sau đây xem xét một số tính chất của "xon khí" :

Tính chất của xon khí phụ thuộc nhiều vào độ lớn của các hạt bởi vì tính chất vật lí của những hạt có độ lớn khác nhau hoàn toàn khác nhau, nhất là tính chất lắng chìm của chúng.

- Các hạt có kích thước  $> 10 \mu$  gọi là bụi, chúng rơi trong không khí có gia tốc.
- Các hạt có kích thước  $10\mu \div 0,1\mu$  gọi là mây mù, chúng rơi với tốc độ đều.
- Các hạt có kích thước từ  $0,1\mu \div 0,001\mu$  gọi là khói, chúng có chuyển động Brao.

Tác hại của xon khí đối với cơ thể con người cũng phụ thuộc vào độ lớn của các hạt.

Bụi thô có kích thước hạt  $> 50\mu$  chỉ bám vào đoạn đầu của đường hô hấp (lỗ mũi) và không gây tác hại gì.

Bụi từ  $50\mu \div 10\mu$  vào sâu hơn, nhưng lượng bụi vào tận phổi cũng không đáng kể.

Bụi  $< 10\mu$  lọt sâu vào khí quản và phổi, có tác hại nhiều nhất đến cơ thể. Thực nghiệm cho thấy rằng các hạt vào tận phổi qua đường hô hấp có 70% là những hạt  $1\mu$ , gần 30% là những hạt  $1 \div 5\mu$ . Hạt từ  $5\mu \div 10 \mu$  chiếm tỉ lệ không đáng kể.

Trong thành phố, thông thường bụi gồm khoảng 65% chất vô cơ và 35% chất hữu cơ. Bụi vào phổi gây nhiều bệnh nghề nghiệp mãn tính rất nguy hại, cho nên để đảm bảo điều kiện vệ sinh và làm việc tốt cho công nhân, trong các nhà máy có phát sinh ra nhiều bụi, hoặc khí độc hại nhất thiết phải thiết kế lắp đặt các hệ thống thông gió, hệ thống xử lí khí bụi theo đúng yêu cầu vệ sinh công nghiệp và an toàn lao động cho công nhân.

## Chương 2

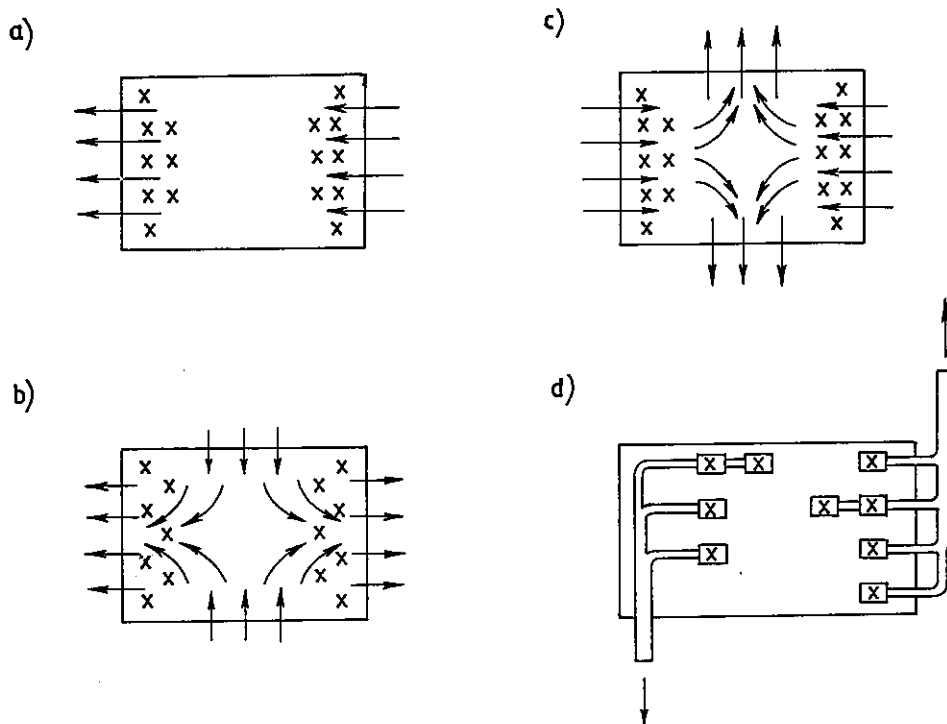
# TỔ CHỨC THÔNG GIÓ

### 2.1. CÁC BIỆN PHÁP THÔNG GIÓ TRONG NHÀ DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

#### 2.1.1. Những sơ đồ thông gió cơ bản

##### 1. Sơ đồ thông gió chung

Giả sử chúng ta có sơ đồ mặt bằng của một gian phòng như hình vẽ (hình 2.1), trong đó những dấu gạch chéo tượng trưng cho các nguồn tỏa khí và hơi có hại đối với sức khỏe con người. Nếu ta bắt đầu cho không khí sạch vào phòng theo chiều các mũi tên thể hiện trên hình 2.1a và đồng thời hút ra một lượng không khí bằng lượng không khí thổi vào, khí và hơi có hại sẽ lan toả và trộn lẫn với không khí trong toàn phòng.



Hình 2.1

Nếu lượng không khí sạch thổi vào phòng đủ lớn thì nó có thể hòa loãng những chất khí độc hại và đưa nồng độ của chúng xuống đến mức cho phép. Thông gió theo phương pháp ấy được gọi là *thông gió chung*.

Thông gió chung về mặt kĩ thuật có thể thực hiện dễ dàng, nhưng có một số nhược điểm chính như sau :



- Người làm việc ở gần vùng không khí thổi vào được thở không khí trong lành hơn ở những vùng khác.

- Sự hòa lẫn của các chất khí độc hại với không khí trong phòng không phải nhanh chóng và đều đặn, cho nên có thể có những vùng mà nồng độ của chúng vượt quá mức cho phép.

Khuyết điểm đầu có thể phần nào khắc phục được bằng cách thổi không khí vào những phần của phòng ở đó lượng khí độc hại tỏa ra ít nhất và hút không khí ra ở những chỗ khí độc hại tỏa ra nhiều nhất (hình 2.1b). Ưu điểm của sơ đồ này dễ dàng thấy được khi so sánh với sơ đồ hình 2.1c.

## 2. Sơ đồ thông gió khống chế

Mức độ ô nhiễm của không khí trong phòng có thể đảm bảo ở mức tối thiểu bằng cách *Thông gió khống chế* (hình 2.1d).

Nguyên tắc của phương pháp này là hút toàn bộ khí độc hại ở ngay tại chỗ phát sinh ra chúng bằng những thiết bị đặc biệt : tủ hút, chụp hút v.v... Những thiết bị này không cho phép khí độc hại thoát ra ngoài và lan toả vào không khí trong toàn phòng.

Tuy nhiên về mặt kĩ thuật việc lắp đặt hệ thống thông gió khống chế không phải lúc nào cũng thực hiện được vì nó cản trở công việc vận hành và phục vụ các thiết bị kĩ thuật trong quá trình sản xuất.

## 3. Thông gió tại chỗ (hoặc còn gọi là thông gió cục bộ)

Trong trường hợp phân xưởng rộng, số người làm việc trong phân xưởng ít và chỗ làm việc tương đối cố định, người ta chỉ cần tạo môi trường không khí thật thích hợp ở những nơi có người làm việc. Hệ thống thông gió lắp đặt theo nguyên tắc ấy gọi là *thông gió tại chỗ hay thông gió cục bộ*.

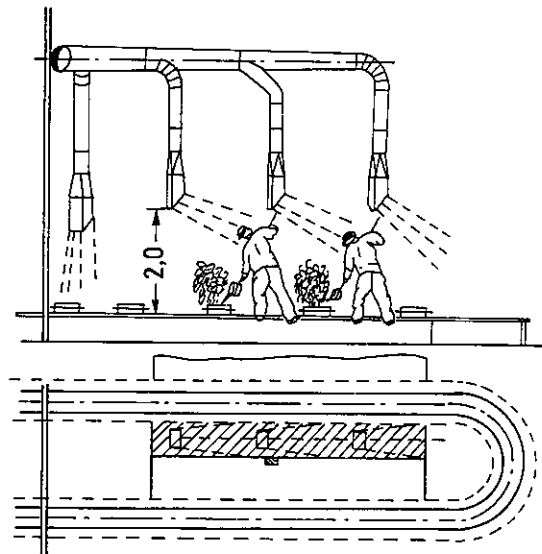
Dạng phổ biến nhất của loại hệ thống này là "Hoa sen không khí". Hệ thống hoa sen không khí được lắp đặt ở những chỗ làm việc riêng biệt trong các xưởng nóng như xưởng đúc, rèn v.v... để làm mát cho công nhân làm việc ở các cửa lò, bãi đổ khuôn đúc v.v... (hình 2.2).

## 4. Thông gió phối hợp

Trong nhà công nghiệp người ta thường áp dụng phương pháp *thông gió phối hợp*, tức là bao gồm cả 3 phương pháp nêu trên : Thông gió chung, thông gió khống chế và thông gió cục bộ.

## 5. Thông gió sự cố

Hệ thống thông gió sự cố thường được lắp đặt ở các nhà máy hóa chất để phòng khi xảy ra tai nạn như vỡ bình chứa hơi độc chẳng hạn. Lúc đó hệ thống thông gió sự cố bắt đầu hoạt động và thải khí độc



Hình 2.2 : Thông gió tại chỗ  
(Hoa sen không khí)

hại ra ngoài trong thời gian ngắn nhất. Hệ thống này còn được lắp đặt trong các trạm nhiệt (lò hơi), nó chỉ hoạt động khi tháo hơi ở lò ra để thay rửa.

### 2.1.2. Các phương pháp thông gió trong những phòng kín

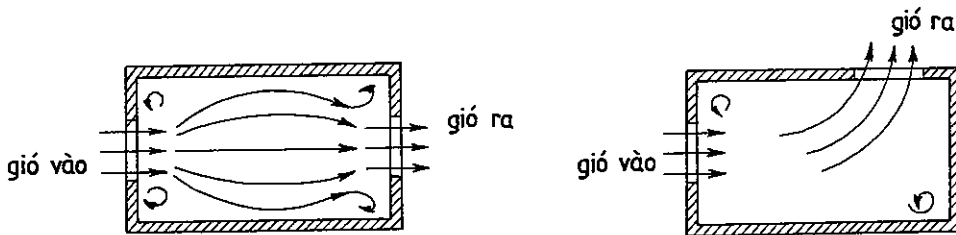
Trao đổi không khí giữa trong và ngoài nhà có thể thực hiện bằng nhiều cách khác nhau.

Trong nhiều trường hợp trao đổi không khí có thể thực hiện được nhờ chênh lệch áp suất gây ra bởi tác dụng của gió và chênh lệch trọng lượng riêng của không khí trong và ngoài phòng. Trường hợp này nếu lối vào và ra của không khí là những chỗ hở, lỗ hổng của tường ngoài và các khe cửa, thì hiện tượng đó được gọi là rò gió. Rò gió là hiện tượng trao đổi không khí một cách vô tổ chức vì ta không thể điều chỉnh lượng không khí ra vào và cũng không thể hướng được luồng không khí vào những chỗ cần thiết.

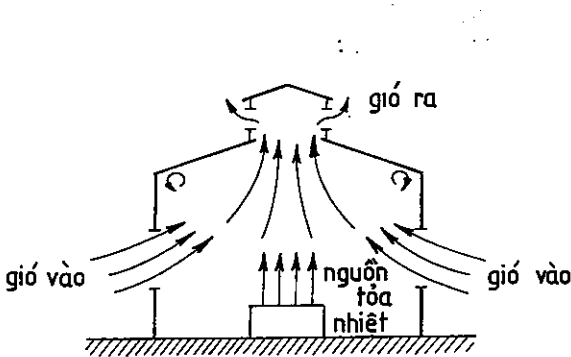
Cũng dưới tác dụng của những yếu tố trên nhưng nếu trao đổi không khí được thực hiện qua các cửa sổ, cửa đi, lúc đó ta có hiện tượng *thông thoáng* (hình 2.3).

Cũng như trên nhưng nếu lượng trao đổi không khí có thể điều chỉnh được ở các cửa gió vào và cửa gió ra (cửa mái), lúc bấy giờ ta có *thông gió tự nhiên* (hình 2.4).

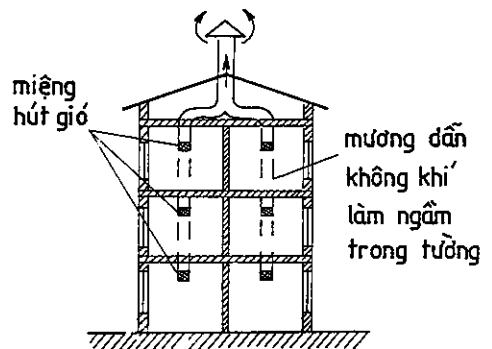
Trong nhà ở nhiều tầng *thông gió tự nhiên* thường được thực hiện bằng những hệ thống mương dẫn đứng đặt ngầm trong tường. Không khí lạnh có trọng lượng riêng lớn hơn sẽ đẩy không khí nóng trong các phòng và tầng nhà khác nhau theo các đường mương dẫn lên mái nhà và thoát ra ngoài (hình 2.5). Trường hợp đó ta có hệ thống *thông gió tự nhiên dưới tác dụng của sức đẩy trọng lực*.



Hình 2.3 : Thông gió trong các phòng ở



Hình 2.4 : Thông gió tự nhiên trong nhà công nghiệp



Hình 2.5 : Thông gió tự nhiên trong nhà ở, công cộng

Nếu trao đổi và vận chuyển không khí được thực hiện bằng máy quạt, ta có *thông gió cơ khí*.

Hệ thống thông gió thông thường gồm có :

- Tuyến đường ống
- Máy quạt (gồm cả động cơ điện)
- Bộ sấy không khí (hoặc không có)
- Thiết bị lọc không khí
- Bộ phận làm lạnh v.v...

Tùy theo tính chất làm việc của hệ thống thông gió mà người ta phân biệt chúng thành *hệ thống hút và hệ thống thổi*.

Hệ thống hút là hệ thống thu không khí đã bị ô nhiễm trong phòng và thải ra ngoài. Còn hệ thống thổi là hệ thống lấy không khí sạch ở bên ngoài, sau khi xử lý : làm nóng, làm lạnh, lọc sạch v.v... rồi thổi vào phòng để đảm bảo môi trường không khí trong phòng có một chế độ nhiệt ẩm và độ trong sạch cần thiết.

Nếu hệ thống thông gió không những chỉ bảo đảm trong phòng lưu lượng trao đổi không khí nhất định mà còn bảo đảm cả các yếu tố vi khí hậu được ổn định như độ ẩm, nhiệt độ, tốc độ chuyển động thì hệ thống ấy được gọi là *hệ thống điều hòa không khí*.

Trong nhiều trường hợp khi tổ chức thông gió cho các phòng ở hay nhà máy, không khí thổi vào không phải chỉ hoàn toàn là không khí ngoài trời mà có thể còn lấy một phần không khí trong phòng nữa. Phần không khí này hòa trộn với phần không khí bên ngoài và thổi trở lại vào phòng. Đó là phương pháp thông gió *có tuần hoàn hoặc có gió hồi*.

Phương pháp "tuần hoàn" được áp dụng với mục đích tiết kiệm nhiệt để sấy nóng không khí trước khi thổi vào phòng về mùa đông hoặc để giảm công suất làm lạnh không khí về mùa hè. Tuy nhiên, phần không khí ngoài cần phải đủ để có thể làm loãng các chất khí độc hại tỏa ra trong phòng và đưa nồng độ của chúng xuống dưới mức cho phép.

Ngoài hiện tượng rò gió và thông thoáng là hiện tượng *thông gió không tổ chức* tất cả các biện pháp thông gió còn lại đều thuộc về *thông gió có tổ chức* vì rằng các biện pháp ấy cho phép điều chỉnh được lượng không khí vào và ra.

Tỉ số giữa lượng không khí vào và lượng không khí ra trong trường hợp thông gió có tổ chức gọi là *cân bằng không khí*. Nếu lượng không khí vào nhiều hơn lượng không khí ra, ta có cân bằng dương và ngược lại, ta có cân bằng âm. Trường hợp bằng nhau ta có "Cân bằng triệt tiêu". Trong trường hợp *cân bằng không triệt tiêu* thì phần thừa của không khí vào hay ra có thể ra hay vào qua các khe hở, lỗ rỗng hoặc từ các phòng bên cạnh. Phần không khí ấy là phần không khí không có tổ chức vì rằng chỗ vào hoặc chỗ thoát ra chính thức của nó không xác định được một cách rõ ràng.

## 2.2. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CƠ BẢN CỦA SỰ TRAO ĐỔI KHÔNG KHÍ

Giả sử trong một căn phòng thể tích là  $V \text{ m}^3$  có nguồn thải khí độc hại với cường độ là  $G \text{ g/h}$ . Chúng ta hãy xác định lưu lượng trao đổi không khí trong trường hợp thông gió chung.

Vấn đề đặt ra ở đây là : Nếu bây giờ ta bắt đầu thổi vào phòng đồng thời cũng hút ra khỏi phòng một lượng khí là  $L \text{ m}^3/\text{h}$  thì sau thời gian  $Z$  giờ mức độ trộn lẫn của chất khí

độc hại, tức là nồng độ của nó trong phòng sẽ là bao nhiêu, nếu trước lúc hệ thống thông gió bắt đầu hoạt động nồng độ của chất khí ấy trong phòng là  $y_1$  và trong không khí ngoài trời là  $y_0$  g/m<sup>3</sup> ?

Chúng ta kí hiệu nồng độ chất khí độc hại đang xem xét tại một thời điểm bất kì nào đó sau khi hệ thống thông gió bắt đầu hoạt động là  $y$  và cho rằng chất khí được lan tỏa ra một cách đều đặn trong toàn căn phòng. Lúc đó ta có thể viết được phương trình vi phân của sự trao đổi không khí như sau :

a) Lượng khí độc hại tỏa ra trong thời gian  $dZ$  :

$$G dZ, \quad g$$

b) Lượng khí độc hại được đưa vào phòng cùng với không khí ngoài thổi vào (cũng trong thời gian  $dZ$ ) :

$$L y_0 dZ, \quad g$$

c) Lượng khí có hại tổng cộng sản sinh ra trong phòng sau thời gian nói trên :

$$G dZ + L y_0 dZ, \quad g$$

d) Cũng trong thời gian ấy từ trong phòng được thải ra ngoài một lượng khí có hại là :

$$L y dZ, \quad g$$

e) Từ điều kiện cân bằng vật chất, ta có thể viết :

$$G dZ + L y_0 dZ - L y dZ = V dy \quad (2-1)$$

Từ đó ta có :

$$\frac{dZ}{V} = \frac{dy}{G + L y_0 - L y}$$

Hoặc

$$\frac{dZ}{V} = -\frac{1}{L} \cdot \frac{d(G + L y_0 - L y)}{G + L y_0 - L y}$$

Sau khoảng thời gian  $Z$  giờ, nồng độ của khí có hại trong phòng biến thiên từ  $y_1$  đến  $y_2$ , do đó :

$$\int_0^z \frac{dZ}{V} = \int_{y_1}^{y_2} -\frac{1}{L} \cdot \frac{dG + L y_0 - L y}{G + L y_0 - L y}$$

hay là :

$$\frac{Z}{V} = -\frac{1}{L} \cdot \ln \frac{G + L y_0 - L y_2}{G + L y_0 - L y_1}$$

Từ đó :

$$Z \cdot \frac{L}{V} = -\ln \frac{G + L y_0 - L y_2}{G + L y_0 - L y_1} = \ln \frac{L y_1 - G - L y_0}{L y_2 - G - L y_0}$$

hay là :

$$\frac{L y_1 - G - L y_0}{L y_2 - G - L y_0} = e^{z \frac{L}{V}}$$

(2-2)

Giải phương trình trên ứng với biến số  $y_2$  ta có :

$$y_2 = y_1 e^{-z \frac{L}{V}} + \frac{G + L y_0}{L} (1 - e^{-z \frac{L}{V}}) \quad (2-3)$$

Tuy nhiên để giải quyết các bài toán thông gió, điều quan trọng hơn cả không phải là tìm  $y_2$  mà là  $L$ . Thật vậy, để đảm bảo trong phòng có được trạng thái không khí phù hợp với yêu cầu vệ sinh thì nồng độ  $y_2$  của chất khí có hại trong không khí hút ra không được lớn hơn nồng độ cho phép đã được quy định theo Tiêu chuẩn. Như thế có nghĩa  $y_2$  là đại lượng cho trước  $y_2 = y_c$  ( $y_c$  - nồng độ cho phép) và  $L$  là đại lượng cần tìm.

Để giải quyết vấn đề này, ta phân đẳng thức (2-2) thành liệt số Taylo và lấy hai số hạng đầu tiên, ta sẽ có :

$$L = \frac{G}{y_c - y_0} - \frac{V}{Z} \cdot \frac{y_c - y_1}{y_c - y_0} \quad (2-4)$$

Trong đó :  $y_c$  - là nồng độ cho phép của chất khí có hại,  $g/m^3$ . Khi hệ thống thông gió làm việc liên tục trong thời gian dài, lúc đó ta có thể xem  $Z = \infty$  và do đó :

$$L = \frac{G}{y_c - y_0}, \quad m^3/h \quad (2-5)$$

## 2.3. TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG THÔNG GIÓ

### 2.3.1. Xác định lưu lượng trao đổi không khí để khử các yếu tố độc hại :

Trên đây chúng ta đã diễn giải phương trình trao đổi không khí. Phương trình ấy cho phép ta xác định lưu lượng không khí cần thổi vào phòng để nồng độ chất khí có hại không vượt quá giới hạn cho phép. Trong phần này chúng ta hiểu các yếu tố độc hại là : khí có hại, hơi nước, bụi và nhiệt thừa.

#### 1. Lưu lượng thông gió khử khí độc hại

Như đã trình bày trên đây, công thức (2-5) cho phép ta xác định lưu lượng thông gió khử khí độc hại trong trường hợp nguồn tỏa khí độc hại cũng như hệ thống thông gió hoạt động thường xuyên liên tục.

Trường hợp phân xưởng có khối tích lớn, nguồn tỏa khí độc hại hoạt động gián đoạn và hệ thống thông gió chỉ có nhiệm vụ khử khí độc hại không thôi thì ta có thể tận dụng khối không khí trong phân xưởng để hấp thu và pha loãng khí độc hại cho đến chừng nào nồng độ khí độc hại đạt giới hạn cho phép  $y_c$ , lúc đó mới cho hệ thống thông gió làm việc theo các phương trình (2-4) hoặc (2-5).

Khoảng thời gian  $Z_0$  kể từ lúc nguồn tỏa độc hại bắt đầu hoạt động đến thời điểm vận hành hệ thống thông gió có thể xác định bằng đẳng thức :

$$G Z_0 = V(y_c - y_1)$$

$$Z_0 = \frac{V(y_c - y_1)}{G}, \quad h \quad (2-6)$$

Từ công thức (2-5) ta có thể suy ra công thức xác định lưu lượng thông gió khử các yếu tố độc hại khác như sau.

## 2. Lưu lượng thông gió khử hơi nước thừa

$$L = \frac{G_{\text{hn}}}{d_{\text{max}} - d_o}, \quad \text{kg/h} \quad (2-7)$$

Trong đó :

$G_{\text{hn}}$  - Lượng hơi nước tỏa ra trong phòng, còn gọi là hơi nước thừa hoặc ẩm thừa, g/h

$d_{\text{max}}$  - Dung ẩm cực đại cho phép của không khí trong phòng tính bằng g/kg (hoặc có thể là dung ẩm của không khí hút ra)

$d_o$  - Dung ẩm của không khí thổi vào, g/kg

## 3. Lưu lượng thông gió khử bụi

$$L = \frac{G_{\text{bụi}}}{s_c - s_o}, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (2-8)$$

Trong đó :

$G_{\text{bụi}}$  - Lượng bụi tỏa ra trong phòng tính theo g/h

$s_c$  và  $s_o$  - Nồng độ cho phép và nồng độ của bụi trong không khí thổi vào, g/m<sup>3</sup>.k khí

## 4. Lưu lượng thông gió khử nhiệt thừa

$$L = \frac{Q}{I_R - I_V}, \quad \text{kg/h} \quad (2-9)$$

Trong đó :

$Q$  - Lượng nhiệt tỏa ra trong phòng tính theo kcal/h

$I_V$  - Nhiệt dung của không khí thổi vào, kcal/kg

$I_R$  - Nhiệt dung của không khí ra, kcal/kg

Trong trường hợp nếu trong phòng chỉ tỏa nhiệt, không tỏa hơi nước thì không khí thổi vào sẽ chỉ bị nung nóng chứ không thay đổi dung ẩm, lúc đó một cách gần đúng ta có thể viết :

$$L = \frac{Q}{0,24(t_R - t_V)}, \quad \text{kg/h} \quad (2-10)$$

Trong đó :

0,24 - Tỷ nhiệt của không khí khô, kcal/kg °C

$t_V$  và  $t_R$  - Nhiệt độ của không khí thổi và hút ra, °C.

Khi tính toán thông gió, nhiệt độ không khí trong phòng được chọn theo yêu cầu vệ sinh và sản xuất.

Nhiệt độ của không khí thổi vào trong trường hợp khử nhiệt thừa không nên lấy thấp hơn nhiệt độ trong phòng quá 5 ÷ 7°C nếu các miệng thổi bố trí ở dưới thấp (tức ngang tầm người) mục đích là để tránh tác dụng có hại của luồng không khí lạnh.

Nếu các miệng thổi bố trí ở độ cao trên 4m kể từ mặt sàn thì nhiệt độ không khí thổi vào ( $t_V$ ) có thể cho phép lấy thấp hơn nhiệt độ trong phòng 10 ÷ 12°C.

Còn nhiệt độ  $t_R$  có thể lấy bằng nhiệt độ trong phòng nếu không khí được hút ra ở vùng làm việc. Nếu hút trên cao thì nhiệt độ của không khí ra ( $t_R$ ) có thể xác định bằng công thức sau :

$$t_R = t_{VLV} + \beta(H - 2) \quad (2-11)$$

Trong đó :

$t_{VLV}$  - Nhiệt độ không khí trong phòng tại vùng làm việc, tức là vùng không gian mà người ta hoạt động. Vùng làm việc theo quy ước là vùng từ mặt sàn lên đến độ cao 2m.

H - Khoảng cách đứng từ mặt sàn đến tâm miệng hút, m

2 - Chiều cao vùng làm việc, m

$\beta$  - Gradien nhiệt độ (độ tăng nhiệt độ) theo chiều cao. Thông thường  $\beta = 0,2 \div 1,5$  °C/m

- Đối với rạp hát, rạp chiếu bóng  $\beta = 0,2 \div 0,3$

- Đối với các xưởng nguội  $\beta = 0,4 \div 1$

- Đối với các xưởng nóng  $\beta = 1 \div 1,5$

Khi trong phòng đồng thời tỏa ra nhiều loại yếu tố có hại khác nhau như nhiệt, hơi độc hại, bụi... thì ta xác định lưu lượng trao đổi không khí đối với từng loại một, đồng thời phải tính theo mùa (đông và hè) rồi lấy kết quả lớn nhất.

### 2.3.2. Bội số trao đổi không khí

Tỉ số của thể tích không khí thổi vào phòng hoặc hút từ phòng ra trong một đơn vị thời gian (1 giờ) chia cho thể tích bên trong của phòng được gọi là *bội số trao đổi không khí*, kí hiệu m.

Ví dụ : Đối với gian phòng có thể tích  $100\text{m}^3$  nếu bội số trao đổi không khí  $m = 2$ , có nghĩa là trong mỗi giờ lượng không khí thổi vào hoặc hút ra là  $100 \times 2 = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Lưu lượng trao đổi không khí trong nhà dân dụng và công cộng thường xác định theo bội số trao đổi không khí hút ra hoặc thổi vào hoặc kết hợp cả hút ra và thổi vào. "Bội số trao đổi" được quy định tùy theo yêu cầu vệ sinh và tính chất, công dụng của từng loại nhà. "Bội số trao đổi" được xem là tiêu chuẩn cần bảo đảm khi thiết kế hệ thống thông gió. Trong một số các phòng như phòng hút thuốc, khu vệ sinh, người ta không cho phép thổi không khí vào mà chỉ hút ra thổi, vì rằng trong trường hợp thổi không khí vào mà nếu hệ thống hút ra không làm việc (bị hỏng) thì hơi khí độc hại và mùi hôi hám sẽ lan tỏa sang các phòng bên cạnh. Do đó người ta chỉ đặt hệ thống hút và lúc ấy không khí vào sẽ đi từ các phòng lân cận nếu trong các phòng ấy không tỏa ra những loại khí độc hại.

Đó là những trường hợp ngoại lệ, còn nói chung trong các phân xưởng sản xuất, phòng ở hoặc nhà công cộng người ta cố ý thổi không khí vào nhiều hơn không khí hút ra độ 10% với mục đích tạo ra một áp suất thừa nào đó trong phòng để tránh sự xâm nhập của không khí lạnh, nóng hoặc ô nhiễm từ bên ngoài vào.

Sau đây có dẫn ra một số tiêu chuẩn về bội số trao đổi không khí và lưu lượng thông gió cho một số công trình dân dụng và công cộng của Liên Xô cũ theo CNIPII-62-71 để làm tài liệu tham khảo (bảng 2-1).

**TIÊU CHUẨN VỀ NHIỆT ĐỘ VÀ BỘI SỐ TRAO ĐỔI KHÔNG KHÍ  
HOẶC LƯU LƯỢNG THÔNG GIÓ TRONG MỘT SỐ CÔNG TRÌNH :  
NHÀ Ở VÀ NHÀ CÔNG CỘNG CỦA LIÊN XÔ CŨ**

Thứ tự	Tên phòng	Nhiệt độ không khí bên trong $t_T, ^\circ\text{C}$	Bội số trao đổi không khí hoặc lưu lượng thông gió $L, \text{m}^3/\text{h}$	
			Hút ra	Thổi vào
1	2	3	4	5
	<b>Nhà ở</b>			
1	Phòng ở hộ gia đình, kí túc xá (tính theo $1\text{m}^2$ diện tích sàn)	18 ÷ 20	(3)	-
2	Nhà bếp	15	(60)	-
3	Phòng tắm	25	(25)	-
4	Phòng vệ sinh (xí tiểu)	16	(25)	-
5	Phòng vệ sinh bao gồm cả tắm và xí tiểu	25	(50)	-
6	Phòng vệ sinh chung :			
	- Cho 1 chậu xí	16	(50)	-
	- cho 1 chậu tiểu	16	(25)	-
7	Phòng sinh hoạt tập thể trong kí túc xá, phòng học chung...	18	6	-
	<b>Khách sạn</b>			
8	Phòng ngủ (tính cho 1 giường ngủ)	20	(30)	-
9	Khu vệ sinh riêng			
	- Phòng 1 giường	25	(50)	-
	- Phòng 2 giường	25	(60)	-
10	Khu vệ sinh chung			
	- Cho 1 chậu xí	16	(50)	-
	- Cho 1 chậu tiểu	16	(25)	-
	<b>Bệnh viện - Trạm xá</b>			
11	Phòng bệnh nhân (tính cho 1 giường bệnh)	20		(40)
12	Phòng sản phụ	25	2	1,5
13	Phòng cho trẻ sơ sinh bú	22	2	1,5
14	Phòng bác sĩ	20	1	1
15	Phòng chiếu X-quang, Phòng chiếu xạ	20	4	3
16	Phòng chuẩn bị dụng cụ mổ, phòng khử trùng	18	3	1
17	Phòng vật lí trị liệu, phòng chữa bệnh răng hàm mặt	20	3	2



Bảng 2-1 (tiếp)

1	2	3	4	5
18	Nhà xác	2	3	-
	<b>Công trình thể thao</b>			
19	Phòng tập luyện, thi đấu			
	- Cho 1 vận động viên	15	-	(80)
	- Cho 1 khán giả	15	-	(20)
20	Bể bơi trong nhà	26	-	(20)
21	Phòng thay quần áo cạnh bể bơi	20	2	-
22	Phòng nghỉ của vận động viên, lớp học	18	2	2
23	Khu vệ sinh (tính cho 1 chậu xí)	23	(100)	
	<b>Nhà hát - Rạp chiếu bóng - Câu lạc bộ</b>			
24	Phòng khán giả	16	Theo tính	
25	Hành lang	16	toán	2
26	Căng tin	18	5	-
27	Phòng hút thuốc	16	10	-
28	Phòng vệ sinh (tính cho 1 chậu xí hoặc chậu tiểu)	16	(100)	
29	Phòng nghỉ của nhạc công	18	5	3
30	Phòng máy chiếu phim	16	3	3
31	Hút cục bộ bổ sung từ máy chiếu phim			
	- Góc chiếu 8°, cường độ 60 ampe	16	(400)	
	- 10° - 90 ampe	16	(700)	
	- 12° - 180 ampe	16	(1700)	

Ghi chú : Những số trong dấu ngoặc là lưu lượng thông gió tính theo m<sup>3</sup>/h.

### 2.3.3. Những chất có hại do người thải ra

Trong nhà ở và nhà công cộng nguồn sản ra các chất khí có hại chính là con người. Những chất khí có hại đó là : Cacbonic (CO<sub>2</sub>), hơi nước và nhiệt. Cần chú ý là : nhiệt do người tỏa ra gồm 2 phần : một phần có tác dụng đốt nóng và làm tăng nhiệt độ của không khí xung quanh, gọi là "nhiệt hiện". Còn phần nữa có tác dụng làm bốc hơi mồ hôi trên bề mặt da, phần này tuy có làm tăng nhiệt dung của không khí nhưng hầu như không ảnh hưởng đến nhiệt độ, gọi là "nhiệt kín".

Khi tính nhiệt do người tỏa ra trong trường hợp thông gió như khử nhiệt thừa thì chỉ tính phần "nhiệt hiện" còn phần "nhiệt kín" không kể đến. Lượng nhiệt, khí CO<sub>2</sub> và hơi nước do người tỏa ra phụ thuộc vào 3 yếu tố sau đây :

- Lứa tuổi : Người lớn tỏa nhiều nhiệt, khí CO<sub>2</sub> và hơi nước hơn trẻ em.
- Mức độ công việc nặng, nhẹ : khi làm việc nặng tỏa ra nhiều nhiệt, khí CO<sub>2</sub> và hơi nước hơn khi làm việc nhẹ.
- Nhiệt độ của môi trường xung quanh : Nhiệt độ xung quanh càng cao thì lượng nhiệt toàn phần do người tỏa ra nói chung có giảm, nhưng lượng nhiệt kín càng tăng và do đó lượng hơi nước tỏa ra càng tăng, còn lượng nhiệt hiện thì giảm mạnh.

Ở bảng 2-2 là lượng các yếu tố độc hại do cơ thể con người thải ra môi trường xung quanh.

LƯỢNG NHIỆT, HƠI NƯỚC VÀ KHÍ CO<sub>2</sub> DO NGƯỜI THẢI RA

Thứ tự	Trạng thái lao động	Lượng thải khí CO <sub>2</sub> l/h	Nhiệt độ môi trường xung quanh, °C																	
			10			15			20			25			30			35		
			q <sub>o</sub>	q <sub>h</sub>	g	q <sub>o</sub>	q <sub>h</sub>	g	q <sub>o</sub>	q <sub>h</sub>	g	q <sub>o</sub>	q <sub>h</sub>	g	q <sub>o</sub>	q <sub>h</sub>	g	q <sub>o</sub>	q <sub>h</sub>	g
1	Lao động nặng	45	250	170	135	250	140	185	250	110	240	250	80	295	45	355	250	10	415	
2	Lao động vừa	35	185	140	70	180	115	110	175	90	140	170	60	185	35	230	170	5	280	
3	Lao động nhẹ	25	155	130	40	135	105	55	130	85	75	125	55	115	35	150	125	5	200	
4	Lao động trí óc (trong cơ quan, trường học)	23	140	120	30	125	100	40	120	80	75	120	50	105	35	140	120	10	180	
5	Trạng thái tĩnh, nghỉ ngơi (trong nhà hát, rạp chiếu bóng...)	23	140	120	30	125	100	40	100	75	40	80	50	50	35	75	80	10	115	
6	Trẻ em dưới 12 tuổi	12	70	60	15	60	50	18	50	35	22	40	25	25	20	35	40	-	66	

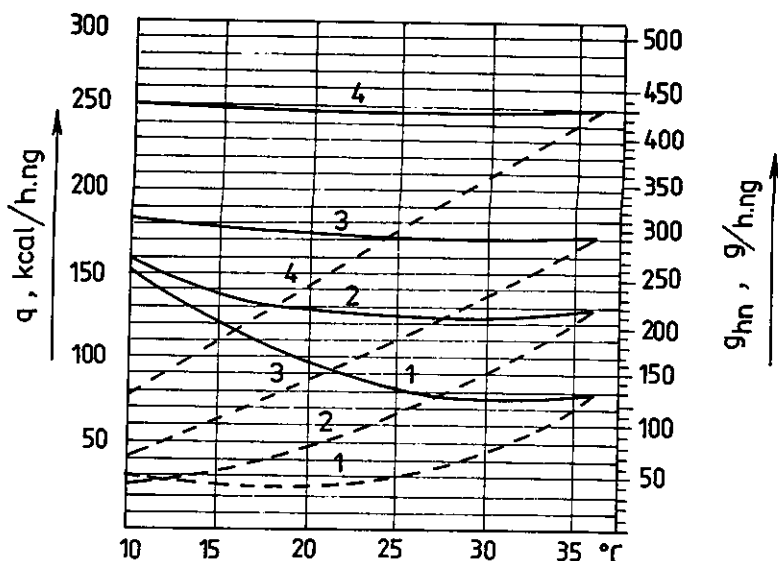
Ghi chú :

q<sub>o</sub> - Lượng nhiệt toàn phần, kcal/h.ngườiq<sub>h</sub> - Lượng nhiệt hiện, kcal/h.người

g - Lượng hơi nước, g/h.người

Chú thích : Khi nhiệt độ t &gt; 35°C cơ thể người không tỏa "nhiệt hiện" nữa. (Tất cả các lượng nhiệt tỏa ra dùng hết cho sự bốc hơi mồ hôi trên bề mặt da).

Lượng nhiệt và hơi nước do người thải ra còn có thể xác định theo biểu đồ sau đây (hình 2.6).



Hình 2.6

Ghi chú : 1 - Trạng thái tĩnh ; 2 - Lao động nhẹ ; 3 - Lao động vừa ; 4 - Lao động nặng.

Cách tra biểu đồ : Ứng với nhiệt độ xung quanh được xác định trên trục hoành dóng lên đường cong nét liền thuộc trạng thái lao động đang xem xét rồi dóng ngang sang trục bên trái ta được lượng nhiệt toàn phần  $q_o$ . Từ điểm biểu diễn trên đường cong nét đứt ứng với nhiệt độ đã cho dóng sang trái ta được lượng nhiệt kín  $q_k$  và dóng sang phải ta được lượng hơi nước  $g$ . Lượng nhiệt hiện  $q_n$  tính được bằng hiệu của  $q_o$  và  $q_k$ .

Bảng 2-3

### ĐỘ ẨM KHÔNG KHÍ VÀ NỒNG ĐỘ CHO PHÉP CỦA KHÍ CO<sub>2</sub> TRONG CÁC LOẠI PHÒNG

Tên phòng	Độ ẩm cho phép $\varphi\%$		Nồng độ CO <sub>2</sub>		
	Từ	Đến	l/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/kg
- Phòng ở	50	70	1	1,86	1,5
- Phòng trẻ em và người ốm	50	65	0,7	1,3	1,05
- Phòng làm việc của các cơ quan	50	70	1,25	2,32	1,87
- Các phòng người ra vào trong thời gian ngắn	-	-	2	3,72	3

Nồng độ của khí CO<sub>2</sub> trong không khí trời ở nông thôn khoảng 0,5 g/kg ở thành phố nhỏ 0,6 g/kg và thành phố lớn 0,75 g/kg. (Nếu tính theo lít/m<sup>3</sup> thì tương ứng sẽ là 0,33 ; 0,4 và 0,5 l/m<sup>3</sup>).

#### 2.3.4. Ví dụ xác định lưu lượng thông gió

Tính toán hệ thống thông gió phục vụ cho phòng khán giả  $n = 1000$  người. Đặc trưng tổn thất nhiệt đơn vị của nhà khi chênh lệch nhiệt độ bên trong và bên ngoài  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$  là  $q = 2200$  kcal/h.

\* Thông số tính toán của không khí ngoài trời :

Mùa đông :  $t_N = 10^\circ\text{C}$  ;  $\varphi_N = 70\%$  ;  $d_N = 5 \text{ g/kg}$

Mùa hè :  $t_N = 30^\circ\text{C}$  ;  $\varphi_N = 80\%$  ;  $d_N = 21,5 \text{ g/kg}$

\* Thông số cần đảm bảo của không khí trong phòng :

Mùa đông :  $t_T = 20^\circ\text{C}$  ;  $\varphi_T = 60\%$  ;  $d_T = 9 \text{ g/kg}$

Mùa hè :  $t_T = 33^\circ\text{C}$  ;  $\varphi_T = 75\%$  ;  $d_T = 24 \text{ g/kg}$

Tính toán được tiến hành theo bảng dưới đây :

Thứ tự	Mục đích thông gió	Xác định lưu lượng trao đổi không khí L, kg/h			
		Mùa đông		Mùa hè	
		Công thức tính toán	Kết quả	Công thức tính toán	Kết quả
1	Khử nhiệt thừa * Tỏa nhiệt do người, kcal/h * Mất nhiệt do chênh lệch nhiệt độ * Nhiệt thừa, kcal/h * Lưu lượng thông gió, kg/h	$Q_1 = n(q_0 - q_k) = 1000(98 - 25)$ $Q_2 = q(t_T - t_N) = 2200(20 - 10)$ $Q = Q_1 - Q_2 = 73000 - 22000$ $L = \frac{Q}{C(t_T - t_N)} = \frac{51000}{0,24(20-10)}$	73 000 22 000 51 000 21 250	$1000(78 - 60)$ $2200(33-30)$ $18000 - 6600$ $\frac{11400}{0,24(33 - 30)}$	18 000 6 600 11 400 15 800
2	Lưu lượng thông gió khử khí CO <sub>2</sub> , kg/h	$L = \frac{g_{CO_2} \cdot n}{y_c^{CO_2} - y_o^{CO_2}} = \frac{35 \cdot 1000}{3 - 0,5}$	14 000	$\frac{35 \cdot 1000}{3 - 0,5}$	14 000
3	Lưu lượng thông gió khử hơi nước, kg/h	$L = \frac{g_{H_2O} \cdot n}{d_T - d_N} = \frac{40 \cdot 1000}{9 - 5}$	10 000	$\frac{100 \cdot 1000}{24 - 21,5}$	40 000

Dựa vào kết quả tính toán trên, ta chọn trị số 40 000 kg/h làm lưu lượng trao đổi không khí. Trị số lưu lượng này thỏa mãn được tất cả các yêu cầu. Tuy nhiên, để hệ thống thông gió được gọn nhẹ và kinh tế ta có thể chọn lưu lượng 21 250 kg/h để nhiệt thừa và khí CO<sub>2</sub> là 2 mục đích quan trọng nhất của thông gió.

## 2.4. CHUYỂN ĐỘNG CỦA KHÔNG KHÍ TRONG CÁC PHÒNG ĐƯỢC THÔNG GIÓ

### 2.4.1. Quy luật chuyển động của không khí ở miệng thổi

Không khí từ miệng thổi đi ra thành từng luồng. Trong kĩ thuật thông gió quy luật chuyển động của luồng không khí có ý nghĩa rất quan trọng.

Thông thường người ta sử dụng luồng không khí để tạo ra điều kiện vi khí hậu nhất định trong một vùng giới hạn gần chỗ làm việc của công nhân (hoa sen không khí, màn cửa không khí v.v...).

Ngoài ra, những chất khí độc hại và nhiệt lan tỏa ra toàn phòng dưới hình thức luồng. Ví dụ luồng nhiệt xuất phát từ một đồ vật hoặc thiết bị đốt nóng có thể lôi cuốn theo cả những chất khí nặng hơn không khí hoặc bụi và mang chúng rải ra khắp cả gian phòng.

Nếu luồng không khí chuyển động trong phòng rộng, tĩnh và không bị một vật gì cản trở, ta có luồng tự do.

Nếu phòng không tĩnh thì luồng có thể bị thay đổi chiều hoặc rối loạn và không còn giữ hình dáng của luồng nữa.

Nếu trọng lượng riêng hoặc nhiệt độ của không khí trong luồng và không khí xung quanh bằng nhau thì trục của luồng thẳng. Trường hợp các thông số trên không bằng nhau thì luồng bị uốn cong : cong lên khi nhiệt độ xung quanh thấp hơn nhiệt độ của luồng và cong xuống trong trường hợp ngược lại.

Như chúng ta đã biết, trong chuyển động của các chất khí ở chế độ "chảy rối", ngoài chuyển động hướng trục, các phần tử vật chất còn có chuyển động ngang. Do tốc độ ngang này, một số phần tử bị mang ra ngoài phạm vi của luồng. Những phần tử ấy va chạm vào những phần tử của lớp biên không chuyển động của không khí xung quanh, truyền cho chúng một vận tốc nào đó và lôi cuốn chúng nhập vào luồng.

Do hiện tượng ấy, trong quá trình chuyển động không khí của luồng sẽ được không khí xung quanh trộn lẫn thêm vào làm cho khối lượng và đường kính của nó tăng lên theo chiều chuyển động, còn tốc độ thì giảm dần. Khối lượng tăng lên bao nhiêu lần thì tốc độ trung bình giảm xuống bấy nhiêu lần để cho tích số của chúng tức là động lượng không thay đổi :

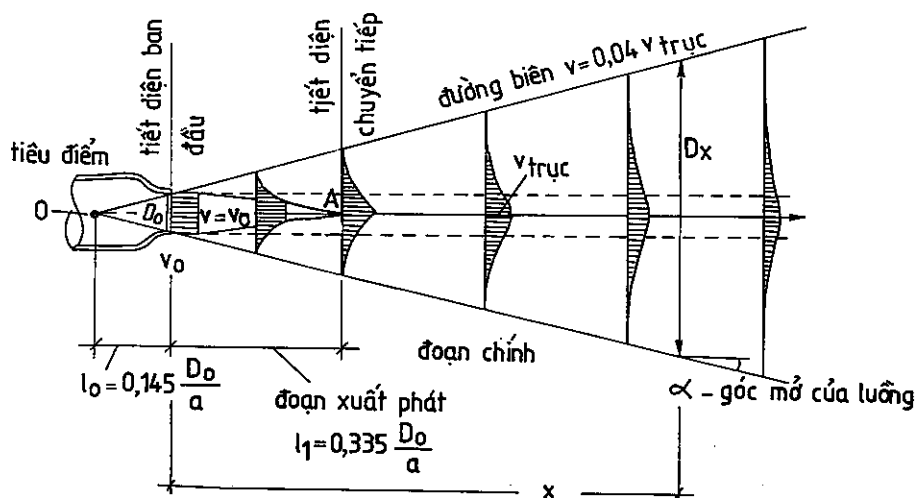
$$\sum m v = \text{const} \quad (2-12)$$

Sau đây chúng ta nghiên cứu luồng không khí tự do - chảy từ miệng ống có tiết diện tròn và chữ nhật. Ta có :

- Luồng tròn : Thổi ra từ miệng tròn;
- Luồng phẳng : Thổi ra từ miệng chữ nhật một cạnh có hạn, cạnh kia dài vô hạn.

### 1. Luồng tròn :

Trong luồng tròn tự do người ta phân biệt 2 đoạn : Đoạn xuất phát và đoạn chính (hình 2.7). Trên đoạn xuất phát tốc độ trên trục  $v_{\text{trục}}$  không thay đổi và bằng tốc độ ban đầu  $v_0$  (tốc độ tại miệng thổi). Tất cả những điểm mà tại đó  $v = v_0$  hợp lại thành một hình chóp có đáy là miệng ống và đỉnh là tâm A của tiết diện cuối cùng thuộc đoạn xuất phát. Hình chóp ấy gọi là "nhân" của luồng. Không khí trong nhân giữ nguyên tất cả các thông số ban đầu của nó : tốc độ, nhiệt độ và những tính chất lí hóa học khác như nồng độ, độ ẩm v.v... Càng ra xa miệng thổi tiết diện ngang của nhân luồng giảm dần và thu về thành một điểm ở tại tiết diện cuối cùng của đoạn xuất phát.



Hình 2.7 : Sự phân bố vận tốc trong luồng hình tròn

Xung quanh nhân của luồng do sự hòa trộn không khí của luồng với không khí xung quanh tạo thành một lớp ranh giới (lớp biên). Tốc độ hướng trục giảm dần từ trục đến biên và bằng không tại lớp biên.

Trong thực tế người ta thường nhận rằng đường biên là đường mà ở tại đó tốc độ hướng trục không phải bằng không mà là bằng  $0,04 v_{trục}$ . Điểm gặp nhau của các đường biên (đỉnh của hình chóp ranh giới) gọi là "tiêu điểm" của luồng.

Trong trường hợp đang xét người ta thường quen gọi là "luồng tự do". Nhưng đúng hơn, xuất phát từ quan điểm thủy lực nên gọi là luồng chìm (dòng nhúng chìm) vì rằng đó là luồng không khí chuyển động trong môi trường không khí.

Giáo sư Abramovit G.N (Nga) đã nghiên cứu nhiều về lí thuyết của luồng chìm và lập được những công thức tính toán rất phù hợp với thực nghiệm. Theo lí thuyết về luồng chìm, sự thay đổi tỉ đối của các thông số của luồng trong không gian giới hạn tuân theo một định luật chung sau đây :

a) Đối với luồng tròn :

$$\frac{v_x}{v_o} ; \frac{c_x}{c_o} ; \frac{L_x}{L_o} ; \frac{D_x}{D_o} = f \left( \frac{a \cdot x}{D_o} \right) \quad (2-13)$$

b) Đối với luồng phẳng có bề rộng vô hạn  $\left( \frac{\text{bề rộng}}{\text{bề dày}} = \infty \right)$ :

$$\frac{v_x}{v_o} ; \frac{c_x}{c_o} ; \frac{L_x}{L_o} ; \frac{b_x}{b_o} = f \left( \frac{a \cdot x}{b_o} \right) \quad (2-14)$$

Trong các biểu thức trên :

v : Tốc độ trục của luồng không khí, m/s

c : Tốc độ trung bình của luồng, m/s

L : Lưu lượng của luồng, m<sup>3</sup>/h

D : Đường kính của luồng, m

b : Bề dày của luồng phẳng, m

Kí hiệu "o" chỉ các thông số ở tại tiết diện của miệng thổi

Kí hiệu "x" chỉ các thông số cách miệng thổi là x

x : Khoảng cách từ miệng thổi đến tiết diện đang xét, m

a : Hệ số chảy rối. Hệ số này chỉ phụ thuộc vào hình dáng của miệng thổi và xác định bằng phương pháp thực nghiệm.

Như trên đã nói, khi chuyển động các hạt vật chất của luồng bị mang dẫn ra ngoài, va chạm vào các phần tử của môi trường chung quanh và đưa chúng vào chuyển động theo. Còn các phần tử của môi trường xung quanh lọt vào phạm vi của luồng để thay thế cho những phần tử của luồng đã mất đi thì cản trở chuyển động làm cho tốc độ chuyển động của luồng chậm lại. Như vậy, ta có sự trao đổi tốc độ. Cũng vì thế, nếu không khí của luồng và không khí xung quanh có nhiệt độ, nồng độ của một thứ khí nào đó khác nhau thì song song với trao đổi tốc độ còn có trao đổi nhiệt và nồng độ nữa. Do đó sự thay đổi nhiệt độ, nồng độ của luồng không khí tương đương với sự thay đổi tốc độ của nó :

$$\frac{c_x}{c_o} = \frac{t_x^{TB} - t_{xq}}{t_o - t_{xq}} = \frac{y_x^{TB} - y_{xq}}{y_o - y_{xq}} \quad (2-15)$$

Trong đó :

$c$  : Tốc độ trung bình

$t$  : Nhiệt độ

$t_x$  : Nhiệt độ trung bình ở hoành độ  $x$

$y$  : Nồng độ của một chất khí nào đó

$y_x^{TB}$  : Nồng độ trung bình ở hoành độ  $x$

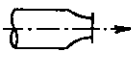
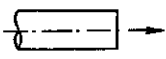
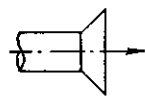
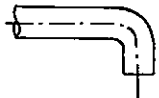
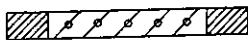



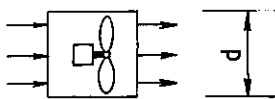
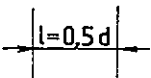
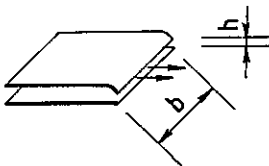
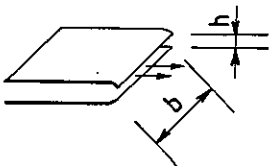
Kí hiệu "xq" : chỉ môi trường xung quanh.

**Bảng 2-4**

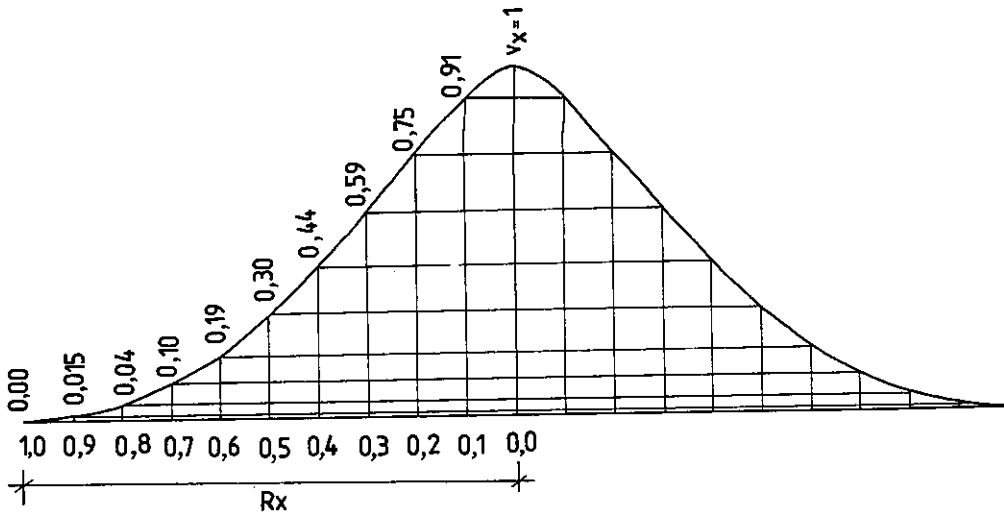
**CÔNG THỨC TÍNH TOÁN LƯỜNG TRÒN**

TT	Những đại lượng tỉ đối	Kí hiệu	Đoạn xuất phát	Đoạn chính
1	Chiều dài đoạn xuất phát	$l_1$	$0,335 \frac{D_o}{a}$	-
2	Tốc độ trực tỉ đối	$\frac{v_x}{v_o}$	1,0	$\frac{0,48}{\frac{ax}{D_o} + 0,145}$
3	Lưu lượng tỉ đối	$\frac{L_x}{L_o}$	$1 + 1,52 \frac{ax}{D_o} + 5,28 \left(\frac{ax}{D_o}\right)^2$	$4,36 \left(\frac{ax}{D_o} + 0,145\right)$
4	Đường kính tỉ đối	$\frac{D_x}{D_o}$	$6,8 \left(\frac{ax}{D_o} + 0,145\right)$	$6,8 \left(\frac{ax}{D_o} + 0,145\right)$
5	- Tốc độ trung bình theo lưu lượng - Nhiệt độ trung bình - Nồng độ trung bình	$\frac{c_x}{c_o}$ $\frac{t_x^{TB} - t_{xq}}{t_o - t_{xq}}$ $\frac{y_x^{TB} - y_{xq}}{y_o - y_{xq}}$	$\frac{1}{1 + 1,52 \frac{ax}{D_o} + 5,28 \left(\frac{ax}{D_o}\right)^2}$	$\frac{0,226}{\frac{ax}{D_o} + 0,145}$
6	Tốc độ trung bình theo diện tích	$\frac{c'_x}{c_o}$	$\frac{1 + 1,52 \frac{ax}{D_o} + 5,28 \left(\frac{ax}{D_o}\right)^2}{1 + 13,6 \frac{ax}{D_o} + 46,24 \left(\frac{ax}{D_o}\right)^2}$	$\frac{0,096}{\frac{ax}{D_o} + 0,145}$
7	Chênh lệch nhiệt độ tỉ đối trên trục	$\frac{t_x - t_{xq}}{t_o - t_{xq}}$	-	$\frac{0,35}{\frac{ax}{D_o} + 0,145}$
8	Góc mở của luồng	$\alpha$	$\operatorname{tg} \alpha = 3,4a$	
9	Chiều dài từ tiêu cự đến miệng thổi	$l_o$	$0,145 \frac{D_o}{a}$	-

HỆ SỐ RỜI "a" CỦA MỘT VÀI MIỆNG THỐI  
 ĐỐI VỚI LƯỜNG TRÒN VÀ LƯỜNG PHẪNG

T.tự	Tên và hình dáng của miệng thổi	Hình dáng	a
1	<b>Đối với luồng tròn</b> Miệng thổi hơi thật nhỏ		0,066
2	Ống hình trụ không loa		0,07
3	Ống hình trụ có loa ngắn		0,08
4	Miệng thổi với cút ngắn vuông góc		0,1
5	Cửa lưới lá sách điều chỉnh được		0,16
6	Miệng thổi hoa sen không khí		0,12
7	Quạt trục		0,13
8	Quạt trục có cánh hướng dòng kiểu phẳng		0,16
9	Quạt trục có lưới dày ở cả phía hút và phía thổi		0,20
10	Quạt trục đặt trong ống ngắn		0,24
11	<b>Đối với luồng phẳng</b> Khe thổi một mép uốn cong - Tỷ số cạnh $\frac{b}{h} = 20$ - Tỷ số cạnh $\frac{b}{h} = 12$ - Tỷ số cạnh $\frac{b}{h} = 10$		0,11 0,12 0,14
12	Khe thổi hai mép uốn cong - Tỷ số cạnh $\frac{b}{h} = 20$		0,1 ÷ 0,12





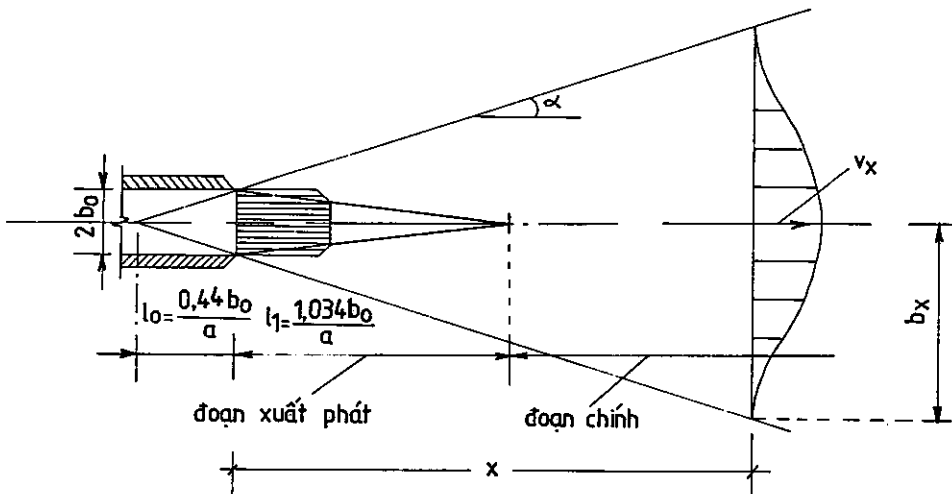
Hình 2.8 : Phân bố vận tốc trên tiết diện ngang của luồng tròn

Sự phân bố vận tốc trên tiết diện ngang của luồng tròn có thể biểu diễn theo hình 2.8 ( $v_x$  – vận tốc trên trục luồng).

## 2. Luồng phẳng

Luồng phẳng là những luồng chảy ra từ miệng thổi chữ nhật có một cạnh (bề dày) là  $2b_0$  và bề kia dài vô hạn. Trong thực tế các luồng không khí xuất phát từ miệng thổi tiết diện chữ nhật mà tỉ số các cạnh lớn hơn 10 cũng có thể được xem là luồng phẳng (hình 2.9).

Dưới đây là một số công thức tính toán luồng phẳng.



Hình 2.9 : Luồng phẳng

## CÔNG THỨC ÁP DỤNG CHO LƯỜNG PHẪNG

Thứ tự	Đại lượng tỉ đối	Kí hiệu	Đoạn xuất phát	Đoạn chính
1	Tốc độ trực tỉ đối	$\frac{v_x}{v_o}$	1	$\frac{1,2}{\sqrt{\frac{ax}{b_o} + 0,41}}$
2	Lưu lượng tỉ đối	$\frac{L_x}{L_o}$	$1 + 0,43 \frac{ax}{b_o}$	$1,2 \sqrt{\frac{ax}{b_o} + 0,41}$
3	- Tốc độ trung bình tỉ đối - Nhiệt độ trung bình tỉ đối - Nồng độ trung bình tỉ đối	$\frac{c_x}{c_o}$ $\frac{t_x^{TB} - t_{xq}}{t_o - t_{xq}}$ $\frac{y_x^{TB} - y_{xq}}{y_o - y_{xq}}$	$\frac{1}{1 + 0,43 \frac{ax}{b_o}}$	$\frac{0,82}{\sqrt{\frac{ax}{b_o} + 0,41}}$
4	Chiều dày tỉ đối của luồng	$\frac{b_x}{b_o}$	$2,4 \left( \frac{ax}{b_o} + 0,42 \right)$	$2,4 \left( \frac{ax}{b_o} + 0,42 \right)$
5	Góc mở của luồng	$\alpha$	$\text{tg}\alpha \approx 2,4a$	

Các công thức và số liệu đưa ra trên đây đối với luồng chảy từ miệng chữ nhật là gần đúng vì rằng trong luồng phẳng người ta không kể đến lớp biên phát sinh từ 2 bên cạnh của luồng. Những lớp biên ấy làm cho tiết diện phẳng của luồng có xu hướng biến thành tiết diện tròn ở khoảng cách S không lớn lắm kể từ miệng thổi :  $S \geq 25D$  (trong đó  $D = \sqrt{F}$  và F là diện tích của miệng thổi).

Trên đây ta nghiên cứu những luồng tự do, tức là những luồng chuyển động trong không gian vô hạn. Nếu luồng chuyển động trong không gian nhỏ hẹp có giới hạn, tức là trong trường hợp khi mà tiết diện ngang của luồng bắt đầu chiếm 1/4 ; 1/2 và v.v... tiết diện ngang của gian phòng, những quy luật nêu trên không còn đúng nữa. Lúc đó sẽ xuất hiện những dòng không khí chảy ngược làm cản trở chuyển động và thất nhỏ hình dáng của luồng lại.

Ví dụ : Xác định tốc độ trực  $v_x$  và lưu lượng  $L_x$  ở khoảng cách  $x = 2,5$  m đối với luồng tròn và luồng phẳng có tốc độ ban đầu  $v_o = 10$  m/s và diện tích miệng thổi bằng nhau : miệng tròn  $D_o = 0,25$  m ; miệng chữ nhật  $F = 0,049$  m<sup>2</sup> ( $0,05 \cdot 0,98 = 0,049$  m<sup>2</sup>)

a) Tính cho luồng hình tròn,  $a = 0,08$  :

$$l_1 = 0,335 \cdot \frac{D_o}{a} = 0,335 \cdot \frac{0,25}{0,08} = 1,05 \text{ m}$$

Vì  $l_1 = 1,05 \text{ m} < 2,5 \text{ m}$  nên tiết diện ta xét thuộc về đoạn chính của luồng, do đó ta áp dụng các công thức đối với đoạn chính :

$$v_x = v_o \cdot \frac{0,48}{\frac{ax}{D_o} + 0,145} = 10 \cdot \frac{0,48}{\frac{0,08 \cdot 2,5}{0,25} + 0,145} = 5,1 \text{ m/s}$$

$$\frac{L_x}{L_o} = 4,36 \left( \frac{ax}{d_o} + 0,145 \right) = 4,36 \left( \frac{0,08 \cdot 2,5}{0,25} + 0,145 \right) = 4,12$$

$$L_x = 4,12 \cdot L_o = 4,12 \cdot 0,049 \cdot 10 = 2,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Tính cho luồng phẳng :  $a = 0,11$ .

$$l_1 = \frac{1,03b_o}{a} = \frac{1,03 \cdot 0,025}{0,11} = 0,234 \text{ m}$$

$l_1 = 0,234 < 2,5 \text{ m}$  : tiết diện đang xét thuộc đoạn chính

$$\frac{v_x}{v_o} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{ax}{b_o} + 0,41}} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{0,11 \cdot 2,5}{0,025} + 0,41}} = 0,36$$

$$v_x = 0,36 \cdot v_o = 0,36 \cdot 10 = 3,6 \text{ m/s}$$

$$\frac{L_x}{L_o} = 1,2 \sqrt{\frac{ax}{b_o} + 0,41} = 1,2 \sqrt{\frac{0,11 \cdot 2,5}{0,025} + 0,41} = 4,05$$

$$L_x = 4,05 \cdot L_o = 4,05 \cdot 0,49 = 1,98 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3. Luồng hình tia

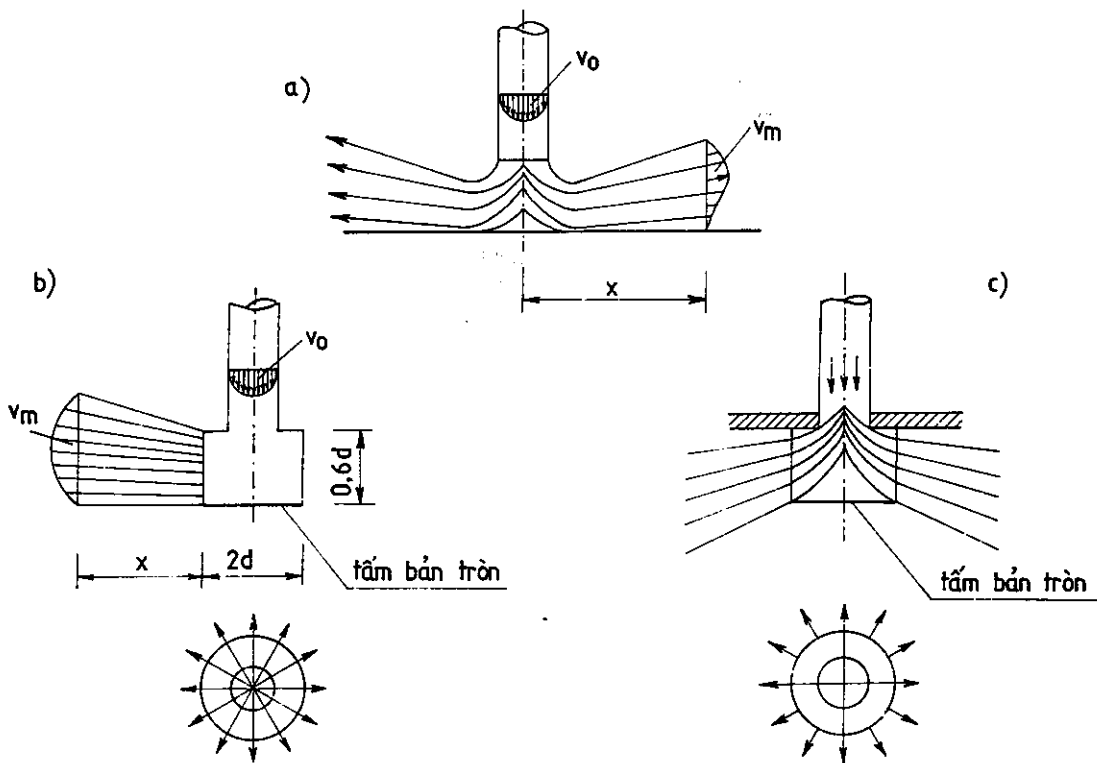
Nếu trên hướng chuyển động của luồng ta đặt một mặt phẳng thẳng góc với trục luồng thì không khí sẽ bị ép sát vào mặt phẳng và chảy ra khắp các hướng với tốc độ giảm dần rất nhanh (hình 2.10a).

Người ta thường áp dụng những tính chất trên của luồng để phân phối không khí trong khắp gian phòng : Ống phân phối khí, trần không khí. Trong trường hợp đầu : ống phân phối không khí (h2.10b) - người ta đặt một bán tròn đường kính  $2D$  ở cách miệng thổi  $0,6D$ . Trong trường hợp thứ 2 : trần không khí (h2.10c), người ta đặt ống thổi trực giao với mặt trần và mép miệng thổi sát với mặt trần, ở dưới có đặt một tấm chắn tròn thế nào để cho không khí bị ép sát vào mặt trần và theo đó mà thổi ra khắp các hướng. Sự thay đổi tốc độ trục trong luồng hình tia khi có tấm chắn hình tròn (h2.10b) xác định theo công thức :

$$\frac{v_m}{v_o} = \frac{0,72}{\sqrt{\frac{x}{D} \left( \frac{x}{D} + 1 \right)}} \quad (2-16)$$

Đối với các luồng chảy theo mặt phẳng (h2.10a, c)

$$\frac{v_m}{v_o} = \frac{0,72}{\sqrt{\frac{x}{2D} \left( \frac{x}{D} + 1 \right)}} \quad (2-17)$$



Hình 2.10

Trong các công thức trên :

$v_m$  : Vận tốc lớn nhất ở khoảng cách  $x$ .

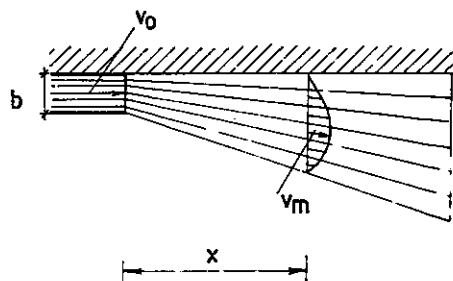
#### 4. Luồng phẳng trượt theo một mặt phẳng (còn gọi là luồng phẳng tiếp xúc)

Luồng này hình thành trong trường hợp không gian bị giới hạn bởi mặt phẳng tiếp xúc ở mép trên hoặc mép dưới của khe thổi (hình 2.11).

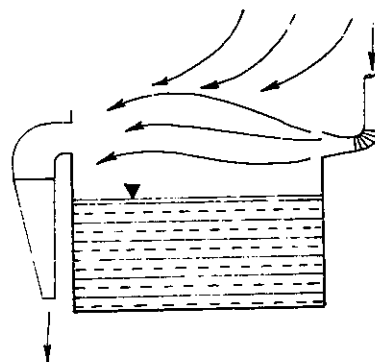
Trong trường hợp đó, sự biến đổi các thông số của luồng với mức độ tương đối chính xác có thể xem giống như trường hợp luồng phẳng chảy từ khe chữ nhật có bề dày gấp đôi là  $2b$ , trong đó  $b$  là bề dày của khe có một cạnh tiếp xúc với mặt phẳng.

Luồng phẳng tiếp xúc được áp dụng trong trường hợp thổi các chất khí có hại phát sinh từ bề mặt dung dịch trong các bể chứa (hình 2.12).

Đối với luồng phẳng tiếp xúc ta có công thức tính toán sau đây :



Hình 2.11



Hình 2.12

a) Thay đổi tốc độ trục

$$\frac{v_m}{v_o} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{ax}{b} + 0,41}} \quad (2-18)$$

Trong đó : b - bề rộng của khe thổi chữ nhật

b) Tốc độ trung bình tại khoảng cách x :

$$c_x = 0,5v_m \quad (2-19)$$

c) Thay đổi lưu lượng :

$$\frac{L_x}{L_o} = 1,2 \sqrt{\frac{ax}{b} + 0,41} \quad (2-20)$$

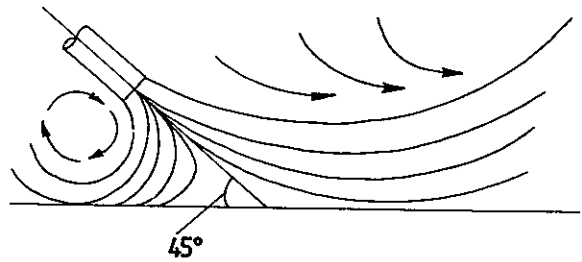
Đối với luồng tròn tiếp xúc với tường phẳng, có thể sử dụng các công thức của luồng tròn tự do, nếu thay thế đường kính của miệng tròn  $D_o$  bởi trị số  $D_o\sqrt{2}$ , lúc đó từ công thức ở mục 2 bảng 2-4, đối với đoạn chính của luồng ta có :

$$\frac{v_x}{v_o} = \frac{0,48}{\frac{ax}{D_o\sqrt{2}} + 0,145} = \frac{0,68}{\frac{ax}{D_o} + 0,205} \quad (2-21)$$

Các đại lượng tỉ đối khác của luồng tròn tiếp xúc cũng suy ra được bằng cách nói trên.

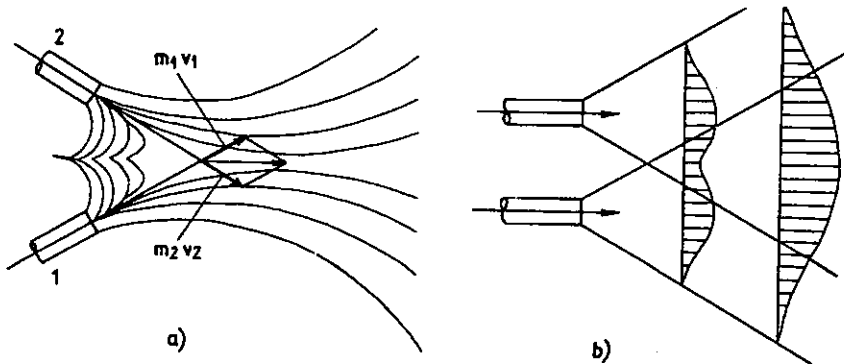
Nếu luồng không khí hướng vào một mặt phẳng dưới góc  $45^\circ$  thì phần lớn không khí sẽ thổi về phía góc  $135^\circ$  chỉ một phần ít thổi ngược lại phía sau (hình 2.13).

Nếu góc nghiêng là  $22 \div 25^\circ$  thì thực tế có thể xem tất cả không khí chuyển động theo chiều góc  $158 \div 155^\circ$ .



Hình 2.13

### 5. Tác dụng tương hỗ giữa các luồng không khí



Hình 2.14

Nếu 2 luồng không khí cắt nhau dưới một góc nhọn thì hướng của chúng sau khi hòa hợp với nhau sẽ được xác định bằng vectơ tổng hợp của 2 vectơ động lượng  $m_1v_1$  và  $m_2v_2$ .

Nếu các luồng song song hòa hợp với nhau thì tốc độ của luồng tổng hợp có thể tìm được bằng cách cộng tốc độ hướng trục của từng luồng riêng biệt (hình 2.14b).

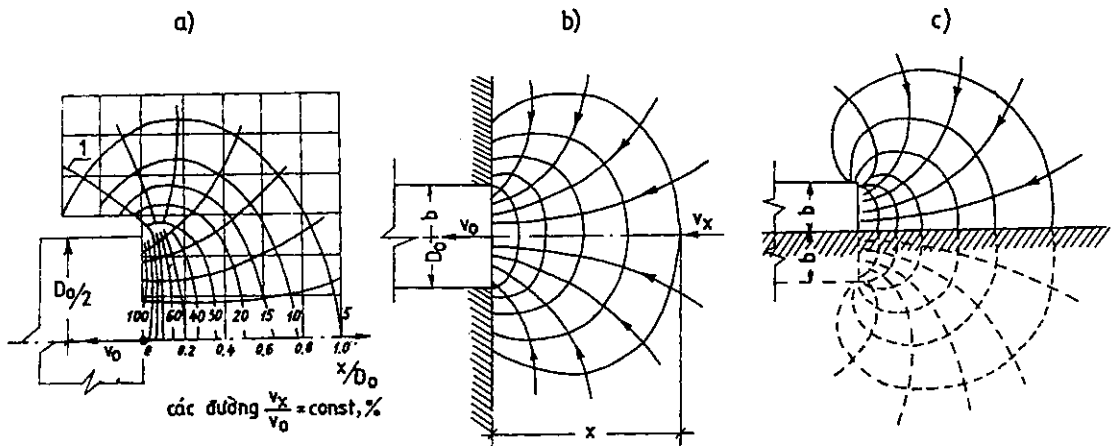
#### 2.4.2. Quy luật chuyển động của không khí gần miệng hút

Trong kĩ thuật thông gió ta thường gặp các hệ thống hút hơi khí độc hại hoặc hút bụi tại chỗ phát sinh ra chúng. Trong các hệ thống này bụi hoặc các chất khí có hại được hút vào miệng hút hoặc chụp hút rồi theo hệ thống đường ống thải ra ngoài.

Để biết cách thiết kế các hệ thống hút tại chỗ thải khí có hại và bụi được tốt, cần phải biết qui luật chuyển động của dòng không khí quanh miệng hút.

Khác với các luồng không khí thổi ra từ miệng thổi, phạm vi tác dụng của miệng hút rất bé, những bề mặt có cùng tốc độ (bề mặt đẳng tốc) gần giống như những mặt bán cầu có tâm là tâm của miệng hút và không khí sẽ chuyển động theo hướng bán kính của những bán cầu ấy.

Sở dĩ vùng tác dụng của miệng hút rất bé so với miệng thổi là vì lượng không khí đi qua mỗi một bề mặt đẳng tốc trong một đơn vị thời gian không thay đổi, mà diện tích các mặt ấy thì tỉ lệ thuận với bình phương của bán kính, cho nên tốc độ của các phần tử không khí chuyển động trên các bề mặt đó tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách đến tâm hút. Do đó khi ra xa khỏi tâm miệng hút, tốc độ tắt dần rất nhanh chóng.



Hình 2.15

Nếu trên khoảng cách gấp vài lần đường kính của miệng thổi, tức là ở đoạn xuất phát của luồng không khí tự do, tốc độ giữ nguyên không đổi, thì ngược lại trên khoảng cách từ miệng hút chỉ bằng một đường kính thổi, tốc độ chỉ còn bằng 5% tốc độ lớn nhất ở ngay tại tâm miệng hút (hình 2.15a).

\* Trường hợp hình 2.15a không khí chuyển động ở quanh miệng hút của ống hình trụ đường kính  $D_0$ .

\* Trường hợp hình 2.15b : Ống hút đặt vuông góc với tường và mặt miệng hút sát với mặt tường. Trong trường hợp này không gian của vùng chịu tác dụng của lực hút bị giới hạn, trường vận tốc thay đổi hình dạng (khác so với trường hợp a) và bởi vì không có các vùng rìa (1) như ở trường hợp (a) nên trường vận tốc có dạng gần giống như những bán cầu.

\* Trường hợp hình 2.15c : Nếu không gian của vùng hút bị giới hạn bởi một mặt phẳng tiếp giáp với một bề mặt của thành ống chữ nhật, thì trong thực tế với một mức độ gần đúng cho phép có thể xem trường vận tốc giống như ở miệng hút không bị giới hạn với chiều cao gấp đôi (tức là 2b).

Theo kết quả nghiên cứu của các giáo sư M. F. Bromlay và G. A. Maximov thì sự liên hệ giữa tốc độ trực ở miệng hút có dạng sau đây :

$$\frac{v_x}{v_0} = \frac{1}{1 + K \left( \frac{x}{\sqrt{F}} \right)^{1,4}} \quad (2-12)$$

Công thức này cũng áp dụng được cho trường hợp "c" nếu thay b bởi 2b.

Trong đó :

K - Hệ số phụ thuộc vào kích thước của miệng hút, xác định bằng thực nghiệm.

F - Diện tích của miệng hút,  $m^2$

x - Khoảng cách từ miệng hút đến tiết diện xem xét, m.

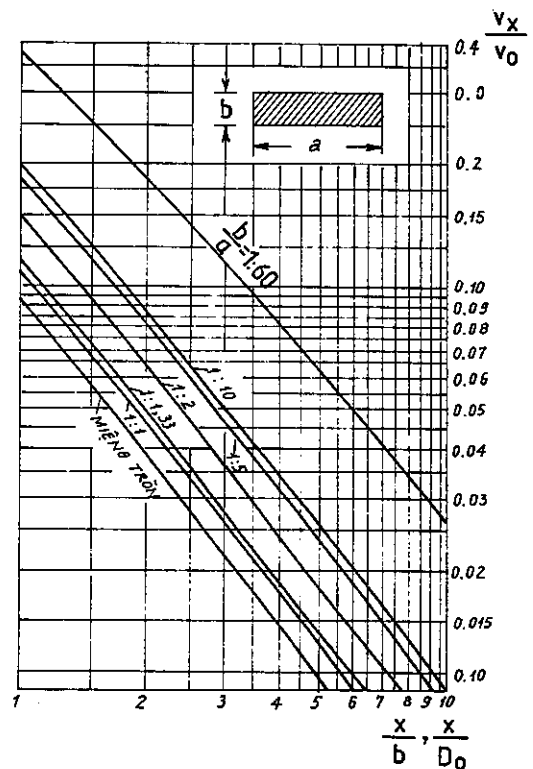
Để đơn giản cho tính toán, người ta lập ra biểu đồ xác định vận tốc tỉ đối mà trong đó đã kể đến hệ số thực nghiệm K (hình 2.16).

Trên biểu đồ hình 2.16 các đường biểu diễn được đặt trong hệ trục :

- Trục hoành : Là tỉ lệ giữa khoảng cách x của mặt đang xét với bề cao hoặc đường kính của miệng hút.

- Trục tung : Là tỉ lệ của tốc độ tại tiết diện đang xét  $v_x$  và tốc độ tại tâm hút  $v_0$ .

Mỗi đường biểu diễn đặc trưng cho kích thước và hình dáng của miệng hút (tỉ lệ  $\frac{a}{b}$ , vuông, tròn).



Hình 2.16 : Biểu đồ xác định vận tốc tỉ đối của luồng không khí chuyển động quanh miệng hút.

Một vài ví dụ :

1. Ví dụ 1 : Cho biết miệng hút có đường kính là  $D_o = 0,4\text{m}$ . Ở khoảng cách  $x = 1\text{m}$  cần thiết phải có tốc độ trục của dòng không khí là  $v_x = 0,5 \text{ m/s}$ . Xác định lưu lượng của miệng hút.

Giải :

$$\text{Xác định tỉ lệ khoảng cách } \frac{x}{D_o} = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

Theo biểu đồ hình 2.16 đối với miệng tròn ta có :

$$\text{Khi } \frac{x}{d} = 2,5 \rightarrow \frac{v_x}{v_o} = 0,028$$

$$\text{Từ đó ta có : } v_o = \frac{v_x}{0,028} = \frac{0,5}{0,028} = 17,86 \text{ m/s}$$

và lưu lượng là :

$$L = 0,95 \cdot v_o \cdot F \cdot 3600 = 0,95 \cdot 17,86 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 3600 = 7672 \text{ m}^3/\text{h}.$$

2. Ví dụ 2 : Cho biết kích thước của miệng hút chữ nhật  $a \times b = 0,5 \times 0,4\text{m}$ . Ở khoảng cách  $1\text{m}$  từ miệng hút cần có tốc độ của dòng không khí là  $v_x = 0,7 \text{ m/s}$ . Xác định lưu lượng của miệng hút.

Giải :

$$\frac{b}{a} = \frac{0,4}{0,5} = 0,8 \quad \text{và} \quad \frac{x}{b} = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

Tra biểu đồ hình 2.16 ta có :

$$\frac{v_x}{v_o} = 0,035 = \frac{0,7}{v_o} \rightarrow v_o = \frac{0,7}{0,035} = 20 \text{ m/s}$$

Lưu lượng

$$L = 0,95 \cdot v_o \cdot F \cdot 3600 = 0,95 \cdot 20 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 3600 = 13680 \text{ m}^3/\text{h}.$$

*Chú thích :* Trong 2 ví dụ trên, 0,95 là hệ số kể đến sự thất hợp của dòng không khí khi đi qua miệng hút.

### 2.4.3. Chuyển động của không khí trong phòng được thông gió phụ thuộc vào vị trí của miệng thổi và hút

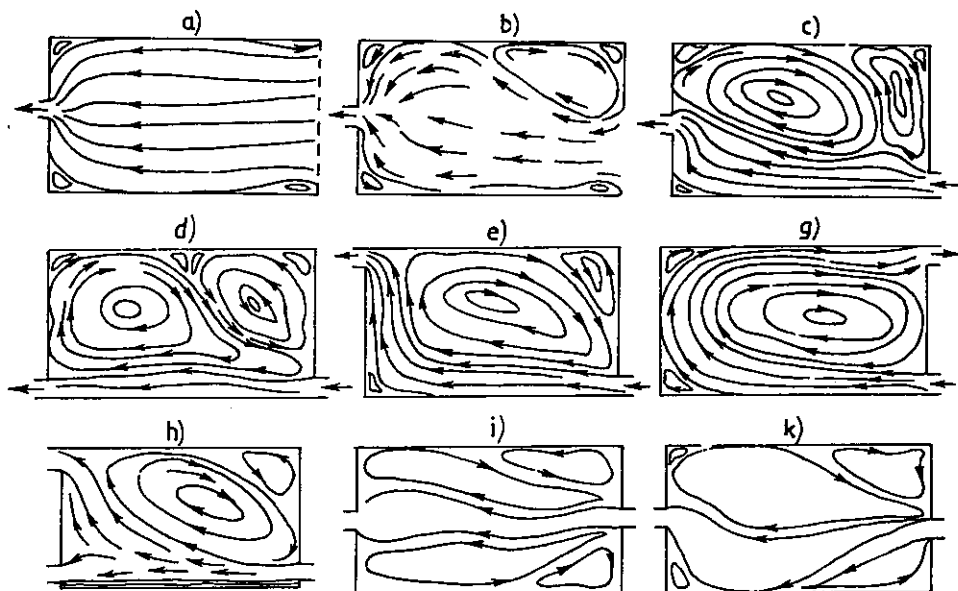
Để bố trí một cách đúng đắn những miệng thổi và hút không khí trong một gian phòng được thông gió, cần phải biết vị trí của chúng có ảnh hưởng như thế nào đến chuyển động của không khí trong phòng.

Giả sử không khí đưa vào phòng bằng một miệng thổi kiểu cửa lưới có kích thước bằng cả mặt tường đầu hồi của phòng và thải ra bằng một ống đặt ở giữa tường đối diện (hình 2.17a), thì không khí sẽ chuyển động một cách đều đặn trong toàn không gian của phòng.

Khi giảm bớt chiều cao của miệng thổi (hình 2.17b, c) chuyển động của luồng không khí không bao trùm hết không gian của phòng và tạo ra những vùng chuyển động xoáy tuần hoàn.

Đặc biệt chỉ một phần rất nhỏ của gian phòng được lưu thông bởi dòng không khí trong sạch trong trường hợp bố trí miệng hút và thổi ở sát mặt sàn hoặc mặt trần (hình 2.17d).



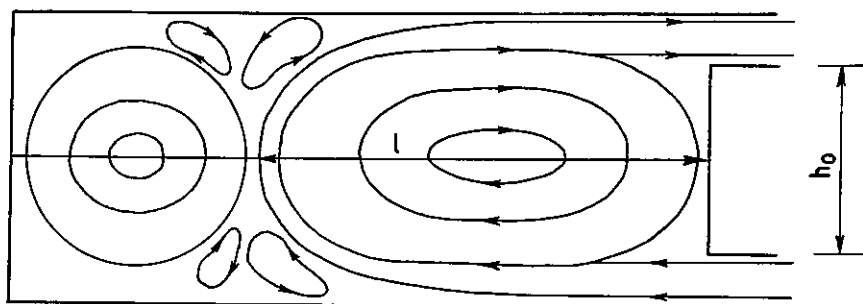


Hình 2.17

Không khí trong vùng chuyển động tuần hoàn không phải là hoàn toàn không có sự trao đổi với không khí xung quanh trong phòng mà ngược lại, một số phần tử không khí từ vùng bên này có thể lọt qua vùng bên kia, nhờ đó mà sự trao đổi không khí vẫn xảy ra. Sự trao đổi ấy càng nhiều nếu diện tích tiếp xúc giữa các dòng không khí chính và dòng tuần hoàn càng lớn. Cũng vì thế mà sự trao đổi không khí ở sơ đồ hình 2.17e mạnh hơn sơ đồ hình 2.17d. Sơ đồ thông gió biểu diễn ở hình 2.17g và 2.17h cũng có nhiều ưu điểm đáng kể.

Những sơ đồ còn lại (i và k) tạo ra sự chuyển động của dòng không khí không được ổn định.

Trong trường hợp nếu phòng quá dài mà áp dụng sơ đồ thông gió hình 2.17g thì ở phần cuối (cách xa nhất miệng thổi và hút) sẽ tạo nên dòng không khí chuyển động tuần hoàn bởi vì lượng không khí không đủ sức thổi đến đầu cuối gian phòng (hình 2.18).



Hình 2.18

Giả sử góc mở của luồng không khí  $\alpha = 14^\circ$  thì :

$$l = \frac{0,5h_0}{\text{tg}\alpha} = \frac{0,5}{0,249} \cdot h_0 \approx 2h_0$$

Do đó dòng không khí tuần hoàn ở cuối phòng sẽ xuất hiện khi chiều dài của phòng lớn hơn 2 lần khoảng cách đứng giữa miệng hút và miệng thổi.

## Chương 3

# TỔN THẤT NHIỆT, TỎA NHIỆT VÀ HƠI NƯỚC

### 3.1. NHIỆT ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA KHÔNG KHÍ NGOÀI TRỜI VÀ TRONG NHÀ

#### 3.1.1. Nhiệt độ tính toán của không khí ngoài trời

Nhiệt độ không khí ngoài trời luôn thay đổi chẳng những theo từng mùa trong năm mà còn theo từng giờ trong ngày đêm. Mùa đông nhiệt độ thấp hơn mùa hè, ban đêm nhiệt độ thấp hơn ban ngày.

Tuy nhiên suốt cả thời gian mùa đông cũng như mùa hè nhiệt độ không khí bên ngoài thường dao động trên dưới một trị số nhất định nào đó có tính chất đặc trưng cho suốt cả mùa ở mỗi địa phương.

Thường thường đối với các công trình kĩ thuật người ta tính toán xuất phát từ điều kiện làm việc bất lợi nhất của chúng. Đối với các hệ thống sưởi ấm và thông gió, điều kiện làm việc bất lợi nhất là khi phải đền bù một lượng nhiệt tổn thất lớn nhất trong trường hợp sưởi ấm về mùa đông – tức là khi nhiệt độ bên ngoài thấp nhất – hoặc là khi phải khử một lượng nhiệt thừa lớn nhất trong trường hợp thông gió chống nóng về mùa hè – tức là khi nhiệt độ bên ngoài cao nhất.

Tuy nhiên ta không thể lấy nhiệt độ thấp nhất hoặc cao nhất đã từng có của địa phương để làm nhiệt độ tính toán cho địa phương đó được. Ví dụ như ở Hà Nội nhiệt độ dưới  $3^{\circ}\text{C}$  chỉ xuất hiện một lần trong khoảng thời gian hàng trăm năm. Nếu tính toán hệ thống sưởi ấm hoặc thông gió theo nhiệt độ bên ngoài nói trên thì hệ thống ấy làm việc hết khả năng của mình chỉ có một lần trong hàng trăm năm. Điều đó dĩ nhiên là không hợp lí.

Ngoài ra, thời gian có nhiệt độ thấp như vậy thường không kéo dài. Nhờ tính chất nhiệt quán tính của kết cấu bao che, sự giảm nhiệt độ của không khí ngoài trời trong thời gian ngắn không kịp làm ảnh hưởng đến nhiệt độ bên trong nhà.

Do đó ta thấy rằng cần thiết phải xuất phát từ một trị số nhiệt độ nào đó đặc trưng cho mỗi một địa phương mà thời gian kéo dài của nhiệt độ đó tương đối lâu, để cho ảnh hưởng của nó bắt đầu có tác dụng mạnh đến sự thay đổi nhiệt độ bên trong nhà. Nhiệt độ đó gọi là nhiệt độ tính toán và kí hiệu là  $t_N$ .

\* Về mùa đông : ở các nước xứ lạnh thuộc Liên Xô cũ khi tính toán hệ thống sưởi ấm, người ta lấy nhiệt độ tính toán là nhiệt độ trung bình của 5 ngày liên tục lạnh nhất của 4 mùa đông lạnh nhất trong khoảng thời gian 25 năm. Ví dụ Mascova nhiệt độ tính toán dùng cho sưởi ấm là  $t_N = -26^{\circ}\text{C}$ .

Ở Việt Nam, số địa phương có mùa đông giá lạnh cần sưởi ấm không nhiều, thời gian cần sưởi ấm không kéo dài, tuy vậy trong một số công trình có chức năng đặc biệt vẫn cần thiết kế và lắp đặt hệ thống sưởi ấm.

Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5687-1992 "Thông gió – điều tiết không khí và sưởi ấm" thì nhiệt độ của không khí bên ngoài dùng để tính toán sưởi ấm được xác định như sau :

$$t_{N(suoi)}^{tt} = \frac{t_{min}^{TD} + t_{min}^{TB}}{2}, \quad ^\circ C \quad (3-1)$$

Trong đó :

$t_{min}^{TD}$  - Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối,  $^\circ C$

$t_{min}^{TB}$  = Nhiệt độ tối thấp trung bình của tháng lạnh nhất,  $^\circ C$ .

Trường hợp tính toán thiết kế hệ thống thông gió, nhiệt độ tính toán của không khí bên ngoài được lấy bằng nhiệt độ tối thấp trung bình của tháng lạnh nhất.

\* Về mùa hè : Nhiệt độ tính toán của không khí ngoài trời dùng cho thiết kế các hệ thống thông gió là nhiệt độ tối cao trung bình (đo lúc 13 giờ) của tháng nóng nhất (TCVN 5687-1992 Điều 3.1.9).

Ở phụ lục 1 là số liệu khí tượng của một số địa phương phục vụ cho việc chọn thông số tính toán của không khí ngoài trời khi thiết kế thông gió.

### 3.1.2. Nhiệt độ tính toán của không khí bên trong nhà

Nhiệt độ của không khí trong nhà cần được đảm bảo trong một giới hạn nhất định tùy theo tính chất và công dụng của nhà để người ở và làm việc trong đó cảm thấy dễ chịu, thoải mái, không oi bức về mùa hè và lạnh lẽo về mùa đông.

Nhiệt độ tính toán của không khí trong nhà phải được xác định một cách phù hợp với điều kiện tiện nghi nhiệt của cơ thể con người và phụ thuộc vào mức độ lao động.

Khi nói đến điều kiện tiện nghi nhiệt thì ngoài yếu tố nhiệt độ ra còn phải kể đến độ ẩm, tốc độ gió và cả nhiệt độ bề mặt nữa (xem mục 1.5 chương 1). Nhưng đối với các hệ thống thông gió thì nhiệt độ là yếu tố cần được kể đến trước tiên, tiếp đến là tốc độ gió. Các yếu tố khác không nằm trong khả năng khống chế của hệ thống thông gió đơn thuần.

Ở bảng 3-1 là các thông số vi khí hậu tối ưu thích ứng với các trạng thái lao động khác nhau.

**Bảng 3-1**

#### CÁC THÔNG SỐ VI KHÍ HẬU TỐI ƯU BÊN TRONG NHÀ

TT	Trạng thái lao động	Mùa đông			Mùa hè		
		$t_T, ^\circ C$	$\varphi_T, \%$	$v, m/s$	$t_T, ^\circ C$	$\varphi_T, \%$	$v, m/s$
1	Nghỉ ngơi	22 ÷ 24	60 ÷ 75	0,1 ÷ 0,3	24 ÷ 27	60 ÷ 75	0,3 ÷ 0,5
2	Lao động nhẹ	22 ÷ 24	60 ÷ 75	0,3 ÷ 0,5	24 ÷ 27	60 ÷ 75	0,5 ÷ 0,7
3	Lao động vừa	20 ÷ 22	60 ÷ 75	0,3 ÷ 0,5	23 ÷ 26	60 ÷ 75	0,7 ÷ 1,0
4	Lao động nặng	18 ÷ 20	60 ÷ 75	0,5 ÷ 0,8	20 ÷ 24	60 ÷ 75	0,7 ÷ 1,5

Chú thích :

1- Công việc nhẹ là công việc tiến hành ở tư thế ngồi hoặc đứng và cũng có thể vừa đi lại nhưng không đòi hỏi phải sản ra lực để thắng những sức cản như nâng, mang vật nặng. Ví dụ như công việc trong các xưởng dụng cụ, xưởng cơ khí, công việc của các công nhân dệt, thợ kéo sợi, thợ may v.v...

2- Công việc nặng là công việc liên quan đến sự sản lực một cách có hệ thống để thắng sức cản khi di chuyển và mang xách thường xuyên các vật nặng. Ví dụ như công việc của các công nhân rèn, đúc, khuôn vác...

3- Trong những phân xưởng có diện tích bình quân đầu người trên 100m<sup>2</sup> thì chỉ cần bảo đảm nhiệt độ thích hợp ở những chỗ làm việc và nghỉ ngơi cố định của công nhân.

4- Nếu vì điều kiện sản xuất mà đòi hỏi trong phân xưởng cần có nhiệt độ khác với nhiệt độ quy định thì gần chỗ làm việc của công nhân cần phải có phòng nghỉ ngơi hoặc một vùng có ranh giới với các yếu tố vi khí hậu cần thiết thích hợp cho cơ thể.

Đối với hệ thống thông gió, về mùa đông có thể chọn nhiệt độ tính toán của không khí bên trong nhà phù hợp với số liệu cho ở bảng 3-1. Điều này hoàn toàn có thể thực hiện được vì nhiệt độ tính toán của không khí ngoài trời về mùa đông cho thông gió ở hầu hết các địa phương là thấp hơn nhiệt độ tối ưu bên trong nhà. Nếu trong nhà có nhiệt thừa dương thì bằng không khí ngoài trời với nhiệt độ thấp hơn ta có thể thổi vào phòng để khử nhiệt thừa và đảm bảo được nhiệt độ bên trong đã chọn. Nếu trong nhà có nhiệt thừa âm - tức mất nhiệt, thì bằng phương pháp sấy nóng không khí ta có thể nâng nhiệt độ không khí ngoài trời lên đến một trị số thích hợp rồi mới thổi vào phòng để bù lại lượng nhiệt tổn thất.

Ngược lại, về mùa hè, nhiệt độ tính toán của không khí bên ngoài dùng cho thông gió cao hơn đáng kể so với nhiệt độ tối ưu bên trong nhà, trong khi đó nhiệt thừa bên trong phòng chắc chắn là dương, do đó hệ thống thông gió không thể đảm bảo cho không khí bên trong nhà trị số nhiệt độ tối ưu như đã nêu trong bảng 3-1 được. Lúc đó ta phải chấp nhận điều kiện là nhiệt độ bên trong nhà không được vượt quá nhiệt độ tính toán ngoài nhà từ 2 ÷ 3°C, tức là :

$$t_{T(H\grave{e})}^{tt} = t_{N(H\grave{e})}^{tt} + (2 \div 3)^{\circ}C \quad (3-2)$$

Trong đó :

$t_{T}^{tt}$  - Nhiệt độ tính toán bên trong nhà và được xem là nhiệt độ vùng làm việc, tức là vùng không khí từ mặt sàn đến độ cao 2m.

### 3.2. TÍNH TOÁN TỔN THẤT NHIỆT QUA CÁC KẾT CẤU BAO CHE CỦA NHÀ

Như đã biết ở trên, nhiệt độ không khí bên trong và bên ngoài nhà không giống nhau, mà chênh lệch nhau. Sự chênh lệch nhiệt độ ấy chính là nguyên nhân gây ra tổn thất nhiệt, tức là truyền nhiệt qua kết cấu bao che. Ở đây ta hiểu chữ "tổn thất" nhiệt vừa có nghĩa là mất nhiệt khi nhiệt độ bên trong cao hơn bên ngoài nhưng cũng có thể là thu nhiệt nếu nhiệt độ bên ngoài cao hơn nhiệt độ bên trong. Trong trường hợp tính toán cụ thể, tùy theo chiều của dòng nhiệt đi qua kết cấu bao che mà ta có thể quy ước dấu để tránh khỏi nhầm lẫn trong tính toán.

Bởi vì mùa đông là mùa có chênh lệch của nhiệt độ không khí bên trong và bên ngoài phòng lớn nhất, do đó lượng nhiệt truyền qua kết cấu bao che cũng lớn nhất, từ đó nảy sinh ra các vấn đề về chất lượng cách nhiệt yêu cầu của kết cấu bao che, về nhiệt độ cho phép trên bề mặt trong của kết cấu bao che v.v... cho nên sau đây ta sẽ nghiên cứu kỹ phương pháp tính toán tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che về mùa đông và các vấn đề liên quan.

Nếu biết nhiệt độ bên trong và bên ngoài nhà, tức là biết độ chênh nhiệt độ, ta có thể xác định lượng nhiệt truyền qua một kết cấu bao che nào đó của nhà (tường, cửa, mái...) bằng công thức sau đây :

$$Q = k F \Delta t, \quad \text{kcal/h} \quad (3-3)$$

Trong đó :

$k$  - Hệ số truyền nhiệt của kết cấu bao che, kcal/m<sup>2</sup> h°C

$F$  - Diện tích của kết cấu bao che, m<sup>2</sup>

$\Delta t$  - Hiệu số nhiệt độ tính toán, °C

### 3.2.1. Xác định hiệu số nhiệt độ tính toán $\Delta t$

$$\Delta t = \psi (t_T^{tt} - t_N^{tt}) \quad (3-4)$$

Trong công thức trên :

$t_T^{tt}$  - Nhiệt độ tính toán của không khí bên trong nhà, °C

$t_N^{tt}$  - Nhiệt độ tính toán của không khí bên ngoài, °C

$\psi$  - Hệ số kể đến vị trí của kết cấu bao che đối với không khí ngoài trời.

Sở dĩ có hệ số  $\psi$  là vì kết cấu bao che như tường, sàn, mái... không phải bao giờ cũng trực tiếp tiếp xúc với không khí bên ngoài. Ví dụ như trần dưới hầm mái hoặc sàn trên tầng hầm. Nhiệt độ trong hầm mái cũng như trong tầng hầm bao giờ cũng khác với nhiệt độ bên ngoài. Do đó lượng nhiệt mất qua trần dưới hầm mái hoặc qua sàn trên tầng hầm không thể tính như trường hợp mất nhiệt qua tường tiếp xúc trực tiếp với không khí bên ngoài được.

Dưới đây là trị số của hệ số  $\psi$  đối với các loại kết cấu bao che khác nhau.

a - Đối với trần dưới hầm mái

- Khi mái nhà bằng tôn, ngói, fibrô xi măng với kết cấu mái không kín :  $\psi = 0,9$

- Cũng như trên nhưng kết cấu mái kín :  $\psi = 0,8$

- Khi mái nhà lợp giấy dầu :  $\psi = 0,75$

b- Đối với tường ngăn cách giữa phòng được tính toán thông gió với phòng đệm không được thông gió

- Nếu phòng đệm tiếp xúc với không khí bên ngoài :  $\psi = 0,7$

- Nếu phòng đệm không tiếp xúc với không khí bên ngoài :  $\psi = 0,4$

c- Đối với sàn trên tầng hầm (tầng hầm đặt sâu dưới mặt đất hoặc nhô lên trên mặt đất không quá 1m).

- Nếu tầng hầm có cửa sổ :  $\psi = 0,6$

- Nếu tầng hầm không có cửa sổ :  $\psi = 0,4$ .

d- Đối với tường hoặc mái tiếp xúc với không khí bên ngoài :  $\psi = 1$ .

Từ đó ta có lượng tổn thất nhiệt qua toàn bộ kết cấu bao che của nhà là :

$$Q = \sum_{i=1}^n k_i F_i \psi_i (t_T^{tt} - t_N^{tt}), \quad \text{kcal/h} \quad (3-5)$$

Trong đó  $i = 1... n$  là số thứ tự các kết cấu bao che của nhà.

### 3.2.2. Xác định hệ số truyền nhiệt của kết cấu bao che

Hệ số truyền nhiệt  $k$  của kết cấu bao che được xác định theo công thức quen biết dưới đây :

$$k = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_T} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_N}}, \quad \text{kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \quad (3.6)$$

Trong đó :

$\alpha_T$  - Hệ số trao đổi nhiệt trên bề mặt bên trong của kết cấu bao che, kcal/m<sup>2</sup> h<sup>o</sup>C

$\alpha_N$  - Hệ số trao đổi nhiệt trên bề mặt bên ngoài của kết cấu bao che, kcal/m<sup>2</sup> h<sup>o</sup>C

$\delta_1, \delta_2, \dots$  - Bề dày của các lớp vật liệu trong kết cấu bao che, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots$  - Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu trong mỗi lớp, kcal/m h<sup>o</sup>C

$R_o$  - Tổng nhiệt trở của kết cấu bao che, m<sup>2</sup>h<sup>o</sup>C/kcal.

#### 3.2.2.1. Hệ số trao đổi nhiệt bề mặt $\alpha$

Sát với mặt bên trong và mặt ngoài của tường có hiện tượng trao đổi nhiệt bằng đối lưu và bức xạ.

Trong trường hợp không khí hoàn toàn không bị xáo động do chuyển động qua lại của máy móc, người hoặc do gió thì ta có "đối lưu tự nhiên" gây ra bởi sự chênh lệch giữa nhiệt độ của bề mặt tường và của lớp không khí tiếp xúc. Lớp không khí tiếp xúc này có chế độ chuyển động chảy tầng hoặc chảy rối và gây ra một sức cản nhất định đối với dòng nhiệt xuyên qua kết cấu. Trong thực tế hiện tượng trao đổi nhiệt bằng đối lưu tự nhiên trên bề mặt kết cấu bao che là ít có khả năng xảy ra vì rằng không khí luôn luôn bị các yếu tố như gió, chuyển động của máy móc, người... làm xáo động. Trường hợp này ta có "đối lưu cưỡng bức" gây ra do chuyển động cưỡng bức.

Cường độ trao đổi nhiệt trong trường hợp đối lưu cưỡng bức cao hơn so với trường hợp đối lưu tự nhiên vào khoảng 25%.

Trao đổi nhiệt bằng bức xạ gây ra bởi sự chênh lệch nhiệt độ của bề mặt tường với nhiệt độ của tất cả những vật hoặc bề mặt bao quanh. Trong một mức độ gần đúng khi tính toán hệ số  $k$  người ta cho rằng nhiệt độ của các vật hoặc bề mặt bao quanh (đứng đối diện hoặc không đối diện...) bằng nhiệt độ của không khí.

Ta có :

$$\alpha = \alpha_{dl} + \alpha_{bx}, \quad \text{kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \quad (3-7)$$

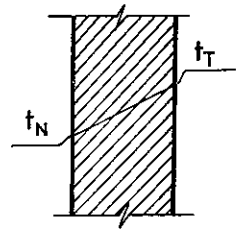
$\alpha_{dl}$  - Hệ số trao đổi nhiệt bằng đối lưu, kcal/m<sup>2</sup> h<sup>o</sup>C

$\alpha_{bx}$  - Hệ số trao đổi nhiệt bằng bức xạ, kcal/m<sup>2</sup> h<sup>o</sup>C

Tóm lại  $\alpha$  là hệ số trao đổi nhiệt ở bề mặt của kết cấu bao che và nó biểu thị lượng nhiệt đi từ không khí vào 1m<sup>2</sup> bề mặt (hoặc ngược lại) trong đơn vị thời gian 1h bằng đối lưu và bức xạ khi hiệu số giữa nhiệt độ không khí và nhiệt độ bề mặt là 1<sup>o</sup>C.

Hệ số  $\alpha$  xác định bằng phương pháp thực nghiệm.

Dưới đây là một vài trị số của hệ số  $\alpha$  đối với từng loại kết cấu bao che (bảng 3-2).



Hình 3.1

HỆ SỐ TRAO ĐỔI NHIỆT BỀ MẶT  $\alpha$  CỦA KẾT CẤU BAO CHE

Dạng và vị trí của bề mặt kết cấu bao che	Hệ số trao đổi nhiệt bề mặt, kcal/m <sup>2</sup> h°C		Sức cản trao đổi nhiệt bề mặt, m <sup>2</sup> h°C/kcal	
	$\alpha_T$	$\alpha_N$	$R_T = \frac{1}{\alpha_T}$	$R_N = \frac{1}{\alpha_N}$
- Bề mặt bên trong của tường, sàn, trần với bề mặt nhân.				
- Cũng như trên, với bề mặt có gờ thừa, tỉ số chiều cao h của gờ trên khoảng cách giữa 2 mép gờ $h/a < 0,24$	7,5	-	0,133	-
- Trần với bề mặt có gờ $h/a = 0,2 \div 0,3$	7,0	-	0,143	-
- Trần với bề mặt có gờ khi $h/a > 0,3$	6,5	-	0,154	-
- Bề mặt tiếp xúc trực tiếp với không khí bên ngoài (tường ngoài, sàn, mái).	-	20	-	0,05
- Bề mặt hướng ra hầm mái hoặc hướng ra phía các phòng lạnh (mặt ngoài của trần dưới hầm mái, của sàn trên tầng hầm).	-	10	-	0,1

• Hệ số trao đổi nhiệt bề mặt bằng đối lưu  $\alpha_{dl}$  có thể xác định theo các công thức thực nghiệm sau đây :

a) Trường hợp đối lưu tự nhiên - theo kết quả thực nghiệm của Griffist và Devis [49] trên kết cấu tấm có chiều cao 2,6 m :

- Đối với tấm đứng :

$$\alpha_{dl} = 1,7 \Delta t^{0,25} \quad (3-8)$$

- Đối với tấm nằm ngang, bề mặt trao đổi nhiệt quay lên trên :

$$\alpha_{dl} = 2,15 \Delta t^{0,25} \quad (3-9)$$

- Đối với tấm nằm ngang, bề mặt trao đổi nhiệt quay xuống dưới :

$$\alpha_{dl} = 1,13 \Delta t^{0,25} \quad (3-10)$$

Trong các công thức trên :  $\Delta t$  - chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt và không khí xung quanh, °C.

Cũng như trên, nhưng theo thực nghiệm của Nuxel và Urgess đối với tấm đứng thì kết quả như sau :

$$\alpha_{dl} = b \Delta t^{0,25} \quad (3-11)$$

Trong đó :

$b = 2,2$  đối với không khí trong phòng ở (tương đối tĩnh).

$b = 2,75$  đối với không khí trong phân xưởng sản xuất (không khí bị xáo động mạnh).

Đây là công thức được áp dụng khá phổ biến.

b) Trường hợp đối lưu cưỡng bức

Trong trường hợp chuyển động cưỡng bức ta có :

$$Nu = f(Re)$$

Trên cơ sở thí nghiệm của Urgess và Frank, Mikheep M.A tìm ra được mối liên hệ sau :

$$Nu = 0,032 Re^{0,8} \quad (3-12)$$

Trong đó :

$$Nu = \frac{\alpha_{dl} \cdot l}{\lambda} \text{ và } Re = \frac{\omega l}{\nu} \quad (3-13)$$

$\alpha_{dl}$  - Trị số cần tìm, tức hệ số trao đổi nhiệt bề mặt khi có đối lưu cưỡng bức, kcal/m<sup>2</sup>.h<sup>o</sup>C

$\lambda$  - Hệ số dẫn nhiệt của không khí, kcal/m h<sup>o</sup>C

$\nu$  - Hệ số nhớt động học của không khí, m<sup>2</sup>/s

$\omega$  - Tốc độ chuyển động của không khí, m/s

$l$  - Kích thước xác định của tấm hoặc tường, tức là độ dài của bề dọc theo chiều chuyển động của không khí, m.

Từ đó rút được :

$$\alpha_{dl} = 0,032 \lambda \omega^{0,8} \nu^{-0,8} l^{-0,2} \quad (3-14)$$

Đối với không khí khô ở nhiệt độ 0<sup>o</sup>C :  $\lambda = 0,0204$  kcal/m h<sup>o</sup>C và  $\nu = 13,7 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s, công thức trên có dạng :

$$\alpha_{dl} = \frac{5,07 \omega^{0,8}}{l^{0,2}} \quad (3-15)$$

Trong xây dựng người ta thường dùng công thức của Frank :

$$\alpha_{dl} = 6,31 \omega^{0,656} + 3,25 e^{-1,91 \omega} \quad (3-16)$$

• Hệ số trao đổi nhiệt bằng bức xạ

Khi nung nóng một vật bất kì nào thì một phần năng lượng nhiệt biến thành năng lượng bức xạ trên bề mặt của vật. Bức xạ nhiệt cũng tương tự như bức xạ ánh sáng, chỉ khác ở độ dài sóng. Những tia sáng thấy được có độ dài sóng từ 0,4 ÷ 0,8 $\mu$  còn tia nhiệt có độ dài sóng là 0,8 ÷ 400 $\mu$ . Những định luật về lan truyền, phản xạ, khúc xạ đối với các tia sáng trông thấy được cũng đúng cho các tia nhiệt.

Nếu một lượng nhiệt bức xạ nào đó đập vào bề mặt của một vật thì trong trường hợp chung, một phần nhiệt ấy sẽ bị vật hút và do đó làm cho vật nóng lên, một phần phản xạ lại và một phần nữa thì xuyên qua vật. Nếu như bề mặt của vật không phản xạ mà hút tất cả năng lượng của các tia bức xạ chiếu vào dùng làm tăng nhiệt độ của mình, thì vật đó gọi là vật "đen hoàn toàn". Nếu vật cho xuyên qua hoàn toàn tất cả các tia bức xạ chiếu vào thì vật ấy được gọi là "hoàn toàn trong suốt".

Cường độ bức xạ nhiệt bởi mặt phẳng của vật phụ thuộc vào nhiệt độ và khả năng bức xạ của nó. Vật càng hút nhiệt bức xạ mạnh chừng nào thì nó bức xạ nhiệt cũng mạnh chừng ấy. Do đó vật đen hoàn toàn còn có khả năng bức xạ lớn nhất. Những vật liệu xây dựng có



khả năng bức xạ lớn nhỏ khác nhau, nhưng luôn luôn bé hơn khả năng bức xạ của vật đen hoàn toàn, những vật liệu ấy được gọi là vật liệu "xám".

Theo định luật Stephan - Bonxman, lượng nhiệt phát ra bằng bức xạ bởi một đơn vị diện tích của vật trong một đơn vị thời gian được xác định theo công thức sau :

$$q = C \left( \frac{T}{100} \right)^4, \quad \text{kcal/m}^2\text{h} \quad (3-17)$$

C - Hệ số bức xạ của bề mặt, kcal/m<sup>2</sup>h°K<sup>4</sup>

T - Nhiệt độ tuyệt đối của bề mặt, °K.

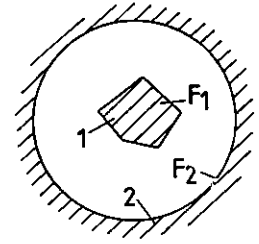
Đối với vật đen hoàn toàn thì hệ số bức xạ là C<sub>o</sub> = 4,96 kcal/m<sup>2</sup>h°K<sup>4</sup>.

Mức độ đen của một vật được xác định bằng hệ số đen :

$$\varepsilon = \frac{C}{C_o} \quad (\varepsilon \text{ luôn luôn } < 1)$$

Trong xây dựng ta thường gặp các vật hoặc các bề mặt ở trong vị trí tương quan với nhau. Do vị trí tương quan ấy một vật nhận được các năng lượng bức xạ do các vật khác chiếu đến, đồng thời nó cũng phát ra các tia bức xạ đến các vật xung quanh.

Nếu có 2 mặt phẳng diện tích F<sub>1</sub> và F<sub>2</sub> có nhiệt độ T<sub>1</sub> và T<sub>2</sub> khác nhau thì lượng nhiệt truyền bằng bức xạ từ bề mặt F<sub>1</sub> sang bề mặt F<sub>2</sub> (nếu T<sub>1</sub> > T<sub>2</sub>) sẽ xác định bằng công thức :



Hình 3.2

$$Q_{1-2} = C' F_1 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \varphi_{1-2} \quad (3-18)$$

Trong công thức trên :

C' : Hệ số bức xạ quy điển.

Hệ số C' phụ thuộc tính chất bức xạ và vị trí của các vật.

a) Đối với 2 mặt phẳng vô cùng rộng và song song nhau :

$$C' = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_o}} \quad (3-19)$$

b) Khi vật này bao kín vật kia với điều kiện mặt 1 không có góc lõm và mặt 2 không có góc lồi (hình 3.2)

$$C' = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left( \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_o} \right)} \quad (3-20)$$

c) Khi 2 vật ở trong vị trí bất kì, hệ số C có thể tính theo công thức gần đúng sau đây :

$$C' = \frac{C_1 C_2}{C_o} \quad (3-21)$$

$\varphi_{1-2}$  : Hệ số góc bức xạ, phụ thuộc vào tỉ số hình học và vị trí tương đối giữa các mặt phẳng.

Lượng nhiệt trao đổi bằng bức xạ giữa 2 mặt phẳng  $F_1$  và  $F_2$  có nhiệt độ  $T_1 = t_1 + 273$  và  $T_2 = t_2 + 273$  còn có thể viết dưới dạng :

$$Q_{1-2} = \alpha_{bx}(t_1 - t_2) \cdot F_1 \quad (3-22)$$

So sánh 2 công thức (3-18) và (3-22) ta rút được :

$$\alpha_{bx} = C' \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{t_1 - t_2} \varphi_{1-2} = C' \theta \varphi_{1-2}$$

Trong đó :

$$\theta = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{t_1 - t_2} \quad (3-23)$$

$\theta$  - Được gọi là thừa số nhiệt độ.

Trong trường hợp trao đổi nhiệt bằng bức xạ giữa bề mặt tường, trần, nền... có nhiệt độ  $t_1$  với môi trường xung quanh, nếu ta nhận  $t_2$  là nhiệt độ trung bình của tất cả các vật trong môi trường xung quanh thì có thể xem  $\varphi_{1-2} = 1$ .

Nếu tính toán trao đổi nhiệt bằng bức xạ giữa bề mặt ngoài của tường với môi trường bên ngoài của nhà thì trong trường hợp đó ta nhận  $C_2 = C_o$  và do đó  $C' = C_1$ .

Ví dụ : Xác định các hệ số trao đổi nhiệt  $\alpha$  trên bề mặt trong và ngoài của tường ngoài. Nhiệt độ trong nhà  $t_T = 25^\circ\text{C}$ , nhiệt độ bên ngoài  $t_N = 10^\circ\text{C}$ . Tốc độ gió  $\omega = 4\text{m/s}$ .

Ta nhận nhiệt độ trên bề mặt trong của tường là  $\tau_T = 20^\circ\text{C}$  và nhiệt độ ở bề mặt ngoài là  $\tau_N = 12^\circ\text{C}$ .

1- Đối với bề mặt trong của tường : Bề mặt trát vữa có hệ số bức xạ là  $C_1 = C_2 = 4,5$ , hệ số  $\varphi_{1-2} = 1$ .

a) Hệ số trao đổi nhiệt bức xạ :

$$\alpha_{bx} = \frac{C_1 C_2}{C_o} \theta \varphi_{1-2} = \frac{4,5 \cdot 4,5}{4,96} \cdot \frac{2,98^4 - 2,93^4}{25 - 20} = 4,08.1,032 = 4,21$$

b) Hệ số trao đổi nhiệt bằng đối lưu đối với không khí tĩnh bên trong nhà khi  $t_k - t_{bm} = 5^\circ\text{C}$  tính theo công thức (3-11) :

$$\alpha_{dl} = 2,2 \sqrt[4]{\Delta t} = 2,2 \sqrt[4]{5} = 3,29$$

c) Hệ số trao đổi nhiệt tổng cộng ở bề mặt trong của tường :

$$\alpha_T = \alpha_{bx} + \alpha_{dl} = 4,21 + 3,29 = 7,5 \quad \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

2- Đối với bề mặt bên ngoài của tường : Bề mặt không trát vữa có hệ số bức xạ  $C_1 = 4,6$ .

a) Hệ số trao đổi nhiệt bằng bức xạ :

$$\alpha_{bx} = C_1 \cdot \theta \cdot \varphi_{1-2} = 4,6 \cdot \frac{2,85^4 - 2,83^4}{12 - 10} = 4,6 \cdot 0,92 = 4,23$$

b) Hệ số trao đổi nhiệt bằng đối lưu tính theo công thức 3-16 :

$$\alpha_{dl} = 6,31 \cdot 4^{0,656} + 3,25 e^{-1,91 \cdot 4} = 6,31 \cdot 2,48 + 3,25 \cdot 0,0005 = 15,65$$

c) Tổng cộng :

$$\alpha_N = \alpha_{bx} + \alpha_{dl} = 4,23 + 15,65 = 19,88 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Sau khi tính được  $\alpha_T$  và  $\alpha_N$ , ta có thể kiểm tra lại nhiệt độ mặt trong và mặt ngoài của tường đã nhận ở trên nếu biết đầy đủ các số liệu của kết cấu tường.

### 3.2.2.2. Hệ số dẫn nhiệt $\lambda$ của vật liệu xây dựng

Hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  của vật liệu không cố định mà thay đổi theo độ rỗng, độ ẩm và nhiệt độ của vật liệu.

- Độ rỗng càng lớn thì hệ số  $\lambda$  càng bé, bởi vì trong các lỗ rỗng của vật liệu luôn luôn chứa đầy không khí, mà không khí là chất có hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  bé nhất ( $\lambda \approx 0,02 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ )

- Độ ẩm của vật liệu càng tăng thì hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  của nó càng tăng. Khi làm ẩm vật liệu tức là thay không khí ở trong các lỗ rỗng bằng nước, mà nước có hệ số  $\lambda$  rất lớn so với không khí (nước ở thể lỏng  $\lambda = 0,5$ , còn ở thể đặc thì  $\lambda = 2 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ ) do đó vật liệu càng ẩm,  $\lambda$  càng lớn. Tuy nhiên cần chú ý rằng độ tăng  $\lambda$  của vật liệu khi làm ẩm còn lớn hơn hiệu số  $\lambda$  của nước và không khí. Điều đó một phần có thể giải thích là khi vật liệu bị làm ẩm thì trước tiên là nước chiếm đầy các lỗ rỗng nhỏ làm cho  $\lambda$  tăng lên rõ rệt. Cộng vào đó ở những chỗ tiếp xúc giữa các hạt vật liệu nước sẽ bao bọc xung quanh tạo thành những chiếc cầu rất thuận lợi cho việc dẫn nhiệt.

- Nhiệt độ tăng, độ dẫn nhiệt của vật liệu cũng tăng. Sự thay đổi của  $\lambda$  theo nhiệt độ tuân theo quy luật bậc nhất :

$$\lambda = \lambda_0 + bt \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad (3-24)$$

$\lambda_0$  : Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu ở nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$

$t$  : Nhiệt độ vật liệu,  $^\circ\text{C}$

$b$  : Hệ số tỉ lệ có giá trị khác nhau đối với các vật liệu khác nhau, thường thay đổi trong giới hạn  $0,0001 \div 0,001$ .

Khi tính toán tổn thất nhiệt, người ta chọn trị số của hệ số  $\lambda$  trong điều kiện nhất định. Ở phụ lục 2 là thông số vật lí của vật liệu xây dựng.

### 3.2.2.3. Lớp không khí

Nếu trong kết cấu bao che có lớp không khí (khe không khí) thì trong công thức tính k (3-6) thay cho đại lượng  $\frac{\delta}{\lambda}$  cần đưa vào trị số  $R_{kk}$ .

$R_{kk}$  là sức cản truyền nhiệt hay nhiệt trở của lớp không khí,  $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$ .

TRỊ SỐ  $R_{kk}$  CỦA LỚP KHÔNG KHÍ

Bề dày $\delta$ của lớp không khí, mm	Nhiệt trở của lớp không khí kín $R_{kk}$ , $m^2h^\circ C/kcal$			
	Lớp không khí nằm ngang khi đồng nhiệt đi từ dưới lên trên hoặc lớp không khí đứng		Lớp không khí nằm ngang khi dòng nhiệt đi từ trên xuống dưới	
	Mùa hè	Mùa đông	Mùa hè	Mùa đông
10	0,15	0,17	0,15	0,18
20	0,16	0,18	0,18	0,22
30	0,16	0,19	0,19	0,24
50	0,16	0,20	0,20	0,26
100	0,17	0,21	0,21	0,27
150	0,18	0,21	0,22	0,28
200 ÷ 300	0,18	0,22	0,22	0,28

Ghi chú : Trị số  $R_{kk}$  cho ở bảng là ứng với chênh lệch nhiệt độ trên 2 bề mặt của lớp không khí  $\Delta t = 10^\circ C$ . Nếu  $\Delta t \neq 10$  ta cần nhân trị số cho ở bảng với hệ số sau đây :

Chênh lệch nhiệt độ $\Delta t^\circ C$	10	8	6	4	2
Hệ số hiệu chỉnh	1	1,05	1,1	1,15	1,2

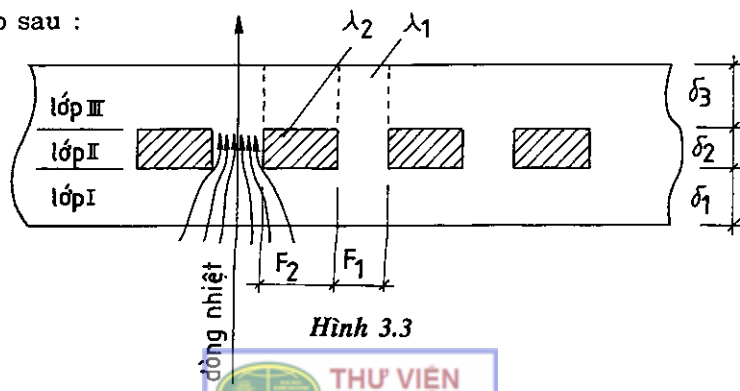
Lớp không khí kín cũng có tác dụng cản trở sự thẩm thấu hơi nước với hệ số  $R_\mu = \frac{1}{\mu_{kk}}$  như sau :

- Lớp không khí đứng hoặc nằm ngang dòng nhiệt từ dưới lên trên (không phụ thuộc bề dày)  $R_\mu = 7,4 m^2h mmHg/g$ .

- Lớp không khí nằm ngang dòng nhiệt đi từ trên xuống dưới (không phụ thuộc bề dày)  $R_\mu = 12,35 m^2h mmHg/g$ .

3.2.2.4. Nhiệt trở của tường (R) không đồng nhất

Nếu ta có tường không đồng nhất theo cả 2 chiều song song và trực giao với dòng nhiệt gồm 2 loại vật liệu khác nhau có cấu tạo cho ở hình 3.3 thì nhiệt trở của nó được tính toán theo phương pháp sau :



Hình 3.3

a) Nhiệt trở của tường tính theo các đoạn song song với dòng nhiệt :

$$R_{//} = \frac{F_1 + F_2}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2}} \quad (3-25)$$

Trong đó :

$$R_1 = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{\lambda_1} \quad (3-26)$$

$$R_2 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_1} \quad (3-27)$$

b) Nhiệt trở của tường tính theo các lớp trực giao với dòng nhiệt (chia thành các lớp đồng nhất và không đồng nhất) :

$$R_{\perp} = R_I + R_{II} + R_{III} \quad (3-28)$$

Trong đó :

$$R_I = \frac{\delta_1}{\lambda_1} ; R_{III} = \frac{\delta_3}{\lambda_1} \text{ (các lớp đồng nhất)} \quad (3-29)$$

$$R_{II} = \frac{F_1 + F_2}{\frac{F_1}{\frac{\delta_2}{\lambda_1}} + \frac{F_2}{\frac{\delta_2}{\lambda_2}}} \quad (3-30)$$

c) Nhiệt trở thực tế của tường :

$$R_{\text{thực}} = \frac{R_{//} + 2R_{\perp}}{3} \quad (3-31)$$

### 3.2.3. Nhiệt trở yêu cầu của kết cấu bao che

#### 3.2.3.1. Nhiệt độ trên bề mặt bên trong của kết cấu bao che

Bề mặt bên trong của kết cấu bao che là bề mặt tham gia vào quá trình trao đổi nhiệt bức xạ giữa cơ thể con người với môi trường xung quanh. Về mùa đông nếu nhiệt độ trên bề mặt càng thấp thì cơ thể con người càng bức xạ nhiều nhiệt và do đó sẽ có cảm giác lạnh tuy nhiệt độ không khí trong phòng vẫn bình thường. Như thế nhiệt độ bề mặt ảnh hưởng rất lớn đến cảm giác nhiệt của con người.

Ngoài ra, nếu nhiệt độ mặt trong của kết cấu thấp hơn nhiệt độ điểm sương của không khí trong phòng thì sẽ xảy ra hiện tượng đọng sương, tức là hơi nước trong không khí sẽ ngưng tụ lại trên bề mặt kết cấu, gây ra ẩm ướt, ố tường, mất vệ sinh và ảnh hưởng đến độ bền của kết cấu.

Khi tính toán kết cấu bao che người ta chọn vật liệu và độ dày cần thiết để độ chênh nhiệt độ giữa mặt trong và không khí trong phòng không vượt quá một trị số  $\Delta t_{\text{bm}}$  nhất định đối với mỗi mặt loại nhà.

Dưới đây là tiêu chuẩn của hiệu số nhiệt độ  $\Delta t_{\text{bm}} = t_T - \tau_T$  của Liên Xô cũ để tham khảo (bảng 3-4).

TRỊ SỐ  $\Delta t_{bm}$  CỦA CÁC LOẠI CÔNG TRÌNH KHÁC NHAU

Loại nhà và phòng	Trị số $\Delta t_{bm}$ , °C	
	Đối với tường	Đối với trần
1. Nhà ở, bệnh viện, nhà giữ trẻ	6	4,5
2. Nhà hát, chiếu bóng, trường học, nhà ga và những phòng phụ trong nhà máy	7	5,5
3. Phòng SX với độ ẩm tính toán từ 50 ÷ 60% (< 50%)	8 (10)	7 (8)
4. Phòng SX có nhiều nhiệt thừa và độ ẩm tính toán không quá 45%.	12	12
5. Phòng SX có độ ẩm tính toán của không khí bên trong từ 60 ÷ 75%.	$t_T - t_S$	$t_T - t_S$
6. Phòng SX có $\varphi > 75\%$ (phòng ẩm ướt) và cho phép có ngưng tụ hơi nước trên mặt trong của tường	6,5	$t_T - t_S$

*Chú thích :*

- 1)  $t_T$  - Nhiệt độ mặt trong của kết cấu bao che
- 2)  $t_S$  - Nhiệt độ điểm sương của không khí trong nhà
- 3) Trong mọi trường hợp  $\Delta t_{bm}$  đối với sàn nhận bằng 2,5°C

4) Đối với các phòng sản xuất trong đó lượng tỏa nhiệt lớn hơn khá nhiều so với tổn thất thiết (lớn hơn không dưới 50%, mặt trong của tường và trần chịu tác dụng mạnh của nhiệt bức xạ hoặc bị tiếp xúc với không khí nóng thì  $\Delta t_{bm}$  không tiêu chuẩn hóa và tính chất bảo vệ nhiệt của kết cấu bao che được chọn lựa theo yêu cầu cấu tạo.

5) Chỉ có thể nhận các giá trị  $\Delta t_{bm}$  cho bằng số ở bảng (3-4) để tính toán kết cấu bao che khi giá trị đó nhỏ hơn hiệu số  $t_T - t_S$ , trường hợp ngược lại, ta phải lấy  $\Delta t_{bm} = t_T - t_S$  để tính toán, tức là phải bảo đảm cho nhiệt độ mặt trong của tường, trần không thấp hơn nhiệt độ điểm sương để tránh hiện tượng đọng sương trên bề mặt trong của kết cấu.

Trong điều kiện khí hậu Việt Nam chênh lệch nhiệt độ bên trong và bên ngoài nhà về mùa đông không lớn, do đó trị số  $\Delta t_{bm}$  nêu ở bảng 3-4 trong nhiều trường hợp có thể đạt được bằng kết cấu bao che xây dựng theo yêu cầu cấu tạo thông thường mà không cần đòi hỏi phải có cách nhiệt đặc biệt. Tuy vậy, vấn đề chống đọng sương trên bề mặt kết cấu vẫn phải lưu ý tới, tức là trong mọi trường hợp cần phải đảm bảo điều kiện sau :  $\Delta t_{bm} < t_T - t_S$ , tức là nhiệt độ mặt trong của kết cấu phải lớn hơn nhiệt độ điểm sương của không khí trong phòng :  $t_T > t_S$ . Để đảm bảo, thường nhiệt độ bề mặt  $t_T$  phải cao hơn  $t_S$  từ 1,5 ÷ 2°C.

### 3.2.3.2. Phương pháp xác định nhiệt trở yêu cầu

Kết cấu bao che về phương diện chống rét cần phải có tổng nhiệt trở không nhỏ hơn nhiệt trở yêu cầu  $R_{\text{yc}}^{\circ}$ .

$$R_{\text{yc}}^{\circ} = \frac{(t_T^{\text{tt}} - t_N^{\text{tt}} - d) \psi m}{\Delta t_{bm}} R_T \quad (3-32)$$

Trong công thức trên :

$t_T^i$  - Nhiệt độ tính toán của không khí bên trong nhà.

$t_{N-d}^i$  - Nhiệt độ tính toán của không khí ngoài trời về mùa đông dùng cho sưởi ấm.

$\Delta t_{bm}$  - Chênh lệch nhiệt độ bề mặt cho phép.

$R_T$  - Hệ số sức cản trao đổi nhiệt ở bề mặt trong của tường.

$\psi$  - Hệ số kể đến vị trí tương đối của tường đối với không khí bên ngoài - tiếp xúc trực tiếp hoặc gián tiếp (xem mục 3.2.1).

$m$  - Hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng của nhiệt quán tính của kết cấu bao che, tức là hệ số phụ thuộc vào độ "nặng nề" (kiên cố) của kết cấu. Kết cấu càng "nặng" tức độ quán tính càng lớn, có nghĩa là nhiệt độ của nó thay đổi theo rất chậm so với sự thay đổi của nhiệt độ bên ngoài, thì hệ số  $m$  càng bé và nhỏ nhất là bằng 1.

Phương pháp xác định hệ số  $m$  :

Đại lượng đặc trưng cho nhiệt quán tính của kết cấu bao che được xác định theo công thức sau :

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + R_3 s_3 + \dots + R_n s_n \quad (3-33)$$

Trong đó :

$D$  - Nhiệt quán tính - đại lượng không thứ nguyên

$R_1, R_2 \dots R_n$  - Nhiệt trở của từng lớp vật liệu riêng biệt của kết cấu.  $R = \frac{\delta}{\lambda}$  ( $\delta$  - độ dày ;  $\lambda$  - Hệ số dẫn nhiệt).

$s_1, s_2 \dots s_n$  - Hệ số hàm nhiệt của vật liệu thuộc các lớp riêng biệt trong kết cấu, xác định theo bảng hoặc theo công thức sau :

$$s = \sqrt{\frac{2\pi\lambda c \gamma}{Z}} = 2,507 \sqrt{\frac{\lambda c \gamma}{Z}} \quad \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

$\lambda$  - Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu, kcal/mh $^\circ$ C.

$c$  - Tỷ nhiệt của vật liệu, kcal/kg  $^\circ$ C

$\gamma$  - Trọng lượng đơn vị, kg/m $^3$

$Z$  - Chu kì dao động của nhiệt độ, h.

Trong xây dựng ta thường gặp  $Z = 24$ h (ví dụ như chu kì dao động của bức xạ mặt trời, của nhiệt độ không khí lặp lại trong khoảng 24 tiếng đồng hồ). Lúc đó ta có :

$$s_{24} = 0,51 \sqrt{\lambda c \gamma}, \quad \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad (3-34)$$

Hệ số hàm nhiệt của vật liệu là đại lượng biểu thị khả năng của nó nhận được nhiều hay ít nhiệt khi nhiệt độ trên bề mặt dao động.

Từ đó :

$$D = 0,51 (R_1 \sqrt{\lambda_1 c_1 \gamma_1} + R_2 \sqrt{\lambda_2 c_2 \gamma_2} + \dots R_n \sqrt{\lambda_n c_n \gamma_n}) \quad (3-35)$$

Hệ số nhiệt quán tính  $D$  còn gọi là "độ dày quy ước" của kết cấu bao che.

Nếu  $D \geq 7,1$                       tường được xem là nặng                       $m = 1$

$D = 4,1 \div 7,0$                       tường được xem là trung bình                       $m = 1,08$

$D = 2,1 \div 4,0$  tường được xem là nhẹ  $m = 1,20$

$D \leq 2,0$  tường được xem là quá nhẹ  $m = 1,30$

Ví dụ : Kiểm tra độ cách nhiệt theo yêu cầu vệ sinh của tường ngoài nhà ở có kết cấu như sau : (hình 3.4).

Lớp thứ 1 : Vữa trát mặt ngoài :

$$\delta = 20\text{mm} ; \lambda = 0,75 ; s = 7,9$$

Lớp thứ 2 : Gạch đặc xây bằng vữa nặng

$$\delta = 220\text{mm} ; \lambda = 0,7 ; s = 8,3$$

Lớp thứ 3 : Vữa trát mặt trong

$$\delta = 15\text{mm} ; \lambda = 0,6 ; s = 7,05$$

Nhiệt độ và độ ẩm trong nhà :

$$t_T = 25^\circ\text{C} ; \varphi_T = 60\%$$

Nhiệt độ không khí ngoài nhà :  $t_N = 5^\circ\text{C}$

Giải :

a) Xác định nhiệt trở thực tế của kết cấu (theo công thức 3-6)

$$R_o = R_N + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_T = 0,05 + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,22}{0,7} + \frac{0,015}{0,6} + 0,133 = 0,55 \quad \text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} / \text{kcal}$$

b) Xác định nhiệt trở yêu cầu

- Quán tính nhiệt của kết cấu (công thức 3-33) :

$$D = \frac{0,02}{0,75} \cdot 7,9 + \frac{0,22}{0,7} \cdot 8,3 + \frac{0,015}{0,6} \cdot 7,05 \approx 3$$

- Khi  $D = 3$  ta có hệ số  $m = 1,2$

- Vì tường ngoài tiếp xúc trực tiếp với không khí ngoài trời nên  $\psi = 1$

- Đối với nhà ở, tiêu chuẩn  $\Delta t_{bm}$  trên tường là :  $\Delta t_{bm} = 6^\circ\text{C}$

- Không khí trong nhà có  $t_T = 25^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_T = 60\%$ , ta tra được nhiệt độ điểm sương là  $t_s = 17^\circ\text{C}$ . Ở đây  $\Delta t_{bm} = 6 < t_T - t_s = 25 - 17 = 8$ , nên ta dùng trị số  $\Delta t_{bm}$  để tính nhiệt trở yêu cầu.

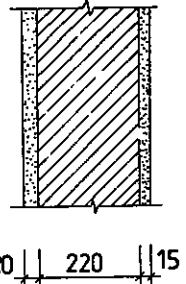
$$R_o^c = \frac{(25 - 5) \cdot 1 \cdot 1,2}{6} \cdot 0,133 = 0,53 \quad \text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} / \text{kcal}$$

c) Kết quả

Ở đây ta có  $R_o > R_o^c$ . Vậy kết cấu đáp ứng được yêu cầu cách nhiệt về mùa đông.

Cũng như trên, nhưng nếu độ ẩm không khí trong nhà là  $\varphi_T = 75\%$  thì :  $t_s = 20,5^\circ\text{C}$ . Lúc đó trị số tiêu chuẩn  $\Delta t_{bm} > t_T - t_s = 25 - 20,5 = 4,5^\circ\text{C}$ , ta phải dùng trị số  $\Delta t_s = 4,5^\circ\text{C}$  để tính toán :

$$R_o^c = \frac{(25 - 5) \cdot 1 \cdot 1,2}{4,5} \cdot 0,133 = 0,71 \quad \text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} / \text{kcal}$$



Hình 3.4



Và như vậy  $R_o < R_o^c$ , tức là kết cấu tường đã cho không đạt yêu cầu về chống đọng sương trên bề mặt trong của nó.

### 3.2.3.3. Kiểm tra sự ngưng tụ hơi nước trong chiều sâu của kết cấu bao che

Ngoài việc kiểm tra độ chênh lệch nhiệt độ  $\Delta t_{bm} = t_T - \tau_T$  ở mặt trong của kết cấu bao che về phương diện bức xạ cũng như ngưng tụ hơi nước, người ta còn kiểm tra ngưng tụ hơi nước bên trong bề dày của kết cấu.

Để tiến hành vấn đề này chúng ta cần phải tính toán kết cấu bao che theo thẩm thấu hơi nước.

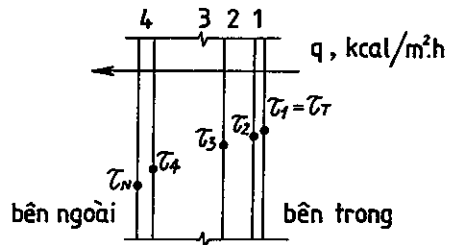
Hiện tượng thẩm thấu hơi nước qua tường cũng tương tự như hiện tượng truyền nhiệt chỉ khác nhau ở chỗ : một bên là nhiệt độ thì bên kia là sức trương của hơi nước (cũng tức là áp suất riêng của hơi nước) và bên này là hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  thì bên kia là hệ số thẩm thấu hơi nước  $\mu$ .

Kiểm tra hiện tượng ngưng tụ hơi nước trong bề dày của kết cấu được tiến hành theo phương pháp của Vlackó và Phôkin [34] :

Ví dụ ta có kết cấu bao che là tường nhiều lớp như thể hiện ở hình 3.5.

Các lớp tường được đánh số thứ tự từ trong ra ngoài và mặt trong của mỗi lớp được mang số thứ tự của chính lớp đó.

Xuất phát từ nguyên tắc là dòng nhiệt đi qua toàn bộ bề dày tường cũng như đi qua từng lớp hoặc một số lớp nào đó của tường là như nhau, ta có công thức xác định nhiệt độ mặt trong của lớp thứ  $i$  như sau :



Hình 3.5

$$\tau_i = t_T - \frac{(t_T - t_N^t - d)}{R_o} \left( \frac{1}{\alpha_T} + \sum_1^{i-1} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3-36)$$

$\delta_i, \lambda_i$  : Bề dày và hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ 1, 2, 3...

Sau đó người ta xác định sức cản thẩm thấu hơi nước chung của tường theo công thức :

$$R_{\mu.o} = R_{a.T} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n} + R_{a.N}, \quad \text{mmHg h m}^2/\text{g} \quad (3-37)$$

Trong đó :

$\mu_i$  : Hệ số thẩm thấu hơi nước của vật liệu của lớp tương ứng tính theo g/m h mmHg

$\delta_i$  : Bề dày của lớp tương ứng tính theo, m

$R_{a.N}, R_{a.T}$  - sức cản thẩm thấu hơi nước trên mặt trong và ngoài của tường, mmHg h m<sup>2</sup>/g.

Có thể lấy :

$$R_{a.T} = 0,2 \div 0,3 \text{ mmHg h m}^2/\text{g}$$

và  $R_{a.N} = 0,25$  - khi vận tốc gió dưới 1m/s

$$R_{a,N} = 0,1 \quad - \quad \text{khi vận tốc gió trên } 1\text{m/s}$$

Trị số sức trương thực tế của hơi nước trên mặt trong của mỗi lớp kết cấu cũng được xác định một cách tương tự như nhiệt độ  $\tau_i$ .

$$e_i = e_T - \frac{e_T - e_N}{R_{\mu.o}} \left( R_{a.T} + \sum_1^{i-1} \frac{\delta_i}{\mu_i} \right), \quad \text{mmHg} \quad (3-38)$$

Trong đó :

$e_i$  : Sức trương thực tế của hơi nước trên bề mặt trong của lớp thứ  $i$ , mmHg.

$e_T$  và  $e_N$  : Sức trương hơi nước của không khí bên trong và bên ngoài nhà, mmHg.

Tiếp theo, ứng với nhiệt độ  $\tau_i$  trên bề mặt của mỗi lớp ta tra ra trị số sức trương bão hòa  $E_{bh}$  của hơi nước và vẽ thành đường cong  $E_{bh}$ . Vùng nào sức trương  $E_{bh}$  thấp hơn sức trương thực tế  $e_{thực}$  thì ở vùng đó sẽ có ngưng tụ hơi nước (hình 3.6).

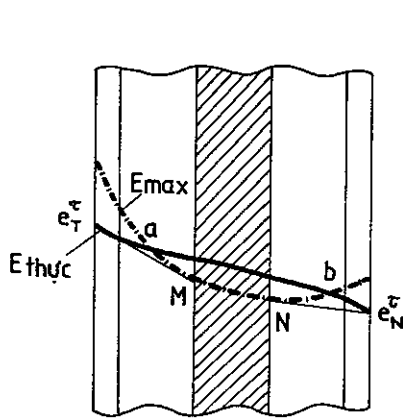
Giả sử 2 đường  $E_{bh}$  và  $e_{thực}$  cắt nhau ở 2 điểm  $a$  và  $b$  thì trong tường sẽ có ngưng tụ. Nhưng bởi vì trong trường hợp có lớp ngưng tụ thì sức trương thực của hơi nước sẽ giảm không những chỉ do sức cản thẩm thấu của bản thân vật liệu trong tường mà còn do lớp ngưng tụ gây ra nữa. Hơn nữa, sự phân bố sức trương hơi nước thực tế cuối cùng bên trong tường là liên tục, không gián đoạn hoặc gấp khúc. Do đó vùng ngưng tụ không phải chiếm hết cả bề dày từ  $a$  đến  $b$  mà chỉ chiếm một phần nào đó thôi. Muốn xác định bề dày của lớp ngưng tụ ấy, người ta vẽ các đường tiếp tuyến từ các điểm tương ứng với  $e_T^I$  và  $e_N^I$  đến đường cong  $E_{bh}$ . Các điểm tiếp xúc sẽ là  $M$  và  $N$ . Như vậy vùng ngưng tụ là vùng từ  $M$  đến  $N$  và đường cong sức trương thực cuối cùng bên trong tường sẽ là  $e_T^I$  MN  $e_N^I$ .

Ghi chú :  $e_T^I$  và  $e_N^I$  là sức trương hơi nước trên bề mặt trong và ngoài của tường.

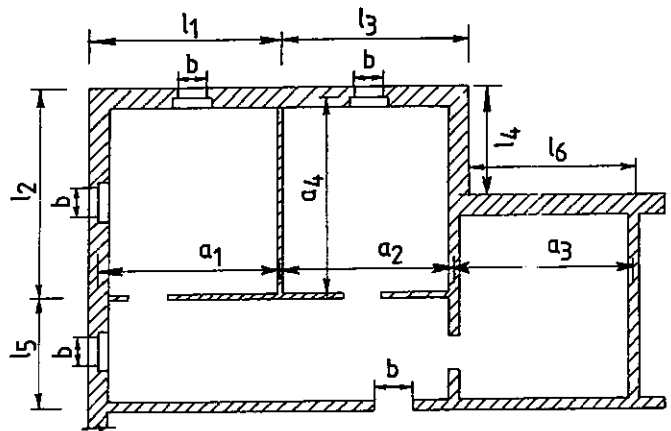
### 3.2.4. Bề mặt trao đổi nhiệt của các kết cấu bao che

Khi tính toán tổn thất nhiệt, điều quan trọng là phải biết cách xác định kích thước bề mặt trao đổi nhiệt của các kết cấu bao che : tường, nền, mái, cửa sổ, cửa lớn v.v...

3.2.4.1. Kích thước của tường, cửa, sàn, trần trên mặt bằng : xem hình 3.7.



Hình 3.6



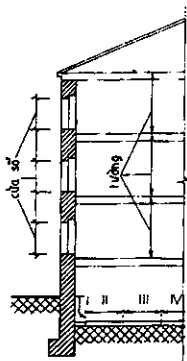
Hình 3.7

- a) Kích thước trên mặt bằng của tường ngoài đối với các phòng góc  $l_1, l_2, l_3, l_4$ .
- b) Đối với các phòng giữa :  $l_5, l_6$ .
- c) Đối với các tường bên trong hoặc trần và sàn :  $a_1, a_2, a_3, a_4$
- d) Đối với cửa sổ và cửa đi :  $b$ .

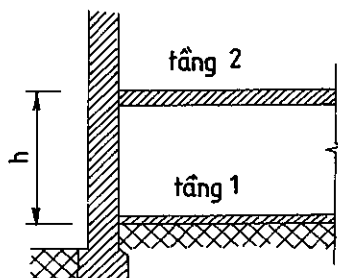
**3.2.4.2. Kích thước trên mặt đứng (hình 3.8a)**

Chiều cao của tường khi tính toán tổn thất nhiệt là khoảng cách từ mặt sàn của tầng này đến mặt sàn của tầng kia.

Đối với nhà không có tầng hầm thì chiều cao của tường ngoài thuộc tầng dưới cùng là khoảng cách từ mặt dưới của lớp nền đến mặt sàn của tầng trên (hình 3.8b).



**Hình 3.8a**



**Hình 3.8b**

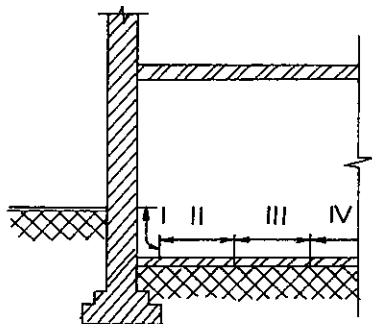
**3.2.4.3. Bề mặt trao đổi nhiệt của nền**

- 1. Trường hợp mặt nền thấp hơn mặt đất :

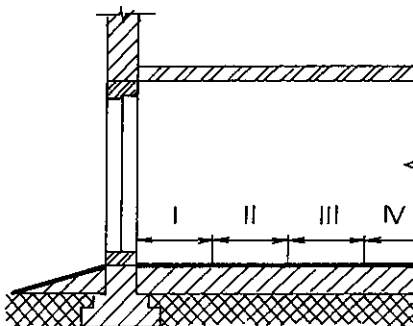
Người ta chia phần chìm trong đất thành 3 dải có bề rộng 2m dọc theo tường ngoài của phòng, phần còn lại là dải thứ tư (hình 3.9a).

- 2. Trường hợp mặt nền ngang mặt đất :

Cũng gần giống như trường hợp trên, nhưng dải 1 hoàn toàn nằm trên mặt nền (hình 3.9b).



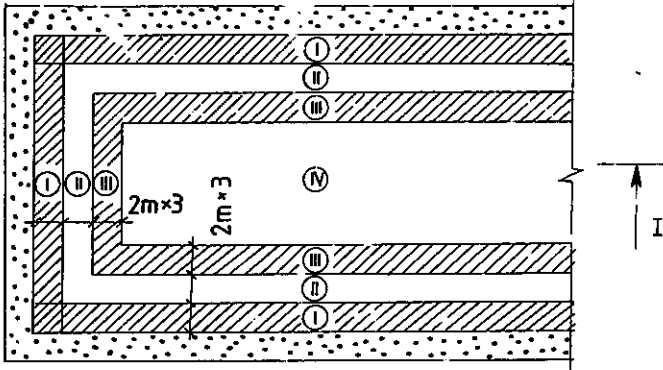
**Hình 3.9a**



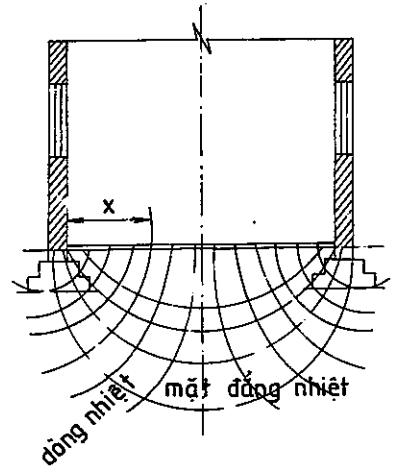
**Hình 3.9b**

Chú ý : Diện tích của nền ở những góc nhà thuộc dải I được tính 2 lần, tức là theo cả hai chiều của hai tường ngoài tạo nên góc nhà.

Sở dĩ người ta chia như thế là vì sự truyền nhiệt qua các kết cấu nằm sát mặt đất (nền) xảy ra rất phức tạp phụ thuộc vào sự phân bố nhiệt trong lớp đất nằm trong phạm vi của nhà theo những mặt cong đẳng nhiệt (hình 3.10).



Hình 3.9c : Mặt bằng



Hình 3.10

Tuyến đường của dòng nhiệt sẽ thay đổi phụ thuộc vào khoảng cách  $x$  của điểm xem xét đến tường ngoài, do đó nhiệt trở của nền cũng thay đổi một cách liên tục theo khoảng cách đó.

Bởi thế người ta áp dụng phương pháp gần đúng phù hợp với thực nghiệm là chia mặt nền ra thành từng dải dọc theo tường ngoài. 3 dải đầu có bề rộng là 2m, và dải thứ tư là phần còn lại. Đối với mỗi dải người ta xem nhiệt trở của nó là hằng số và có trị số sau đây :

- Khi nền không cách nhiệt, tức nền làm từ vật liệu có hệ số  $\lambda \geq 1$  kcal/mh $^{\circ}$ C.
  - Đối với dải I :  $R_1 = 2,5$  m $^2$ h $^{\circ}$ C/kcal ;  $k_1 = 0,4$  kcal/m $^2$ h $^{\circ}$ C
  - Đối với dải II :  $R_2 = 5$  m $^2$ h $^{\circ}$ C/kcal ;  $k_2 = 0,2$  kcal/m $^2$ h $^{\circ}$ C
  - Đối với dải III :  $R_3 = 10$  m $^2$ h $^{\circ}$ C/kcal ;  $k_3 = 0,1$  kcal/m $^2$ h $^{\circ}$ C
  - Đối với dải IV :  $R_4 = 16,7$  m $^2$ h $^{\circ}$ C/kcal ;  $k_4 = 0,06$  kcal/m $^2$ h $^{\circ}$ C

• Nếu là nền cách nhiệt gồm những lớp vật liệu có  $\lambda < 1$  kcal/mh $^{\circ}$ C, thì nhiệt trở của các lớp dải nền tính theo công thức :

$$R'_i = R_i + \frac{\delta'}{\lambda'} \quad (3-39)$$

Trong đó :

$R_i$  - Nhiệt trở của các dải nền không cách nhiệt (đã cho ở trên)

$\delta'$ ,  $\lambda'$  - Bề dày và hệ số dẫn nhiệt của lớp cách nhiệt tức lớp có  $\lambda < 1$  kcal/mh $^{\circ}$ C.

• Đối với nền nhà trên gối tựa : Cũng chia nền thành dải như trên nhưng hệ số nhiệt trở của chúng xác định theo công thức :

$$R''_i = \frac{R'_i}{0,85} \quad (3-40)$$

Khi tính toán theo phương pháp chia dải này thì hiệu số nhiệt độ (độ chênh lệch nhiệt độ bên trong và bên ngoài nhà) vẫn lấy như khi tính toán đối với các kết cấu bao che khác.

### 3.2.5. Các dạng mất nhiệt bổ sung khác

#### 3.2.5.1. Lượng nhiệt mất bổ sung qua cửa đi

Để kể đến lượng nhiệt mất do gió lùa qua cửa đi khi có người ra vào, người ta thêm vào một lượng nhiệt bổ sung tính theo % lượng tổn thất nhiệt đã tính toán :

1. Đối với cửa ngoài nhà nhiều tầng công dụng bất kì (n - số tầng) :

- Cửa 2 lớp không có phòng đệm :                      Bổ sung  $100 \times n\%$

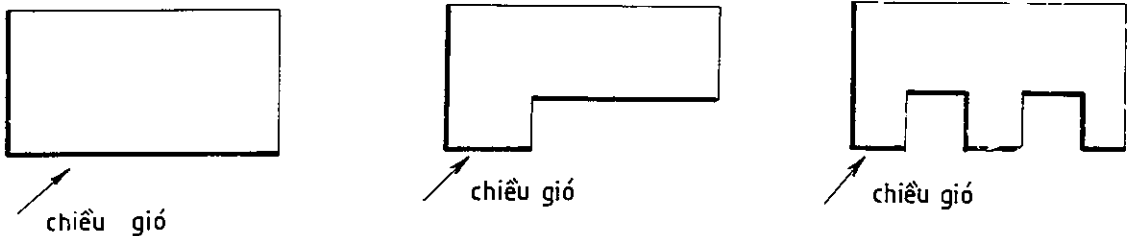
- Cửa 2 lớp có phòng đệm :                                Bổ sung  $80 \times n\%$

2. Đối với cửa chính của nhà công cộng, khách sạn, kí túc xá không phân biệt số tầng với lưu lượng người ra vào  $500 \div 600$  lượt/h :    Bổ sung  $400 \div 500\%$ .

#### 3.2.5.2. Nhiệt tổn thất gây nên do hiện tượng rò gió

Hiện tượng không khí lạnh lọt vào nhà xảy ra trên căn bản là bởi tác dụng của gió và một phần nhỏ là do sự chênh lệch trọng lượng đơn vị của không khí.

Thông thường, người ta nhận rằng : gió rò vào nhà qua các khe cửa thuộc phía đón gió và gió sẽ ra ở phía khuất gió.



Hình 3.11

Trên các mặt bằng của nhà, phần gạch đậm là những tường quay về phía đón gió, phần còn lại (nét nhỏ) là các tường quay về phía khuất gió.

Lượng gió rò vào nhà qua các khe cổng lớn, cửa đi, cửa sổ, cửa mái v.v... trên 1m dài của khe cửa phụ thuộc vào tốc độ của gió.

Khi tốc độ gió là 1 m/s :                       $L_{rò} = 4,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$

Khi tốc độ gió là 2 m/s :                       $L_{rò} = 6,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$

Khi tốc độ gió là 3 m/s :                       $L_{rò} = 8,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$

Khi tốc độ gió là 4 m/s :                       $L_{rò} = 9,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$

Khi tốc độ gió là 5 m/s :                       $L_{rò} = 12,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$

Để tính lượng gió rò qua các loại cửa khác nhau người ta nhân vào các trị số cho trên những hệ số sau đây :

- Đối với cửa đi, cổng lớn ... .. 2,0
- Đối với cửa sổ 2 lớp ... .. 0,5
- Đối với cửa sổ 1 lớp và cửa trời 1 lớp trong khung sắt ... 0,65
- Đối với cửa sổ 2 lớp và cửa trời 2 lớp trong khung sắt ... 0,33

Lượng nhiệt tiêu hao cho việc làm nóng không khí lạnh rò vào nhà tính theo công thức :

$$Q_{r\ddot{o}} = 0,24 L_{r\ddot{o}} \gamma_N (t_T^{II} - t_N^{II}), \quad \text{kcal/h} \quad (3-41)$$

$L_{r\ddot{o}}$  : Lượng gió rò tổng cộng, m<sup>3</sup>/h.

$\gamma_N$  : Trọng lượng riêng của không khí bên ngoài, kg/m<sup>3</sup>

0,24 : Tỷ nhiệt của không khí, kcal/kg<sup>o</sup>C

$t_T^{II}$  và  $t_N^{II}$  : Nhiệt độ tính toán bên trong và bên ngoài, <sup>o</sup>C

Cần chú ý : Hiện tượng rò gió có thể gây ra tổn thất nhiệt khi nhiệt độ  $t_T > t_N$ , mà cũng có thể gây ra thu nhiệt trong trường hợp nếu  $t_T < t_N$ . Đồng thời với lượng nhiệt đi vào hay đi ra khỏi phòng thì hiện tượng rò gió còn làm cho độ ẩm không khí bên trong tăng hoặc giảm.

Lượng hơi nước mang vào do hiện tượng gió rò có thể tính được theo công thức :

$$W = 0,001 L_{r\ddot{o}} \gamma_N (d_N - d_T), \quad \text{kg/h} \quad (3-42)$$

$d_N > d_T$  : Hơi nước từ ngoài đi vào nhà (thu ẩm).

$d_N < d_T$  : Hơi nước từ nhà đi ra (mất ẩm).

Để được ngắn gọn, rõ ràng và thuận tiện, việc tính toán tổn thất nhiệt được tiến hành theo bảng có dạng như sau :

**Bảng 3-5**

**BẢNG TÍNH TOÁN TỔN THẤT NHIỆT**

Số thứ tự	Tên gian phòng và nhiệt độ bên trong $t_T$	Kết cấu bao che và phương hướng	Kích thước của kết cấu bao che, a x b, m	Diện tích của kết cấu bao che $F, m^2$	Hệ số truyền nhiệt k, kcal/m <sup>2</sup> h <sup>o</sup> C	Hệ số $\psi$	Hiệu số nhiệt độ tính toán $(t_T^{II} - t_N^{II})$	Lượng nhiệt tổn thất chính k.F. $(t_T^{II} - t_N^{II}) \times \psi$	Lượng nhiệt bổ sung qua cửa	Lượng nhiệt bổ sung do rò gió	Lượng nhiệt bổ sung do các lí do khác	Tổng cộng lượng nhiệt bổ sung	Lượng tổn thất nhiệt tổng cộng, kcal/h
1	Phòng bệnh nhân $t_T = \dots$ <sup>o</sup> C												

### 3.3. CÁC DẠNG TỎA NHIỆT TRONG CÔNG NGHIỆP

#### 3.3.1. Tỏa nhiệt từ động cơ điện và từ sự chuyển biến cơ năng thành nhiệt năng

Phần lớn các thiết bị máy móc cơ khí chạy bằng động cơ điện, trong khi đó máy và động cơ có thể lắp đặt trong cùng một phòng hoặc trong các phòng riêng biệt. Năng lượng điện tiêu thụ có thể chuyển biến hoàn toàn thành nhiệt năng ngay trong phòng đặt máy móc thiết bị như máy dệt, máy kéo sợi v.v., nhưng cũng có thể chỉ chuyển biến một phần thành nhiệt năng tỏa vào phòng, phần còn lại có tác dụng nung nóng vật liệu được gia công hoặc lưu thông trong thiết bị như nước, không khí trong trường hợp của máy bơm, máy quạt... rồi thải ra ngoài phạm vi của phòng sản xuất cùng với các loại vật liệu ấy.

Do đó trong nhiều trường hợp cần tiến hành tính toán lượng nhiệt do động cơ điện và do thiết bị máy móc chạy bằng điện tỏa ra một cách riêng biệt.

Lượng nhiệt do động cơ điện tỏa ra được xác định theo công thức sau :

$$Q_1 = 860 N k_1 k_2 \frac{1 - \eta_1}{\eta_1} = 860 N k_o (1 - \eta_1) , \quad \text{kcal/h} \quad (3-43)$$

Trong đó :

860 - Đương lượng nhiệt của công suất điện : 1 kW = 860 kcal/h

N - Công suất lắp đặt của động cơ điện, kW.

$k_1$  - Hệ số tải trọng của động cơ - tỉ số giữa công suất trung bình  $N_m$  mà động cơ truyền cho thiết bị và công suất lắp đặt của động cơ :  $k_1 = \frac{N_m}{N}$

$k_2$  - Hệ số hoạt động đồng thời của các động cơ điện.

$$\eta_1 = a \cdot \eta$$

$\eta$  - Hệ số hiệu dụng của động cơ điện

a - Hệ số hiệu chỉnh kể đến tải trọng làm việc của động cơ.

Hệ số hiệu dụng  $\eta$  của động cơ điện được lấy theo số liệu katalo của động cơ, trường hợp không có số liệu katalo, có thể nhận  $\eta$  theo công suất lắp đặt của động cơ.

N, kW	0,5	0,5 ÷ 5	5 ÷ 10	10 ÷ 28	28 ÷ 50	≥ 50
$\eta$	0,75	0,84	0,85	0,88	0,9	0,92

Hệ số điều chỉnh a phụ thuộc vào hệ số tải trọng  $k_1$  của động cơ và có giá trị như sau :

$k_1$	≥ 0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
a	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,91

$k_o = \frac{k_1 \cdot k_2}{\eta_1}$  - được gọi là hệ số yêu cầu đối với động cơ điện.

Công thức (3-43) được áp dụng để xác định lượng nhiệt tỏa ra từ các động cơ điện không có hệ thống làm nguội cưỡng bức thải nhiệt ra ngoài phạm vi gian máy. Nó có thể áp dụng để tính lượng nhiệt tỏa ra từ máy bơm, máy quạt (chạy bằng điện) nếu như nhiệt năng truyền cho nước và không khí được thoát ra cùng với chúng ngay trong phạm vi gian máy.

Lượng nhiệt tỏa ra từ động cơ máy phát điện được xác định theo công thức :

$$Q_2 = 860 N k_1 k_2 \frac{1 - \eta_1 \eta_2}{\eta_1 \eta_2}, \quad \text{kcal/h} \quad (3-44)$$

Trong đó :

$\eta_2$  - Hệ số hiệu dụng của máy phát điện

Lượng nhiệt do bản thân thiết bị máy móc công nghệ chạy bằng điện tỏa ra được xác định như sau :

$$Q_3 = 860 N k_1 k_2 k_3, \quad \text{kcal/h} \quad (3-45)$$

Trong đó :

$k_3$  - Hệ số kể đến lượng nhiệt có thể được thải ra ngoài gian máy cùng với vật liệu được gia công hoặc lưu thông trong thiết bị như : chất thải, nước, không khí...

Hệ số  $k_3$  có thể nhận các giá trị sau đây :

- Đối với máy dệt, máy kéo sợi, máy xe sợi  $k_3 = 1$
- Đối với máy cắt gọt kim loại  $k_3 = 0,9$
- Đối với máy quạt  $k_3 = 0,1$
- Đối với máy bơm  $k_3 = 0.$

Lượng nhiệt tổng cộng do động cơ điện và thiết bị máy móc công nghệ chạy bằng điện đặt trong cùng gian máy được xác định theo công thức :

$$Q_4 = 860 N k_1 k_2 \left( \frac{1}{\eta_1} - 1 + k_3 \right), \quad \text{kcal/h} \quad (3-46)$$

### 3.3.2. Tỏa nhiệt do thấp sáng

Lượng nhiệt tỏa ra do thấp sáng trong nhiều trường hợp chiếm một phần đáng kể. Khi thấp sáng bằng các loại đèn điện thông thường đèn dây tóc cũng như đèn huỳnh quang thì hầu hết năng lượng điện biến thành nhiệt, do đó lượng nhiệt tỏa ra được xác định theo công thức :

$$Q = 860.N, \quad \text{kcal/h} \quad (3-47)$$

N : Công suất của tất cả các thiết bị chiếu sáng, kW.

Trường hợp thiết bị chiếu sáng nằm ngoài phạm vi gian phòng (ví dụ trong hầm mái, bên ngoài cửa kính v.v...), lượng nhiệt do thấp sáng đi vào phòng cần được xác định theo tổng số các phần trông thấy và không trông thấy của bức xạ nhiệt. Sự phân bố năng lượng bức xạ của các loại đèn được cho ở bảng 3-6.



## PHÂN BỐ NĂNG LƯỢNG BỨC XẠ TỪ CÁC LOẠI ĐÈN ĐIỆN, %

TT	Loại đèn	Bức xạ trông thấy (ánh sáng)	Bức xạ không trông thấy	Nhiệt tỏa do đối lưu và dẫn nhiệt	Tổng
1	Đèn huỳnh quang công suất 40W	16,5	37,5	46	100
2	Đèn dây tóc công suất 100 ÷ 1000W	12	73,8	14,2	100

## 3.3.3. Tỏa nhiệt từ sản phẩm của quá trình cháy

Trong hầu hết các nhà máy đều có liên quan đến sự tỏa nhiệt từ các sản phẩm của quá trình cháy. Ví dụ hàn hơi, thổi thủy tinh v.v. Khi tiến hành những công việc ấy thì sản phẩm của quá trình cháy được thải ra trực tiếp trong phòng sản xuất, làm vấn đục không khí đồng thời làm cho không khí nóng lên.

Ngoài ra, những bếp nung mà không có ống dẫn khói ra ngoài (tức là khói bốc ngay trong phòng sản xuất) cũng là những nguồn tỏa nhiệt trực tiếp vào phòng.

Lượng nhiệt tỏa ra do sản phẩm cháy được xác định bằng công thức sau đây :

$$Q = \varphi G Q_p, \text{ kcal/h} \quad (3-48)$$

$Q_p$  - Nhiệt năng làm việc của nhiên liệu, kcal/kg

$G$  - Lượng nhiên liệu tiêu thụ, kg/h

$\varphi$  - Hệ số tính đến sự cháy không hoàn toàn và nhận bằng 0,9 ÷ 0,97.

Sau đây là trị số  $Q_p$  của một vài chất đốt thể khí :

Bảng 3-7

Tên chất đốt	$Q_p$ , kcal/kg	Lượng hơi nước tỏa ra khi cháy, kg/kg
Axêtilen	11400	0,7
Ben-zin	10200	1,4
Hydrô	28700	9,0
Khí than	4200	1,31

## 3.3.4. Nhiệt tỏa ra trong quá trình nguội của các sản phẩm nung nóng

Phần lớn các vật liệu hoặc thể rắn hoặc thể lỏng bị nung nóng trong quá trình sản xuất không phải bao giờ cũng nguội ngay trong phòng, nơi mà chúng được nung nóng lên, mà thường là được mang sang các phòng khác để gia công chế biến. Do đó nhiệt tỏa ra do sự nguội dần của những vật liệu ấy phải được xem xét và tính toán như một yếu tố tỏa nhiệt độc lập. Ví dụ như sự nguội dần của các mẫu đúc, khuôn đúc trong xương đúc v.v.

Hiện tượng khá phổ biến là sự tỏa nhiệt do quá trình nguội dần của vật liệu có kèm theo sự thay đổi trạng thái của chúng, thông thường là từ thể lỏng sang thể rắn ; Ví dụ như mẫu đúc trong khuôn : đầu tiên ở thể lỏng, sau đó biến thành thể rắn. Trong trường hợp đó lượng nhiệt tỏa ra được tính toán bằng công thức :

$$q = [C_l(t_1 - t_{nc}) + r + C_r(t_{nc} - t_2)], \quad \text{kcal/kg} \quad (3-49)$$

Trong đó :

$C_l$  : Tỷ nhiệt của vật liệu ở thể lỏng, kcal/kg°C.

$C_r$  : Tỷ nhiệt của vật liệu ở thể rắn, kcal/kg°C

$t_1$  : Nhiệt độ ban đầu của vật liệu trước khi bắt đầu nguội, °C.

$t_2$  : Nhiệt độ sau khi nguội (trường hợp giới hạn là bằng nhiệt độ không khí trong nhà), °C.

$t_{nc}$  : Nhiệt độ nóng chảy của vật liệu, °C.

$r$  : Nhiệt nóng chảy của vật liệu, kcal/kg.

Lượng nhiệt này tỏa ra không đều trong quá trình nguội. Ban đầu nhiệt tỏa ra mạnh và nhiều hơn là lúc đã sắp nguội hẳn. Ví dụ như đối với các mẫu đúc có trọng lượng nhỏ hơn 50kg thì lượng nhiệt tỏa ra trong giờ đầu tiên chiếm 50% lượng nhiệt toàn phần và giờ thứ 2 là 35%.

Thời gian nguội của mẫu đúc bằng gang theo số liệu thực nghiệm thay đổi trong khoảng :

- Đối với mẫu đúc có trọng lượng	50kg	:	Z = 3 ÷ 4 giờ
	200kg	:	Z = 10 ÷ 12 giờ
	1000kg	:	Z = 16 ÷ 20 giờ
	2000kg	:	Z = 25 ÷ 30 giờ

Cần chú ý rằng nếu quá trình sản xuất liên tục và số vật liệu chuyển đến trong một giờ có trọng lượng tổng cộng là G, thì lượng nhiệt tỏa ra trong 1 giờ sẽ là :

$$Q = q G, \quad \text{kcal/h} \quad (3-50)$$

### 3.3.5. Nhiệt lượng do các lò nung tỏa ra

Giả sử ta có mặt cắt ngang của lò nung được thể hiện ở hình 3.12. Sự phân bố nhiệt độ của lò từ trong ra ngoài như sau :

$t_1$  - Nhiệt độ bên trong lò, là đại lượng biết được do yêu cầu sản xuất, °C.

$t_2, t_3$  - Lần lượt là nhiệt độ mặt trong và mặt ngoài của tường lò, °C

$t_4$  - Nhiệt độ không khí xung quanh, °C.

Ta lần lượt tính toán lượng nhiệt tỏa ra từ bề mặt xung quanh của vỏ lò, từ cửa lò lúc mở và từ bản thân cánh cửa lò.

#### 1. Tỏa nhiệt từ các bề mặt xung quanh của lò nung

$$Q = k(t_1 - t_4) F, \quad \text{kcal/h} \quad (3-51)$$

Trong đó :

$k$  - Hệ số truyền nhiệt của thành lò, kcal/m<sup>2</sup>h°C.

$F$  - Diện tích bề mặt xung quanh của lò, m<sup>2</sup>

Hệ số truyền nhiệt của thành lò :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_4}}, \quad \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad (3-52)$$

$\alpha_1$  - Hệ số trao đổi nhiệt trên bề mặt trong của lò.

$\alpha_4$  - Hệ số trao đổi nhiệt trên bề mặt ngoài của lò.

Các hệ số  $\alpha_1$  và  $\alpha_4$  xác định bằng các công thức sau :

$$\alpha_1 = l(t_1 - t_2)^{0,25} + \frac{C_{qd}}{t_1 - t_2} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad (3-53)$$

$$\alpha_4 = l(t_3 - t_4)^{0,25} + \frac{C_{qd}}{t_3 - t_4} \left[ \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_4}{100} \right)^4 \right], \quad \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad (3-54)$$

Trong đó :

$l$  - Hệ số kích thước đặc trưng, phụ thuộc vào vị trí của thành lò. Đối với bề mặt đứng  $l = 2,2$ .

Đối với bề mặt ngang  $l = 2,8$ .

$T_1, T_2$  - Nhiệt độ tuyệt đối tương ứng bên trong lò và trên bề mặt trong của thành lò,  $^\circ\text{K}$ .

$C_{qd}$  - Hệ số bức xạ nhiệt quy điển.

$$C_{qd} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_{den}}}$$

$C_1, C_2$  - Hệ số bức xạ nhiệt của thành lò và của các bề mặt chung quanh như tường, nền, trần nhà.

$C_{den}$  - Hệ số bức xạ của vật hoàn toàn đen =  $4,96 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}^4$ ;  $C_{qd} = 4,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}^4$ .

Đối với bề mặt bên trong của thành lò :

$$Q = \alpha_1(t_1 - t_2) F, \quad \text{kcal/h} \quad (3-55)$$

Đối với bề mặt bên ngoài của thành lò :

$$Q' = \alpha_4(t_3 - t_4) F, \quad \text{kcal/h} \quad (3-56)$$

Chúng ta có cả thảy 6 phương trình với 6 ẩn số  $Q, k, \alpha_1, \alpha_4, t_2$  và  $t_3$ . Giải hệ thống 6 phương trình ấy bằng giải tích rất lâu. Để dễ dàng hơn người ta giải bằng phương pháp tính toán kết hợp với đồ thị để dẫn đến trị số gần đúng.

Trình tự tính toán :

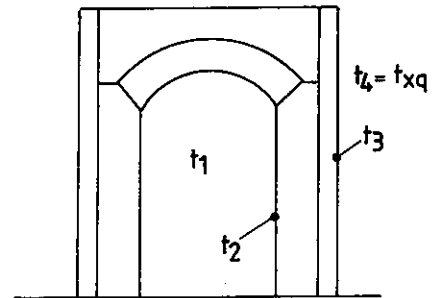
a - Nhận nhiệt độ trên bề mặt trong của thành lò thấp hơn nhiệt độ trong lò là  $5^\circ\text{C}$ , tức là  $t_2 = t_1 - 5^\circ\text{C}$ .

b - Giả thiết áng chừng nhiệt độ trên bề mặt bên ngoài của thành lò  $t_3$

c - Xác định hệ số trao đổi nhiệt  $\alpha_4$  theo công thức (3-54)

d - Tính lượng nhiệt tỏa ra trên bề mặt bên ngoài của thành lò theo công thức (3-56)

$$q' = \alpha_4(t_3 - t_4), \quad \text{kcal/m}^2\text{h}.$$



Hình 3.12

e - Kiểm tra lượng nhiệt đi qua cả bề dày của thành lò bằng công thức :

$$q'' = k_1(t_2 - t_3), \quad \text{kcal/m}^2\text{h} \quad (3-57)$$

Trong đó :

$$k_1 = \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda}}$$

f - Thành lập phương trình cân bằng nhiệt theo quy tắc :

Lượng nhiệt xuyên qua thành lò bằng lượng nhiệt truyền từ mặt ngoài của thành lò ra không khí xung quanh.

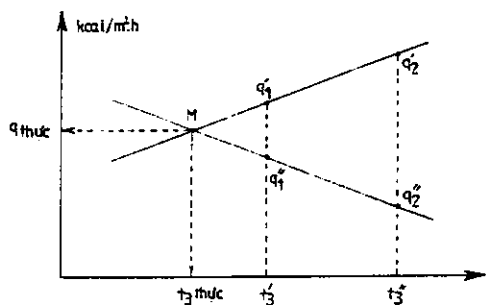
$$k_1(t_2 - t_3) = \alpha_4(t_3 - t_4) \quad (3-58)$$

Nếu điều kiện cân bằng này thỏa mãn thì phép tính là đúng, tức ta nhận nhiệt độ  $t_3$  đúng.

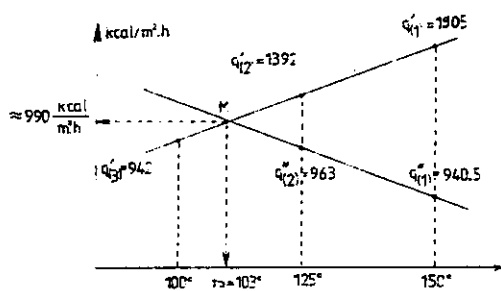
Nếu không cân bằng thì ta giả thiết lại trị số  $t_3$  và lặp lại phép tính từ đầu.

Nếu lần thứ hai cũng không đạt được điều kiện cân bằng thì lúc bấy giờ có thể dùng kết quả của 2 lần tính vừa rồi mà tìm lượng nhiệt tỏa ra bằng phương pháp đồ thị (hình 3.13).

Trên trục hoành ứng với với các trị số giả thiết lần 1 và lần 2 của nhiệt độ  $t_3$  ta đặt các trị số  $q'$  và  $q''$  rồi nối các điểm tương ứng với nhau thành 2 đường thẳng : các đường  $q'$  và  $q''$  của 2 lần giả thiết cắt nhau tại điểm M, điểm này sẽ cho ta biết nhiệt độ thực trên bề mặt ngoài  $t_3$  và lượng nhiệt do lò tỏa ra. Sở dĩ ta nối bằng các đường thẳng là vì khi hệ số  $k_1$  và nhiệt độ  $t_2$  không đổi thì lượng nhiệt  $q''$  tỉ lệ theo quy luật đường thẳng với nhiệt độ trên bề mặt bên ngoài.



Hình 3.13



Hình 3.14

Ví dụ : Xác định lượng nhiệt tỏa ra qua thành lò nung cho biết :

- Nhiệt độ bên trong của lò nung là  $t_1 = 1200^\circ\text{C}$ .
- Nhiệt độ không khí xung quanh là  $t_4 = 27^\circ\text{C}$ .
- Bề dày của thành lò :  $\delta_1 = 0,48\text{m}$  ;  $\lambda_1 = 1,1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ .
- Bề dày của lớp cách nhiệt  $\delta_2 = 0,115 \text{ m}$ ,  $\lambda_2 = 0,17 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ .
- Bề mặt của thành lò nung :  $F = 10 \text{ m}^2$

Tính toán :

a - Ta nhận nhiệt độ trên bề mặt bên trong của thành lò là :

$$t_2 = t_1 - 5 = 1200 - 5 = 1195^\circ\text{C}.$$

b - Giả thiết nhiệt độ trên bề mặt ngoài là :  $t_3 = 150^\circ\text{C}$  (giả thiết lần 1).

c - Xác định  $\alpha_4$

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= 2,2(150 - 27)^{0,25} + \frac{4,2}{150 - 27} \left[ \left( \frac{273 + 150}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + 27}{100} \right)^4 \right] \\ &= 15,49 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Sau đó chúng ta tìm :

d - Lượng nhiệt tỏa ra từ  $1\text{m}^2$  bề mặt bên ngoài của lò nung trong 1 giờ.

$$q'_{(1)} = \alpha_4(t_3 - t_4) = 15,49(150 - 27) = 1905 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

e - Hệ số truyền nhiệt của bản thân thành lò (không kể sức cản trao đổi nhiệt bề mặt)

$$k_1 = \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{0,48}{1,1} + \frac{0,115}{0,17}} \approx 0,9 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

f - Lượng nhiệt xuyên qua  $1\text{m}^2$  thành lò :

$$q''_{(1)} = 0,9(1195 - 150) = 940,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ giờ}.$$

Ta thấy rằng 2 lượng nhiệt này không bằng nhau, có nghĩa là nhiệt độ  $t_3$  ta chọn không đúng.

Giả thiết lại  $t_3$  : vì  $q' > q''$  nên nhiệt độ  $t_3 = 150^\circ\text{C}$  cao hơn  $t_3$  thực. Lần này ta giả thiết  $t_3 = 125^\circ\text{C}$  (giả thiết lần 2).

Lúc đó :

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= 2,2(125 - 27)^{0,25} + \frac{4,2}{125 - 27} \left[ \left( \frac{273 + 125}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + 27}{100} \right)^4 \right] \\ &= 14,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$q'_{(2)} = 14,2(125 - 27) = 1392 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Hệ số  $k_1$  không có gì thay đổi, do đó :

$$q''_{(2)} = 0,9(1195 - 125) = 963 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Lần này 2 trị số  $q'$  và  $q''$  cũng không bằng nhau nữa, để đơn giản phép tính ta lập đồ thị như sau (hình 3.14) :

Để được chính xác, ta chọn thêm một trị số  $t_3$  nữa :  $t_3 = 100^\circ\text{C}$  (giả thiết lần 3).

$$\alpha_4 = 2,2(100 - 27)^{0,25} + \frac{4,2}{100 - 27} \left[ 3,73^4 - 3^4 \right] = 12,9 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q' = 12,9(100 - 27) = 942 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Hai đường cắt nhau tại điểm M, tại đó ta có :  $t_3 = 103^\circ\text{C}$  và  $q = 990 \text{ kcal/m}^2\text{h}$

Kiểm tra lại :

$$\alpha_4 = 2,2(103 - 27)^{0,25} + \frac{4,2}{103 - 27} (3,76^4 - 3^4) = 6,5 + 6,56$$

$$= 13,06 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

$$q' = 13,06(103 - 27) = 993 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Trong đó lượng nhiệt tỏa ra bằng đối lưu là :

$$q_{dl} = 6,5(103 - 27) = 494 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

và bằng bức xạ là :

$$q_{bx} = 6,56(103 - 27) = 498,6 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$q'' = 0,9(1195 - 103) = 982,8 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

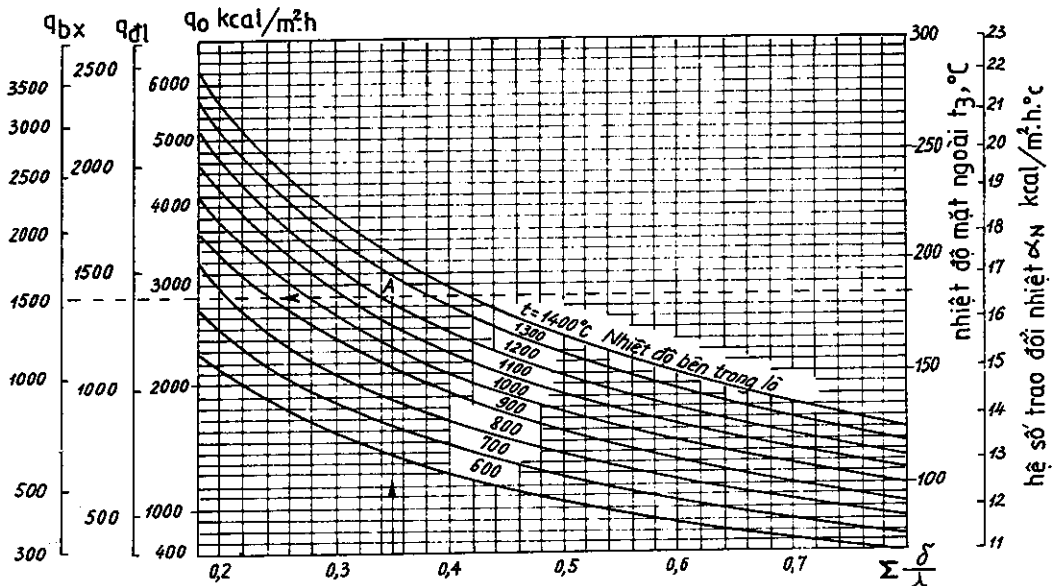
Ta nhận thấy  $q'$  và  $q''$  sai lệch nhau khoảng 1%. Như vậy là rất đạt yêu cầu. Lượng nhiệt trung bình sẽ là :

$$q = \frac{993 + 982,8}{2} = 988 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Lượng nhiệt tỏa ra do tất cả bề mặt của thành lò là :

$$Q = q F = 988 \cdot 10 = 9880 \text{ kcal/h}.$$

Để đơn giản và nhanh chóng hơn nữa người ta lập sẵn biểu đồ để tìm lượng nhiệt tỏa ra do bề mặt bị nung nóng của lò nung (hình 3.15).



Hình 3.15

Trên trục hoành là nhiệt trở của bản thân thành lò nung  $\sum \frac{\delta}{\lambda}$ . Các trục tung bên trái là lượng nhiệt toàn phần  $q_0$ , lượng nhiệt đối lưu  $q_{dl}$  và lượng nhiệt bức xạ  $q_{bx}$  tỏa ra từ  $1\text{m}^2$  bề mặt xung quanh của lò trong đơn vị thời gian,  $\text{kcal/m}^2\text{h}$ . Các trục tung bên phải là hệ số trao đổi nhiệt ( $\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ) và nhiệt độ ( $^\circ\text{C}$ ) trên bề mặt ngoài của lò.

Ví dụ :

Xác định nhiệt độ và lượng tỏa nhiệt đơn vị trên mặt ngoài lò nung, cho biết :

$$t_1 = 1200^{\circ}\text{C}, \sum \frac{\delta}{\lambda} = 0,35 \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} / \text{kcal.}$$

Giải

Trên đồ thị hình 3.15 ta xác định được điểm A, từ đó ta đọc được các kết quả sau :

- Lượng nhiệt toàn phần :  $q_o = 2900 \text{ kcal/m}^2\text{h.}$
- Lượng nhiệt đối lưu :  $q_{dl} = 1380 \text{ kcal/m}^2\text{h.}$
- Lượng nhiệt bức xạ :  $q_{bx} = 1500 \text{ kcal/m}^2\text{h.}$
- Nhiệt độ mặt ngoài của lò :  $t_3 = 185^{\circ}\text{C.}$

### 2. Tỏa nhiệt từ cửa lò nung lúc mở trống

Khi cho vật liệu vào lò hoặc lấy vật liệu từ lò ra thì cửa lò phải mở trống trong một thời gian nào đó. Lúc ấy nhiệt sẽ tỏa ra ngoài qua cửa lò bằng bức xạ. Cường độ bức xạ phụ thuộc vào nhiệt độ trên bề mặt trong của thành lò và nhiệt độ bề mặt trong của tường nhà hoặc là nhiệt độ những bề mặt thiết bị khác nằm đối diện với cửa lò. Cường độ bức xạ được xác định bằng công thức sau đây :

$$q_{bx} = C \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \text{ kcal/m}^2\text{h} \quad (3-59)$$

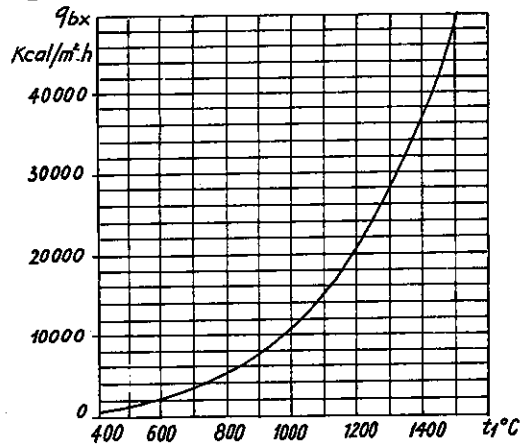
Lượng nhiệt này còn có thể xác định theo đồ thị hình 3.16.

Bức xạ nhiệt từ cửa lò bị giảm đi khá nhiều do tác dụng của hiện tượng nhiễu xạ.

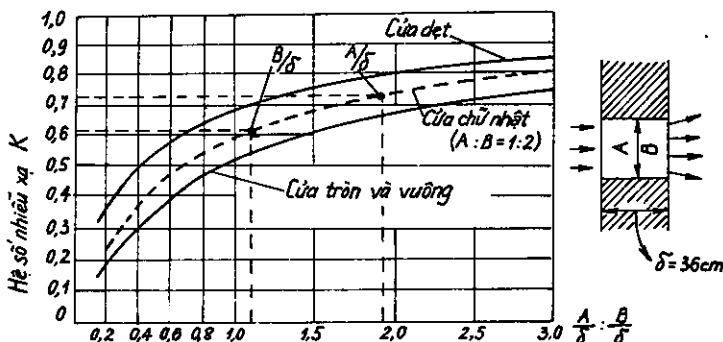
Để tính toán đến tác dụng ấy người ta đã làm thí nghiệm và lập được đồ thị : Trên trục hoành là tỉ số kích thước giữa các cạnh A, B của cửa lò và bề dày của thành lò, trục tung là hệ số nhiễu xạ K của cửa. Các đường biểu diễn được lập cho từng hình dạng của cửa lò : vuông, tròn, chữ nhật.

Ứng với  $\frac{A}{\delta}$  ta có  $K_1$  và  $\frac{B}{\delta}$  ta có  $K_2$ .

$$\text{Hệ số trung bình } K = \frac{K_1 + K_2}{2}$$



Hình 3.16



Hình 3.17

Ví dụ : Cửa lò có kích thước  $A \times B = 70 \times 40\text{cm}$ . Bề dày của thành lò tại vị trí cửa lò  $\delta = 36\text{cm}$ . Nhiệt độ bên trong lò là  $1200^\circ\text{C}$ . Cửa lò mở 10 phút trong 1 giờ. Xác định lượng nhiệt bức xạ qua cửa lò lúc mở.

Dùng đồ thị hình 3.16, ứng với nhiệt độ  $1200^\circ\text{C}$  ta có :  $q = 21000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ .

Các tỉ số : 
$$\frac{A}{\delta} = \frac{70}{36} = 1,94 ; \quad \frac{B}{\delta} = \frac{40}{36} = 1,1$$

Dùng đồ thị hình 3.17 ta tìm được :

$$K_1 = 0,725 \text{ và } K_2 = 0,61.$$

$$K = \frac{0,725 + 0,61}{2} \approx 0,67.$$

Lượng nhiệt tỏa ra tính đều trong 1 giờ là :

$$Q = 21000 \cdot 0,67 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot \frac{10}{60} = 657 \text{ kcal/h.}$$

### 3. Lượng nhiệt tỏa ra do bản thân cánh cửa lò

Cánh cửa lò thường làm bằng gang và bên trong là 1 lớp gạch chịu lửa.

Lượng nhiệt tỏa ra từ cánh cửa lò cũng xác định bằng cách tương tự như do thành lò tỏa ra. Khi tính toán hệ số truyền nhiệt của lớp gạch chịu lửa lấy tương ứng với nhiệt độ trung bình của nó.

Khi mở cửa thì bản thân cánh cửa vẫn tiếp tục tỏa nhiệt, nhưng ít hơn. Người ta nhận rằng lượng nhiệt tỏa ra do cánh cửa lò khi mở bằng  $1/2$  lúc đóng.

Ví dụ : Cửa lò có kích thước  $0,4 \times 0,3\text{m}$ , cửa bằng gang  $\delta = 0,012\text{m}$ . Lớp gạch chịu lửa dày  $0,12\text{m}$ . Nhiệt độ trong lò là  $1200^\circ\text{C}$ . Xác định lượng nhiệt do cánh cửa tỏa ra, nếu cửa mở 10 phút trong 1 giờ.

Giải

Ta giả thiết nhiệt độ trên bề mặt lớp gạch chịu lửa sát với lớp gang là  $300^\circ\text{C}$ , xác định hệ số dẫn nhiệt.

Hệ số dẫn nhiệt của gạch chịu lửa phụ thuộc vào nhiệt độ

$$\lambda = 0,8 + 0,0003t$$

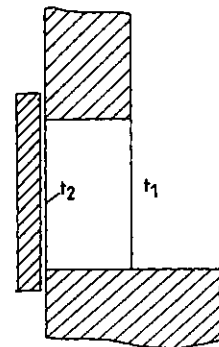
Khi  $t = 1200^\circ\text{C}$  :  $\lambda_{1200} = 0,8 + 0,0003(1200 - 5) = 1,16 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ .

Khi  $t = 300^\circ\text{C}$  :  $\lambda_{300} = 0,8 + 0,0003 \cdot 300 = 0,89 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ .

$$\lambda_{TB} = \frac{1,16 + 0,89}{2} = 1,03 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}.$$

Đối với gang khi  $t = 300^\circ\text{C} \rightarrow \lambda = 34 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ .

Hệ số truyền nhiệt của bản thân cánh cửa :



Hình 3.18



$$k = \frac{1}{\frac{0,12}{1,03} + \frac{0,012}{34}} = 8,56 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

Lượng nhiệt xuyên qua cánh cửa lò :

$$Q' = 8,56(1200 - 300) \cdot 0,3 \cdot 0,4 = 924 \text{ kcal/h}.$$

Nếu nhiệt độ trong nhà là  $t_2 = 20^\circ\text{C}$  thì lượng nhiệt tỏa ra từ mặt ngoài cửa lò là :

$$Q'' = \left\{ 2,2(300 - 20)^{1,25} + 3,5 \left[ \left( \frac{273 + 300}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + 20}{100} \right)^4 \right] \right\} \cdot 0,3 \cdot 0,4 = 550 \text{ kcal/h}.$$

3,5 là hệ số bức xạ quy điển từ bề mặt cửa lò bằng gang đến bề mặt bên trong của tường nhà.

Hai lượng nhiệt  $Q'$  và  $Q''$  không bằng nhau là vì ta giả thiết nhiệt độ của lớp gang còn thấp. Đúng ra cần phải giả thiết và tính lại, nhưng để đơn giản ta lấy trị số trung bình.

$$Q_{TB} = \frac{Q' + Q''}{2} = \frac{924 + 550}{2} = 737 \text{ kcal/h}.$$

Cửa mở 10 phút trong 1 giờ. Trong khoảng 10 phút cửa mở lượng nhiệt tỏa ra là :

$$Q = \frac{1}{2} \cdot 737 \cdot \frac{10}{60} \approx 61 \text{ kcal/h}.$$

Lượng nhiệt tổng cộng do cánh cửa lò tỏa ra là :

$$Q_{\text{tổng}} = 61 + 737 \cdot \frac{50}{60} = 675 \text{ kcal/h}.$$

### 3.4. TÍNH TOÁN NHIỆT BỨC XẠ MẶT TRỜI XUYÊN QUA KẾT CẤU BAO CHE VÀO NHÀ

Đối với các xứ vùng nhiệt đới như nước ta, quanh năm có ánh mặt trời, nhất là về mùa hè ánh nắng càng gay gắt, do đó lượng nhiệt do bức xạ mặt trời xuyên qua kết cấu truyền vào nhà rất lớn. Lượng nhiệt này phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời trên mặt phẳng kết cấu bao che và khả năng cản nhiệt bức xạ của bản thân kết cấu bao che.

Trong các điều kiện như nhau nhưng nếu kết cấu bao che mỏng, khả năng cản nhiệt bức xạ kém, thì lượng nhiệt do bức xạ truyền vào nhà càng lớn và do đó nhiệt độ trong nhà càng cao.

Như vậy để tính toán nhiệt bức xạ, trước tiên ta cần biết cường độ bức xạ mặt trời và khả năng cản nhiệt bức xạ của kết cấu bao che.

#### 3.4.1. Cường độ bức xạ mặt trời

1. *Định nghĩa* : Cường độ bức xạ mặt trời trên một mặt phẳng nào đó là lượng nhiệt tính bằng calo hay kcal do các tia bức xạ phát ra từ mặt trời (tia nắng) chiếu đến một đơn vị diện tích của mặt phẳng ấy trong một đơn vị thời gian, kí hiệu là  $q_{bx}$ , kcal/m<sup>2</sup>h hoặc cal/cm<sup>2</sup>ph.

Bức xạ mặt trời có thể là trực xạ và tán xạ. Trực xạ là khi tia nắng chiếu trực tiếp vào bề mặt. Còn tán xạ là kết quả phản chiếu ánh nắng từ mặt đất, nhà cửa, cây cối và bầu trời.

Cường độ tán xạ càng nhỏ nếu bầu trời càng trong suốt và ít mây. Độ trong suốt của bầu trời phụ thuộc vào lượng hơi nước và bụi trong khí quyển và được đánh giá bằng hệ số trong suốt  $p$ . Đối với thành phố lớn và các trung tâm công nghiệp  $p = 0,7$ ; đối với miền núi và vùng dân cư  $p = 0,8$ .

Nếu bầu trời có mây thì cường độ bức xạ giảm đi rất nhiều, do đó khi tính toán bức xạ mặt trời người ta chọn điều kiện bất lợi nhất là lúc bầu trời quang mây.

Trong những điều kiện giống nhau về mức độ trong suốt của khí quyển, cường độ bức xạ mặt trời phụ thuộc vào vĩ độ địa lí của địa phương, độ cao của mặt trời trên mặt phẳng nằm ngang đi qua vùng xem xét, thời gian trong năm, thời giờ trong ngày và cuối cùng là góc độ của tia nắng chiếu đến mặt phẳng chịu bức xạ.

## 2. Cường độ bức xạ mặt trời trên mặt phẳng trực giao với tia chiếu.

Đối với mặt phẳng trực giao với tia chiếu, cường độ bức xạ mặt trời có thể xác định theo công thức sau đây của giáo sư S. I. Xavinov [19], [25] :

$$q_{\perp} = A \left( \frac{r_0}{r} \right)^2 \cdot \frac{\sin h}{\sin h + c}, \quad \text{cal/cm}^2\text{ph} \quad (3-60)$$

Trong công thức trên :

$q_{\perp}$  : Cường độ bức xạ mặt trời trên mặt phẳng trực giao với tia chiếu, tức là khi góc của tia chiếu đối với mặt phẳng chịu bức xạ là  $90^\circ$ .

$A$  : Hằng số bức xạ mặt trời - là cường độ bức xạ trên mặt phẳng trực giao với tia chiếu ứng với khoảng cách trung bình giữa mặt trời và quả đất ;  $A = 1,87 \text{ cal/cm}^2\text{.ph}$ .

$r_0$  : Khoảng cách trung bình từ mặt đất đến mặt trời :  $r_0 = 149 \cdot 10^6 \text{ km}$

$r$  : Khoảng cách từ mặt đất đến mặt trời trong thời gian tính toán. Khoảng cách này thay đổi theo mùa. Mùa đông (gần 1/D)  $r = 147 \cdot 10^6 \text{ km}$  ; Mùa hè (gần 1/VII)  $r = 152 \cdot 10^6 \text{ km}$ .

$c$  : Hệ số phụ thuộc vào độ trong suốt của khí quyển, đặc trưng cho khả năng hấp thụ các tia bức xạ của khí quyển.

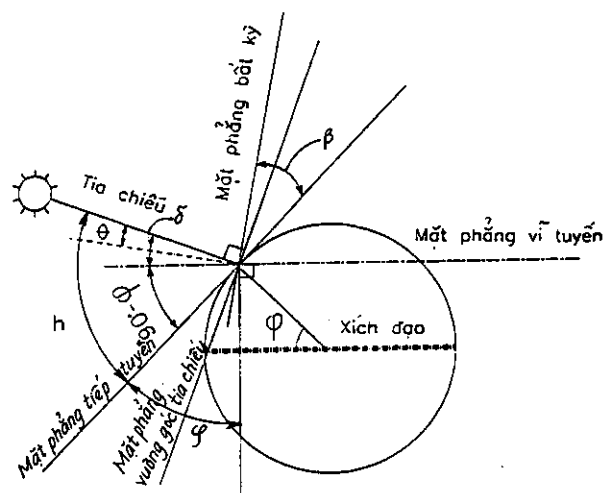
$$c = \frac{1-p}{p}$$

$p$  : Hệ số trong suốt của khí quyển,  
 $p = 0,7 \div 0,8$ .

Khi  $p = 0,7$  :  $c = 0,43$  và  $p = 0,8$  :  
 $c = 0,25$ . Trung bình có thể lấy  
 $c = 0,333$ .

$h$  : Độ cao mặt trời trên địa điểm tính toán, biểu diễn bằng góc nghiêng của tia mặt trời đối với mặt phẳng tiếp tuyến đi qua địa điểm tính toán (tức mặt phẳng nằm ngang hay còn gọi là mặt phẳng chân trời).

Độ cao  $h$  của mặt trời phụ thuộc vào vĩ độ của địa điểm, góc nghiêng của



Hình 3.19

mặt trời đối với mặt phẳng xích đạo và thời gian trong ngày, nó được xác định theo công thức sau đây :

$$\sin h = \cos \delta \cos \varphi \cos t + \sin \varphi \sin \delta \quad (3-61)$$

Trong đó :

$\varphi$  : Vĩ độ địa lí của địa điểm tính toán tính bằng độ.

$\delta$  : Góc nghiêng của mặt trời đối với mặt phẳng xích đạo, độ.

$t$  : Góc giờ, tính bằng số giờ bắt đầu kể từ 12 giờ trưa nhân cho 15, tính theo độ (1 ngày đêm 24 giờ quả đất quay chung quanh trục nam bắc của nó được tròn 1 vòng tức 360°, vậy mỗi giờ quay được một góc 15°).

Góc nghiêng  $\delta$  của mặt trời đối với mặt phẳng xích đạo thay đổi theo ngày tháng trong năm.

Trị số giới hạn của  $\delta$  là  $\pm 23^{\circ}27'$ .

$\delta = + 23^{\circ} 27'$  vào ngày hạ chí 22/6 (mặt trời lệch về phương bắc)

$\delta = - 23^{\circ} 27'$  vào ngày đông chí 22/12 (mặt trời lệch về phương nam)

Sau đây là bảng trị số góc nghiêng  $\delta$ .

**Bảng 3-8**

**GÓC NGHIÊNG  $\delta$  CỦA MẶT TRỜI ĐỐI VỚI MẶT PHẪNG XÍCH ĐẠO, ĐỘ**

Tháng (1)	Ngày (2)	Góc $\delta$ (3)	Tháng (4)	Ngày (5)
1	2	3	4	5
Tháng chạp	27	-23° 27'	Tháng chạp	22
	Tháng giêng	-23° 22'		17
	3	-22° 54'		10
	10	-22° 05'		3
	17	-20° 54'		Tháng 11
24	-19° 24'	19		
31	-17° 36'	12		
Tháng hai	7	-15° 33'	5	
	14	-13° 17'	Tháng 10	29
	21	-10° 50'		22
	28	-8° 16'		15
Tháng 3	7	-5° 35'		8
	14	-2° 51'	1	
	21	0	Tháng chín	23
	28	+ 2° 41'		16
Tháng tư	5	5° 46'		8
	12	8° 24'		1
	19	10° 54'	Tháng tám	25
	26	13° 16'		18

Bảng 3-8 (tiếp)

1	2	3	4	5
Tháng năm	4	15° 44'	Tháng bảy	10
	11	17° 41'		3
	18	19° 23'		27
	25	20° 29'		20
Tháng sáu	1	21° 57'	Tháng sáu	13
	8	22° 47'		6
	15	23° 17'		29
	22	23° 27'		

Trên hình (3.19) cho thấy vị trí tương đối của mặt trời và tia chiếu đến các mặt phẳng khác nhau đi qua địa điểm A có vĩ độ  $\varphi$  vào lúc giữa trưa, lúc đó ta có :  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ .

### 3. Cường độ bức xạ mặt trời trên mặt phẳng bất kì

Đối với mặt phẳng bất kì kết hợp với mặt phẳng tiếp tuyến một góc  $\beta$  ta sẽ có cường độ bức xạ trên đó xác định theo công thức :

$$q = q_{\perp} \sin(h + \beta)$$

hay là :  $q = q_{\perp} \cos \theta$  (3-62)

Trong đó  $\theta$  là góc hợp giữa pháp tuyến của mặt phẳng nhận bức xạ với tia chiếu.

a - Đối với mặt phẳng nằm ngang (mặt phẳng tiếp tuyến).

$$\cos \theta^{ng} = \sin h = \cos \delta \cos \varphi \cos t + \sin \delta \sin \varphi$$
 (3-63)

b - Đối với mặt phẳng thẳng đứng

- Quay về phía nam :

$$\cos \theta_{N}^d = \cos \delta \sin \varphi \cos t - \sin \delta \cos \varphi$$
 (3-64)

- Quay về hướng bắc :

$$\cos \theta_{B}^d = \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t$$
 (3-65)

- Quay về hướng đông hoặc tây :

$$\cos \theta_{D,T}^d = \cos \delta \sin t$$
 (3-66)

- Quay về các hướng đông nam và tây nam

$$\cos \theta_{D-N,T-N}^d = 0,707(\cos \delta \sin \varphi \cos t - \sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin t)$$
 (3-67)

- Quay về các hướng đông bắc và tây bắc :

$$\cos \theta_{D-B,T-B}^d = 0,707(\cos \delta \sin t + \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t)$$
 (3-68)

c - Đối với các bề mặt nghiêng

Nếu kí hiệu  $\Delta$  là góc nghiêng của mặt phẳng đang xét đối với mặt phẳng nằm ngang (mặt phẳng chân trời) ta sẽ có :

- Nghiêng về phía nam :

$$\begin{aligned} \cos \theta_{N}^{\text{ngh}} &= (\cos \delta \cos \varphi \cos t + \sin \delta \sin \varphi) \cos \Delta + \\ &+ (\cos \delta \sin \varphi \cos t - \sin \delta \cos \varphi) \sin \Delta \end{aligned} \quad (3-69)$$

- Nghiêng về phía bắc :

$$\begin{aligned} \cos \theta_{B}^{\text{ngh}} &= (\cos \delta \cos \varphi \cos t + \sin \delta \sin \varphi) \cos \Delta + \\ &+ (\sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t) \sin \Delta \end{aligned} \quad (3-70)$$

- Nghiêng về hướng đông hoặc tây :

$$\cos \theta_{D,T}^{\text{ngh}} = (\cos \delta \cos \varphi \cos t + \sin \delta \sin \varphi) \cos \Delta + \cos \delta \sin t \sin \Delta \quad (3-71)$$

- Nghiêng về hướng đông nam hoặc tây nam :

$$\begin{aligned} \cos \theta_{D-N,T-N} &= (\cos \delta \cos \varphi \cos t + \sin \delta \sin \varphi) \cos \Delta + \\ &+ 0,707 (\cos \delta \cos \varphi \cos t - \sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin t) \sin \Delta \end{aligned} \quad (3-72)$$

- Nghiêng về hướng đông bắc hoặc tây bắc :

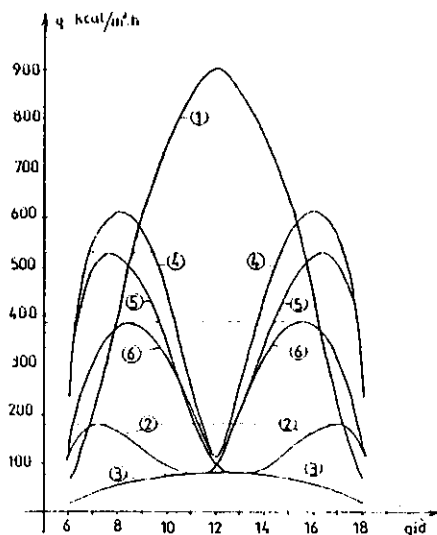
$$\begin{aligned} \cos \theta_{D-B,T-B} &= (\cos \delta \cos \varphi \cos t + \sin \delta \sin \varphi) \cos \Delta + \\ &+ 0,707 (\cos \delta \sin t + \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t) \sin \Delta \end{aligned} \quad (3-73)$$

Dựa vào các công thức nói trên ta có thể lập biểu đồ cường độ bức xạ mặt trời trên các mặt phẳng khác nhau cho từng địa phương và thời gian ngày tháng trong năm.

Ví dụ ở hình 3-20 là biểu đồ cường độ bức xạ ở Hà Nội (vĩ độ Bắc  $\varphi = 21^{\circ}01'$ ) vào ngày 21/7 trong điều kiện trời không mây.

Đối chiếu với số liệu khí tượng quan trắc được trong nhiều năm, biểu đồ bức xạ lập bằng công thức tính toán lí thuyết cho kết quả khá phù hợp. Do đó nếu nơi nào không có số liệu quan trắc chính xác, khi tính toán nhiệt bức xạ ta có thể dùng công thức để tính hoặc biểu đồ để tra.

Cần chú ý rằng đơn vị cal/cm<sup>2</sup>ph gấp 600 lần đơn vị kcal/m<sup>2</sup>h cho nên khi muốn đổi từ cal/cm<sup>2</sup>ph sang kcal/m<sup>2</sup>h phải nhân thêm số 600.



Hình 3.20 : Biểu đồ cường độ bức xạ mặt trời ở Hà Nội (vĩ độ  $\varphi = 21^{\circ},01'$ ) vào ngày 21/6.

Chú thích (trên hình 3.20) :

- 1 - Cường độ bức xạ trên mặt ngang
- 2 - Cường độ bức xạ trên mặt đứng quay hướng bắc
- 3 - Cường độ bức xạ trên mặt đứng hướng nam
- 4 - Cường độ bức xạ trên mặt đứng hướng đông và tây.
- 5 - Cường độ bức xạ trên mặt đứng hướng đông bắc và tây bắc.
- 6 - Cường độ bức xạ trên mặt đứng hướng đông nam và tây nam.

### 3.4.2. Lượng nhiệt bức xạ truyền vào nhà

Như đã nói, khi nắng chiếu trên bề mặt một kết cấu bao che nào đó với cường độ xác định, thì ứng với cường độ ấy lượng nhiệt truyền vào nhà nhiều hay ít là tùy thuộc vào tính chất của kết cấu bao che.

Nếu kết cấu bao che là cửa kính thì vì kính trong suốt nên hầu hết năng lượng của tia nắng xuyên qua được và đi trực tiếp vào phòng. Trong phòng, tia nắng sẽ bị phản xạ nhiều lần qua lại trên các bề mặt bên trong phòng và cuối cùng bị chúng hấp thụ hoàn toàn. Kết quả là năng lượng sóng của tia nắng biến thành nhiệt và làm cho nhiệt độ trong phòng tăng cao.

Trường hợp nếu kết cấu bao che không trong suốt như tường mái... thì tia nắng một phần bị phản chiếu lại, một phần bị bề mặt kết cấu hấp thụ. Phần năng lượng bị hấp thụ lại có một bộ phận có tác dụng nung nóng kết cấu bao che, làm cho nhiệt độ bề mặt của nó tăng cao, gây nên hiện tượng trao đổi nhiệt đối lưu với môi trường xung quanh. Bộ phận còn lại mới xuyên được vào phòng.

Sau đây ta nghiên cứu tỉ mỉ phương pháp tính toán cho từng trường hợp nêu trên.

#### 1. Tính toán nhiệt bức xạ xuyên qua cửa kính

Lượng nhiệt bức xạ xuyên qua cửa kính vào nhà có thể xác định theo công thức sau :

$$Q_{bx}^{kính} = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 q_{bx} F_{kính} \quad \text{kcal/h} \quad (3-74)$$

Trong đó :

$F_{kính}$  : Diện tích cửa kính chịu bức xạ tại thời điểm tính toán,  $m^2$

$q_{bx}$  : Cường độ bức xạ mặt trời trên mặt phẳng chịu bức xạ tại thời điểm tính toán,  $\text{kcal}/m^2\text{h}$

$\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$  : Lần lượt là các hệ số kể đến độ trong suốt của kính, độ bẩn của mặt kính, mức độ che khuất bởi cánh cửa và bởi các hệ thống che nắng. Sau đây là trị số của những hệ số trên (theo số liệu GS. P. U. Gambua).

a) Hệ số trong suốt của kính  $\tau_1$  :

- Cửa kính 1 lớp : 0,90

- Cửa kính 2 lớp : 0,81

b) Hệ số mức độ bẩn mặt kính  $\tau_2$  :

- Mặt kính đứng 1 lớp : 0,80

- Mặt kính đứng 2 lớp : 0,70

- Mặt kính nghiêng 1 lớp :	0,65
c) Hệ số che khuất bởi khung cửa $\tau_3$ :	
- Cửa sổ 2 lớp kính trong khung gỗ :	0,30 ÷ 0,55
- Cửa sổ 1 lớp kính trong khung gỗ :	0,61 ÷ 0,64
- Cửa mái 1 lớp kính trong khung gỗ :	0,67 ÷ 0,75
- Cửa sổ và cửa mái 1 lớp kính thẳng đứng trong khung thép :	0,75 ÷ 0,79
- Cửa sổ và cửa mái mặt kính nghiêng trong khung thép :	0,81 ÷ 0,83
d) Hệ số che khuất bởi các hệ thống che nắng $\tau_4$ :	
- Ô văng che nắng :	0,95
- Lá sách :	0,70
- Kính sơn trắng đục :	0,65 ÷ 0,80
- Rèm cửa bên ngoài :	0,70
- Rèm cửa bên trong :	0,40
- Kính nhám :	0,30

## 2. Tính toán nhiệt bức xạ mặt trời qua mái hoặc tường

Dưới tác dụng của bức xạ mặt trời, nhiệt độ mặt ngoài của kết cấu bao che tăng cao. Để đánh giá tác dụng ấy ta có thể thay thế cường độ bức xạ bằng một trị số nhiệt độ tương đương  $t_{td}$  của không khí bên ngoài :

$$t_{td} = \frac{\rho \cdot q_{bx}}{\alpha_N} \quad (3-75)$$

Trong đó :

$q_{bx}$  - Cường độ bức xạ, kcal/m<sup>2</sup>h

$\alpha_N$  - Hệ số trao đổi nhiệt trên bề mặt ngoài, kcal/m<sup>2</sup>h°C.

$\rho$  - Hệ số hấp thụ bức xạ của bề mặt kết cấu bao che biểu diễn phần nhiệt bức xạ do kết cấu hấp thụ được. Hệ số này phụ thuộc vào tính chất, màu sắc của vật liệu ở lớp ngoài cùng của kết cấu bao che, lấy theo bảng 3-9.

**Bảng 3-9**

### HỆ SỐ HẤP THỤ BỨC XẠ MẶT TRỜI $\rho$ CỦA KẾT CẤU BAO CHE

Vật liệu	$\rho$	Vật liệu	$\rho$
* Vật liệu mái		- Cũng như trên nhưng quét sơn nâu sẫm	0,81
- Fibrô xi măng	0,65	- Ngói mới (đỏ tươi)	0,60
- Mái tôn tráng kẽm	0,65	* Vật liệu tường	
- Giấy dầu	0,88	- Đá granit đỏ	0,55
- Giấy dầu có phủ lớp cát mịn	0,65	- Gạch nung	0,65
- Mái tôn quét sơn trắng	0,45	- Gạch silicat	0,35
		- Vữa trát	0,40

Nhiệt độ tương đương  $t_{td}$  kết hợp với nhiệt độ không khí bên ngoài  $t_N$ , cho ta một trị số nhiệt độ tổng hợp mà người ta gọi là nhiệt độ tổng của không khí bên ngoài.

$$t_{tg} = t_N + t_{td} = t_N + \frac{\rho \cdot q_{bx}}{\alpha_N} \quad (3-76)$$

Nhiệt độ tổng  $t_{tg}$  thể hiện ở công thức (3-76) trên đây cũng là một dao động nhiệt độ với chu kì là 24 giờ bởi vì các đại lượng  $t_N$  và  $q_{bx}$  đều là những dao động theo chu kì nói trên.

Đối với một dao động gần như điều hòa hình sin thì các thông số đặc trưng quan trọng là : trị số trung bình, biên độ dao động và chu kì.

a) Trị số trung bình của nhiệt độ tổng :

$$t_{tg}^{TB} = t_N^{TB} + \frac{\rho \cdot q_{bx}^{TB}}{\alpha_N}, \quad ^\circ C \quad (3-77)$$

Trong đó :

$t_N^{TB}$  - Nhiệt độ trung bình của không khí bên ngoài ở thời gian tính toán. Thường người ta tính toán ở thời gian bất lợi nhất là mùa hè, lúc đó  $t_N^{TB}$  - là nhiệt độ trung bình tháng của các tháng nóng nhất đại diện cho mùa hè,  $^\circ C$ .

$q_{bx}^{TB}$  - Cường độ bức xạ trung bình trên mặt phẳng kết cấu xem xét, xác định biểu thức sau :

$$q_{bx}^{TB} = \frac{\sum q_{bx(i)}}{24}, \quad kcal/m^2h \quad (3-78)$$

$\sum q_{bx(i)}$  - Tổng cường độ bức xạ mặt trời của các giờ có nắng trong ngày.

b) Biên độ dao động của nhiệt độ tổng :

Để xác định biên độ dao động của nhiệt độ tổng ta phải xem xét biên độ của nhiệt độ tương đương do bức xạ gây ra và biên độ của nhiệt độ không khí ngoài trời.

Biên độ dao động của cường độ bức xạ có thể xác định như hiệu số giữa cường độ cực đại và cường độ trung bình trong ngày đêm (24h) :

$$A_q = q_{bx}^{max} - q_{bx}^{TB} \quad (3-79)$$

Ứng với biên độ dao động này, nhiệt độ tương đương sẽ có biên độ dao động là :

$$A_{t_{td}} = \frac{\rho \cdot A_q}{\alpha_N} = \frac{\rho(q_{bx}^{max} - q_{bx}^{TB})}{\alpha_N} \quad (3-80)$$

Nhiệt độ không khí bên ngoài cũng dao động theo thời gian với chu kì 24 giờ và biên độ là  $A_{t_N}$ . Biên độ này lấy theo tài liệu quan trắc khí tượng của địa phương. Trường hợp nếu thiếu số liệu chính xác, có thể xác định theo công thức sau :

$$A_{t_N} = t_{13} - t_N^{TB} \quad (3-81)$$

$t_{13}$  : Nhiệt độ trung bình đo lúc 13 giờ của tháng nóng nhất, đó cũng chính là nhiệt độ cao nhất trung bình của tháng nóng nhất.

$t_N^{TB}$  : Nhiệt độ trung bình tháng của tháng nóng nhất.

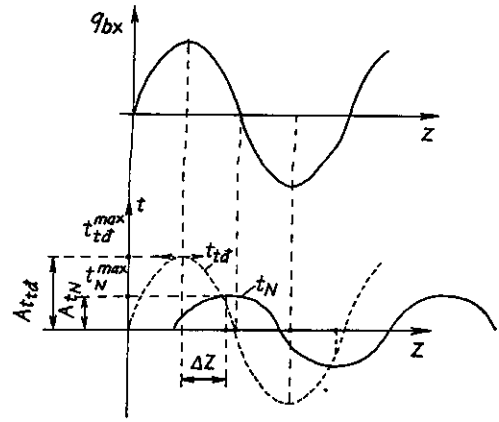


Cường độ bức xạ có trị số cực đại vào lúc giữa trưa (12 giờ) và do đó nhiệt độ tương đương cũng sẽ có trị số cực đại vào giờ ấy. Còn nhiệt độ không khí bên ngoài thì cực đại vào khoảng 13 ÷ 15 giờ. Như vậy ta thấy có sự lệch pha giữa dao động của nhiệt độ tương đương và nhiệt độ bên ngoài.

Để kể đến sự lệch pha đó, biên độ dao động của nhiệt độ tổng được xác định theo công thức sau :

$$A_{t_{tđ}} = (A_{t_{td}} + A_{t_N}) \psi \quad (3-82)$$

Trong đó :  $\psi$  là hệ số phụ thuộc vào độ lệch pha  $\Delta Z$  và tỉ số giữa biên độ của dao động nhiệt độ tương đương và nhiệt độ bên ngoài, lấy theo bảng 3-10.



Hình 3.21

Bảng 3-10

### HỆ SỐ LỆCH PHA $\psi$

$\frac{A_{t_{td}}}{A_{t_N}}$	Độ lệch pha $\Delta Z$ , h									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,99	0,96	0,92	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50	0,38	0,26
2	0,99	0,97	0,93	0,88	0,82	0,75	0,66	0,57	0,49	0,41
3	0,99	0,97	0,94	0,90	0,85	0,79	0,73	0,66	0,60	0,55
5	1,00	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,81	0,76	0,73	0,69

Dao động của nhiệt độ tổng ngoài nhà sẽ truyền vào trong nhà, khi đi qua bê dày của kết cấu bao che nó bị tắt dần và trên bề mặt bên trong của kết cấu bao che biên độ dao động chỉ còn lại  $\nu$  lần nhỏ hơn so với biên độ dao động trên mặt ngoài.

$\nu$  gọi là độ tắt dần, xác định theo công thức của giáo sư A. M Sklover [26] :

$$\nu = 0,9 e^{\frac{\sum D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{\alpha_N + S_1}{\alpha_N} \cdot \frac{(s_1 + S_2)(s_2 + S_3) \dots (s_n + \alpha_T)}{(s_1 + S_1)(s_2 + S_2) \dots (s_n + S_n)} \quad (3-83)$$

Trong đó :

$\sum D$  : Tổng hệ số nhiệt quán tính của kết cấu bao che, không thứ nguyên.

$s_i$  : Hệ số hàm nhiệt của vật liệu thuộc các lớp trong kết cấu bao che, kcal/m<sup>2</sup>h°C.

$S_i$  : Hệ số hàm nhiệt mặt ngoài của mỗi lớp trong kết cấu bao che, kcal/m<sup>2</sup>h°C.

$\alpha_N, \alpha_T$  : Hệ số trao đổi nhiệt bề mặt ngoài và trong của kết cấu bao che, kcal/m<sup>2</sup>h°C

Khi tính toán theo công thức trên, số thứ tự của các lớp được kể từ ngoài vào trong (tức lấy cùng chiều với dòng nhiệt).

Như vậy biên độ dao động của nhiệt độ trên bề mặt bên trong sẽ là :

$$A_{r_T} = \frac{A_{t_{ig}}}{\nu} \quad (3-84)$$

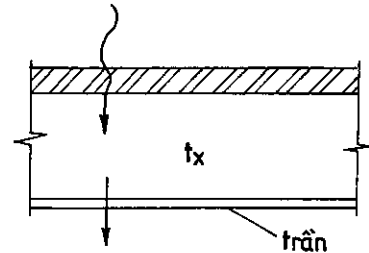
Lượng nhiệt tổng cộng lớn nhất do truyền nhiệt và bức xạ mặt trời xuyên qua kết cấu bao che đi vào nhà được xác định theo công thức :

$$Q_{\max} = [k (t_{ib}^{TB} - t_T) + \alpha_T \cdot A_{r_T}] F, \text{ kcal/h} \quad (3-85)$$

F - Diện tích kết cấu bao che (mái, tường) bị chiếu nắng, m<sup>2</sup>.

t<sub>T</sub> - Nhiệt độ trung bình của không khí bên trong nhà, °C.

Đối với nhà có hệ thống mái, trần và hầm mái (hình 3.22) thì khi mái có hệ số tắt dao động  $\nu_m$  tương đối lớn, nhiệt độ trong hầm mái có thể xem là ổn định, lúc đó ta có phương trình cân bằng nhiệt như sau :



Hình 3.22

$$Q_{\max} = \left[ k_m \cdot (t_{ig}^{TB} - t_x) + \alpha_T \frac{A_{t_{ig}}}{\nu_m} \right] F_m = k_{tr} F_{tr} (t_x - t_T) \quad (3-86)$$

Trong đó :

k<sub>m</sub>, k<sub>tr</sub> - Hệ số truyền nhiệt của mái và trần, kcal/m<sup>2</sup>h°C

F<sub>m</sub>, F<sub>tr</sub> - Diện tích của mái và trần, m<sup>2</sup>. Để đơn giản trong nhiều trường hợp ta có thể nhận F<sub>m</sub> = F<sub>tr</sub>

t<sub>x</sub> - Nhiệt độ trong hầm mái, °C.

α<sub>T</sub> - Hệ số trao đổi nhiệt trên bề mặt trong của mái, kcal/m<sup>2</sup>h°C.

Từ phương trình cân bằng nhiệt nêu trên, ta có thể giải ra t<sub>x</sub> và thay vào một trong hai vế của đẳng thức để xác định lượng nhiệt đi vào nhà Q<sub>max</sub>. Độ lệch pha của dao động nhiệt độ trên bề mặt trong kết cấu bao che so với dao động nhiệt độ bên ngoài có thể xác định theo công thức :

$$\xi = \frac{1}{15} (40,5 \Sigma D - \arctg \frac{\alpha_T}{\alpha_T + S_T \sqrt{2}} + \arctg \frac{S_N}{S_N + \alpha_N \sqrt{2}}) \quad (3-87)$$

Trong đó :

ξ - Độ lệch pha tính theo giờ.

S<sub>N</sub> - Hệ số hàm nhiệt mặt ngoài của kết cấu bao che khi dòng nhiệt từ ngoài vào trong, kcal/m<sup>2</sup>h°C.

S<sub>T</sub> - Hệ số hàm nhiệt mặt trong của kết cấu bao che khi dòng nhiệt từ trong ra ngoài, kcal/m<sup>2</sup>h°C.

Trong công thức (3-87) đại lượng arctg lấy đơn vị là độ (°) không dùng đơn vị radian.

Để giảm nhẹ khâu tính toán, độ tắt dần dao động  $\nu$  có thể được xác định theo công thức gần đúng của Giáo sư - Viện sĩ V.N.Bogoslovski sau đây [4] :

$$\nu = \varphi e^{\frac{\Sigma D}{\sqrt{2}}} \quad (3-88)$$

với 
$$\varphi = 0,83 + 3 \frac{\Sigma R}{\Sigma D} \quad (3-89)$$

Trong đó :  $\Sigma R = \Sigma \frac{\delta}{\lambda}$  tổng cộng các nhiệt trở của các lớp vật liệu trong kết cấu bao che,  $m^2h^\circ C/kcal$ .

3. Xác định hệ số hàm nhiệt bề mặt S và hệ số hàm nhiệt của vật liệu s

Khi bên ngoài có một dòng nhiệt với cường độ dao động theo thời gian mà biên độ dao động là  $A_q$  tác dụng lên kết cấu bao che thì tùy theo tính chất của kết cấu mà nó tiếp nhận nhiều hay ít cường độ dao động của dòng nhiệt, kết quả là nhiệt độ trên bề mặt ngoài của nó cũng sẽ dao động với biên độ là  $A_\tau$ .

Tỉ số biên độ dao động của cường độ dòng nhiệt  $A_q$  và biên độ dao động nhiệt độ trên mặt ngoài của kết cấu bao che được gọi là hệ số hàm nhiệt bề mặt ngoài  $S_N$  :

$$S_N = \frac{A_q}{A_\tau}, \quad kcal/m^2h^\circ C \quad (3-90)$$

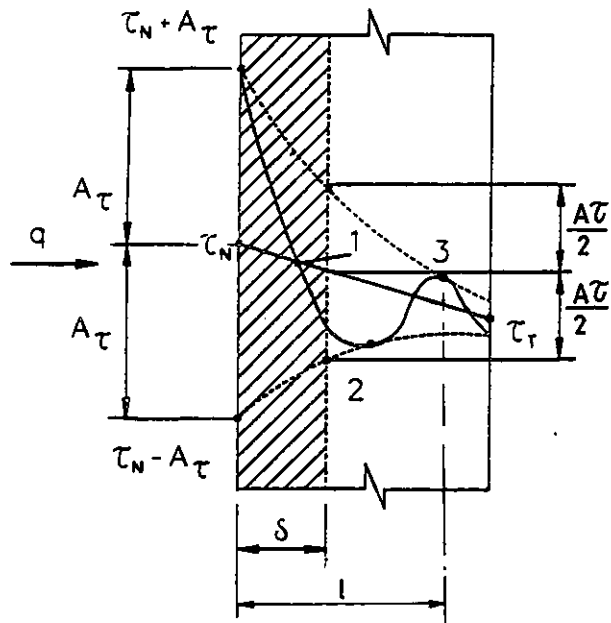
Hệ số hàm nhiệt mặt ngoài phụ thuộc vào chu kì dao động của cường độ dòng nhiệt Z, và căn bản là phụ thuộc vào đặc tính về nhiệt của bản thân kết cấu bao che, là một hệ số đặc trưng quan trọng cho tính chất của kết cấu bao che về phương diện chịu tác dụng của dao động nhiệt.

Từ công thức trên, ta nghiệm được rằng hệ số hàm nhiệt bề mặt là đại lượng biểu thị biên độ dao động cần thiết của cường độ dòng nhiệt để gây được một dao động nhiệt độ trên bề mặt kết cấu bao che với biên độ là  $1^\circ C$ . Với một trị số biên độ dao động của dòng nhiệt nhất định, nếu kết cấu bao che có hệ số hàm nhiệt bề mặt càng lớn thì biên độ dao động của nhiệt độ trên đó càng bé.

Nếu kết cấu bao che chỉ bao gồm có một lớp vật liệu đồng nhất và có bề dày lớn thì tính chất hàm nhiệt của bề mặt ứng với biên độ dao động nhiệt độ đã cho sẽ chỉ phụ thuộc vào tính chất của vật liệu ấy. Trong trường hợp đó tính chất hàm nhiệt là một đặc trưng vật lí của vật liệu và do đó mang tên là hệ số hàm nhiệt vật liệu, kí hiệu s, mà ở trên kia trong phần tính toán nhiệt trở yêu cầu của kết cấu bao che đã nói đến.

Hệ số hàm nhiệt của vật liệu s cũng có thứ nguyên như hệ số hàm nhiệt bề mặt S là  $kcal/m^2h^\circ C$ .

Như trên đã nói, khi có một cường độ nhiệt dao động tác dụng lên bề mặt kết cấu bao che thì nhiệt độ bề mặt của nó sẽ dao động. Dao động này sẽ xuyên vào bề dày của kết cấu bao che và truyền đến bề mặt bên kia của nó. Dao động nhiệt độ trong kết cấu bao che có thể biểu



Hình 3.23 : Dao động nhiệt độ trong kết cấu bao che

diễn bằng hình vẽ 3.23. Đường thẳng nét liền  $\tau_N \div \tau_T$  biểu diễn sự giảm nhiệt độ trong bề dày của tường khi dòng nhiệt ổn định (không dao động).

Các đường cong nét đứt bên trên và bên dưới đường thẳng nói trên cho ta giới hạn dao động của nhiệt độ tại các độ sâu khác nhau trong bề dày của tường. Như vậy khoảng cách thẳng đứng từ một điểm bất kì nào trên đường  $\tau_N - \tau_T$  đến các đường cong nét đứt là biên độ dao động của nhiệt độ trong bề dày của tường tại điểm ấy. Trên hình vẽ ta thấy được càng đi sâu vào bên trong biên độ dao động của nhiệt độ càng giảm, đồng thời xuất hiện sự lệch pha (chậm thời gian). Đường hình sóng nét đậm thể hiện sự lệch pha đó, nó biểu diễn trị số nhiệt độ trên tất cả các điểm trong bề dày của tường tại thời điểm mà mặt ngoài của nó có nhiệt độ cực đại  $\tau_N + A_T$ . Ví dụ tại thời điểm đó : ở điểm 1 nhiệt độ sẽ có trị số trung bình, điểm 2 - cực tiểu, điểm 3 - cực đại và trên bề mặt trong - cực tiểu. Như vậy ở tại điểm 3 dao động nhiệt độ chậm so với dao động nhiệt độ trên mặt ngoài đúng 1 chu kì, tức Z giờ.

Khoảng cách  $l$  giữa 2 cực đại hoặc cực tiểu liên tiếp nhau gọi là bước sóng của dao động.

Để đặc trưng số bước sóng chứa trong bề dày của tường có thể dùng hệ số "nhiệt quán tính" D của nó :

$$D = \sum_1^n R_i s_i$$

$R_i$  : Nhiệt trở của mỗi lớp vật liệu trong kết cấu bao che.

$s_i$  : Hệ số hàm nhiệt vật liệu của các lớp tương ứng.

Nếu tường có hệ số quán tính  $D = 8,5$  thì chứa được khoảng 1 bước sóng dao động nhiệt độ.

Nếu  $D < 8,5$  - không chứa được toàn bộ bước sóng.

Nếu  $D > 8,5$  - chứa được hơn 1 bước sóng.

Hệ số nhiệt quán tính của một kết cấu bao che nào đó không phải là đại lượng cố định mà thay đổi phụ thuộc vào chu kì dao động của dòng nhiệt, bởi vì hệ số  $s$  là hệ số phụ thuộc vào chu kì dao động.

Nếu chu kì dao động của dòng nhiệt giảm thì hệ số nhiệt quán tính của kết cấu bao che tăng, tức là kết cấu sẽ chứa được nhiều bước sóng hơn, độ dài sóng sẽ giảm và dao động bị tắt dần nhanh chóng hơn trong bề dày của kết cấu bao che.

Nếu tăng chu kì dao động ta sẽ có tình trạng ngược lại.

Khi xác định hệ số hàm nhiệt bề mặt ngoài của kết cấu bao che ta cần chú ý đến một phần bề dày của kết cấu nằm ở ngoài cùng có tính chất rất quyết định gọi là "lớp dao động đột biến". Đó là lớp mà trên mặt trong của nó biên độ dao động của nhiệt độ chỉ còn lại bằng khoảng 1/2 biên độ dao động trên mặt ngoài của kết cấu bao che  $A_T/2$  (hình 3.23).

Trong bề dày của lớp dao động đột biến chứa được khoảng 1/8 bề dài bước sóng.

Lớp dao động đột biến được đặc trưng bởi tính chất là hệ số nhiệt quán tính của nó bằng đơn vị :

$$D_0 = R_0 s = 1 \tag{3-91}$$

Trong đó :

$R_0$  : Nhiệt trở của lớp dao động đột biến.

$s$  : Hệ số hàm nhiệt của vật liệu lớp ấy.

Hệ số hàm nhiệt bề mặt ngoài  $S_N$  chỉ phụ thuộc vào tính chất về nhiệt của vật liệu trong lớp dao động đột biến. Phần kết cấu bao che còn lại nằm phía trong đi từ ngoài vào trong lớp dao động đột biến thực tế hầu như không có ảnh hưởng gì đến hệ số hàm nhiệt mặt ngoài.

Đối với kết cấu bao che đồng nhất, bề dày  $\vartheta$  của lớp dao động đột biến có thể xác định như :

$$R_{\vartheta} = R_{\vartheta} s = \frac{\vartheta}{\lambda} s = 1 \text{ do đó : } \vartheta = \frac{\lambda}{s}, \quad m \quad (3-92)$$

Trong đó :  $\lambda$  là hệ số dẫn nhiệt của vật liệu, kcal/mh°C.

Cũng như hệ số nhiệt quán tính, bề dày của lớp dao động đột biến phụ thuộc vào chu kỳ dao động  $Z$  của nhiệt độ.

Để xác định hệ số hàm nhiệt bề mặt ngoài  $S_N$  trước hết là cần tìm ranh giới của lớp dao động đột biến. Tùy theo độ dày của nó mà ta có thể chia thành các trường hợp sau :

a) Bề dày của lớp dao động đột biến hoàn toàn nằm trong lớp thứ nhất (kể từ ngoài vào trong) của kết cấu bao che. Trường hợp này có được khi hệ số nhiệt quán tính của lớp thứ nhất lớn hơn hoặc bằng đơn vị.

$$D_1 = R_1 s_1 \geq 1$$

Nếu  $D_1 = 1$  có nghĩa là bề dày của lớp dao động đột biến với bề dày của lớp thứ nhất trong kết cấu bao che bằng nhau.

Nếu  $D_1 > 1$  thì lớp dao động đột biến chỉ chiếm một phần của lớp vật liệu thứ nhất, trường hợp đó hệ số hàm nhiệt mặt ngoài sẽ bằng hệ số hàm nhiệt của vật liệu lớp thứ nhất.

$$S_N = s_1 \quad (3-93)$$

b) Nếu lớp dao động đột biến có bề dày lấn sang lớp thứ hai tức là khi :

$$D_1 < 1 \text{ nhưng } D_1 + D_2 \geq 1 \text{ thì : } S_N = \frac{R_1 s_1^2 + s_2}{1 + R_1 s_2} \quad (3-94)$$

Trong đó :

$R_1$  - Nhiệt trở của lớp thứ nhất.

$s_1, s_2$  - Hệ số hàm nhiệt của vật liệu lớp 1 và 2.

c) Nếu lớp dao động đột biến chiếm nhiều lớp của kết cấu bao che, ví dụ như biên của nó nằm trong lớp thứ  $m$  của tường có  $n$  lớp ( $m < n$ ) tức là khi :

$D_1 + D_2 + \dots + D_{m-1} < 1$  nhưng  $D_1 + D_2 + \dots + D_{m-1} + D_m \geq 1$  thì hệ số hàm nhiệt mặt ngoài cần xác định bắt đầu từ bề mặt ngoài của lớp thứ  $m-1$  theo công thức :

$$S_{m-1} = \frac{R_{m-1} s_{m-1}^2 + s_m}{1 + R_{m-1} s_m} \quad (3-95)$$

Tiếp theo ta xác định hệ số hàm nhiệt mặt ngoài của lớp thứ  $m-2$  :

$$S_{m-2} = \frac{R_{m-2} s_{m-2}^2 + S_{m-1}}{1 + R_{m-2} S_{m-1}} \quad (3-96)$$

Trong đó :

$S_{m-1}$  : Hệ số hàm nhiệt mặt ngoài của lớp thứ  $m-1$ , xác định theo công thức (3-95)

Tính tiếp tục cho các lớp  $m-3$  ;  $m-4$  ... dần dần cho đến lớp ngoài cùng là lớp thứ nhất :

$$S_N = S_1 = \frac{R_1 s_1^2 + S_2}{1 + R_1 S_2} \quad (3-97)$$

d) Trường hợp nếu bề dày lớp dao động đột biến vượt ra ngoài phạm vi kết cấu bao che, tức là khi :

$$D = \sum_1^n R_i s_i < 1$$

thì trước hết cần xác định hệ số hàm nhiệt mặt ngoài của lớp trong cùng, tức là lớp thứ  $n$  :

$$S_n = \frac{R_n s_n^2 + \alpha_T}{1 + R_n \alpha_T} \quad (3-98)$$

Trong đó :

$R_n$  - Nhiệt trở của lớp trong cùng (thứ  $n$ )

$s_n$  - Hệ số hàm nhiệt của vật liệu lớp ấy

$\alpha_T$  - Hệ số trao đổi nhiệt bề mặt trong của kết cấu bao che.

Tiếp theo trình tự tính toán như ở trường hợp 3.

e) Đối với khe không khí trong kết cấu bao che thì hệ số hàm nhiệt vật liệu  $s = 0$  ứng với bất kì chu kỳ dao động  $Z$  nào.

Hệ số hàm nhiệt bề mặt của một kết cấu bao che thay đổi theo thứ tự sắp xếp của các lớp.

Nếu lớp tiếp giáp bề mặt có hệ số hàm nhiệt vật liệu  $s$  lớn thì hệ số hàm nhiệt trên bề mặt đó của kết cấu bao che cũng sẽ lớn và ngược lại.

Điều quan trọng cần chú ý là khi áp dụng công thức (3-83) hệ số hàm nhiệt bề mặt ngoài  $S_1$  cần phải xác định cho tất cả các lớp vật liệu không cần chú ý đến phạm vi của lớp dao động đột biến. Đầu tiên xác định hệ số  $S_n$  cho lớp trong cùng theo công thức (3-98), sau đó tiếp tục tính cho các lớp  $n-1$  ;  $n-2$ ... cho đến lớp ngoài cùng (lớp thứ 1) theo các công thức (3-96) và (3-97). Khi ấy nếu lớp thứ  $i$  bất kì nào đó có hệ số nhiệt quán tính  $D_i > 1$  thì đối với lớp đó ta lấy  $S_i = s_i$ , tức là hệ số hàm nhiệt bề mặt bằng hệ số hàm nhiệt của vật liệu.

Ví dụ : Tính lượng nhiệt do bức xạ mặt trời truyền vào nhà qua mái có kết cấu như sau :

Từ ngoài vào :

1 - Lớp gạch lá nem :	$\delta = 20\text{mm}$ ;	$\lambda = 0,75 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ ;	$s = 8,6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
2 - Vữa xi măng :	$\delta = 20\text{mm}$ ;	$\lambda = 0,75$ -	; $s = 8,15$ -
3 - Than xỉ :	$\delta = 80\text{mm}$ ;	$\lambda = 0,14$ -	; $s = 1,84$ -
4 - Panen bê tông thép :	$\delta = 30\text{mm}$ ;	$\lambda = 1,4$ -	; $s = 13,45$ -

Cho biết cường độ bức xạ :

$$q_{\max} = 1020 \text{ kcal/m}^2\text{h} \text{ vào lúc 12 giờ}$$

$$q_{\text{TB}} = 415 \text{ kcal/m}^2\text{h}.$$

Nhiệt độ trung bình của không khí bên ngoài  $t_N^{TB} = 26^\circ\text{C}$ .

Biên độ dao động của nhiệt độ bên ngoài  $A_{t_N} = 8^\circ\text{C}$  và cực đại vào lúc 15 giờ. Nhiệt độ trong nhà  $t_T = 24^\circ\text{C}$ .

Tính toán :

Nhiệt độ tổng trung bình của không khí bên ngoài (công thức 3-77):

$$t_{tg}^{TB} = 26 + \frac{0,65 \cdot 415}{20} \approx 39,5^\circ\text{C}$$

Biên độ dao động của nhiệt độ tương đương :

$$A_{t_{td}} = \frac{\rho(q_{\max} - q_{TB})}{\alpha_N} = \frac{0,65(1020 - 415)}{20} = 19,7^\circ\text{C}$$

Biên độ dao động của nhiệt độ tổng :

Ứng với  $\frac{A_{t_{td}}}{A_{t_N}} = \frac{19,7}{8} = 2,46$  và  $\Delta Z = 15 - 12 = 3 \rightarrow$  ta có:  $\psi = 0,935$  (bảng 3-10)

$$A_{t_{tg}} = [A_{t_{td}} + A_{t_N}] \psi = (19,6 + 8) \cdot 0,935 = 25,8^\circ\text{C}$$

Hệ số tắt dẫn  $\nu$ .

- Lớp thứ nhất :  $s_1 = 8,6$  ;  $R_1 = 0,027$  ;  $D_1 = 0,232$
  - Lớp thứ 2 :  $s_2 = 8,15$  ;  $R_2 = 0,027$  ;  $D_2 = 0,220$
  - Lớp thứ 3 :  $s_3 = 1,81$  ;  $R_3 = 0,570$  ;  $D_3 = 1,030$
  - Lớp thứ 4 :  $s_4 = 13,45$  ;  $R_4 = 0,021$  ;  $D_4 = 0,283$
- $\Sigma R = 0,645$  ;  $\Sigma D = 1,765$

Tổng nhiệt trở của mái :

$$R_o = R_N + \Sigma R + R_T = 0,05 + 0,645 + 0,1 = 0,795 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal.}$$

Hệ số hàm nhiệt bề mặt bên ngoài của các lớp bắt đầu từ lớp trong cùng :

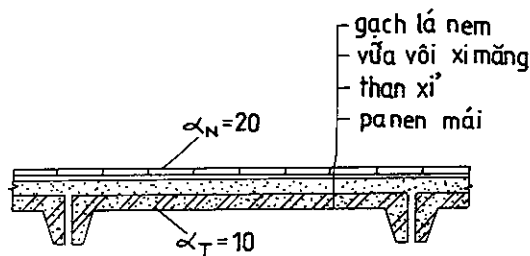
$$S_4 = \frac{R_4 s_4^2 + \alpha_T}{1 + R_4 \alpha_T} \quad (\text{công thức 3-98}) \quad = \frac{0,021 \cdot 13,45^2 + 10}{1 + 0,021 \cdot 10} = 11,4$$

$$S_3 = s_3 = 1,81 \quad (\text{vì } D_3 > 1)$$

$$S_2 = \frac{R_2 s_2^2 + S_3}{1 + R_2 S_3} \quad (\text{công thức 3-96}) \quad = \frac{0,027 \cdot 8,15^2 + 1,81}{1 + 0,027 \cdot 1,81} = 3,44$$

$$S_N = S_1 = \frac{R_1 s_1^2 + S_2}{1 + R_1 S_2} \quad (\text{công thức 3-97}) \quad = \frac{0,027 \cdot 8,6^2 + 3,44}{1 + 0,027 \cdot 3,44} = 4,97$$

$$\nu = 0,9 e^{\frac{1,765}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{20 + 4,97}{20} \cdot \frac{(8,6 + 3,44)(8,15 + 1,81)(1,81 + 11,4)(13,45 + 10)}{(8,6 + 4,97)(8,15 + 3,44)(1,81 + 1,81)(13,45 + 11,4)}$$



Hình 3.24

$$= 0,9 e^{\frac{1,765}{\sqrt{2}}} \cdot 3,28 = 10,28.$$

Biên độ dao động của nhiệt độ trên bề mặt bên trong của mái :

$$A_{T_N} = \frac{A_{t_{lg}}}{\nu} = \frac{25,8}{10,28} = 2,5^{\circ}\text{C}.$$

Lượng nhiệt tổng hợp do truyền nhiệt và bức xạ mặt trời vào nhà trên  $1\text{m}^2$  bề mặt mái là (công thức 3-85) :

$$q_{\max} = \frac{1}{0,795} (39,5 - 24) + 10 \cdot \frac{25,8}{10,28} = 44,6 \text{ kcal/m}^2\text{h}.$$

Để xác định thời gian xuất hiện nhiệt độ cực đại trên mặt trong của mái trước tiên ta tính hệ số hàm nhiệt mặt trong khi dòng nhiệt đi từ trong ra ngoài.

$$S_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_N}{1 + R_1 \alpha_N} = \frac{0,027 \cdot 8,6^2 + 20}{1 + 0,027 \cdot 20} = 14,3$$

$$S_2 = \frac{R_2 s_2^2 + S_1}{1 + R_2 S_1} = \frac{0,027 \cdot 8,15^2 + 14,3}{1 + 0,027 \cdot 14,3} = 11,6$$

$$S_3 = s_3 = 1,81 \text{ (vì } D_3 > 1)$$

$$S_T = S_4 = \frac{R_4 s_4^2 + S_3}{1 + R_4 S_3} = \frac{0,021 \cdot 13,45^2 + 1,81}{1 + 0,021 \cdot 1,81} = 5,4$$

Áp dụng công thức (3-87) ta có :

$$\xi = \frac{1}{15} \left( 40,15 \cdot 1,765 - \arctg \frac{10}{10 + 5,4\sqrt{2}} + \arctg \frac{4,97}{4,97 + 20\sqrt{2}} \right) = 3,32 \text{ h}$$

tức 3h 19ph.

Vậy nhiệt độ mặt trong của mái cực đại vào khoảng 15 giờ 19 phút chiều.

Nếu áp dụng công thức gần đúng (3-88) và (3-89) ta sẽ có :

$$\nu = e^{\frac{1,765}{\sqrt{2}}} \left( 0,83 + 3 \frac{0,645}{1,765} \right) = 6,7 \approx 7$$

So với kết quả tính toán hệ số  $\nu$  theo lý thuyết chính xác thì phương pháp gần đúng cho sai số khoảng 35%.



## Chương 4

# CẤU TẠO CỦA NHỮNG BỘ PHẬN RIÊNG BIỆT TRONG CÁC HỆ THỐNG THÔNG GIÓ

### 4.1. NHỮNG BỘ PHẬN CHÍNH CỦA HỆ THỐNG THÔNG GIÓ

Như đã nói ở trên, mục đích của thông gió là tạo ra sự trao đổi không khí nhằm đảm bảo điều kiện vi khí hậu và vệ sinh tốt trong phòng.

Trao đổi không khí được thực hiện bằng cách thổi không khí sạch vào phòng và hút không khí ô nhiễm trong phòng thải ra ngoài. Từ đó ta đã có hệ thống thổi vào và hệ thống hút ra.

\* Hệ thống thổi thường gồm những bộ phận chính sau đây :

1) Bộ phận thu không khí : là bộ phận có dạng tủ hoặc mương với những cửa thu không khí, qua các cửa ấy không khí bên ngoài đi vào hệ thống thông gió.

2) Buồng máy thông gió : Ở trong buồng máy người ta đặt máy quạt, động cơ điện và các thiết bị cần thiết cho việc xử lý không khí như lọc sạch, sấy nóng, làm lạnh, làm ẩm v.v...

3) Hệ thống ống dẫn không khí : Không khí trong sạch bên ngoài được máy quạt hút vào buồng máy để xử lý và sau đó được vận chuyển trên hệ thống ống dẫn để cung cấp vào các phòng cần được thông gió.

4) Bộ phận phân phối không khí : Đó là các miệng thổi, ống thổi trên đó có trang bị lưới chắn, lá điều chỉnh để thổi không khí vào phòng.

5) Các bộ phận dùng điều chỉnh lưu lượng không khí : lá chắn điều chỉnh, lá hướng dòng, khoá v.v...

\* Hệ thống hút thường gồm các bộ phận sau đây :

1) Miệng hút ;

2) Hệ thống ống dẫn ;

3) Buồng máy hút, trong đó đặt máy quạt, động cơ điện ;

4) Hệ thống lọc không khí trước khi thải ra khí quyển nếu trong không khí có nhiều bụi và khí độc hại ;

5) Bộ phận thải không khí ra ngoài ;

6) Các bộ điều chỉnh lưu lượng : lá chắn, van, khoá v.v...

Trong thực tế các hệ thống thông gió không phải lúc nào cũng đủ các bộ phận kể trên. Ví dụ hệ thống thổi không phải trong trường hợp nào cũng được trang bị lưới lọc, bộ phận sấy nóng, bộ phận làm ẩm v.v...

Có trường hợp trong các hệ thống thông gió không có cả hệ thống ống dẫn hoặc không có cả quạt (Hệ thống thông gió tự nhiên dưới tác dụng của yếu tố sức đẩy trọng lực).

### 4.2. MIỆNG THỔI, CÁC BỘ PHẬN PHÂN PHỐI KHÔNG KHÍ, HOA SEN KHÔNG KHÍ

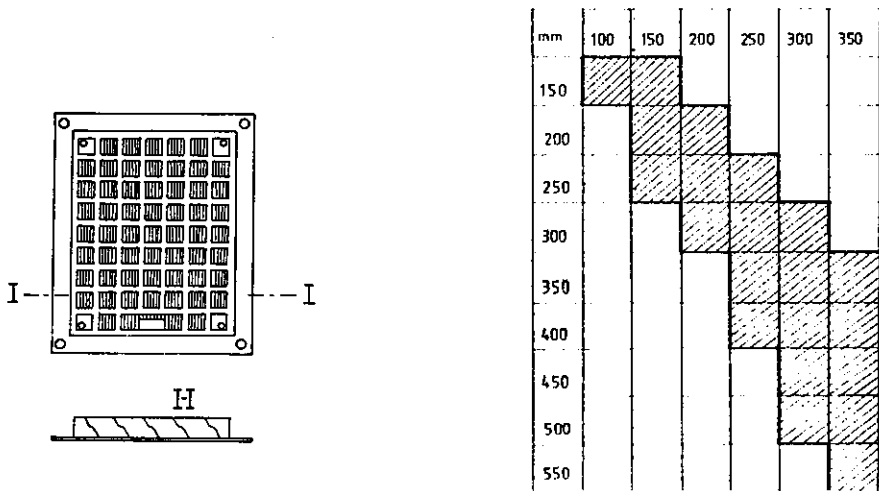
Những đòi hỏi cần thiết đối với các miệng thổi và hút :

- Cần phải đảm bảo vận tốc luồng không khí nằm trong giới hạn hợp lý, không gây ồn, không gây cảm giác khó chịu hoặc gây trở ngại cho hoạt động cũng như quá trình công nghệ trong phòng.

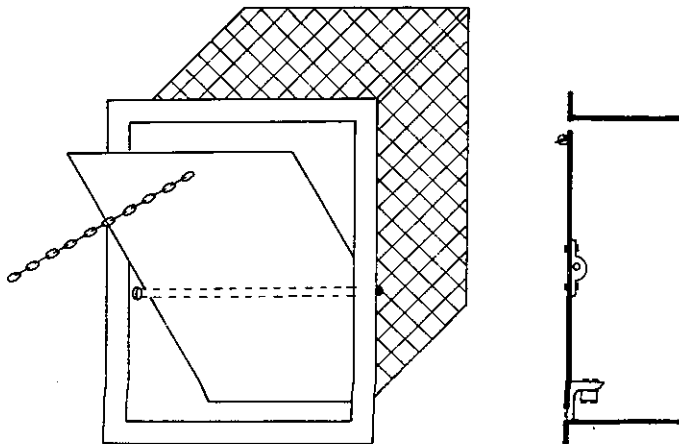
- Cần phải có sức cản khí động bé nhất trong điều kiện có thể.
- Trong các nhà dân dụng miệng thổi và hút cần được trang trí mỹ thuật (hình hoa).
- Có thể điều chỉnh được lưu lượng không khí.
- Kích thước miệng hút và miệng thổi trong điều kiện có thể cần chọn bé nhất.

Các kích thước miệng thổi và miệng hút thường dùng :

a x b = 100 x 150 ;	150 x 150 ;	150 x 200 ;	200 x 200 ;
150 x 250 ;	200 x 250 ;	250 x 250 ;	200 x 300 ;
250 x 300 ;	300 x 300 ;	250 x 350 ;	300 x 350 ;
350 x 350 ;	250 x 400 ;	300 x 400 ;	350 x 400 ;
350 x 500 ;	350 x 500 ;	350 x 550 ;	



Hình 4.1 a) Hình dạng, kích thước của miệng thổi với lưới chắn và lá điều chỉnh



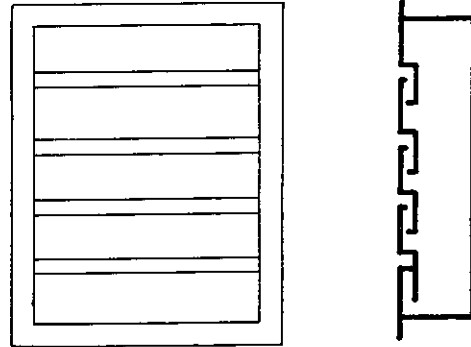
Hình 4.1 b) Miệng thổi đơn giản đặt trên cao trong những phòng thông thường.

Vận tốc của không khí đi ra từ miệng thổi phải chọn thế nào để cho chỗ làm việc gần nhất bên miệng thổi nằm trong khoảng 0,3 – 0,7m/s (vận tốc gió lớn hơn gây cảm giác khó chịu hoặc gây trở ngại như bay tóc, bay giấy v.v...). Thông thường trong buồng, ống dẫn vận tốc dòng không khí khá lớn, cho nên diện tích của các miệng thổi cần được mở rộng để vận tốc thổi ra của không khí giảm nhỏ.

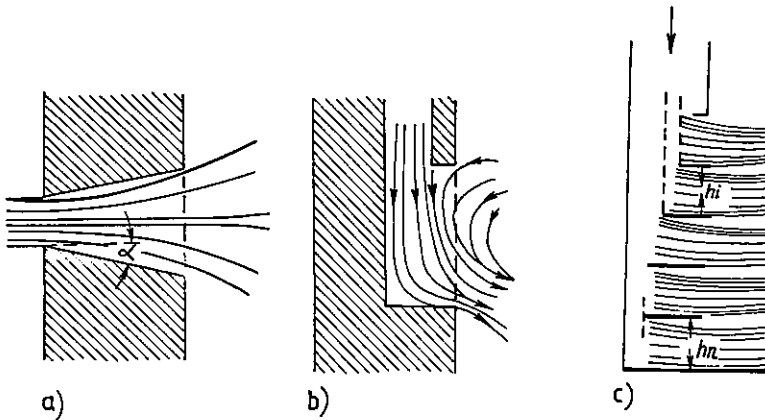
Những miệng thổi gió ra ngoài cần bố trí ở những nơi không khí bị ô nhiễm nhiều nhất của gian phòng.

Khoảng cách từ mép trên của miệng thổi cũng như miệng hút đặt trên tường đến trần nhà không được nhỏ hơn 0,2–0,5m để tránh ảnh hưởng của trần nhà đến sự phân bố vận tốc quanh miệng thổi, miệng hút.

Hệ thống đường ống gió trong nhà dân dụng thường làm ngầm do đó những miệng thổi và hút thường trở ngay trên mặt tường (hình 4.2 : a, b, c).



Hình 4.1 c) Lỗ thông gió từ phòng này sang phòng khác cạnh nhau (không nhìn qua được)

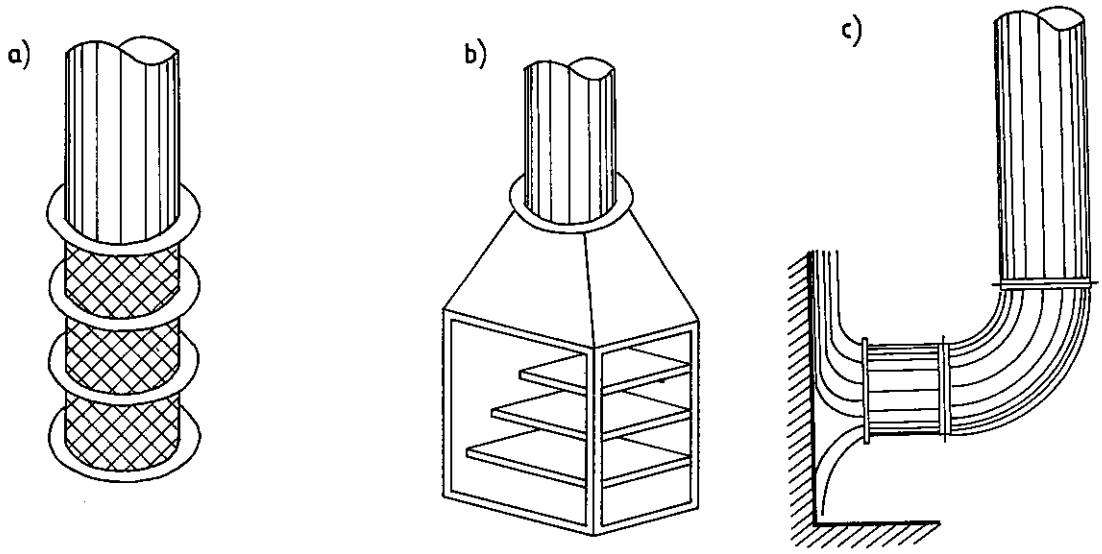


Hình 4.2 : Các loại miệng thổi mở trên tường

Ở hình 4.2,a ta thấy ống dẫn không khí và miệng thổi cùng trục nên khí đi ra dòng không khí không bị đổi chiều và nếu miệng thổi có hình loa thì vận tốc của không khí sẽ phân bố đều đặn. Góc mở rộng  $\alpha$  tốt nhất là khoảng từ 4–10<sup>o</sup>.

Nếu khí đi ra dòng không khí bị đổi chiều dưới một góc 90<sup>o</sup> (hình 4.2,b) thì không khí sẽ bị rối loạn nhiều ở chỗ cửa ra, và do đó tổn thất áp suất lớn. Do quán tính, dòng không khí đập vào đầu cuối của ống và chảy ra chỉ ở phần dưới của miệng thổi, phần trên tạo thành vùng xoáy ốc hoặc vùng gió quẩn. Để tránh hiện tượng ấy, người ta có thể đặt vào miệng thổi những lá chắn dòng nằm ngang, nhờ thế dòng không khí thổi ra được đều đặn hơn (hình 4.2c).

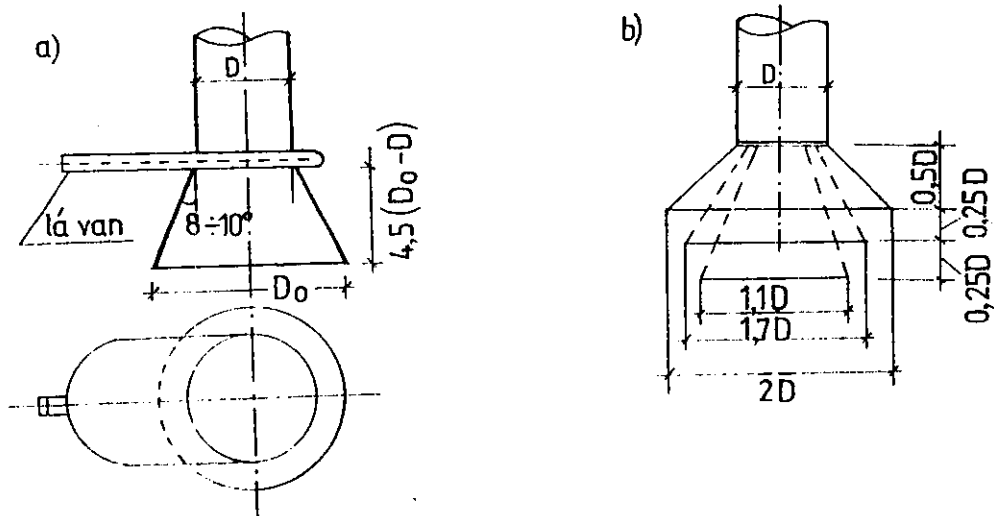
Trong nhà công nghiệp khác với nhà dân dụng là cần phải phân phối không khí đến từng chỗ làm việc hoặc thiết bị sản xuất nằm rải rác trong khắp phân xưởng, hơn nữa về phương diện mỹ quan không đòi hỏi cao như trong dân dụng, do đó các bộ phận thổi cũng như hút không khí thường làm nhô ra ngoài. Sau đây là một số loại thường gặp (hình 4.3).



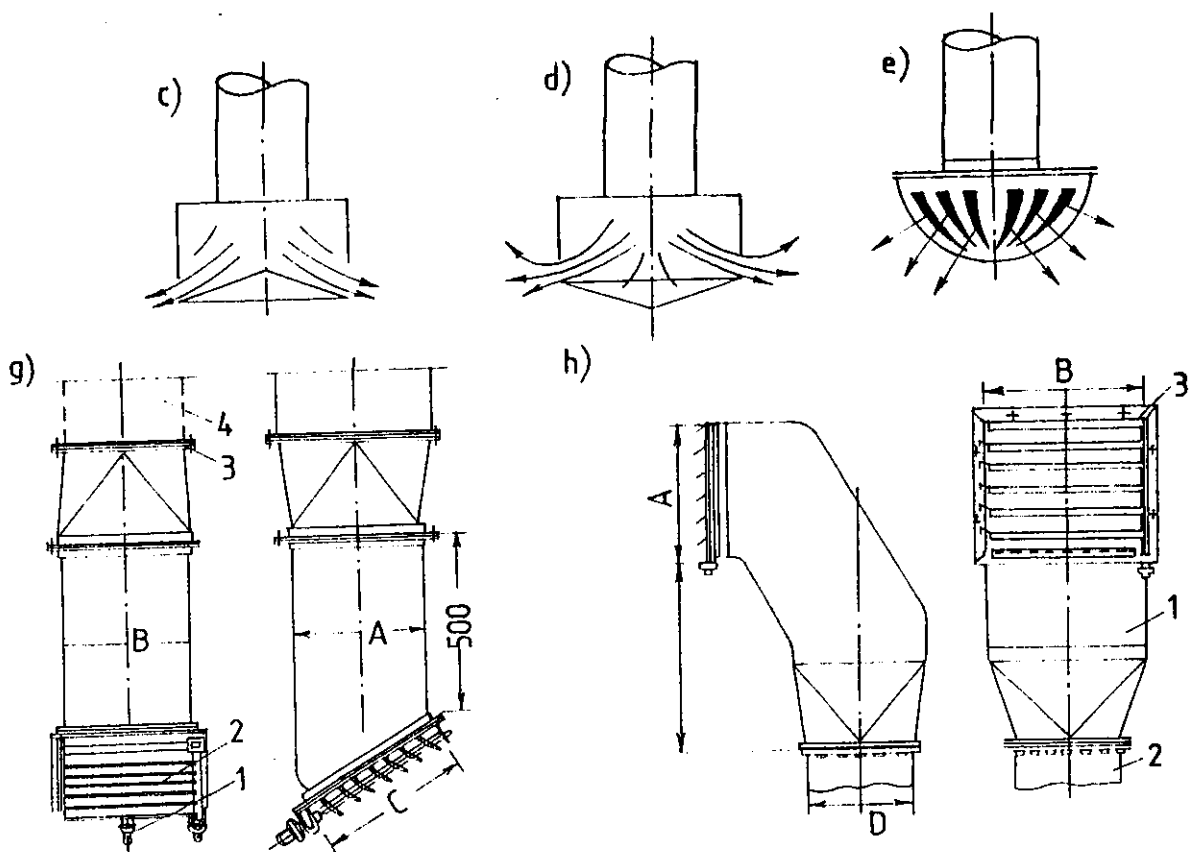
**Hình 4.3 : Ống thổi phân phối không khí với lưới chắn hoặc tấm hướng dòng**

Đôi khi người ta không cần đặt các tấm chắn và để cho luồng gió mạnh không gây ảnh hưởng bất lợi, người ta quay miệng ống vào tường để luồng gió áp sát vào mặt tường mà lan toả ra xung quanh một cách đều đặn (hình 4.3, c).

Để thổi không khí phục vụ cho một vùng làm việc nhất định nào đó người ta làm những ống thổi có loa hoặc để có thể điều khiển được chiều hướng của dòng không khí người ta áp dụng loại ống phân phối có lá chắn hướng dòng của Baturin - gọi là miệng thổi Baturin.



**Hình 4.4 : a, b**



Ghi chú trên hình 4.4g

- 1- Thanh điều chỉnh
- 2- Cánh hướng dòng
- 3- Khớp quay
- 4- Ống dẫn khí

Ghi chú trên hình 4.4h

- 1- Thân ống thổi Baturin
- 2- Ống dẫn không khí
- 3- Lá hướng dòng

Hình 4.4 : c, d, e, g, h

Ở hình 4.4 a, b là các loại ống phân phối thẳng đứng với loa đơn và loa nhiều tầng có phạm vi tác dụng rộng. Để không khí toả ra xung quanh mà không thổi trực tiếp xuống dưới, người ta làm các loại ống thổi hình 4.4 c, d và e. Ở hình 4.4 g và h là loại ống phân phối có lá hướng dòng kiểu Baturin.

Nếu miệng thổi đặt ở gần trần nhà thì vận tốc không khí ra khỏi miệng cho phép từ 0,5 - 2 m/s, nếu thổi ngay vào chỗ làm việc thì tốc độ ấy cho phép thay đổi trong khoảng 0,3 - 0,75 m/s. Đối với các miệng hút trong nhà dân dụng vận tốc cho phép có thể lên đến 1 - 3 m/s, còn trong nhà công nghiệp vận tốc hút có thể lớn hơn tùy theo trường hợp.

Trong một số công trình công nghiệp khi không thể bố trí được các ống phân phối không khí trên cao, người ta dùng những tủ đứng nhỏ đặt trên sàn để phân phối không khí. Không khí được dẫn bằng mương ngầm dưới sàn (hình 4.5).

Để phục vụ những bãi làm việc dài và hẹp ví dụ như các guồng máy rót khuôn trong xưởng đúc, người ta bố trí hệ thống thổi gió với những miệng thổi kiểu Buturin gọi là hệ thống hoa sen không khí. Trong trường hợp này nhiệt độ bên trong phân xưởng cũng như nồng độ các chất khí có hại như CO và CO<sub>2</sub> thải ra trong quá trình rót khuôn đúc được giảm đáng kể (hình 4.6).

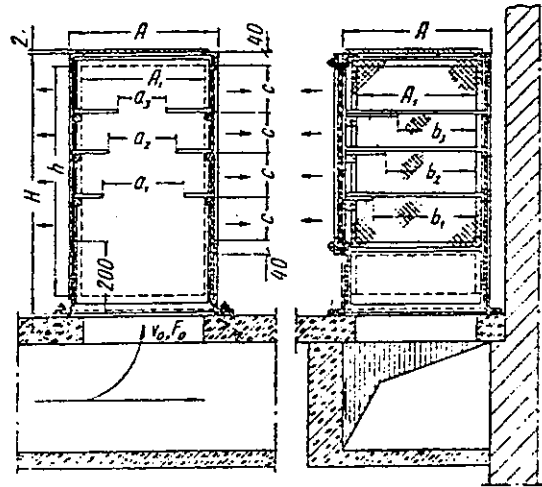
Trong các phân xưởng nóng, buồng máy hoặc trong các trạm nhiệt, những nơi không có điều kiện lắp hệ thống hoa sen không khí cố định thì người ta dùng hoa sen di động (hình 4.7).

Hoa sen không khí di động gồm có quạt, bơm và một tủ đứng bên trong có bố trí vòi phun nước và lưới lọc. Máy quạt hút không khí từ trong phòng đưa vào tủ và thổi ra ngoài ; khi đi qua tủ không khí được tưới nước nên quá trình trao đổi nhiệt ẩm giữa không khí và nước xảy ra và kết quả là nhiệt độ không khí được giảm thấp và độ ẩm tăng cao. Đó chính là quá trình làm lạnh bằng bốc hơi.

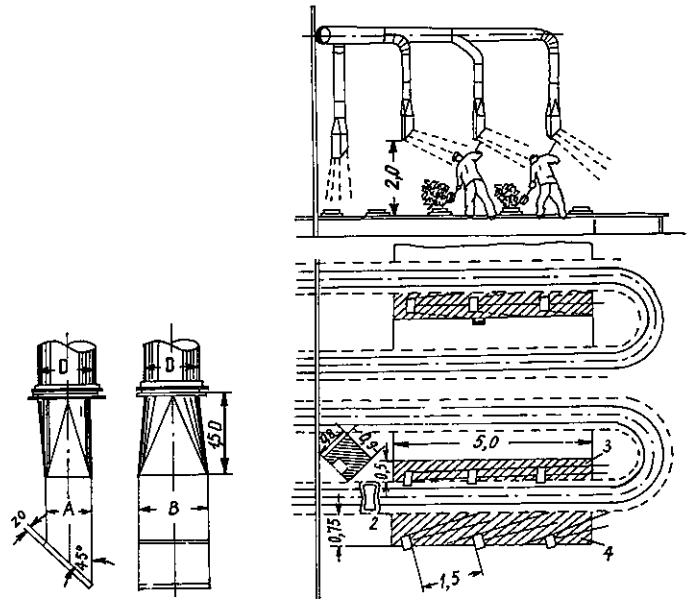
Tại cửa thổi ra có lắp lá điều chỉnh để hướng dòng không khí vào chỗ làm việc của người công nhân. Chiều cao của thiết bị tính từ mặt sàn đến tâm miệng thổi khoảng 1,7 - 2m.

Lớp lưới lọc bên dưới các vòi phun nước có tác dụng lọc bụi còn lưới lọc bên trên là để chắn nước không cho không khí cuốn theo. Lưới lọc có thể làm bằng khâu sứ đổ thành một lớp dày 100 - 150mm kẹp giữa 2 tấm lưới thép. Nước phun ra sau khi trao đổi nhiệt với không khí chảy xuống thung chứa bên dưới và được máy bơm hút và bơm trở lại : nước phun tuần hoàn.

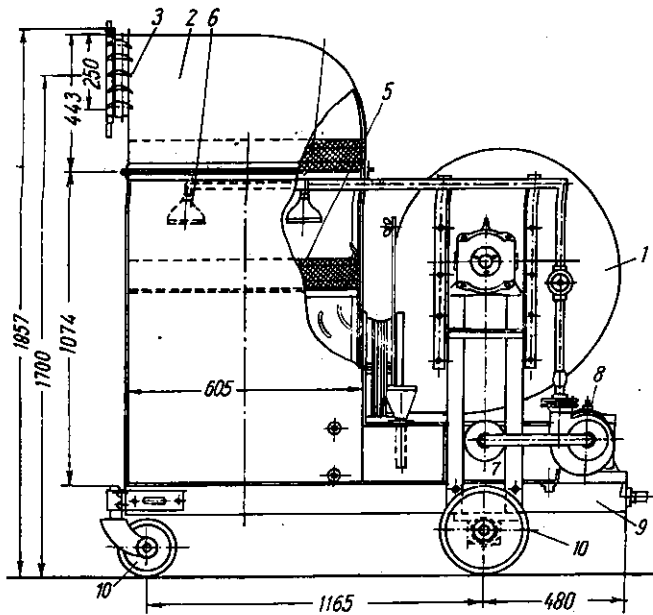
Tất cả hệ thống được lắp trong một khung có bánh xe để di chuyển. Hệ thống nặng khoảng 800 kg (không kể nước) nếu có cả nước ≈ 1000 kg.



Hình 4.5 : Miệng thổi kiểu tủ đứng.



Hình 4.6 : Bố trí hệ thống hoa sen không khí cho bãi rót khuôn đúc



- 1- Máy quạt ;
- 2- Hộp gió ;
- 3- Lá hướng dòng ;
- 4- Lớp chắn nước ;
- 5- Lớp vật liệu rỗng được tưới nước ;
- 6- Vòi phun nước (dạng gương sen) ;
- 7- Khay chứa nước ;
- 8- Bơm ;
- 9- Hệ khung lắp ráp ;
- 10- Bánh xe di động.

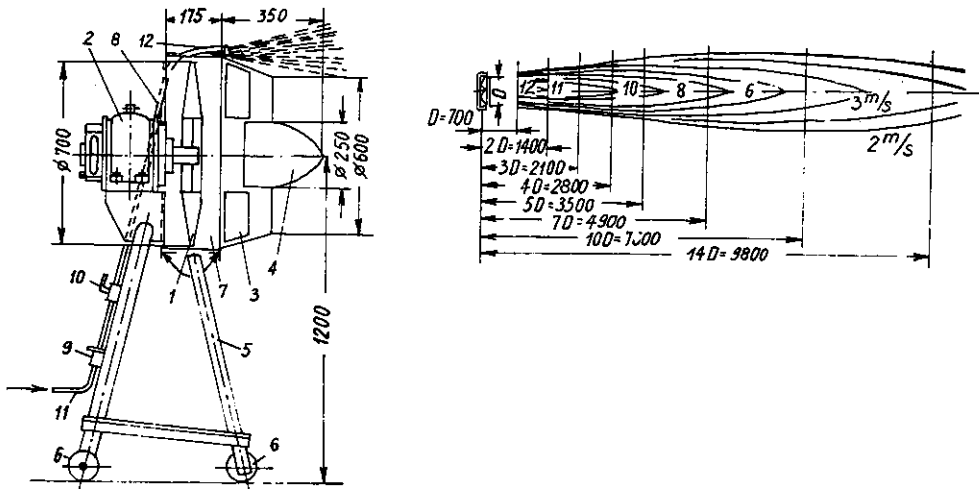
Hình 4.7. Thiết bị hoa sen không khí di động

Với lượng nước 200 lít hệ thống có thể làm việc được trong 8-10 tiếng và phục vụ cho một vùng làm việc dài 10m rộng 1,5-2m.

Đơn giản hơn người ta dùng các loại quạt cây công nghiệp có phun nước (hình 4.8) với các cỡ lưu lượng và công suất sau đây :  $L = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $N = 2,8 \text{ kW}$ .

$L = 13.500 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $N = 2,8 \text{ kW}$ .

$L = 30.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $N = 7 \text{ kW}$ .



Hình 4.8

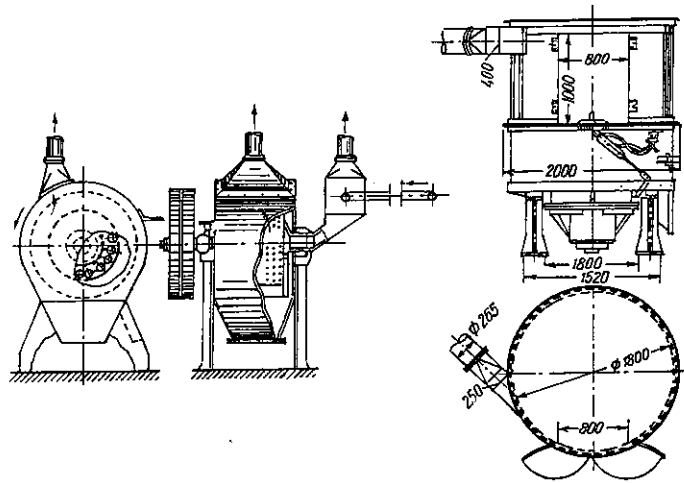
Hệ thống gồm có một máy quạt trục, đặt trên một giá có thể di chuyển được. Xung quanh rìa quạt có những vòi phun nước (áp suất nước 2-3 kG/cm<sup>2</sup>).

### 4.3. MIỆNG HÚT VÀ CÁCH BỐ TRÍ

Trong nhà dân dụng : các miệng hút gió cũng làm tương tự như những miệng thổi, tức là cũng trang trí bằng lưới chắn và lá điều chỉnh. Miệng hút thường đặt trên mặt tường hoặc trần, nơi mà không khí có nhiệt độ cao hơn vùng làm việc và có thể bị ô nhiễm.

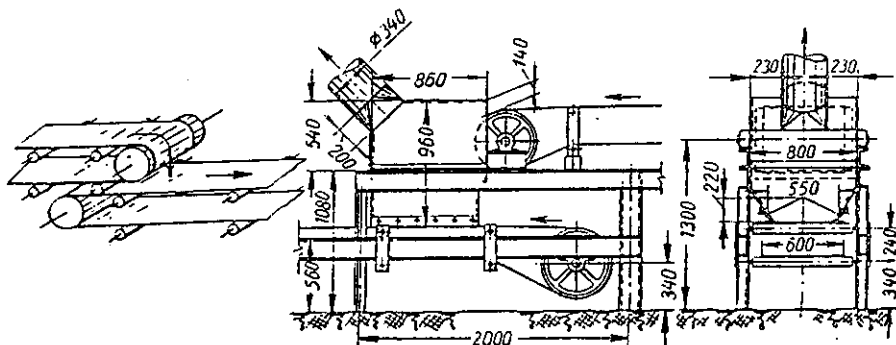
Trong nhà công nghiệp : Miệng hút có thể bố trí chung trong toàn phân xưởng nếu bụi hoặc khí độc hại toả ra rải rác khắp phân xưởng hoặc có thể làm riêng biệt tại chỗ phát sinh ra các thứ khí, bụi có hại : Ví dụ ở các máy nghiền, sàng, tiện, bào, phay, máy chế biến gỗ, các bể chứa dung dịch bốc hơi v.v... Trường hợp đó ta có miệng hoặc chụp hút cục bộ. Sau đây là cấu tạo và cách bố trí miệng hút cục bộ trên một số máy móc thiết bị sản xuất thường gặp.

1- Hút bụi từ máy nghiền (hình 4.9)



Hình 4.9. Ống hút bụi ở máy nghiền bằng bi. Lưu lượng hút : 600m<sup>3</sup>/h từ vỏ bọc máy và 300 m<sup>3</sup>/h từ chỗ đưa vật liệu vào máy.

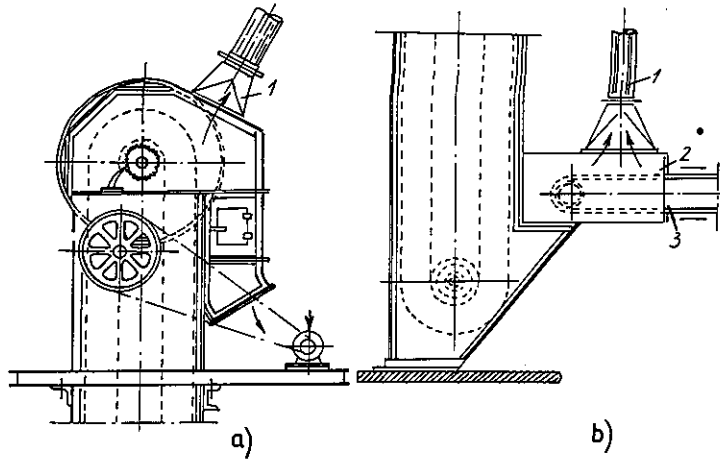
2- Hút bụi ở các băng tải vật liệu nhiều bụi (hình 4.10)



Hình 4.10



3- Ống hút bụi từ các gầu nâng (hình 4.11)

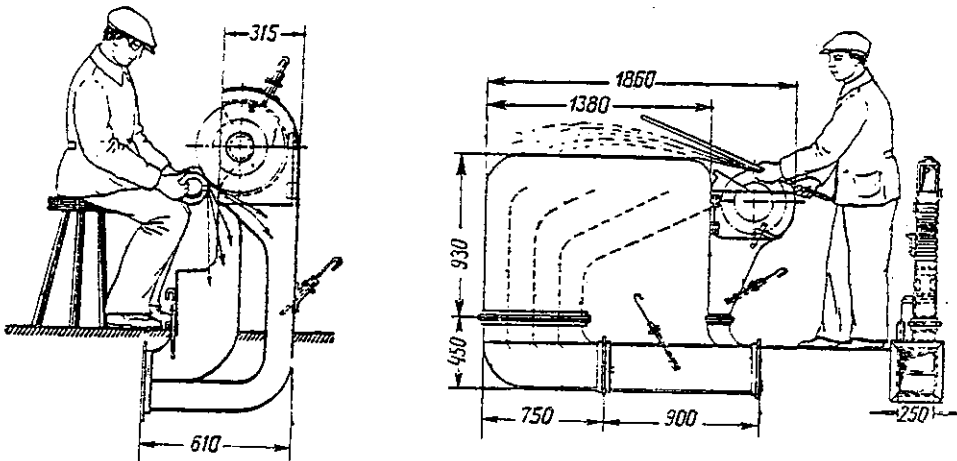


**Hình 4.11 : Hút cục bộ tại gầu nâng.**  
 a- Hút ở đầu gầu nâng. b- Hút ở chân gầu nâng ;  
 1- Ống hút ; 2- Tấm chắn bằng cao su ; 3- Băng tải.

Lưu lượng không khí phụ thuộc vào bề rộng của gầu nâng b.

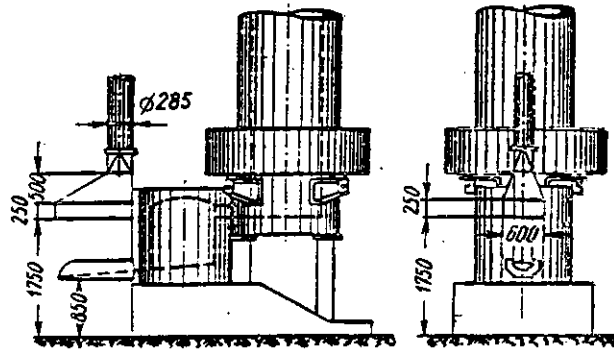
b < 300	mm, lưu lượng hút	800 m <sup>3</sup> /h	cho một chỗ hút
b = 400 ÷ 500	-	1500 m <sup>3</sup> /h	-
b = 500 ÷ 700	-	2000 m <sup>3</sup> /h	-

4- Ống hút bụi từ các máy đá mài (hình 4.12)



**Hình 4.12**

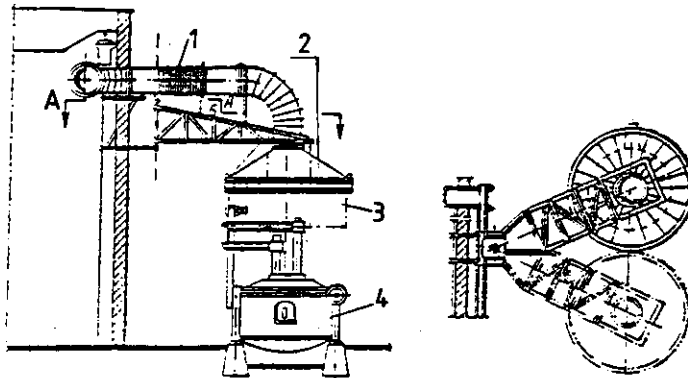
5- Phễu hút từ lò nấu gang, thép (hình 4.13)



Hình 4.13

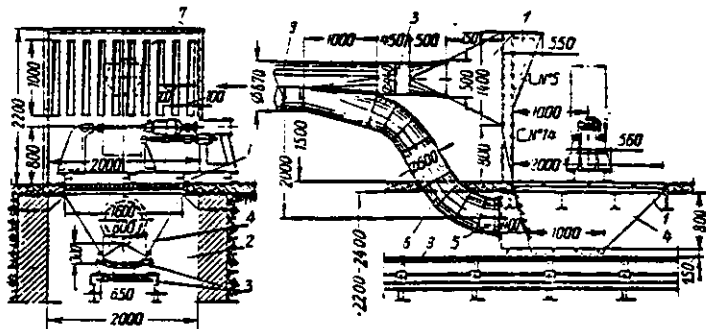
Tốc độ hút gió tại miệng phễu không nhỏ hơn 1m/s.

6- Phễu hút từ lò nung hồ quang (hình 4.14)



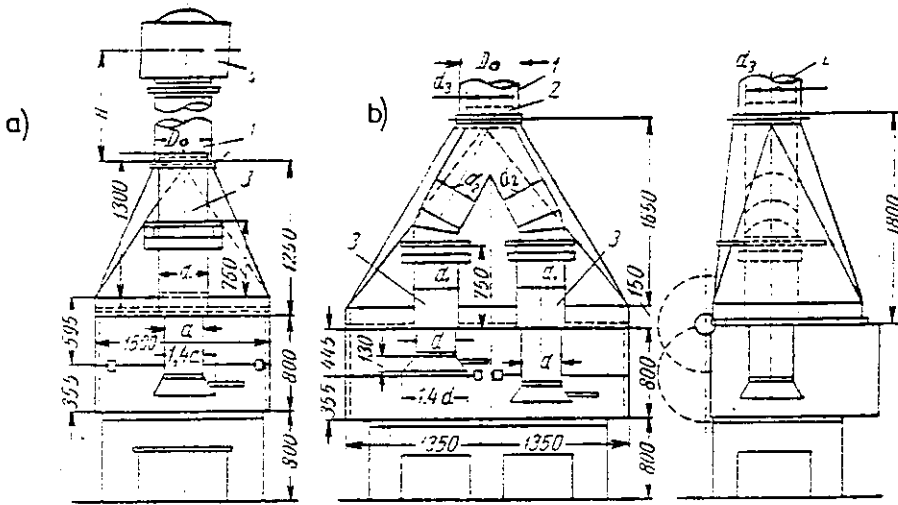
Hình 4.14

7- Phễu hút bụi ở những bàn chấn động dỡ khuôn đúc (hình 4.15)



Hình 4.15

- Lưu lượng không khí hút vào phễu ngang :  $4000 \text{ m}^3/\text{h}$  trên  $1\text{m}$  bề rộng của phễu.
  - Lưu lượng không khí hút bên dưới :  $4000 \text{ m}^3/\text{h}$  trên  $1\text{m}$  bề rộng của lưới.
- 8- Phễu hút bụi và khói từ các bể lò rèn (hình 4.16)

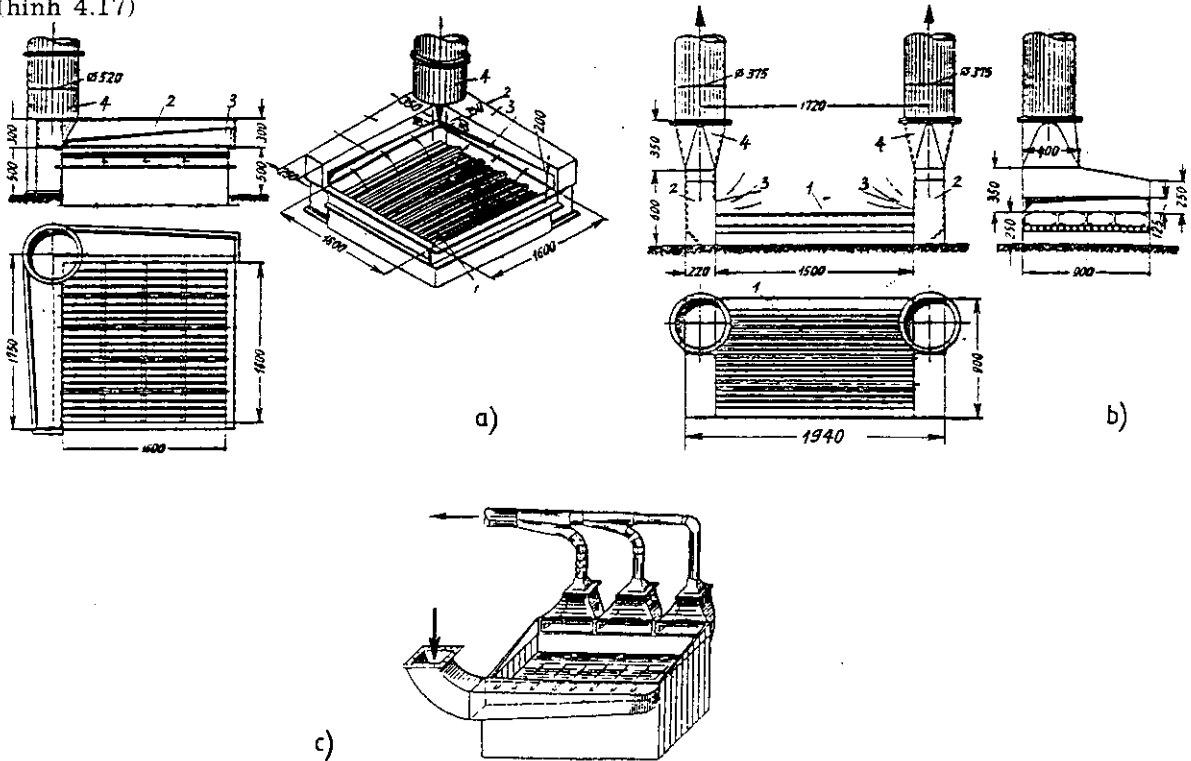


Hình 4.16 : Hút bụi và khói từ bể lò rèn

a) Bể rèn 1 ổ lửa ; b) Bể rèn 2 ổ lửa

1- Ống góp ; 2, 3- Ống giữa ; 4- Chụp thoát khí

- 9- Hút hơi độc hại từ bể chứa dung dịch (bể mạ, bể tôi) - còn gọi là hút trên thành bể (hình 4.17)



Hình 4.17 : Hút trên thành bể chứa

a) Hút trên 2 cạnh liền nhau của bể ;

b) Hút trên 2 cạnh đối diện ; c) Hút một bên thổi một bên

#### 4.4. ỐNG DẪN KHÔNG KHÍ

Ống dẫn không khí được chế tạo từ những vật liệu khác nhau và có hình dạng tiết diện ngang khác nhau (hình vuông, chữ nhật, tròn). Điều quan trọng của ống dẫn không khí là tính chất bề mặt bên trong của nó, số lượng chỗ uốn cong và hình dáng chuyển tiếp từ tiết diện này đến tiết diện khác, bởi vì phần lớn sức cản thủy lực của đường ống phụ thuộc vào các yếu tố ấy.

Bề mặt nhẵn thì sức cản sẽ bé và ít bị bám bụi. Trong trường hợp đó vật liệu để làm ống dẫn không khí tốt nhất là tôn.

Ống dẫn không khí phải ít dẫn nhiệt, ít thấm thấu không khí, hơi nước và phải chịu lửa tốt. Yếu tố chịu lửa tốt rất quan trọng vì khi xảy ra hỏa hoạn lửa sẽ dễ lan truyền từ phòng này qua phòng khác theo hệ thống đường ống dẫn không khí.

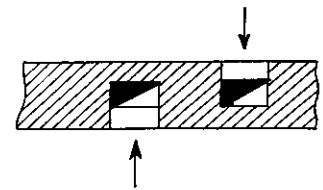
Hình dạng hợp lý nhất của tiết diện ống dẫn không khí là hình dạng mà ứng với diện tích tiết diện ngang nhất định ta có chu vi nhỏ nhất và do đó sức cản ma sát sẽ là bé nhất. Như vậy ống dẫn tiết tròn có lợi nhất, tiếp đến là tiết diện vuông, rồi đến chữ nhật. Ống dẫn tiết diện chữ nhật tuy không lợi về mặt sức cản ma sát, nhưng rất thuận tiện trong bố trí lắp đặt vì dễ kết hợp với các kết cấu kiến trúc, xây dựng.

Trong nhà dân dụng ống dẫn không khí thường được chế tạo với tiết diện hình chữ nhật, vuông và đặt ngấm trong tường trong. Ở vùng khí hậu lạnh không nên đặt ngấm trong tường ngoài vì dễ bị đọng sương, ẩm trên thành ống dẫn (hình 4.18).

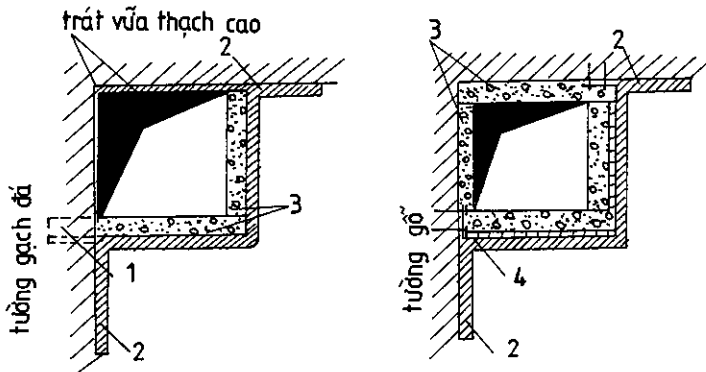
Kích thước tối thiểu của ống dẫn xây trong tường gạch là  $1/2 \times 1/2$  gạch. Trong trường hợp không có điều kiện làm mương dẫn ngấm trong tường thì người ta làm mương kế sát vào tường bằng những tấm fibrô xi măng, bê tông xi, bê tông bọt hoặc tốt nhất là làm bằng tôn, thép tấm (hình 4.19).

Trong một vài trường hợp, ví dụ trong các hành lang, có thể bố trí mương dẫn chiếm cả bề rộng của trần (xem hình 4.20).

Ở trong các tầng hầm mái để tránh ảnh hưởng của không khí lạnh hoặc nóng xung quanh đến không khí lưu thông trong



Hình 4.18 : Ống dẫn không khí xây ngấm trong tường.

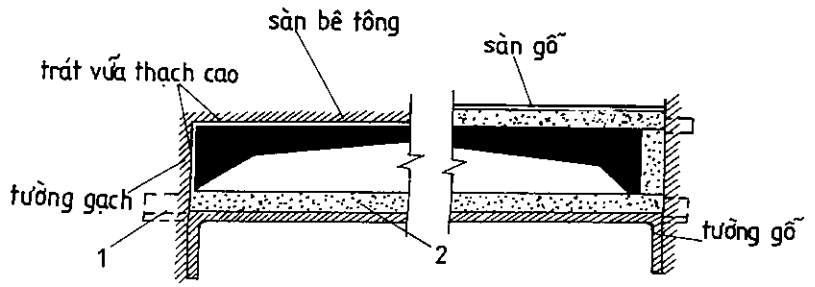


Hình 4.19 : Mương dẫn không khí áp trần và tường.  
1- Thép hình ; 2- Vữa trát ; 3- Tấm xi thạch cao ; 4- Đai thép.

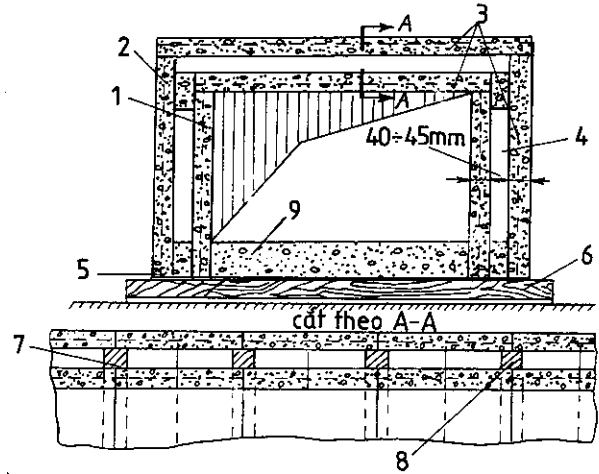
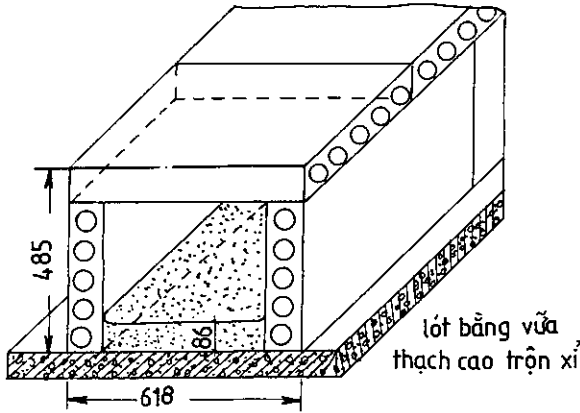
ống dẫn, người ta làm ống dẫn bằng tôn có bảo ôn hoặc ống dẫn ghép 2 lớp từ các tấm xi thạch cao có khe không khí ở giữa (hình 4.21).

Nhược điểm của các mương ghép từ các tấm xi thạch cao là trọng lượng nặng và dòn.

Để được nhẹ nhàng, người ta chế tạo những tấm từ hỗn hợp 70% thạch cao và 30% mùn cưa. Nhờ thế kết cấu được nhẹ và bền vững hơn.



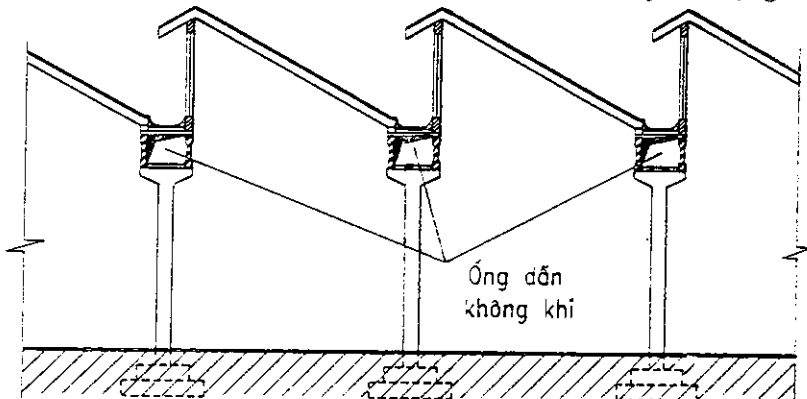
Hình 4.20 : Mương dẫn không khí trên trần hành lang  
1- Sắt chữ T ; 2- Tấm xi thạch cao



Hình 4.21

Trong nhà công nghiệp, có thể bố trí ống dẫn không khí kết hợp với kết cấu xây dựng như thường gặp ở các nhà máy dệt với mái răng cưa (hình 4.22).

Đối với ống dẫn làm bằng tôn tiết diện tròn, cỡ đường kính thông thường như sau : 100, 115, 130, 140, 150, 165, 195, 215, 235, 265, 285, 320, 375, 440, 495, 545, 595, 660, 775, 885, 1025, 1100, 1200, 1325, 1425 và 1540 mm. Để đảm bảo đủ độ bền vững và độ cứng của đường ống tùy theo cỡ đường kính mà chọn loại tôn có độ dày và trọng lượng thích hợp.



Hình 4.22 : Bố trí đường ống thông gió kết hợp với kết cấu xây dựng

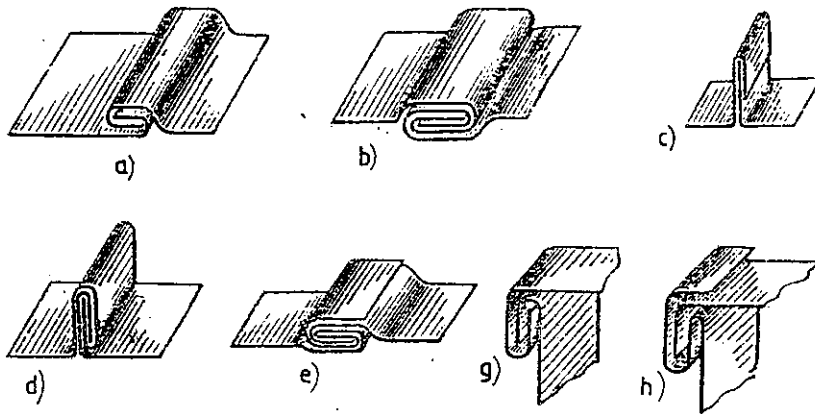
$\phi < 440$	trọng lượng $1m^2$ tôn phải bằng	$4 \div 4,5$	kg
$\phi 495 \div 775$	-	$5 \div 5,5$	kg
$\phi 885 \div 1100$	-	$5,5 \div 6,5$	kg
$\phi 1200 \div 1540$	-	8	kg

Đường kính tiêu chuẩn nêu trên là áp dụng cho ống dẫn không khí của hệ thống thông gió. Đối với các hệ thống vận chuyển bằng khí ép thì đường kính có thể lớn hơn.

Trong các nhà máy hoá chất, nơi mà trong không khí có nhiều chất ăn mòn, để tránh tình trạng han gỉ người ta làm ống dẫn không khí bằng nhựa, bằng thép không gỉ, bằng thép có quét sơn chống gỉ hoặc có khi làm bằng ống gốm.

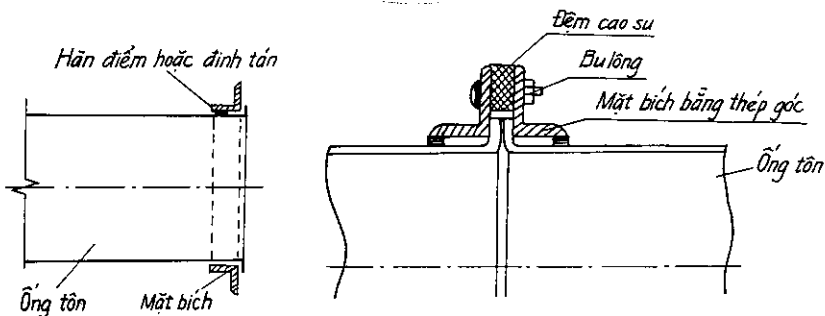
Cách ghép mí và nối ống dẫn không khí bằng tôn :

Ống dẫn không khí được làm thành từng đoạn có đường kính không đổi. Mỗi đoạn được ghép từ nhiều tấm tôn lại với nhau bằng cách ghép mí (hình 4.23) và các đoạn ống nối với nhau bằng mặt bích (hình 4.24).



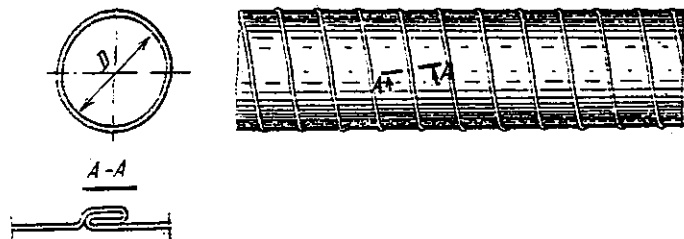
Hình 4.23 : Các kiểu ghép mí

- a) Ghép mí đơn kiểu nằm ; b) Ghép mí kép kiểu nằm ; c) Ghép mí đơn kiểu đứng ;  
d) Ghép mí kép kiểu đứng ; e) Ghép mí kép kiểu nằm ; g) Ghép mí đơn ở góc ống ;  
h) Ghép mí kép ở góc ống.



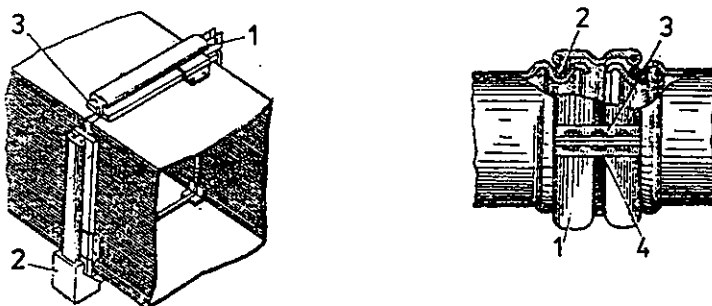
Hình 4.24 : Nối ống bằng mặt bích

Ngày nay với tiến bộ khoa học kỹ thuật, người ta đã áp dụng khá phổ biến phương pháp chế tạo ống dẫn không khí tiết diện tròn bằng cách cuộn lò xo trên máy. Nguyên liệu để chế tạo ống là tôn dài bề rộng từ 125–135 mm, độ dày từ 0,4–1mm. Đường kính ống có thể thay đổi từ 100–1800mm (hình 4.25).



Hình 4.25 : Ống cuộn kiểu lò xo

Về cách nối các đoạn ống lại với nhau, người ta có thể dùng nẹp cài hoặc đai ôm thay cho mặt bích (hình 4.26).



Hình 4.26 : Nối ống bằng nẹp cài hoặc đai ôm.

a) Đối với ống tiết diện vuông hoặc chữ nhật :

1- Nẹp cài ; 2- Chi tiết trang trí ở góc ; 3- Đệm cao su.

b) Đối với ống tiết diện tròn ;

1- Nẹp (đai) ; 2- Dây cao su ; 3- Thép góc ; 4- Bu lông

Các bộ phận nối tiếp trong hệ thống ống dẫn không khí.

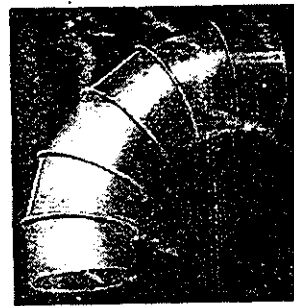
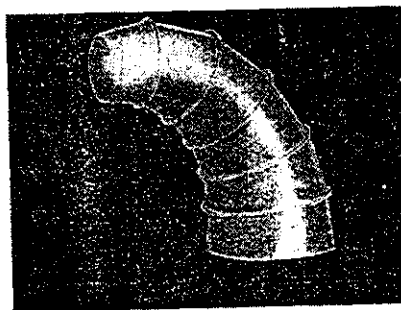
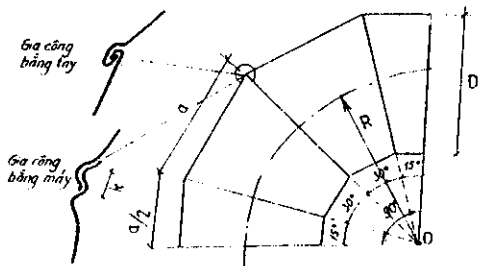
Các bộ phận nối tiếp dùng để chuyển hướng đi của đường ống (ngoặt, cút) ; thay đổi tiết diện từ ống có tiết diện nhỏ sang ống có tiết diện to hay ngược lại, hoặc từ tiết diện chữ nhật sang tiết diện tròn : chuyển tiếp ; dùng để nối các nhánh phụ vào nhánh chính : chạc ba, chạc tư v.v...

a) Ngoặt (cút) : Có các loại cút với góc ngoặt  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  và  $90^\circ$  (hình 4.27).

Các đặc trưng của ngoặt là :

- Đường kính D
- Bán kính cong R
- Số khâu (đốt)
- Góc của các khâu giữa

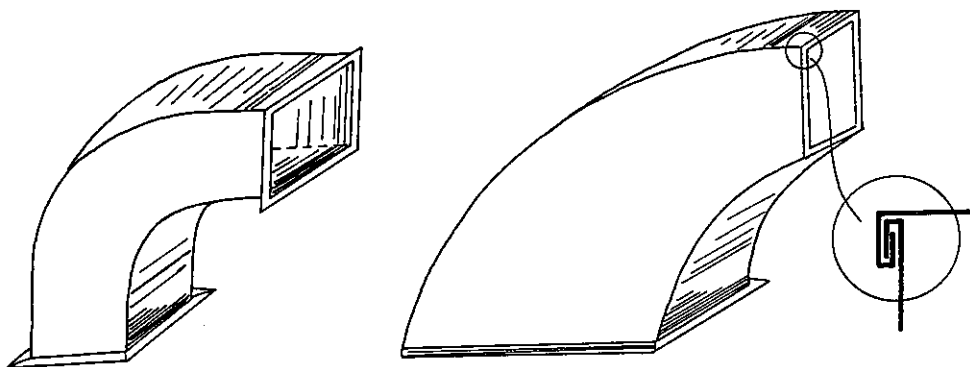
Đối với ngoặt  $90^\circ$  ta có các kích thước sau :



**Hình 4.27 : Ngoặt ống tròn nhiều khâu (đốt)**

$D < 265$	$R = 1 \div 1,5 D$	Số khâu : 3
$D < 595$	-	4
$D < 775$	-	5
$D \geq 1025$	-	6

Đối với ngoặt tiết diện chữ nhật có thể chế tạo đơn giản hơn, không cần chia thành nhiều khâu (đốt) và có thể kết hợp với chuyển tiếp tiết diện (hình 4.28).



**Hình 4.28 : Ngoặt tiết diện chữ nhật**

b) Chạc ba, chạc tư : là những bộ phận nối tiếp dùng để phân hệ thống ống dẫn thành các nhánh rẽ (hình 4.29 và 4.30).

Các kích thước đặc trưng :

- Đường kính  $D$
- Đường kính nhánh chính  $d_1$



- Đường kính nhánh phụ  $d_2$
- Chiều cao  $h$
- Góc rẽ  $\alpha$

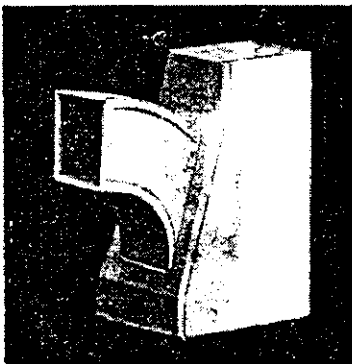
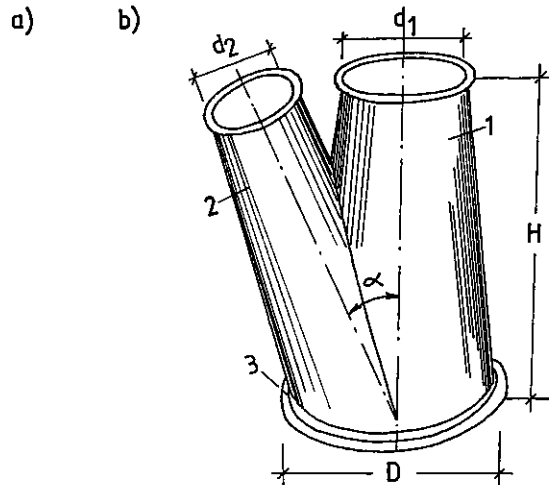
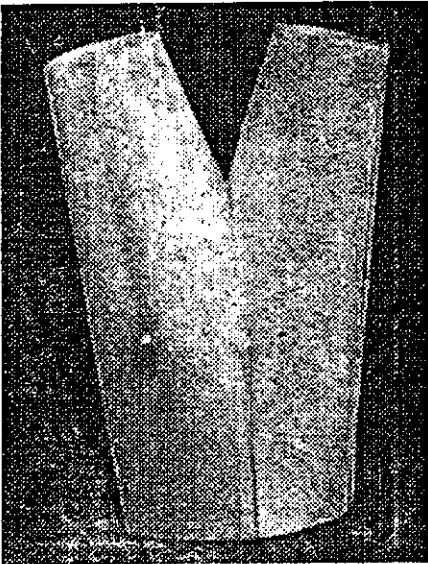
Góc rẽ  $\alpha$  theo điều kiện kỹ thuật người ta thường chọn từ  $15-35^\circ$  tùy theo tiết diện của chạc ba. Khi góc  $\alpha$  nhỏ thì chiều cao  $h$  sẽ lớn và  $\alpha$  lớn thì  $h$  bé.

- Ví dụ khi  $\alpha = 20^\circ$  thì  $h \approx 2,5D$   
 $\alpha = 24-25^\circ$  thì  $h \approx 2D$   
 $\alpha = 30^\circ$  thì  $h \approx 1,5D$

Trong trường hợp cần thiết người ta có thể chế tạo các loại chạc có góc rẽ  $30^\circ$  và  $45^\circ$

- $\alpha = 30^\circ$  đối với chạc có đường kính  $D < 440\text{mm}$   
 $\alpha = 45^\circ$  -  $D > 440\text{mm}$

Trường hợp nếu  $d_1$  và  $d_2$  bằng nhau và có độ nghiêng như nhau đối với trục chính ta có chạc ba đối xứng.



**Hình 4.29 : Chạc ba**

- a) Chạc ba cân tiết diện tròn ;  
 b) Chạc ba lệch tiết diện tròn ;  
 c) Chạc ba tiết diện chữ nhật.  
 1- Nhánh chính ; 2- Nhánh phụ ;  
 3- Đường kính ống gốc.

c) Con "vịt" : là bộ phận nối tiếp dùng để nối hai ống dẫn nằm ở hai trục song nhau (hình 4.31).

Vịt tiết diện tròn được làm từ hai bán nguyệt, mỗi bán nguyệt có từ 3-4 khâu. Các bán nguyệt nối ngược chiều cong và nối bằng ghép mí trực tiếp với nhau, hoặc qua ống đệm thẳng  $l$ . Khoảng cách giữa hai trục của hai ống dẫn gọi là cổ vịt  $h$ .

$L$  là độ dài của vịt,  $R$  là bán kính cong, thông thường  $R = 1,5D$ .

d) Chuyển tiếp (phễu) : Phễu là bộ phận dùng để nối hai ống có đường kính khác nhau hoặc từ ống có tiết diện tròn sang ống có tiết diện chữ nhật, tiết diện vuông v.v...

Phễu gồm có các loại :

- Từ tiết diện tròn sang tiết diện tròn
- Từ tiết diện chữ nhật sang tiết diện chữ nhật
- Từ tròn sang chữ nhật
- Từ chữ nhật sang tròn

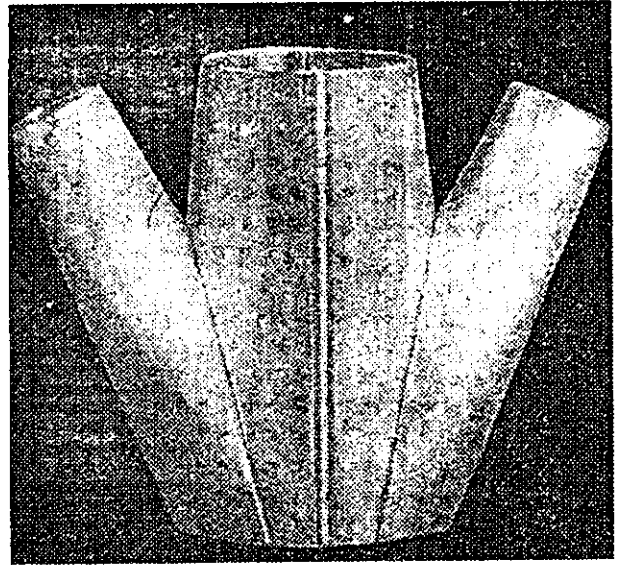
Trong các loại trên có thể là phễu cân hoặc phễu lệch.

Các kích thước chính của phễu :

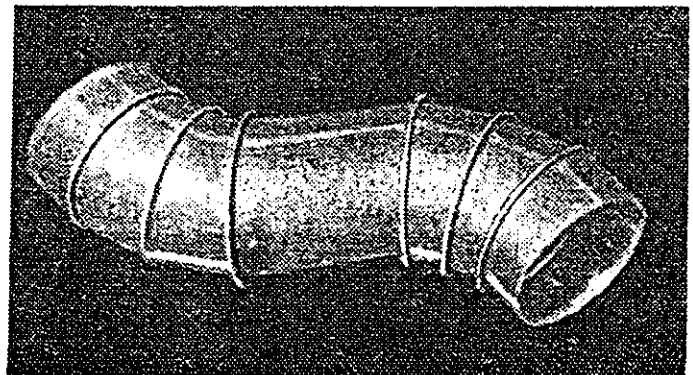
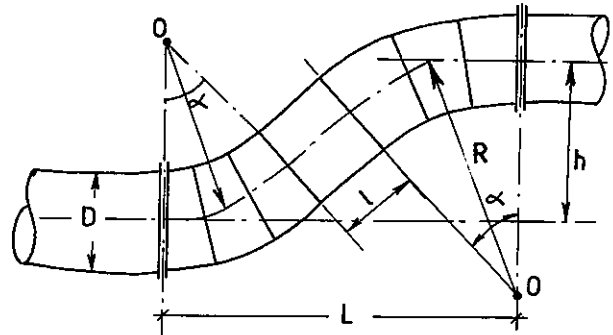
- Đường kính lớn  $D$
- Đường kính nhỏ  $d$
- Chiều cao  $H$
- Góc mở  $\alpha$

Thông thường người ta chế tạo phễu với góc mở  $\alpha = 25-35^\circ$ . Với góc mở này, chiều cao  $H$  của phễu có thể lấy :  $H = 2(D-d)$ .

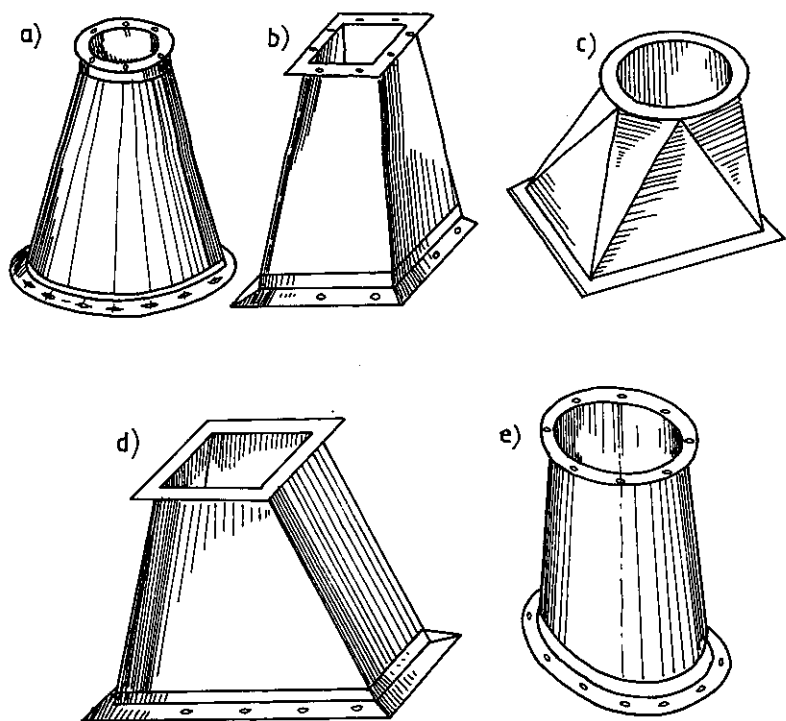
Trên hình 4.32 là các loại phễu thường gặp trong hệ thống thông gió và hình 4.33 là khai triển phễu cân tiết diện chữ nhật.



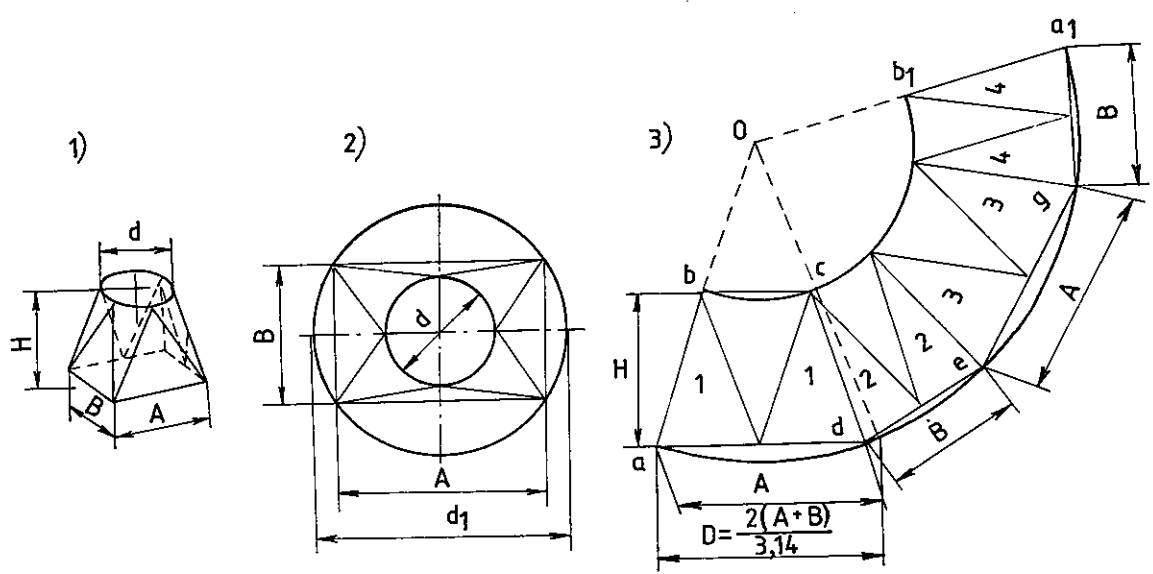
Hình 4.30 : Chạc tu tiết diện tròn



Hình 4.31 : Con "vịt" tiết diện tròn



Hình 4.32 : Các loại phễu a, b, c : phễu cân ; d, e : phễu lệch



Hình 4.33 : Khai triển phễu  
 1- Dạng chung ; 2- Hình chiếu bằng ; 3- Hình khai triển.

#### 4.5. NHỮNG BỘ PHẬN THU VÀ THẢI KHÔNG KHÍ

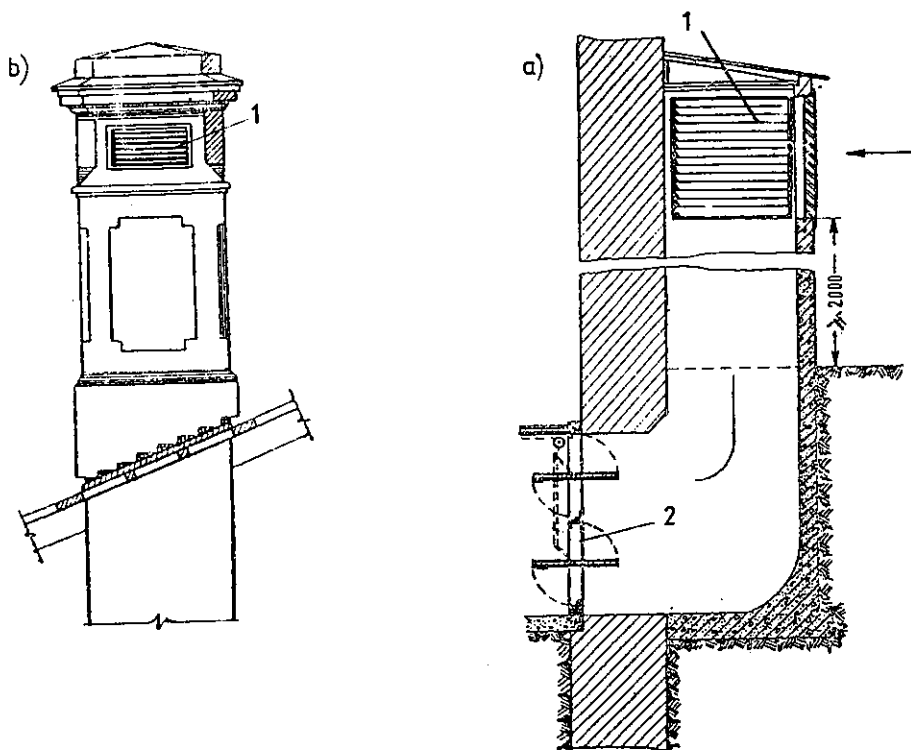
Bộ phận thu không khí được bố trí ở những vị trí thích hợp để thu được không khí trong sạch, không bị hoặc ít bị ô nhiễm. Cấu tạo của các bộ phận thu không khí cần phù hợp với điều kiện kiến trúc nhà.

Để cho không khí thổi vào nhà được trong sạch, cần phải bố trí các bộ phận thu không khí cách xa ít nhất 10–12m từ những chỗ thải bụi, khí có hại v.v... và chiều cao từ mặt đất đến miệng thu không khí không dưới 2m (hình 4.34).

Nếu khu vực xung quanh nhà bị nhiễm bẩn nhiều thì bộ phận thu không khí có thể đặt cách xa nhà và được nối với buồng máy thông gió bằng hệ thống mương ngầm.

Khi thu không khí ở vùng cao hơn mái nhà để không khí bốc khỏi lọt vào, bộ phận thu không khí cần được đặt ở khoảng cách không bé hơn 10m từ bộ phận thải không khí.

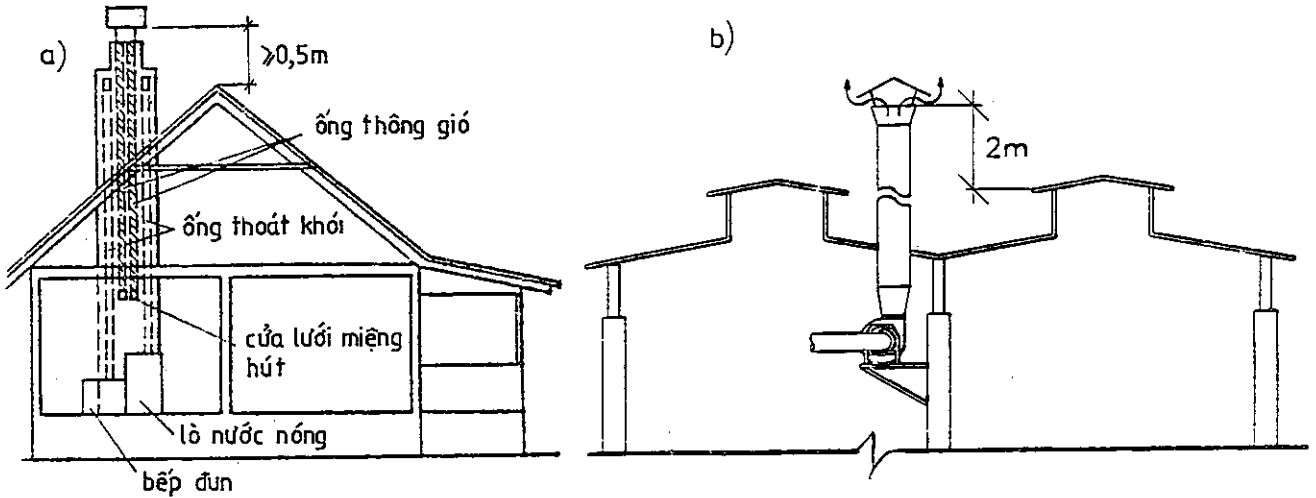
Có thể bố trí bộ phận thu không khí bên cạnh các ống thải gió nhưng với điều kiện là bộ phận thải không khí phải đặt cao hơn bộ phận thu từ 2–3m.



Hình 4.34 : Bộ phận thu không khí trong trường hợp buồng máy đặt ở tầng hầm (a) và Bộ phận thu không khí trên mái nhà (b)  
1- Cửa chớp (lưới) ; 2- Lá điều chỉnh.

Trong nhà công nghiệp bộ phận thu không khí có thể đặt trên tường (như cửa sổ hoặc những cửa đặc biệt) còn bộ phận thải không khí của hệ thống hút là những ống hình trụ đứng bằng tôn (ống dẫn không khí bình thường) nhô lên trên mái nhà.

Trường hợp có cửa trời, mép trên cùng của ống thải phải cao hơn mép trên cùng của cửa trời là 2m. Để tránh bớt tổn thất áp suất khi dòng không khí thoát ra, ở đầu cuối người ta làm loa mở rộng trên có chụp hoặc có nón che mưa (hình 4.35).



Hình 4.35 : Bố trí ống thải khí trong nhà dân dụng (a) và công nghiệp (b).

#### 4.6. BỐ TRÍ HỆ THỐNG HÚT THẢI KHÍ CÓ HẠI TỪ CÁC KHU PHỤ CỦA NHÀ DÂN DỤNG VÀ CÔNG CỘNG

Trong các nhà dân dụng và công cộng cần đặc biệt quan tâm đến vấn đề hút thải hơi khí có hại toả ra từ khu phụ : bếp, vệ sinh.

Lưu lượng hút có thể xác định theo bội số trao đổi không khí như đã giới thiệu ở chương 2 mục 2.3.2.

Hệ thống đường ống có thể bố trí ngầm trong tường bằng ống tôn hoặc bằng cách chế tạo sẵn các khối xây (blocs) có chứa lỗ bên trong.

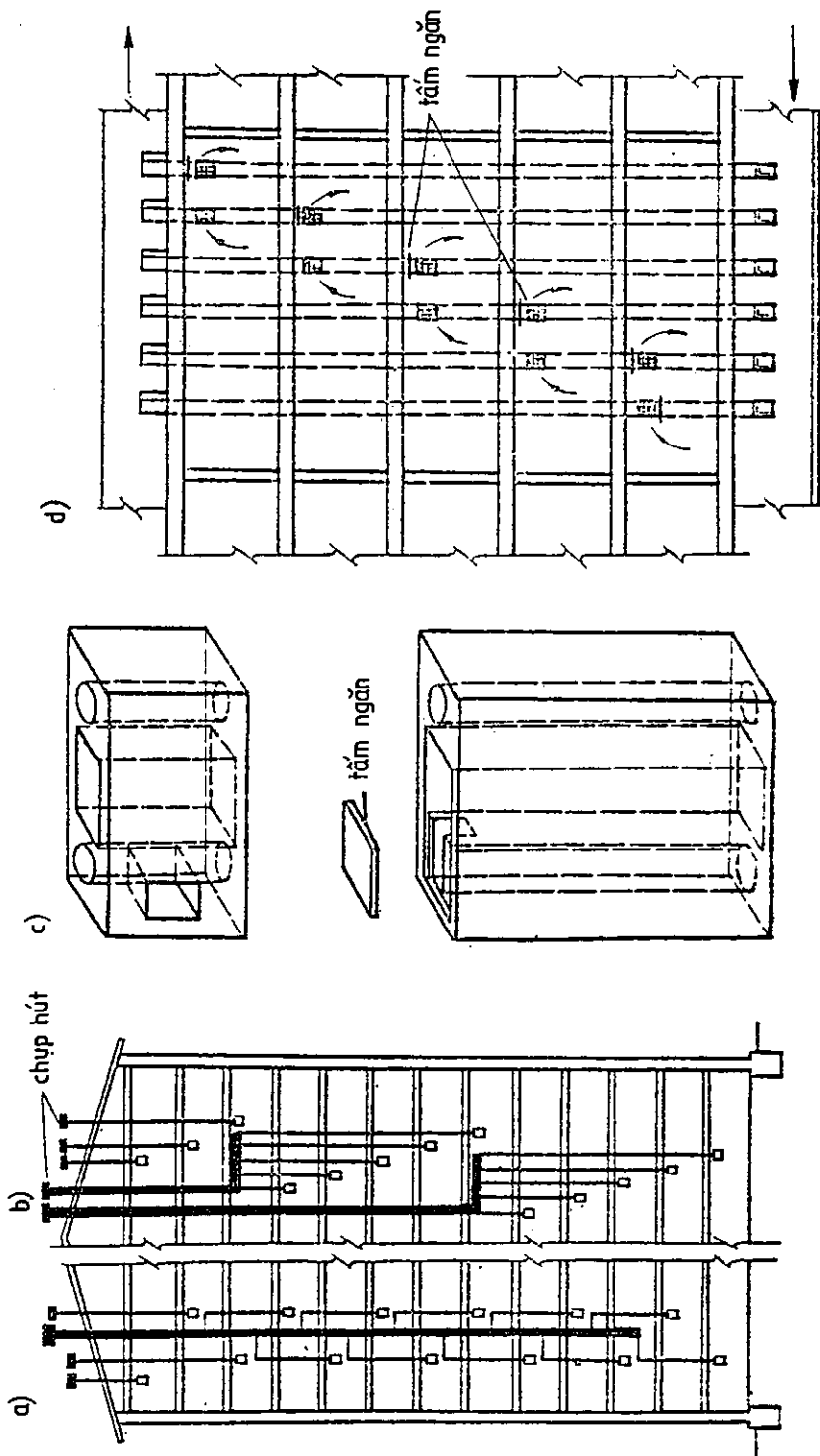
Trên hình 4.36 là sơ đồ hệ thống hút trong các nhà cao tầng.

Để đảm bảo cho hơi khí có hại từ tầng này không xâm nhập vào được các tầng khác, người ta bố trí hệ thống hút theo 2 cách sau đây :

1- Tất cả miệng hút ở khu phụ của các tầng đều được nối vào ống góp đứng chung với điều kiện là miệng hút của tầng dưới phải đấu vào ống góp ở vị trí cách một tầng về phía trên và các miệng hút của 3 tầng trên cùng phải có ống thoát riêng biệt dẫn thẳng lên mái (hình 4.36a).

2- Cứ 4-5 tầng có một ống góp ngang chung nối với miệng hút và dẫn lên mái bằng một ống đứng riêng biệt. Miệng hút của 3 tầng trên cùng cũng có ống thoát riêng như trường hợp trên (hình 4.36b).

Đối với nhà thấp tầng, hệ thống hút loại này thường làm việc bằng sức hút tự nhiên nhờ có chênh lệch trọng lượng đơn vị của không khí bên ngoài và bên trong nhà do chênh lệch nhiệt độ gây ra. Ta gọi đó là hệ thống hút làm việc dưới tác dụng của sức đẩy trọng lực (hình 4.37a).



**Hình 4.36 :** Bố trí hệ thống hút trong nhà dân dụng và công cộng  
 a, b : Các phương án bố trí hệ thống đường ống hút  
 c : Khối xây tường tạo đường ống  
 d : Sử dụng một đường ống làm ống hút kết hợp với ống thổi.

Sức đẩy trọng lực  $\Delta P_i$  của từng miệng hút được xác định theo công thức :

$$\Delta P_i = h_i (\gamma_N - \gamma_T), \text{ kG/m}^2 \quad (4-1)$$

Trong đó :

$h_i$  - chiều cao từ miệng hút ở tầng thứ  $i$  đến miệng thải gió, m

$\gamma_N, \gamma_T$  - lần lượt là trọng lượng đơn vị không khí bên ngoài và bên trong nhà,  $\text{kg/m}^3$ .

Sức cản thủy lực của hệ thống phải nhỏ hơn hoặc bằng sức đẩy trọng lực.

Cũng tương tự như trên, ta có thể bố trí hệ thống hút thổi kết hợp làm việc dưới tác dụng của sức đẩy trọng lực (hình 4.37b).

Đối với nhà cao tầng, để hệ thống đường ống được gọn nhẹ và làm việc được hiệu quả trong mọi tình huống, ta cần lắp đặt quạt hút, tức là hệ thống làm việc với sức hút cơ khí (hệ thống hút cơ khí) theo kiểu thể hiện ở hình 4.38b.

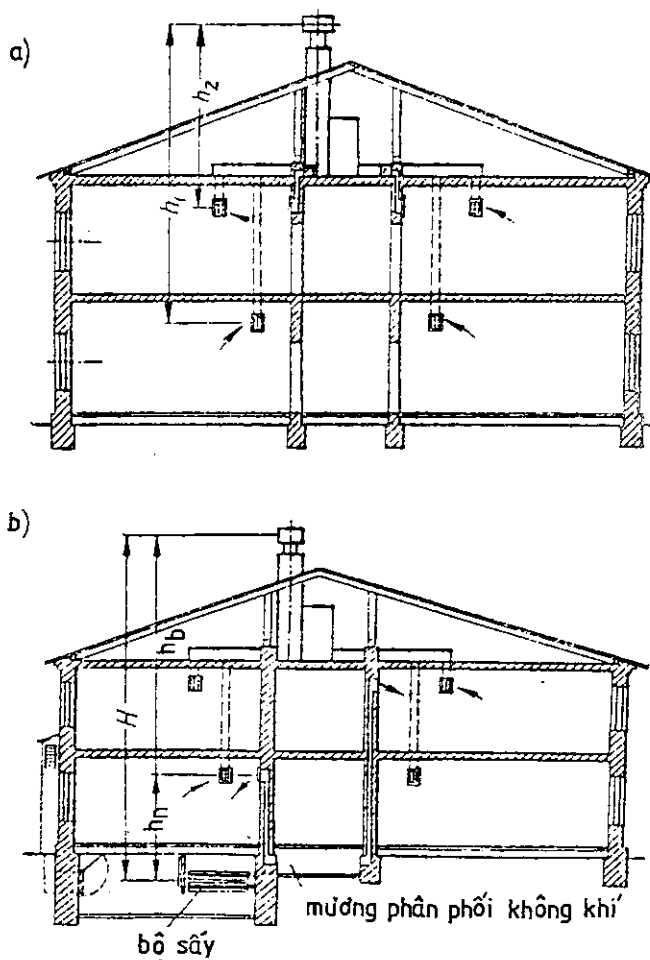
#### 4.7. BUỒNG MÁY CỦA HỆ THỐNG THỔI VÀ HÚT (BUỒNG THỔI VÀ BUỒNG HÚT)

Buồng máy của các hệ thống thổi và hút theo khả năng có thể được nên đặt ở trung tâm của những phòng được thông gió. Kích thước của buồng máy được lựa chọn xuất phát từ điều kiện thiết bị của hệ thống, tiện lợi trong việc xây lắp và bảo đảm dễ dàng trong sử dụng.

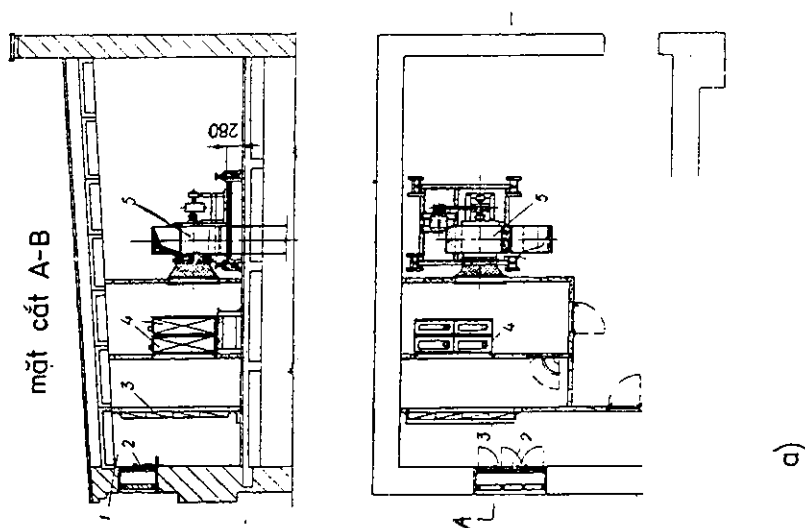
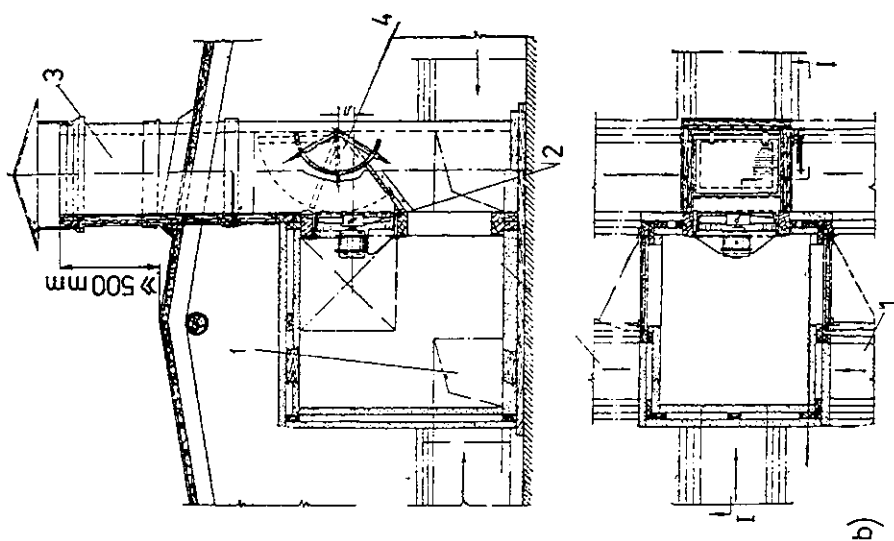
Buồng máy không được thấp hơn 1,8m và khoảng cách giữa các thiết bị không được bé hơn 0,7m để đảm bảo đi lại thuận tiện. Tường của buồng máy cần được xây bằng vật liệu khó cháy với bề mặt nhẵn để có thể dễ tẩy sạch bụi bặm một cách dễ dàng. Các buồng máy cần được chiếu sáng bằng ánh sáng tự nhiên.

Trong nhà dân dụng buồng máy của hệ thống thổi có thể đặt trên hãm mái, trong các phòng đặc biệt hoặc dưới tầng hầm, còn buồng máy của hệ thống hút hầu hết đặt ở hãm mái (hình 4.38 và 4.39).

Trong nhà công nghiệp buồng máy thông gió có thể đặt trực tiếp trong các phân xưởng trên những sàn công tác hoặc lắp trên tường, trên cột (hình 4.40).



Hình 4.37 : Hệ thống hút (a) và hút - thổi kết hợp (b) làm việc dưới tác dụng của sức đẩy trọng lực.



**Hình 4.38 :** Buồng máy thông gió của hệ thống thổi (a) và hút (b) trong nhà dân dụng đặt trên tầng hầm mái.

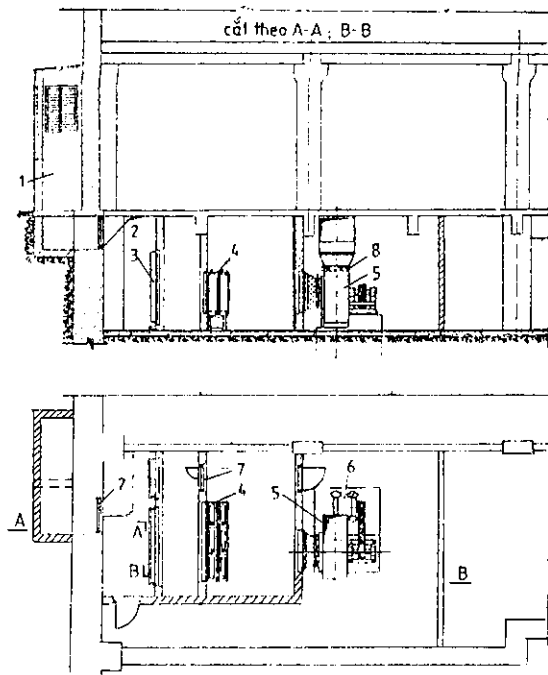
a) Hệ thống thổi :

- 1- Hộp lấy gió ; 2- Cửa điều chỉnh lượng gió ngoài ;  
3- Lưới lọc bụi ; 4- Bộ sấy không khí hoặc bề mặt làm lạnh ; 5- Máy quạt.

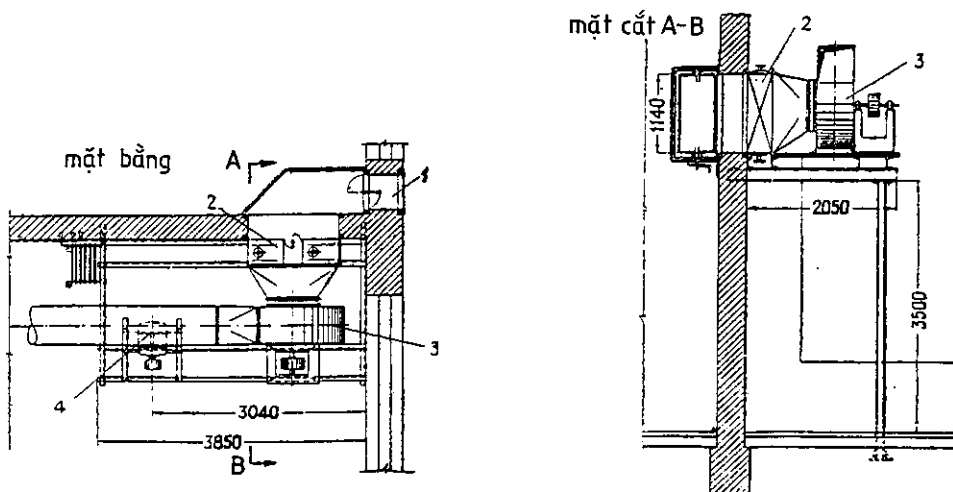
b) Hệ thống hút :

- 1- Mương hút ; 2- Quạt hút (quạt trực) ; 3- Ống thải gió ; 4- Van điều chỉnh.





Hình 4.39 : Buồng máy hệ thống thổi dặt trong tầng hầm.  
 1- Hộp lấy gió ngoài ; 2- Lá điều chỉnh ; 3- Lưới lọc bụi ;  
 4- Bộ sấy hoặc bề mặt làm sạch không khí ; 5- Quạt ; 6- Ống dẫn.



Hình 4.40 : Buồng máy thông gió thổi vào dặt trên sàn công tác trong nhà công nghiệp  
 1- Cửa lấy gió ngoài ; 2- Bộ sấy hoặc bề mặt làm lạnh không khí ;  
 3- Quạt ; 4- Động cơ điện.

## Chương 5

# CHUYỂN ĐỘNG CỦA KHÔNG KHÍ TRONG HỆ THỐNG ỐNG DẪN

### 5.1. BIỂU ĐỒ PHÂN BỐ ÁP SUẤT TRONG HỆ THỐNG ỐNG DẪN KHÔNG KHÍ

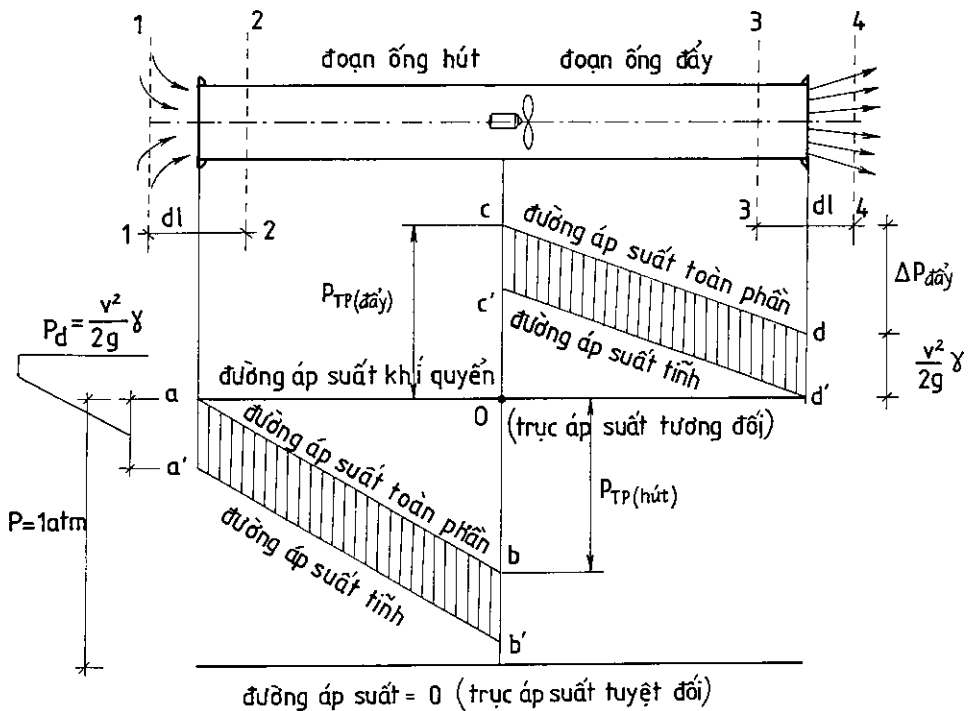
Để hình dung được áp suất không khí phân bố như thế nào trong hệ thống ống dẫn, trước tiên ta nghiên cứu trường hợp đơn giản nhất là đường ống thẳng và tiết diện không đổi. Trường hợp này trên đường ống chỉ có tổn thất áp suất vì ma sát, tổn thất cục bộ hầu như không có.

Trên sơ đồ đường ống (hình 5.1) xuôi theo chiều chuyển động của không khí ghi theo chiều mũi tên ta phân biệt đường ống thành 2 đoạn.

Đoạn ống hút ở phía trước máy quạt (bên trái) và đoạn ống đẩy phía sau máy quạt (bên phải). Áp suất không khí bên trong đường ống có thể đo theo 2 cách :

Dùng mốc áp suất bằng không làm chuẩn để đo : ta có *áp suất tuyệt đối* hoặc dùng mốc áp suất khí quyển làm chuẩn : ta có *áp suất tương đối*.

Như vậy khi máy quạt không làm việc, áp suất tuyệt đối trong hệ thống tại mọi điểm bằng 1 atm và áp suất tương đối bằng không.



Hình 5.1

Từ đây về sau, để đơn giản ta chỉ dùng "áp suất tương đối" và chỉ viết bằng 2 chữ áp suất.

Khi máy quạt làm việc nó tạo ra một độ chênh lệch áp suất gọi là hiệu số áp suất để thắng sức cản của đường ống và đưa không khí từ trạng thái tĩnh chuyển sang trạng thái động với vận tốc nào đó. Chúng ta đã biết là khi có một dịch thể chuyển động trong đường ống thì tại một tiết diện bất kì nào của nó áp suất dịch thể cũng gồm có 2 phần :

- Áp suất tĩnh  $P_t$

- Áp suất động  $P_d$

Tổng số của áp suất tĩnh và áp suất động cho ta áp suất toàn phần tại tiết diện đó.

$$P_{tp} = P_t + P_d, \quad \text{kG/m}^2 \text{ hay mm cột nước viết tắt là mmH}_2\text{O}$$

$$\text{Trong đó : } P_d = \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \text{ hay mm cột nước viết tắt là mmH}_2\text{O}$$

$v$  : Vận tốc chuyển động của dịch thể tại tiết diện đang xét, m/s

$g$  : Gia tốc trọng trường, m/s<sup>2</sup>

$\gamma$  : Trọng lượng đơn vị của dịch thể, kg/m<sup>3</sup>

Muốn cho không khí xung quanh từ trạng thái tĩnh bị hút vào miệng ống và chuyển động trong đó với vận tốc  $v$  thì tại miệng hút áp suất toàn phần phải bé hơn hoặc bằng 0 (bằng 0 trong trường hợp miệng ống hút có hình loa thích hợp để tránh hiện tượng gió xoắn ốc khi đi vào miệng hút, lúc đó tổn thất áp suất cục bộ có thể xem bằng 0).

Để giải thích điều này ta có thể viết phương trình Bernouly cho 2 mặt cắt 1-1 và 2-2 nằm ở bên trái và bên phải miệng hút với khoảng cách vô cùng bé  $dl$  (hình 5.1).

$$P_{t(1)} + \frac{v_1^2}{2g} \gamma = P_{t(2)} + \frac{v_2^2}{2g} \gamma + \Delta P$$

Trong đó :

$P_{t(1)}$  : Áp suất tĩnh của không khí tại tiết diện 1-1 có trị số bằng không (áp suất tuyệt đối bằng 1atm).

$v_1$  : Vận tốc gió trên tiết diện 1-1. Tiết diện này vô cùng lớn nên có thể xem  $v_1 \approx 0$ .

$\Delta P$  : Tổn thất cục bộ và ma sát trên đoạn thẳng  $dl$ . Như đã nói, nếu hình dáng miệng hút loe ra một cách thích hợp thì có thể xem như không có tổn thất cục bộ, còn tổn thất ma sát thì : vì đoạn đường  $dl$  quá bé nên cũng có thể xem bằng không. Tóm lại ta có :

$$P_{tp(2)} = P_{t(2)} + \frac{v_2^2}{2g} \gamma = 0$$

$$\text{Từ đó : } P_{t(2)} = -P_{d(2)} = -\frac{v_2^2}{2g} \gamma \quad (5-1)$$

Nghĩa là điểm biểu diễn áp suất toàn phần tại miệng hút nằm ngay trên trục áp suất tương đối (điểm a) và muốn tìm điểm biểu diễn áp suất tĩnh tại đó ta chỉ cần lấy xuống bên dưới trục áp suất tương đối một đoạn có độ dài bằng trị số  $\frac{v^2}{2g} \gamma$  (điểm a' xem hình 5.1).

Càng đi vào bên trong, do sức cản của đường ống áp suất toàn phần của dòng không khí càng giảm. Sự biến thiên của áp suất toàn phần trên đoạn ống hút được thể hiện bằng đường

a-b. Vì ở đây đoạn ống thẳng không có chướng ngại cục bộ, tổn thất áp suất chỉ do ma sát gây ra, và khi tiết diện ống không thay đổi, vận tốc dòng chảy bằng hằng số thì tổn thất áp suất ma sát tỉ lệ thuận với đoạn đường đi. Do đó đường áp suất toàn phần a-b là đường thẳng liên tục, không gãy khúc. Tại tiết diện cuối cùng của đoạn ống hút tức ngay sát phía bên trái của máy quạt, áp suất toàn phần có trị số bé nhất (trị số đại số) và có giá trị tuyệt đối đúng bằng tổng số sức cản, cũng đồng thời là tổn thất áp suất trên đường ống từ miệng hút đến máy quạt. Còn đường biểu diễn áp suất tĩnh vẽ được bằng cách lấy tung độ của đường áp suất toàn phần trừ đi trị số  $\frac{v^2}{2g} \gamma$  tại các tiết diện tương ứng. Vì tiết diện ấy không đổi nên vận tốc chuyển động của không khí tại mọi tiết diện đều như nhau, do đó đường áp suất tĩnh a'b' song song với đường áp suất toàn phần a-b.

Trên đường ống đẩy tại tiết diện bên phải máy quạt, nhờ có sức đẩy của máy quạt nên áp suất toàn phần của dòng không khí tại đây tăng cao và có trị số dương : điểm c. Càng đi về cuối ống, áp suất toàn phần giảm dần và ở tại miệng thổi trị số áp suất đó còn lại đúng bằng trị số áp suất động  $\frac{v^2}{2g} \gamma$ , còn áp suất tĩnh thì bằng 0 (tức bằng áp suất khí quyển). Trên hình vẽ c-d là đường biểu diễn áp suất toàn phần và c'-d' - áp suất tĩnh của đoạn ống đẩy. Như vậy áp suất toàn phần ở bên phải máy quạt bằng tổng số tổn thất áp suất (hay sức cản) trên đường ống đẩy cộng với áp suất động tại miệng thổi của nó. Ở đây ta cũng có thể chứng minh được rằng : vì sao áp suất tĩnh ở miệng thổi bằng không và áp suất toàn phần chỉ còn bằng áp suất động bằng phương trình Becnuly viết cho 2 mặt cắt 3-3 và 4-4 nằm sát bên trái và bên phải miệng thổi cách nhau  $dl$  (hình 5.1).

Đối với mặt 3-3 :

$$P_{tp(3-3)} = P_{t(3)} + P_{d(3)} = P_{t(3)} + \frac{v_3^2}{2g} \gamma$$

Đối với mặt 4-4 :

$$P_{tp(4-4)} = P_{t(4)} + P_{d(4)}$$

Trong đó :

$$P_{t(4)} = 0 \text{ (bằng áp suất khí quyển)}$$

$$P_{d(4)} = \frac{v_4^2}{2g} \gamma = \frac{v_3^2}{2g} \gamma$$

Sở dĩ ta có thể viết được như thế là vì mặt cắt 4-4 gần miệng thổi, tại đó dòng không khí vẫn chuyển động với vận tốc  $v$  như bên trong đường ống.

Ta sẽ có :

$$P_{t(3)} + P_{d(3)} = P_{t(4)} + P_{d(4)} + \Delta P$$

$$\text{hay là : } P_{t(3)} + \frac{v_3^2}{2g} \gamma = 0 + \frac{v_3^2}{2g} \gamma + \Delta P$$

$\Delta P$  : Tổn thất áp suất trên đoạn đường  $dl$  có thể xem bằng 0.

Do đó ta thu được :

$$P_{t(3)} = 0$$

$$P_{tp(3)} = P_{d(3)} = \frac{v_3^2}{2g} \gamma \quad (5-2)$$

Tức là áp suất tĩnh tại miệng thổi bằng 0 (bằng áp suất khí quyển) và áp suất toàn phần bằng áp suất động

Bây giờ ta nói đến hiệu số áp suất của máy quạt. Như chúng ta đã biết ở trên, máy quạt có nhiệm vụ gây ra một hiệu số áp suất để thắng sức cản thủy lực của đường ống đồng thời đảm bảo dòng không khí được thổi ra ngoài với một vận tốc  $v$  nào đó. Do đó hiệu số áp suất do máy quạt gây ra phải bằng tổng số tổn thất áp suất trên đoạn ống hút và đoạn ống đẩy cộng với áp suất động của dòng không khí tại miệng ống thổi ra. Một cách khác có thể phát biểu :

Hiệu số áp suất mà máy quạt cần phải sản ra là bằng tổng trị số tuyệt đối (không kể dấu đại số) của áp suất toàn phần tại các tiết diện trước và sau máy quạt (đoạn ob và đoạn oc) (hình 5.1).

$$H_{\text{quạt}} = | P_{tp(\text{hút})} | + | P_{tp(\text{đẩy})} | \quad (5-3)$$

Trong đó :

$P_{tp(\text{hút})}$  : Áp suất toàn phần tại tiết diện cuối của đoạn ống hút (trước máy quạt).

$P_{tp(\text{đẩy})}$  : Áp suất toàn phần tại tiết diện đầu của đoạn ống đẩy (sau máy quạt).

Trường hợp chung phải viết dưới dạng công thức đại số tức là có kể đến dấu thì :

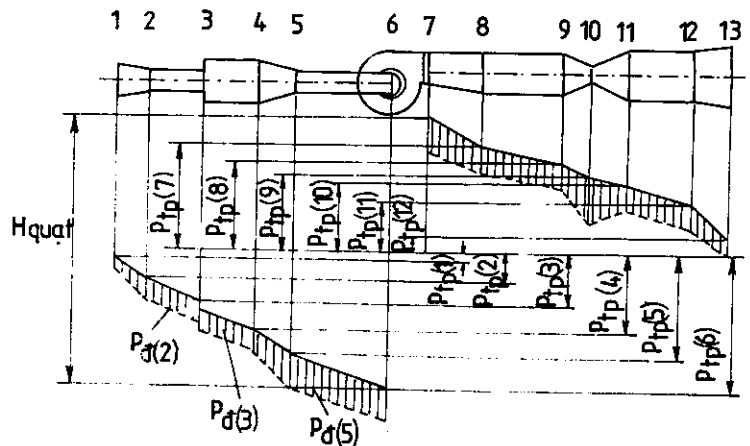
$$H_{\text{quạt}} = P_{tp(\text{đẩy})} - P_{tp(\text{hút})} \quad (5-4)$$

Trên đây là trường hợp đơn giản khi đường ống không gây ra tổn thất áp suất cục bộ. Bây giờ nếu hệ thống đường ống phức tạp hơn tức tiết diện của ống dẫn thay đổi nhiều thì hình dáng của các đường biểu diễn áp suất sẽ có khác nhưng trên nguyên lý chung vẫn không có gì thay đổi.

Ví dụ ta có một hệ thống đường ống với máy quạt như hình vẽ (hình 5.2). Ở đây ngoài sức cản ma sát ra, đường ống còn có nhiều sức cản cục bộ do các chướng ngại khác nhau gây ra như loa, phễu thu nhỏ, tiết diện thay đổi đột ngột.

Trên cơ sở những điều đã nói ở trường hợp trên, nếu biết kích thước cụ thể của đường ống, lưu lượng không khí và từ đó vận tốc chuyển động của nó thì ta có thể tính hoặc đo để lập nên biểu đồ phân bố áp suất của không khí trong đường ống. Trình tự tiến hành như sau :

Trước tiên dựa vào sức cản (cũng tức là tổn thất áp suất) ma sát và cục bộ của từng đoạn ống mà vẽ đường áp suất toàn phần, sau đó trừ tung độ cho trị số áp suất động tại các tiết diện tương ứng để tìm ra đường áp suất tĩnh.



Hình 5.2

Khi tiến hành ta sử dụng các công thức sau :

- Tổn thất áp suất ma sát :

$$\Delta P_{ms} = R l \quad (5-5)$$

- Tổn thất áp suất cục bộ :

$$\Delta P_{cb} = \xi P_d = \xi \frac{v^2}{2g} \gamma \quad (5-6)$$

Trong đó :

R : Tổn thất áp suất ma sát đơn vị, tức tổn thất áp suất vì ma sát trên độ dài bằng đơn vị (1m) của đường ống có tiết diện và lưu lượng không đổi,  $\text{kG/m}^2/\text{m}$  hay  $\text{mmH}_2\text{O}/\text{m}$ .

l : Độ dài của đoạn ống, m.

$P_d = \frac{v^2}{2g} \gamma$  là áp suất động ứng với vận tốc tại chỗ có chương ngại cục bộ,  $\text{kG/m}^2$  hay  $\text{mmH}_2\text{O}$ .

$\xi$  : Hệ số tỉ lệ gọi là hệ số sức cản cục bộ, không thứ nguyên.

#### \* Trên đường ống hút :

- Tiết diện 1 : Miệng gió vào, như ở trên đã nói, nếu miệng hút vào có hình dáng thích hợp thì tổn thất cục bộ ở đó bằng không và lúc đó áp suất toàn phần bằng không (bằng áp suất khí quyển). Trường hợp chung, nếu miệng gió vào gây ra tổn thất cục bộ thì lúc bấy giờ áp suất toàn phần bằng trị số tổn thất áp suất cục bộ ấy với dấu âm.

$$P_{tp(1)} = - \Delta P_{cb(1)} = \xi_{vào} P_{d(1)}$$

- Tiết diện 2 :

$$P_{tp(2)} = P_{tp(1)} - \Delta P_{tp(1-2)} = \xi_{vào} P_{d(1)} - (R_{1-2} l_{1-2} + \xi_{loa} P_{d(2)})$$

- Tiết diện 3 :

$$P_{tp(3)} = P_{tp(2)} - \Delta P_{tp(2-3)} = P_{tp(2)} - (R_{2-3} l_{2-3} + \xi_{mở rộng} P_{d(2)})$$

- Tiết diện 4 :

$$P_{tp(4)} = P_{tp(3)} - \Delta P_{tp(3-4)} = P_{tp(3)} - R_{3-4} l_{3-4}$$

Cứ như vậy tính dần cho đến tiết diện cuối cùng tức là tại miệng hút vào của máy quạt.

#### \* Trên đường ống đẩy :

Ở đây ta bắt đầu từ tiết diện cuối cùng đi ngược về đằng gốc.

- Tiết diện 13 : Miệng thổi ra :

Dựa theo phương trình (5-2) có kể đến trường hợp chung là  $\Delta P \neq 0$  ( dĩ nhiên  $> 0$  và ở đây chỉ có tổn thất áp suất cục bộ), ta có thể viết :

$$P_{tp(13)} = \frac{v_{13}^2}{2g} \gamma + \xi_{ra} \frac{v_{13}^2}{2g} \gamma$$

$\xi_{ra}$  : Hệ số tổn thất cục bộ tại miệng thổi ra.

- Tiết diện 12 :

$$P_{tp(12)} = P_{tp(13)} + \Delta P_{tp(12-13)} = P_{tp(13)} + (R_{12-13} l_{12-13} + \xi_{loa} P_{d(12)})$$

- Tiết diện 11 :

$$P_{tp(11)} = P_{tp(12)} + \Delta P_{tp(11-12)} = P_{tp(12)} + R_{11-12} l_{11-12} \dots$$

Trên đoạn ống 11-12 không có sức cản cục bộ.

.....

.....

và cuối cùng ở tiết diện 7 :

$$P_{tp(7)} = P_{tp(8)} + \Delta P_{tp(7-8)} = P_{tp(8)} + (R_{7-8} l_{7-8} + \xi_{quat} P_{d(7)})$$

Căn cứ vào các trị số áp suất toàn phần tại các tiết diện mà ta vẽ đường biểu diễn áp suất toàn phần cho cả hệ thống bằng cách nối liền các điểm biểu diễn thành đường gãy khúc. Sau đó dễ dàng lập đường áp suất tĩnh theo nguyên tắc đã nói ở trên.

Để tìm hiệu số áp suất cần thiết mà máy quạt phải gây ra để thắng sức cản của đường ống ta trừ đại số các trị số áp suất toàn phần ở tiết diện đầu của ống đẩy và tiết diện cuối của ống hút theo công thức chung (5-4)

$$H_{quat} = P_{tp(7)} - P_{tp(6)}$$

## 5.2. TÍNH TOÁN HỆ THỐNG ỐNG DẪN KHÔNG KHÍ

Nội dung của việc tính toán hệ thống ống dẫn không khí (hệ thống thông gió) là bao gồm ở chỗ chọn đường kính của ống, xác định sức cản của nó, cũng tức là tổn thất áp suất của dòng không khí, từ đó chọn máy quạt có đủ khả năng thắng sức cản của đường ống và vận chuyển một lưu lượng không khí với vận tốc đã định. Đó là bài toán thuận. Còn bài toán ngược là : Tổn thất áp suất trên đường ống đã biết, cần chọn đường kính ống sao cho sức cản của nó phù hợp.

Tổn thất áp suất khi một dịch thể chuyển động trong đường ống gồm 2 thành phần : Tổn thất áp suất ma sát do thành ống tác dụng lên dòng chảy gây ra và tổn thất áp suất cục bộ do dòng chảy gặp chướng ngại, vật cản.

### 5.2.1. Tổn thất áp suất ma sát

Từ thủy lực học, chúng ta có công thức tính tổn thất áp suất do ma sát như sau :

$$\Delta P_{ms} = R.l = \varphi \frac{U}{F} l \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-7)$$

và 
$$R = \varphi \frac{U}{F} \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2/\text{m}$$

Trong đó :

$\Delta P_{ms}$  - Tổn thất áp suất do ma sát trên cả chiều dài đoạn ống

R - Tổn thất áp suất ma sát đơn vị, tức tổn thất do ma sát trên 1m dài của đoạn ống

$\varphi$  - Hệ số tỉ lệ, không thứ nguyên

U - Chu vi ướt của tiết diện ống, m

F - Diện tích tiết diện ngang của ống, m<sup>2</sup>

v - Vận tốc chuyển động của dịch thể trong ống, m/s

g - Gia tốc trọng trường m/s<sup>2</sup>

γ - Trọng lượng đơn vị của dịch thể (không khí), kG/m<sup>3</sup>

l - Chiều dài của ống, m

Đối với ống tròn có đường kính d và khi chảy đầy tức là chu vi ướt bằng chu vi của tiết diện thì :

$$\frac{U}{F} = \frac{\pi d}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{4}{d}$$

và công thức (5-7) sẽ trở thành :

$$\Delta P_{ms} = R l = \varphi \frac{4}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \gamma l$$

Nếu đặt  $\lambda = 4\varphi$  và  $\lambda$  được gọi là hệ số ma sát, ta có :

$$\Delta P_{ms} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-8)$$

Đây là công thức cơ bản để tính tổn thất áp suất ma sát trên một đoạn ống tròn đường kính d, độ dài l với vận tốc chuyển động của dịch thể bên trong là v m/s.

Hệ số ma sát  $\lambda$  phụ thuộc vào chế độ chuyển động của dịch thể bên trong ống (ở đây là không khí) : chảy tầng, chảy rối và độ nhám của ống dẫn. Chế độ chuyển động được đặc trưng bởi số Râynon :

$$Re = \frac{v d}{\nu} \quad (5-9)$$

1- Khi  $Re < 2320$  ta có chế độ chảy tầng, lúc bấy giờ hệ số ma sát  $\lambda$  chỉ phụ thuộc vào Re và có thể xác định theo công thức :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5-10)$$

2- Khi  $Re > 2320$  ta có chế độ chảy rối. Trong chế độ chảy rối ta phân biệt 3 trường hợp:

- Nếu lớp dịch thể tiếp giáp thành ống có tính chất chảy tầng dày hơn và phủ kín độ nhám của thành ống thì lúc bấy giờ ta gọi là chế độ chảy rối trong ống nhẵn thủy lực. Trường hợp đó hệ số ma sát  $\lambda$  cũng chỉ phụ thuộc vào số Re và xác định theo công thức :

$$\lambda = \frac{1,01}{(\lg Re)^{2,5}} \quad (5-11)$$

- Nếu lớp ranh giới chảy tầng ở sát thành ống mỏng hơn độ nhám của thành ống thì hệ số  $\lambda$  hầu như không phụ thuộc vào số Re mà chỉ phụ thuộc vào độ nhám và đường kính của ống dẫn :

$$\lambda = \frac{1}{(1,74 + 2 \lg \frac{K}{K})^2} \quad (\text{Nikuratz}) \quad (5-12)$$

hoặc

$$\lambda = 0,111 \left( \frac{K}{d} \right)^{0,25} \quad (\text{Sinphrinxon}) \quad (5-13)$$



Trong phạm vi này ta gọi là phạm vi ống nhám thủy lực.

- Từ chế độ chảy rối trong ống nhẵn thủy lực sang chế độ chảy rối trong ống nhám thủy lực có một giai đoạn quá độ. Trong giai đoạn quá độ này hệ số  $\lambda$  phụ thuộc vào cả số Re và độ nhám tương đối của ống dẫn và có thể xác định theo công thức của Altsul như sau [38] :

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{K}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (5-14)$$

Trong các công thức trên :

$r, d$  : Lần lượt là bán kính và đường kính của ống, m

$K$  : Độ nhám tuyệt đối của thành ống, m

$\nu$  : Hệ số nhớt động của không khí,  $m^2/s$

Đối với các hệ thống thông gió cơ khí tốc độ chuyển động của không khí trong ống dẫn bằng tôn thường nằm trong phạm vi từ  $2 \div 20$  m/s, còn đối với các ống dẫn trong nhà dân dụng với độ nhám 1mm thì tốc độ chuyển động khoảng từ  $0,2 \div 7$  m/s. Do đó chế độ chuyển động thường gặp là chế độ chuyển động trong giai đoạn quá độ. Với các ống dẫn bằng tấm phibơ xi măng, ống gạch... có độ nhám  $> 1,5$ mm thì có chế độ chuyển động trong ống nhám thủy lực.

Để được tiện lợi trong tính toán, người ta lập sẵn các biểu đồ hoặc bảng số để tra 1 hoặc 2 trong các trị số : tổn thất áp suất ma sát đơn vị R, đường kính d, tốc độ v và lưu lượng L khi biết những trị số còn lại (xem phụ lục 3).

Khi lập các biểu đồ và bảng số này hệ số  $\lambda$  được tính cho điều kiện tiêu chuẩn nhất định nào đó. Thông thường thì điều kiện đó là : độ nhám của đường ống  $K = 0,1$ mm, trọng lượng đơn vị của không khí ứng với nhiệt độ  $20^\circ C$   $\gamma = 1,205$  kG/m<sup>3</sup> và  $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

Do đó khi tính toán cho hệ thống ống dẫn có độ nhám và nhiệt độ khác với điều kiện tiêu chuẩn nói trên thì phải đưa vào các hệ số hiệu chỉnh (Bảng 5-1 và biểu đồ hình 5.3).

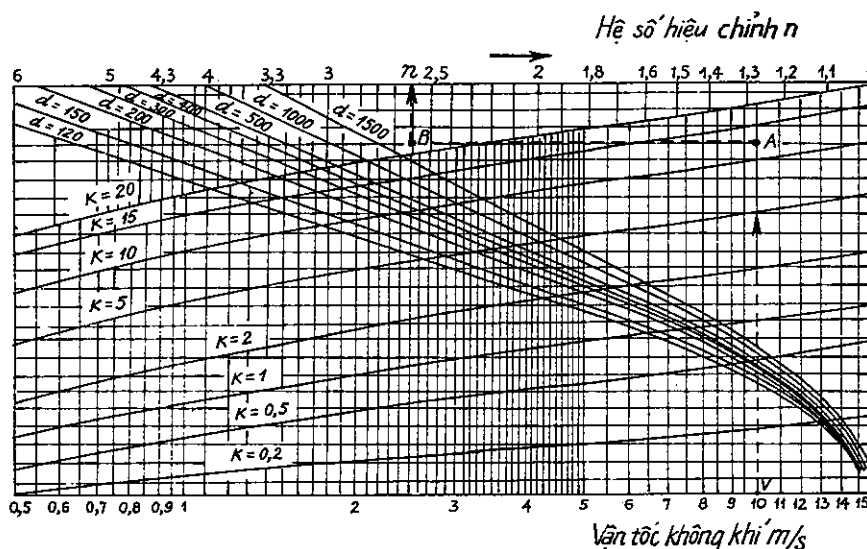
**Bảng 5-1**

### HỆ SỐ HIỆU CHỈNH TỔN THẤT ÁP SUẤT MA SÁT KHI NHIỆT ĐỘ THAY ĐỔI

t°C	$\eta$	t°C	$\eta$	t°C	$\eta$
-30	1,10	20	1,00	90	0,88
-25	1,09	25	0,99	100	0,87
-20	1,08	30	0,98	125	0,84
-15	1,07	35	0,97	150	0,81
-10	1,06	40	0,96	175	0,78
-5	1,05	45	0,95	200	0,75
-0	1,04	50	0,94	250	0,71
+5	1,03	60	0,93	300	0,67
+10	1,02	70	0,92	350	0,63
+15	1,01	80	0,90	400	0,59

TRỊ SỐ ĐỘ NHÁM TUYỆT ĐỐI K CỦA MỘT SỐ LOẠI ỐNG DẪN KHÔNG KHÍ

Loại ống, mương dẫn	K (mm)
- Mương dẫn bằng tấm xi thạch cao hoặc bằng tấm mùn cưa trộn với thạch cao	1
- Mương dẫn bằng gạch có quét sạch bề mặt	4
- Mương bằng tấm bê tông xi	1,5
- Mương bằng vữa trát trên lưới thép	10
- Bề mặt tường gạch (sạch, không láng vữa)	3 ÷ 6
- Mương gạch xây trong tường (không quét sạch bề mặt)	5 ÷ 10



Hình 5.3 : Hệ số điều chỉnh tổn thất áp suất ma sát (n) đối với các ống có độ nhám khác với K = 0,1mm.

Hệ số hiệu chỉnh tổn thất áp suất ma sát đối với loại ống có độ nhám khác với độ nhám 0,1mm có thể xác định theo biểu đồ của S. M. Korenhepsky [19] (hình 5.3).

Khi biết được vận tốc của dòng không khí, độ nhám K và đường kính d, có thể tìm được hệ số điều chỉnh n theo đường v-A-B-n.

Như vậy tổn thất áp suất vì ma sát đối với đường ống có độ nhám bất kì và khi không khí có nhiệt độ bất kì lấy bằng :

$$R_{thực} = R_{tc} n \eta \tag{5-15}$$

Trong đó :

$R_{tc}$  : Tổn thất áp suất ma sát đơn vị ứng với điều kiện tiêu chuẩn (phụ lục 3).

5.2.2. Tổn thất áp suất cục bộ và hệ số sức cản cục bộ  $\xi$

Sức cản cục bộ trong ống dẫn sinh ra căn bản là do sự va chạm không đàn hồi của chất lỏng chuyển động khi gặp chướng ngại cục bộ trên đoạn ống. Sức cản cục bộ chia làm 2 nhóm với các đặc điểm sau :

Nhóm thứ nhất : Lưu lượng thay đổi trước và sau chướng ngại vật (chạc ba, chạc tư, miệng thổi và miệng hút trên thành ống dẫn).

Nhóm thứ hai : Tốc độ thay đổi nhưng lưu lượng không đổi : loa, phễu, ngoặt, mở rộng hay thắt nhỏ đột ngột.

Như chúng ta đã biết từ thủy lực học, sức cản hay tổn thất áp suất cục bộ được biểu diễn bằng công thức :

$$\Delta P_{cb} = \xi \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-16)$$

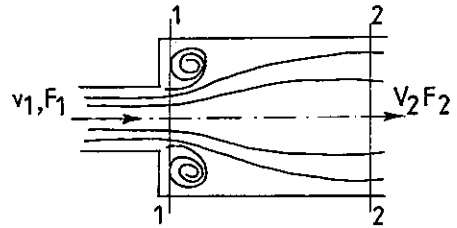
Trong đó :  $\xi$  là hệ số sức cản cục bộ phụ thuộc vào hình dạng và kích thước của chướng ngại vật.

Hệ số  $\xi$  thường được xác định bằng thực nghiệm, nhưng trong một số trường hợp đơn giản có thể xác định bằng tính toán lí thuyết.

1. Mở rộng và thắt nhỏ dòng đột ngột

Ta xét trường hợp mở rộng dòng đột ngột. Trường hợp này tốc độ giảm xuống một cách đột ngột cho nên xảy ra va chạm không đàn hồi khi chuyển biến từ chỗ tốc độ cao đến tốc độ thấp.

Ta viết phương trình Becnuly cho 2 mặt cắt 1-1 và 2-2, trong đó mặt cắt 1-1 nằm sát với chỗ tiếp giáp giữa tiết diện bé và tiết diện lớn (hình 5.4).



Hình 5.4

$$P_{1(1)} + \frac{v_1^2}{2g} \gamma = P_{1(2)} + \frac{v_2^2}{2g} \gamma + \Delta P \quad (5-17)$$

Trong đó :

$v_1, v_2$  - Vận tốc chuyển động của chất lỏng tại các tiết diện  $F_1$  và  $F_2$ , m/s

$\Delta P$  - Tổn thất áp suất của bộ phận chướng ngại, kG/m<sup>2</sup>.

Ta rút ra được :

$$\Delta P = \frac{\gamma}{2g} (v_1^2 - v_2^2) - (P_{1(2)} - P_{1(1)}) \quad (5-18)$$

Đối với thể tích chất lỏng nằm giữa 2 mặt cắt 1-1 và 2-2, ta có phương trình cân bằng động lượng như sau :

$$(P_{1(2)} - P_{1(1)})F_2 = m(v_1 - v_2)$$

Trong đó :

$$m = \frac{v_2 F_2 \gamma}{g}$$

Lúc đó :

$$P_{1(2)} - P_{1(1)} = \frac{\gamma}{g} v_2 (v_1 - v_2) \quad (5-19)$$

Từ (5-18) và (5-19) ta rút ra được :

$$\Delta P = \frac{\gamma}{2g} (v_1^2 - v_2^2) - \frac{\gamma}{g} v_2 (v_1 - v_2)$$

Sau khi biến đổi ta có :

$$\Delta P = \frac{\gamma}{2g} (v_1 - v_2)^2 \quad (5-20)$$

Nếu quy sức cản cục bộ này ứng với áp suất động của dòng chảy tại tiết diện 1-1, tức là :

$$\Delta P = \xi \frac{v_1^2}{2g} \gamma \quad (5-21)$$

Cân bằng về phải của (5-20) và (5-21) ta thu được hệ số sức cản cục bộ của bộ phận mở rộng tiết diện đột ngột.

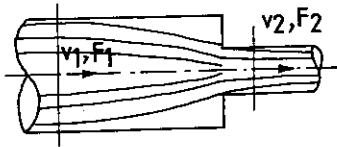
$$\xi = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \left(1 - \frac{F_1}{F_2}\right)^2 \quad (5-22)$$

Khi thất nhỏ dòng chảy đột ngột, hệ số sức cản cục bộ xác định theo công thức [18] :

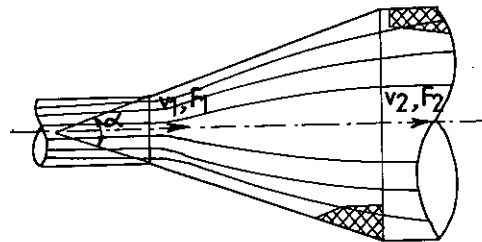
$$\xi = 0,5 \left(1 - F_2/F_1\right) \quad (5-23)$$

Hệ số  $\xi$  - ứng với áp suất động ở tiết diện  $F_2$  - tức là ứng với tiết diện có vận tốc lớn như trường hợp trên.

Để giảm bớt tổn thất áp suất trong trường hợp mở rộng dòng chảy người ta làm ống hình loa (hình 5.6).



Hình 5.5



Hình 5.6

Trường vận tốc trong loa thay đổi một cách liên tục từ lớn đến bé. Trong trường hợp này hệ số sức cản cục bộ phụ thuộc vào nhiều yếu tố : góc mở  $\alpha$ , tỉ số diện tích  $n = \frac{F_2}{F_1}$ , hình dạng tiết diện ngang (chữ nhật hay tròn), điều kiện đi vào của dòng không khí, chế độ chuyển động. Vì thế hệ  $\xi$  của loa xác định rất phức tạp. Người ta xem tổng số của 2 hệ số tổn thất do mở rộng và do ma sát là hệ số tổn thất cục bộ chung  $\xi$  của loa :

$$\xi_o = \xi_{mr} + \xi_{ms} \quad (5-24)$$

Trong đó :

a)  $\xi_{mr}$  là hệ số tổn thất do mở rộng dòng chảy của loa, xác định theo công thức của I.

E. Identrik.

- Đối với ống tiết diện tròn :

$$\xi_{mr} = 3,2 k_\phi \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right)^{1,25} \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 \quad (5-25)$$

- Đối với tiết diện chữ nhật :

$$\xi_{mr} = 6,2 k_{\phi} \left( \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)^{1,25} \left( \frac{n-1}{n} \right)^2 \quad (5-26)$$

Trong đó :

$k_{\phi}$  : Hệ số hình dạng của trường vận tốc của dòng ở phía trước loa, thường không vượt quá 1,5.

b)  $\xi_{ms}$  : Hệ số sức cản do ma sát gây ra

$$\xi_{ms} = \frac{\lambda}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left( \frac{n^2 - 1}{n^2} \right) \quad (5-27)$$

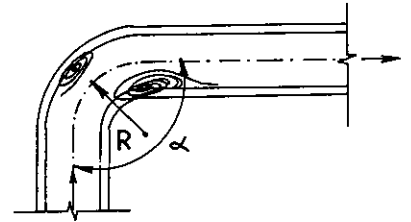
$\lambda$  : Hệ số ma sát phụ thuộc vào  $Re = \frac{v_1 d_1}{\nu}$  và độ nhám tương đối  $\bar{K} = \frac{K}{d_1}$ .

## 2. Ngoặt

Ngoặt uốn cong trên đường ống dẫn không khí tạo ra sức cản cục bộ là vì ở tại chỗ ngoặt có hiện tượng xoắn ốc rất phức tạp và dòng chảy ở một số vùng bị tách ra khỏi thành ống (hình 5.7).

Sức cản của ngoặt phụ thuộc vào kích thước, tiết diện ngang, góc ngoặt  $\alpha$ , bán kính cong, số khâu...

Khi dòng chuyển động qua ngoặt, dưới tác dụng của lực li tâm xuất hiện 2 vùng chảy xoáy ở thành ngoài và trong của ngoặt. Vùng xoắn ốc ở phía ngoài nằm ngay tại vị trí uốn cong của dòng và nó không làm cho tiết diện của dòng chảy bị thu hẹp lại mấy, còn vùng xoắn ốc phía trong thì nằm ở sau ngoặt gây ra sự hỗn loạn mạnh và thu hẹp dòng chảy đáng kể.



Hình 5.7

Thực nghiệm cho thấy rằng : khí bán kính cong R càng lớn thì sự hỗn loạn của dòng chảy càng giảm. Tuy nhiên trong thực tế người ta không chế tạo những ngoặt với bán kính cong  $R > (2 \div 2,5)d$  bởi vì nếu lớn hơn giới hạn trên thì kích thước cổng kính mà sức cản thì không giảm hơn là bao nhiêu.

Trên cơ sở thực nghiệm của Pantrenko đối với ngoặt  $90^\circ$  với số khâu là  $5 \div 6$  thì hệ số sức cản cục bộ có thể tính theo công thức [1]:

$$\xi = 0,008 \frac{\alpha^{0,75}}{n^{0,6}} \quad (5-28)$$

Trong đó :

$\alpha$  : Góc của ngoặt tính theo độ.

$n = \frac{R}{d}$  : Tỷ số của bán kính cong và đường kính ống.

Đối với ống dẫn không khí tiết diện chữ nhật kích thước lớn, để giảm bớt sức cản của những chỗ ngoặt người ta đặt vào đó những lá hướng dòng tiết diện lòng máng có tác dụng giảm bớt sự rối loạn của dòng chảy, nhờ thế mà sức cản cục bộ giảm (hình 5.8).

Số lượng lá hướng dòng đặt trong ngoặt xác định theo công thức :

$$n = A \frac{b}{R} \quad (5-29)$$

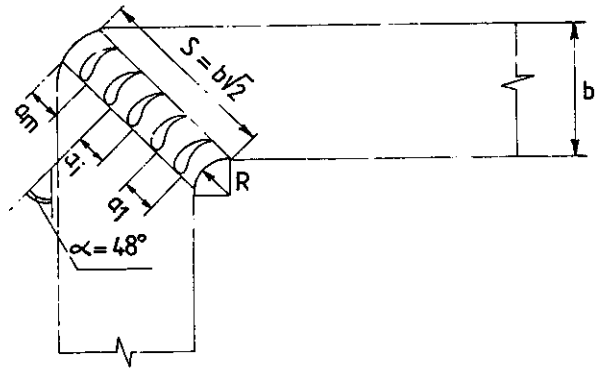
Trong đó :

A : Hệ số thực nghiệm có trị số thay đổi trong khoảng từ 0,9 ÷ 2,23

b : Chiều rộng của mương, m.

R : Bán kính cong trung bình của mặt cắt lá hướng dòng, cũng là bán kính cong của thành ống chỗ ngoặt. mm.

Khi A = 1,4 cho phép đặt các lá hướng dòng sát nhau ở gần thành trong của ngoặt và thưa dần ở thành ngoài. Khoảng cách giữa các lá có thể xác định theo công thức :



Hình 5.8

$$a_1 = a_1 + (i - 1) \frac{a_1}{n} \quad (5-30)$$

Trong đó :

$a_1$  : Khoảng cách giữa các dây cung của 2 lá số i và i-1

$a_1$  : Khoảng cách giữa dây cung của thành ống bên trong tại chỗ ngoặt với dây cung của lá thứ nhất

i : Số thứ tự của các lá hướng dòng (kể từ trong ra ngoài)

n : Số lá hướng dòng

$$a_1 = 0,942 \frac{b}{n + 1} \quad (5-31)$$

Lá hướng dòng thường làm bằng gỗ và đặt dưới góc  $\alpha = 48^\circ$  là có lợi nhất. Hệ số sức cản của ngoặt có lá hướng dòng có thể xác định theo các công thức thực nghiệm sau :

Khi A = 1,4 ÷ 2,23 :

$$\xi = 0,2 + 2 \left( 0,3 - \frac{R}{b} \right)^2 \quad (5-32)$$

Khi A = 0,9 :

$$\xi = 0,41 - 0,404 \frac{R}{b} \quad (5-33)$$

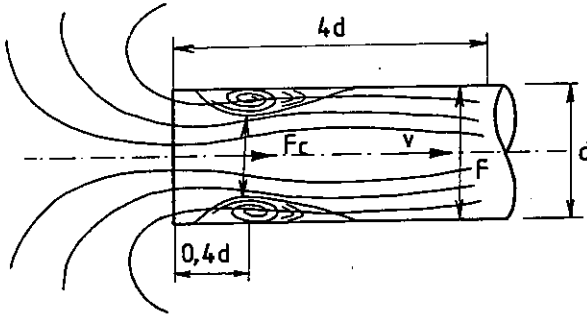
Lá hướng dòng có tiết diện hình lòng máng khó chế tạo nên trong nhiều trường hợp người ta làm bằng tôn uốn cong và trong trường hợp này hệ số sức cản tăng lên khoảng 50 ÷ 70% so với các trường hợp trên.

### 3. Sức cản cục bộ đầu mút

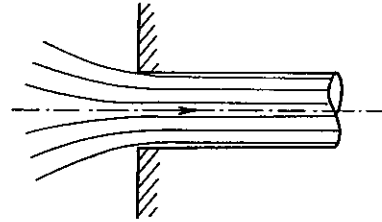
Sức cản đầu mút là sức cản ở những chỗ đi vào hoặc đi ra từ miệng ống dẫn không khí.

a) Trường hợp không khí từ bên ngoài đi vào miệng ống, do quán tính nên dòng không khí bị thất nhỏ lại ở cách miệng ống về phía trong một đoạn bằng  $0,4d$  và vùng thất dòng kéo dài trên một khoảng cách  $4d$  kể từ miệng ống. Độ thất nhỏ dòng càng nhiều nếu thành ống càng mỏng và sắc cạnh (hình 5.9).

Nếu đầu mút của ống đặt liên mật với tường thì độ thất nhỏ giảm bớt khá nhiều và do đó sức cản cũng giảm (hình 5.10).



Hình 5.9



Hình 5.10

Vì có hiện tượng thất dòng tức là có hiện tượng thay đổi tốc độ nên ở đây hệ số sức cản cũng có thể xác định theo công thức [18]:

$$\xi = \left( \frac{F}{F_c} - 1 \right)^2 \quad (5-34)$$

Nếu như thành ống quá mỏng thì tiết diện  $F_c$  có thể đạt đến trị số  $0,5 F_{\text{ống}}$  và lúc đó  $\xi = 1$  (ứng với vận tốc  $v$  trong ống).

Bé dày thành ống tăng thì  $\xi$  giảm rất nhanh. Ví dụ : khi  $\delta = 0,05d$  thì  $\xi = 0,5$ .

Để giảm bớt sức cản người ta làm miệng vào có hình phễu.

b) Trường hợp không khí từ miệng ống thổi ra ngoài không gian rộng, nơi mà tốc độ chuyển động của không khí có thể xem là bằng 0 thì tất cả năng lượng dự trữ của dòng không khí sẽ bị mất toàn bộ. Đối với miệng ống bình thường tức là không có lưới bịt đầu thì năng lượng dự trữ ấy bằng áp suất động của dòng không khí tại miệng ống, tức là  $\xi = 1$ . Khi đầu ống có bịt lưới hoặc bị cản bởi những bộ phận lá điều chỉnh thì hình dạng của dòng chảy sẽ biến đổi, tốc độ ra của không khí sẽ tăng, trường hợp đó hệ số  $\xi > 1$ . Đúng ra mà nói thì khi  $\xi = 1$  không nên xem đó là sức cản cục bộ bởi vì ngoài toàn bộ áp suất động mà dòng không khí thoát ra ngoài mang theo, miệng thổi không gây ra một sức cản cục bộ nào khác.

Để đơn giản cho tính toán, người ta xem tổng số của áp suất động bị tổn thất và tổn thất áp suất cục bộ gây ra bởi những nguyên nhân làm rối loạn dòng chảy (lưới, lá chắn điều chỉnh v.v...) của miệng ống thổi là sức cản cục bộ đầu mút của ống.

Hệ số tổn thất cục bộ đầu mút của các bộ phận phân phối không khí được quy về ứng với tốc độ dòng không khí thổi ra của các bộ phận ấy.

#### 4. Chạc ba

Chạc ba là những bộ phận của ống dẫn không khí dùng để nhập hoặc chia dòng.

Tổn thất áp suất trong các chạc ba thường khá lớn vì dòng chảy bị tách rời ra khỏi thành ống và có những va chạm không đàn hồi. Chạc ba được đặc trưng bằng các yếu tố sau : Chiều chuyển động của dòng không khí (nhập hoặc chia dòng), góc rẽ  $\alpha$ , tỉ số diện tích của các tiết diện nhánh rẽ trên tiết diện nhánh chính và tiết diện nhánh thẳng trên tiết diện nhánh chính  $\left( \frac{F_r}{F_c} ; \frac{F_t}{F_c} \right)$ .

Ngoài ra sức cản của chạc ba còn phụ thuộc vào các tỉ số lưu lượng :  $\frac{L_r}{L_c} ; \frac{L_t}{L_c}$  và tỉ số các tốc độ  $\frac{v_r}{v_c} ; \frac{v_t}{v_c}$ .

Với mục đích giảm bớt tổn thất áp suất trong các chạc ba đồng thời để tránh những hiện tượng lồi kéo lẫn nhau của các dòng khí hòa hợp hoặc khi phân rẽ người ta cố gắng chọn tiết diện của chạc ba thế nào để cho tốc độ của các dòng chính, dòng rẽ, dòng thẳng giống nhau ( $v_c = v_r = v_t$ ). Muốn thế thì diện tích các tiết diện của chạc ba phải tỉ lệ với lưu lượng, tức là :

$$\frac{L_c}{F_c} = \frac{L_r}{F_r} = \frac{L_t}{F_t} \text{ hay là : } \frac{L_c}{d_c^2} = \frac{L_r}{d_r^2} = \frac{L_t}{d_t^2}$$

Lưu lượng ở tiết diện chính bằng tổng số lưu lượng ở hai tiết diện kia :  $L_c = L_r + L_t$  cho nên khi tốc độ bằng nhau  $v_c = v_r = v_t$  thì :  $d_c^2 = d_r^2 + d_t^2$ .

Góc rẽ của chạc ba tốt nhất là trong khoảng  $\alpha = 10 \div 15^\circ$  (đối với ống bằng tôn).

Đối với chạc ba trên đường ống hút (nhập dòng) thì khi  $v_r < v_t$  hệ số sức cản của chúng sẽ âm, tức là dòng không khí đi trong nhánh thẳng tạo thêm được sức hút đối với dòng không khí ở nhánh rẽ.

Tổn thất áp suất vì ma sát trong chạc ba phải được kể chung với tổn thất áp suất vì ma sát của đoạn ống kể với nó bằng cách tăng chiều dài thêm một đoạn bằng độ dài của chạc ba.

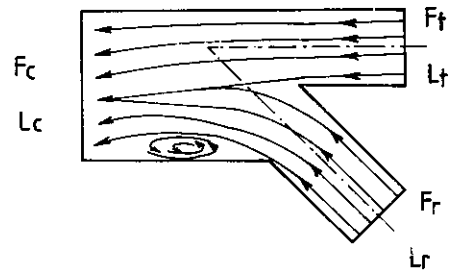
Trong những trường hợp cụ thể, hệ số sức cản cục bộ có thể tra ở các bảng hoặc đồ thị (xem phụ lục 4).

### 5.3. TÍNH TOÁN ỐNG DẪN TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT

Ống dẫn tiết diện chữ nhật có hệ số ma sát khác với ống tròn, do đó tổn thất áp suất trong hai loại ống này khác nhau khá nhiều. Để tiện lợi trong tính toán, nghĩa là có thể lợi dụng được tất cả những biểu đồ, bảng số dùng cho ống tròn để tính toán đường ống có tiết diện chữ nhật, người ta đưa ra khái niệm *đường kính tương đương*. Đường kính tương đương có thể là theo lưu lượng, theo vận tốc hoặc theo diện tích.

#### 1. Đường kính tương đương theo vận tốc

Đường kính tương đương theo vận tốc  $d_{ld(v)}$  của một ống tiết diện hình chữ nhật cạnh  $a \times b$  cho trước là đường kính của một ống tròn có cùng chiều dài sao cho khi vận tốc trung bình của không khí trong chúng bằng nhau thì tổn thất về ma sát bằng nhau.



Hình 5.11



Theo định nghĩa trên và áp dụng công thức (5-7) ta có :

$$R = \varphi \frac{U}{F} \frac{v^2}{2g} \quad \gamma = \varphi \frac{U_0^{td}}{F_0^{td}} \frac{v^2}{2g} \quad \gamma$$

Trong đó :  $U$  ,  $F$  ,  $U_0^{td}$  ,  $F_0^{td}$  lần lượt là chu vi và tiết diện của ống chữ nhật và của ống tròn tương đương.

Thay vào đẳng thức trên các biểu thức của chu vi và diện tích tiết diện tương ứng ta có :

$$\varphi \frac{2(a+b)}{ab} \frac{v^2}{2g} \quad \gamma = \varphi \frac{\pi d_{td}}{\pi d_{td}^2} \frac{v^2}{2g} \quad \gamma = \varphi \frac{4}{d_{td}} \frac{v^2}{2g} \quad \gamma$$

Từ đó ta có :

$$d_{td(v)} = \frac{2ab}{a+b} \tag{5-35}$$

Nếu ống có tiết diện vuông với cạnh là  $a$  thì :  $d_{td(v)} = a$ .

Khi thay thế đường ống có tiết diện chữ nhật bởi đường ống tròn với đường kính tương đương  $d_{td(v)}$  tính theo công thức trên thì diện tích tiết diện ngang của chúng sẽ khác nhau, trong đó diện tích của tiết diện chữ nhật lớn hơn khá nhiều so với diện tích của tiết diện tròn tương đương. Vì vậy khi nhận vận tốc trong chúng bằng nhau thì lưu lượng trong ống tròn tương đương sẽ bé hơn lưu lượng thực tế trong ống chữ nhật đang xem xét.

Như vậy, để tính toán tổn thất áp suất do ma sát của đường ống tiết diện chữ nhật, ta căn cứ vào vận tốc  $v$  thực tế trong ống chữ nhật đang xem xét và đường kính tương đương  $d_{td(v)}$  xác định theo công thức (5-35) rồi dùng bảng tính toán thủy lực cho ống tròn (phụ lục 3) để tra tổn thất áp suất ma sát đơn vị  $R$ .

Đặt  $\frac{a}{b} = n$  ( $a$  - cạnh lớn,  $b$  - cạnh bé của tiết diện chữ nhật) từ công thức (5-35) ta có :

$$d_{td(v)} = 2b \frac{n}{n+1}$$

Lúc đó tỉ số diện tích cũng đồng thời là tỉ số lưu lượng trong ống tròn với đường kính tương đương và trong ống chữ nhật sẽ là :

$$\alpha = \frac{F_0}{F} = \frac{L_0}{L} = \frac{\frac{\pi}{4} d_{td}^2}{ab} = \frac{\frac{\pi}{4} \left( 2b \frac{n}{n+1} \right)^2}{n b^2} = \pi \frac{n}{(n+1)^2} \tag{5-36}$$

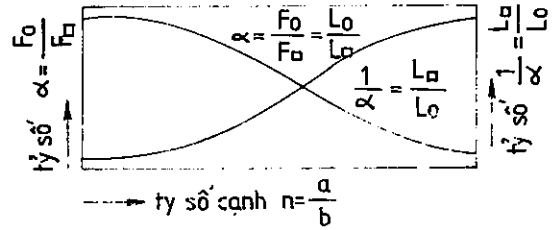
Ta nhận thấy  $\alpha$  phụ thuộc vào tỉ số các cạnh của tiết diện ống chữ nhật.

Khi	$n = 1$ (tiết diện vuông)	thì	$\alpha = 0,785$
	$n = 2$		$\alpha = 0,7$
	$n = 3$		$\alpha = 0,59$
	$n = 4$		$\alpha = 0,5$
	$n = 5$		$\alpha = 0,436$

Mối quan hệ giữa  $\alpha$  và  $n$  có thể biểu diễn trên đồ thị hình 5.12.

## 2. Đường kính tương đương theo lưu lượng

Khi tính toán hệ thống ống dẫn không khí thông thường lưu lượng là đại lượng cho trước. Do đó người ta đưa ra khái niệm về đường kính tương đương theo lưu lượng, tức là thay ống tiết diện chữ nhật bởi một ống tròn có đường kính tương đương  $d_{td(L)}$  sao cho khi lưu lượng trong chúng bằng nhau thì tổn thất áp suất do ma sát cũng bằng nhau. Từ định nghĩa ấy ta có :



Hình 5.12

Đối với ống tiết diện chữ nhật :

$$R = \varphi \frac{U}{F} \frac{v^2}{2g} \gamma = \varphi \frac{2(a+b)}{a b} \left( \frac{L}{ab} \right)^2 \frac{\gamma}{2g} = 2\varphi \frac{a+b}{(ab)^3} \frac{L^2}{2g} \gamma \quad (5-37)$$

Đối với ống tiết diện tròn :

$$R_o = \varphi \frac{U}{F} \frac{v^2}{2g} \gamma = \varphi \frac{\pi d}{\pi d^2} \left( \frac{L}{\pi d^2} \right)^2 \frac{\gamma}{2g} = 4\varphi \frac{1}{d^5 \left( \frac{\pi}{4} \right)^2} \frac{L^2}{2g} \gamma \quad (5-38)$$

Cân bằng 2 đẳng thức (5-37) và (5-38) ta có :

$$2\varphi \frac{a+b}{(ab)^3} \frac{L^2}{2g} \gamma = 4\varphi \frac{1}{d^5 \left( \frac{\pi}{4} \right)^2} \frac{L^2}{2g} \gamma$$

Từ đó :

$$d_{td(L)} = 1,265 \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}} \quad (5-39)$$

Từ công thức (5-39) ta tìm được tỉ số giữa diện tích của tiết diện chữ nhật và tiết diện tròn tương đương theo lưu lượng như sau :

$$\beta = \frac{F_o^{(d(L))}}{F} = \frac{\frac{\pi}{4} d_{td(L)}^2}{a b} = \frac{\frac{\pi}{4} \left[ 1,265 \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}} \right]^2}{n b^2} = 1,257 \frac{n^{0,2}}{(1+n)^{0,4}} \quad (5-40)$$

và như thế tỉ số các trị số vận tốc trong ống chữ nhật và ống tròn tương đương sẽ bằng :

$$\frac{v_o}{v} = \frac{1}{\beta} \quad (5-41)$$

Khi  $n$  càng lớn, nghĩa là tiết diện chữ nhật càng lép thì hệ số  $\beta$  càng bé tức là diện tích tiết diện tròn tương đương càng bé hơn diện tích tiết diện chữ nhật, và do đó vận tốc trong nó sẽ càng lớn hơn.

Khi  $n = 1$  tức là tiết diện vuông thì  $\frac{v_o}{v} = 1,05$

Khi  $n = 5$  thì  $\frac{v_o}{v} = 1,18$

Nếu so sánh tổn phí vật liệu (tôn) để làm ống tròn và ống chữ nhật khi lưu lượng trong chúng bằng nhau và tổn thất áp suất ma sát cũng bằng nhau thì ta thấy rằng làm ống tròn kinh tế hơn so với ống chữ nhật. Quả vậy, ta so sánh diện tích xung quanh của 1m dài đường ống loại tiết diện chữ nhật S và tiết diện tròn  $S_o$  :

$$\varepsilon = \frac{S_o}{S} = \frac{\pi d_{td(L)}}{2(a+b)} = \frac{\pi 1,265 \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}}}{2(a+b)} = 1,987 \frac{n^{0,6}}{(1+n)^{1,2}} \quad (5-42)$$

Khi  $n = 1$  (tiết diện vuông) thì  $\varepsilon = 0,87$ , tức là ống tròn tiết kiệm được 13% tôn so với ống vuông.

Khi  $n = 2$  tiết kiệm được 20% ( $\varepsilon = 0,805$ ) và khi  $n = 5$  tiết kiệm được 40% ( $\varepsilon = 0,608$ ).

Từ đó ta thấy rằng ống có tiết diện vuông và nhất là chữ nhật có tỉ số cạnh lớn không có lợi về mặt kinh tế và người ta thường chuộng ống tròn nhất là trong công nghiệp, chỉ trong những trường hợp không thể tránh được mới làm ống có tiết diện chữ nhật hoặc vuông.

Điều cần chú ý là khi tính tổn thất áp suất do ma sát của đường ống tiết diện chữ nhật theo đường kính  $d_{td(L)}$  thì phải căn cứ vào lưu lượng và đường kính xác định theo công thức (5-39) để tra ra R.

### 3. Đường kính tương đương theo diện tích $d_{td(F)}$

Ngoài 2 loại đường kính tương đương theo vận tốc và theo lưu lượng đã nghiên cứu trên đây, người ta còn áp dụng khái niệm về đường kính tương đương theo diện tích, tức là thay ống chữ nhật bằng một ống tròn có diện tích tiết diện bằng nhau. Trong trường hợp đó đường kính tương đương sẽ là :

$$\frac{\pi}{4} d_{td(F)}^2 = ab \rightarrow d_{td(F)} = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}} \quad (5-43)$$

Lúc đó nếu vận tốc và do đó lưu lượng bằng nhau thì tổn thất áp suất do ma sát trong chúng sẽ khác nhau. Chúng ta hãy tìm tỉ số giữa tổn thất áp suất ma sát trong ống chữ nhật R và ống tròn  $R_o$  trong trường hợp dùng đường kính tương đương theo diện tích.

$$\varepsilon = \frac{R}{R_o}$$

Trong đó :

$$R = 2\varphi \frac{a+b}{ab} \frac{v^2}{2g} \gamma \quad \text{và} \quad R_o = \varphi \frac{\pi \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}}{\frac{\pi}{4} \frac{4ab}{\pi}} \frac{v^2}{2g} \gamma$$

$$\text{Sau khi rút gọn ta có :} \quad \varepsilon = 0,564 \frac{n+1}{n^{0,5}} \quad (5-44)$$

Từ công thức (5-44) ta thấy rằng tỉ số tổn thất áp suất phụ thuộc vào tỉ số các cạnh của tiết diện chữ nhật n (n càng lớn thì  $\varepsilon$  càng lớn).

Khi  $n = 1 \rightarrow \varepsilon = 1,13$

Khi  $n = 5 \rightarrow \varepsilon = 1,51$

Như vậy ống dẫn không khí tiết diện chữ nhật được tính toán như ống tròn, tức là căn cứ vào 2 trong 3 thông số : Lưu lượng  $L$ , vận tốc  $v$  và  $d_{id(F)}$  mà  $d_{id(F)}$  được xác định theo công thức (5-43) để tra ra  $R$ , sau đó nhân  $R$  với hệ số  $\varepsilon$  theo công thức (5-44) ta sẽ được tổn thất áp suất ma sát đơn vị của ống chữ nhật đang tính toán  $R$ .

Những phương pháp tính toán ống dẫn không khí có tiết diện chữ nhật nêu ra trên đây đều dựa trên cơ sở 1 đại lượng trung gian là đường kính tương đương.

Nếu là đường kính tương đương theo vận tốc thì gặp phải sự khác nhau về lưu lượng. Nếu là đường kính tương đương về lưu lượng thì gặp phải sự khác nhau về vận tốc và cuối cùng nếu là đường kính tương đương theo diện tích thì gặp phải sự khác nhau về tổn thất áp suất. Vì thế mỗi một phương pháp trên đều có ưu, nhược điểm của nó. Tùy theo trường hợp mà ta có thể dùng phương pháp này hoặc phương pháp khác.

Ở đây điều cốt yếu cần chú ý để khỏi nhầm lẫn khi dùng bảng số ống tròn để tra trị số  $R$  cho ống chữ nhật là :

- Nếu dùng đường kính tương đương theo vận tốc thì căn cứ vào 2 thông số vận tốc và đường kính để tra ra  $R$ .

- Nếu dùng đường kính tương đương theo lưu lượng thì căn cứ vào lưu lượng và đường kính.

- Và cuối cùng khi dùng đường kính tương đương theo diện tích thì có thể căn cứ vào 2 trong 3 thông số  $L$ ,  $d$  và  $v$  để tra ra  $R$ , sau đó nhân thêm hệ số điều chỉnh  $\varepsilon$  theo công thức (5-44).

#### 5.4. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THỦY LỰC HỆ THỐNG ĐƯỜNG ỐNG THÔNG GIÓ (HỆ THỐNG ỐNG DẪN KHÔNG KHÍ)

Dựa theo nội dung của việc tính toán ta có thể chia thành các trường hợp tính toán như sau đối với một hệ thống đường ống đã vạch sẵn :

##### 1. Trường hợp 1 :

Biết lưu lượng, chọn đường kính của ống để có vận tốc chuyển động của không khí nằm trong phạm vi cho phép, tính tổn thất áp suất (tức là sức cản của đường ống), sau đó chọn máy quạt có khả năng gây được hiệu số áp suất đủ để thắng sức cản của đường ống.

##### 2. Trường hợp 2 :

Biết lưu lượng và hiệu số áp suất cũng tức là tổn thất áp suất hay sức cản, tính tiết diện ống.

##### 3. Trường hợp 3 :

Khả năng gây ra hiệu số áp suất của máy quạt đã biết, đường ống đã có sẵn (tức ngoài sơ đồ và độ dài còn biết cả đường kính của tất cả các nhánh). Cần xác định lưu lượng chung của hệ thống và lưu lượng trên các nhánh.

Trong các trường hợp nêu trên, 2 trường hợp đầu là đơn giản hơn cả và thường đi đôi với nhau khi tính toán thiết kế đường ống thông gió.

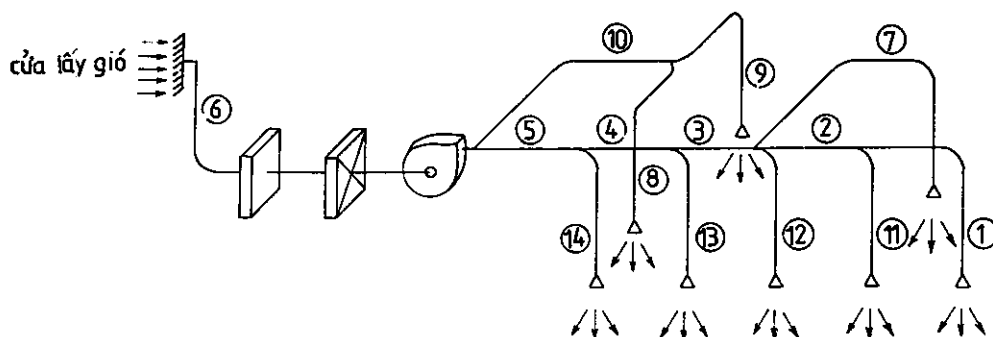
Để giải quyết các trường hợp tính toán nói trên, ta có thể áp dụng nhiều phương pháp khác nhau, cụ thể là :

- Tổn thất áp suất đơn vị
- Độ dài tương đương
- Sức cản cục bộ tương đương
- Tiết diện tròn (lỗ tròn) tương đương
- Vận chuyển đơn vị thể tích.

Sau đây ta lần lượt làm quen với từng phương pháp một mà chủ yếu là phương pháp tổn thất áp suất đơn vị vì nó đơn giản và thường được áp dụng rộng rãi hơn cả.

#### 5.4.1. Phương pháp tổn thất áp suất đơn vị

Ví dụ : Ta có hệ thống đường ống thông gió như hình vẽ (hình 5.13).



Hình 5.13

Vấn đề ở đây là chọn tiết diện ống (xác định đường kính) và tính tổn thất áp suất khi đã biết lưu lượng và độ dài của tất cả các nhánh. Đó là thuộc về trường hợp tính toán thứ nhất.

Đầu tiên ta chọn tuyến đường ống bất lợi nhất, gọi đó là tuyến ống chính và đánh số các đoạn của nó bắt đầu từ ngọn đến gốc. Mỗi đoạn có lưu lượng không đổi và do đó ta sẽ chọn đường kính không đổi. Vì lưu lượng đã biết nên ta chọn đường kính thế nào để cho vận tốc chuyển động của không khí trong ống nằm trong phạm vi hợp lý (xuất phát từ điều kiện kinh tế và kỹ thuật xem bảng 5-4).

Biết được vận tốc, lưu lượng và đường kính dùng bảng số hoặc biểu đồ để tra tổn thất áp suất ma sát đơn vị  $R$ , sau đó tính ra tổn thất áp suất ma sát trên cả đoạn ống theo công thức (5-7) và có kể đến (5-15).

Tiếp theo tính tổn thất áp suất cục bộ bằng công thức (5-16) sau khi đã thống kê các loại chướng ngại trên đoạn ống và tra được hệ số sức cản cục bộ của chúng.

Tiến hành như vậy cho tất cả các đoạn trên tuyến ống chính và cuối cùng tổng cộng các trị số tổn thất ma sát và cục bộ kể cả tổn thất áp suất trong các thiết bị đặt trên tuyến ống chính như lưới lọc bụi, bộ sấy không khí v.v., ta được tổng sức cản của hệ thống đường ống :

$$\Delta P_{ht} = \sum_{i=1}^n (\Delta P_{ms(i)} + \Delta P_{cb(i)}) + \sum \Delta P_{th. bi} \quad (5-45)$$

Trong đó :

$\Delta P_{ht}$  : Tổng tổn thất áp suất của toàn bộ hệ thống kể cả những thiết bị xử lý không khí đặt trên tuyến ống chính

$\Delta P_{ms(i)}$  ,  $\Delta P_{cb(i)}$  : Lần lượt là tổn thất áp suất ma sát và cục bộ trên đoạn thứ i.

$\sum \Delta P_{th. bi}$  : Sức cản của các thiết bị xử lý không khí đặt trên tuyến chính.

Căn cứ vào lưu lượng và tổn thất toàn phần của cả hệ thống tính theo công thức (5-45) người ta chọn máy quạt và sau đó là động cơ điện.

Tính toán thủy lực đường ống theo phương pháp này thường được tiến hành theo bảng có dạng sau (bảng 5-3) :

Bảng 5-3

MẪU BIỂU TÍNH TOÁN THỦY LỰC ĐƯỜNG ỐNG THÔNG GIÓ

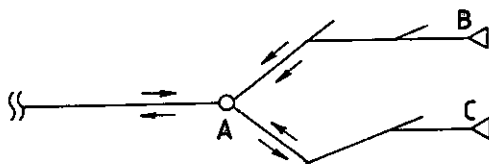
N <sup>o</sup> - của đoạn ống	Lưu lượng L, m <sup>3</sup> /h	Độ dài đoạn ống l, m	Vận tốc v, m/s	Đường kính d, mm	Tổn thất a/s đơn vị đktc R, mm H <sub>2</sub> O/m	Hệ số điều chỉnh theo nhiệt độ $\eta$	Hệ số điều chỉnh theo độ nhám n	Tổn thất ma sát $\Delta P_{ms} = n \cdot \eta \cdot R \cdot l$	Tổng hệ số sức cản cục bộ trên đoạn ống $\sum \xi$	Áp suất động : $P_d = \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma$	Tổn thất a/s cục bộ $\Delta P_{cb} = \sum \xi \cdot P_d$	Tổn thất a/s toàn phần $\Delta P = \Delta P_{ms} + \Delta P_{cb}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Đoạn 1												
Đoạn 2												
Đoạn 3												
...												
Đoạn n												
Th bị 1												
Th bị 2												
...												
Tổng cộng $\Delta P_{ht} = \dots$												

Trong tính toán thực tế đối với đường ống bằng tôn thì vì độ nhám của nó gần đúng với độ nhám tiêu chuẩn ( $\Delta = 0,1\text{mm}$ ), còn ảnh hưởng của nhiệt độ không đáng kể, nên các hệ số điều chỉnh  $\eta$  và n đều nhận bằng đơn vị và do đó cột 7 và 8 của bảng tính có thể bỏ đi.

Tính xong tuyến chính, tiếp theo ta cần tính các nhánh phụ.

Nguyên tắc tính các nhánh phụ là : Từ một điểm nút, tổn thất áp suất trên các nhánh quy về đó hoặc từ đó xuất phát đi đều bằng nhau. Ví dụ ta có sơ đồ đường ống (hình 5.14) thì :

$$\Delta P_{AB} = \Delta P_{AC}$$



Xuất phát từ nguyên tắc đó, đối với hệ thống đường ống cho ở hình 5.13 ta sẽ có :

$$\Delta P_{(7)} = \Delta P_{(1)} + \Delta P_{(2)}$$

Hình 5.14

$$\Delta P_{(9)} + \Delta P_{(10)} = \Delta P_{(1)} + \Delta P_{(2)} + \Delta P_{(3)} + \Delta P_{(4)} + \Delta P_{(5)}$$

Như vậy có nghĩa là sau khi tính toán xong tuyến ống chính thì tổn thất áp suất trên các nhánh phụ biết được và bây giờ chỉ cần xác định đường kính của chúng. Đó chính là trường hợp tính toán thứ hai. Để giải quyết bài toán này, trước tiên ta tìm tổn thất ma sát đơn vị gắn dung của nhánh phụ :

$$R' = \frac{\sum \Delta P_i - \Delta P_{cb}}{\sum l}, \quad \text{kg/m}^2 \cdot \text{m} \text{ hay } \text{mmH}_2\text{O/m}.$$

$\sum \Delta P_i$  : Là tổng cộng tổn thất áp suất toàn phần của các đoạn trên tuyến ống chính nối song song với nhánh ống phụ đang xem xét.

$\sum l$  : Là tổng số độ dài các đoạn trên nhánh phụ.

$\Delta P_{cb}$  : Là tổn thất áp suất cục bộ phòng chùng trên nhánh phụ lấy khoảng 40 ÷ 90% tổn thất áp suất toàn phần.

Sau đó dựa vào  $R'$  và lưu lượng của từng đoạn mà tra ra đường kính. Đường kính tra được có thể lẻ, cần lấy tròn lên bằng đường kính quy chuẩn gần nhất, do đó cần tính lại tổn thất áp suất áp ma sát và cục bộ thực. Kết quả tính lại nếu khớp với trị số tổn thất áp suất biết trước thì tốt, nếu không, cần điều chỉnh đường kính ống. Quá trình tính toán cũng có thể tiến hành theo bảng trên.

Khi tính toán thủy lực hệ thống đường ống thông gió ta cần chọn vận tốc nằm trong phạm vi cho phép xuất phát từ điều kiện kỹ thuật và kinh tế. Về mặt kỹ thuật, nếu vận tốc quá lớn sẽ gây ồn và rung động, đường ống cần phải có độ bền cao để khỏi bị phá vỡ vì áp suất lớn. Còn về kinh tế, vận tốc lớn đường ống sẽ có tiết diện nhỏ, tiết kiệm được vật liệu, giá thành chế tạo rẻ. Nhưng vận tốc lớn thì tổn thất áp suất cũng lớn, máy quạt tiêu thụ nhiều điện năng, do đó giá thành sử dụng sẽ đắt. Đó là những xuất phát điểm để đi đến tiêu chuẩn hóa vận tốc không khí bên trong ống dẫn.

Ở hàng dưới đây là trị số vận tốc không khí cho phép bên trong các loại đường ống thông gió khác nhau (theo tài liệu của Liên Xô cũ).

**Bảng 5-4**

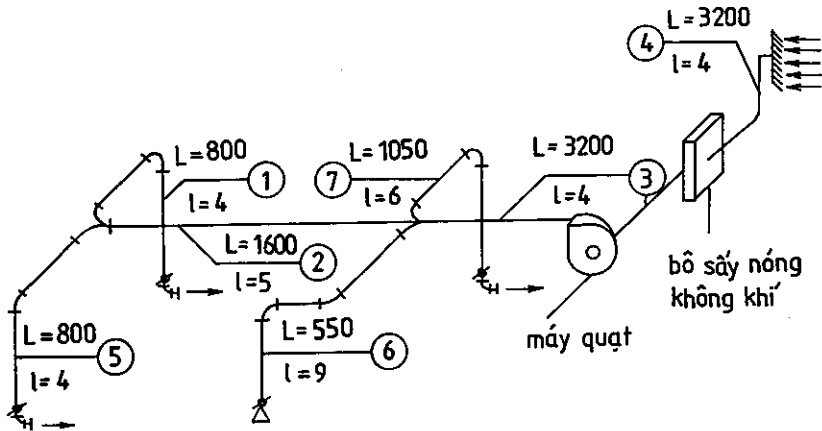
**TRỊ SỐ VẬN TỐC V m/s TRONG ĐƯỜNG ỐNG THÔNG GIÓ**

STT	Loại ống dẫn và các bộ phận thổi, hút	Trong các nhà dân dụng công cộng		Trong nhà công nghiệp
		TG trọng lực	TG cơ khí	TG cơ khí
1	Cửa lá sách của bộ phận thu không khí từ ngoài vào	0,5 ÷ 1	2,0 ÷ 4,0	2 ÷ 4
2	Miệng thổi đặt chân tường (gắn sàn)	0,2 ÷ 0,5	0,2 ÷ 0,5	
3	Miệng thổi đặt gắn trần	0,5 ÷ 1,0	1,0 ÷ 2,0	
4	Miệng hút không khí	0,5 ÷ 1,0	1,0 ÷ 2,0	
5	Bộ phận thải khí ra ngoài trời	1,0 ÷ 1,5	3,0 ÷ 6,0	4 ÷ 6
6	Mương dẫn và ống dẫn nằm ngang	0,5 ÷ 0,8	5,0 ÷ 8,0	5 ÷ 12 (20)
7	Mương dẫn, ống dẫn đứng của các nhánh rẽ	0,5 ÷ 1,0	1,0 ÷ 5,0	2 ÷ 8 (10)

Ví dụ 5-1 : Tính toán thủy lực hệ thống thông gió thổi vào (hình 5.15)

1. Trên sơ đồ hệ thống đường ống dựa theo quy tắc đã chú dẫn ta đánh số thứ tự các đoạn và ghi rõ độ dài cũng như lưu lượng của chúng.

2. Căn cứ vào lưu lượng không khí L, chọn vận tốc v thích hợp dùng bảng (phụ lục 3) tra ra đường kính d, tổn thất ma sát đơn vị R và áp suất động  $P_d = \frac{v^2}{2g} \gamma$ . Những số liệu tra được ghi vào bảng tính (cột 4, 5, 6, và 9, bảng 5-5).



Hình 5.15

Bảng 5-5

TÍNH THỦY LỰC HỆ THỐNG ĐƯỜNG ỐNG THÔNG GIÓ

Số TT	L, $\frac{m^3}{h}$	l, m	v, $\frac{m}{s}$	d, mm	R, $\frac{kG}{m^2 \cdot m}$	R.l	$\sum \xi$	$\frac{v^2}{2g} \cdot \gamma$	$\Delta P_{cb}$ , $\frac{kG}{m^2}$	$\Delta P = Rl + \Delta P_{cb}$ , $\frac{kG}{m^2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	800	4	7,5	195	0,35	1,4	1,7	3,44	5,85	7,25
2	1600	5	8,1	265	0,276	1,38	0,0	4,02	0,0	1,38
3	3200	5	8,1	375	0,189	0,949	0,25	4,02	1,0	1,95
4	3200	4	4,6	495	0,047	0,19	1,85	1,30	2,4	2,59
Tổng cộng $\Delta P = 13,17 \text{ kG/m}^2$										
Nhánh phụ số 5 (giống đoạn 1)										
5	800	4	7,5	195	0,35	1,4	1,7	3,44	5,85	7,25
Nhánh phụ số 6 : $\Delta P = 8,63 \text{ kG/m}^2$										
6	550	9	7	165	0,382	3,44	1,7	3	5,1	8,54
Nhánh phụ số 7 : $\Delta P = 8,63 \text{ kG/m}^2$										
7	1050	6	8	215	0,346	2,06	1,7	3,92	6,65	8,35



3. Nhân trị số R ở cột 6 với độ dài  $l$  của đoạn ống (cột 3) ta được trị số tổn thất áp suất ma sát trên đoạn ống và ghi vào cột 7.

Chú thích : Ở đây ta xem như đường ống có độ nhám tiêu chuẩn và không khí ở nhiệt độ bình thường ( $20^{\circ}\text{C}$ ) nên các hệ số điều chỉnh đều bằng đơn vị.

4. Thống kê các chương ngại cục bộ trên mỗi đoạn ống và dùng bảng (phụ lục 4) tra ra hệ số sức cản  $\xi$  của chúng, tổng cộng lại theo từng đoạn và ghi vào cột 8.

5. Nhân trị số  $\sum \xi$  (cột 8) với áp suất động (cột 9) ta được trị số tổn thất áp suất cục bộ  $\Delta P_{cb}$  và ghi vào cột 10.

6. Cộng các trị số thu được ở cột 7 và 10 ta được tổn thất áp suất toàn phần trên mỗi đoạn, ghi vào cột 11. Tổng cộng các trị số ở cột 11 ta được tổn thất áp suất toàn phần trên toàn bộ hệ thống :  $\Delta P = 13,17 \text{ kG/m}^2$  (chưa kể tổn thất áp suất trong bộ sấy không khí).

7. Tiếp theo cần tính các nhánh phụ. Hiệu số áp suất của các nhánh phụ biết được, cụ thể đối với nhánh 5 là  $7,25 \text{ kG/m}^2$ , nhánh 6 và nhánh 7 là  $7,25 + 1,38 = 8,63 \text{ kG/m}^2$ . Từ đó chọn đường kính thế nào để cho tổn thất áp suất bằng hoặc bé hơn không nhiều lắm (không quá 5%) so với hiệu số áp suất đã biết.

8. Ghi chú hệ số sức cản cục bộ

*Đoạn 1 :*

- Miệng thổi	$\xi = 1,05$
- Ngoặt $90^{\circ}$ : 2 cái với $\frac{R}{d} = 2$	$\xi = 0,15.2 = 0,3$
- Lá điều chỉnh	$\xi = 0,05$
- Chạc ba	$\xi = 0,3$
Tổng cộng	$\sum \xi = 1,7$

*Đoạn 2 :*

- Chạc tư nhánh thẳng	$\xi = 0$
-----------------------	-----------

*Đoạn 3 :*

- Loa (nối vào quạt)	$\xi = 0,1$
- Thất dòng đột ngột với $\frac{F_0}{F_1} = 0,8$	$\xi = 0,15$
Tổng cộng	$\sum \xi = 0,25$

*Đoạn 4 :*

- Ngoặt gãy $90^{\circ}$	$\xi = 1,1$
- Cửa lấy gió vào $\frac{H}{d_0} = 0,5$	$\xi = 0,75$

Tổng cộng  $\sum \xi = 1,85$

Các nhánh phụ 5, 6 và 7 có tổng hệ số sức cản cục bộ giống như đoạn 1 :  $\sum \xi = 1,7$ .

### 5.4.2. Phương pháp độ dài tương đương

Nội dung của phương pháp này là thay thế các chúong ngại trên mỗi đoạn ống bằng cách tăng chiều dài của nó thêm một đại lượng là  $l_{td}$  sao cho tổn thất ma sát trên đoạn ống thêm đúng bằng tổn thất cục bộ do các chúong ngại gây ra. Lúc đó người ta gọi  $l_{td}$  là độ dài tương đương của các chúong ngại cục bộ trên đoạn ống. Từ định nghĩa trên ta có :

$$\lambda \frac{l_{td}}{d} \frac{v^2}{2g} \gamma = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \gamma$$

Từ đó ta rút ra được :

$$l_{td} = \sum \xi \frac{d}{\lambda}, \quad m \quad (5-46)$$

Độ dài tổng của đoạn ống sẽ bằng tổng số độ dài thực và độ dài tương đương của đoạn ống :

$$l_{tg} = l + l_{td}, \quad m \quad (5-47)$$

và tổn thất áp suất toàn phần trên đoạn ống sẽ là :

$$\Delta P = R l_{tg}, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-48)$$

Trình tự tính toán theo phương pháp độ dài tương đương như sau :

- Giả thiết vận tốc trên đoạn ống, biết lưu lượng, dùng bảng tra được đường kính và trị số R. Sau đó tính tỉ số  $d/\lambda$ .
- Xác định các hệ số sức cản cục bộ của đoạn ống và tính độ dài tương đương theo công thức (5-46), độ dài tổng  $l_{tg}$  theo công thức (5-47).
- Xác định tổn thất toàn phần của đoạn theo công thức (5-48).
- Tổng cộng tổn thất toàn phần trên tất cả các đoạn của nhánh chính ta được sức cản của toàn bộ hệ thống và căn cứ vào đó mà chọn máy quạt.

Thường thì độ dài tương đương có thể tra theo bảng hoặc đồ thị khi đã biết đường kính và hệ số sức cản cục bộ. Tính toán các nhánh rẽ (tức là những nhánh song song) cũng tiến hành theo phương pháp đã trình bày ở phần trước.

### 5.4.3. Phương pháp tổn thất áp suất cục bộ tương đương

Đây là trường hợp ngược lại với phương pháp độ dài tương đương tức là thay thế tổn thất áp suất ma sát bằng tổn thất áp suất cục bộ tương đương.

$$\lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \gamma = \xi_{td} \frac{v^2}{2g} \gamma$$

Từ đó ta có :

$$\xi_{td} = \lambda \frac{l}{d} \quad (5-49)$$

và lúc bấy giờ hệ số sức cản cục bộ tổng của đoạn ống sẽ bằng tổng số hệ số sức cản cục bộ thực và hệ số sức cản cục bộ tương đương :

$$\sum \xi_{tg} = \sum \xi + \xi_{td} \quad (5-50)$$

Tổn thất áp suất toàn phần trên đoạn ống sẽ là :

$$\Delta P = \sum \xi_{tg} \frac{v^2}{2g} \gamma$$

Trình tự tính toán cũng tương tự như phương pháp tổn thất áp suất đơn vị.

#### 5.4.4. Phương pháp lỗ tròn tương đương

Nội dung của phương pháp này là : Một đoạn ống riêng biệt hoặc một hệ thống đường ống có thể thay thế bằng một vòi ngắn hoặc một lỗ tròn trên thành mỏng sao cho khi lưu lượng chảy trong ống dẫn và chảy qua lỗ tròn bằng nhau thì tổn thất áp suất bằng nhau.

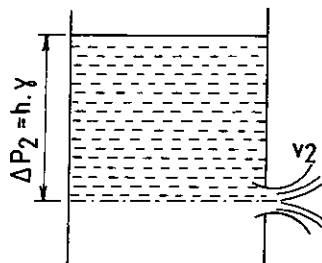
Như vậy lỗ tròn tương đương của một đoạn ống được xác định theo điều kiện :

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 \text{ và } L_1 = L_2$$

Trong đó :  $\Delta P_1$  và  $\Delta P_2$  lần lượt là tổn thất áp suất trong đoạn ống và tổn thất áp suất khi chảy qua lỗ tròn trên thành mỏng mà trong đó hiệu số áp suất trong và ngoài bình tại mặt cắt đi qua lỗ được giữ cố định là  $\Delta P_2$  (hình 5.16).

$L_1, L_2$  : là lưu lượng trong ống và lưu lượng chảy qua lỗ tròn tương đương.

Điều cần chú ý là khi dịch thể chảy qua lỗ trên thành mỏng thì sức cản cục bộ  $\xi = 1$ , tức là toàn bộ áp suất động của dòng chảy bị mất, do đó nếu kí hiệu  $v_1$  và  $v_2$  là vận tốc không khí trong ống và tại miệng lỗ ta có thể viết :



Hình 5.16

$$\Delta P_{\text{ống}} = \Delta P_{\text{lỗ}} \rightarrow \lambda \frac{l_{tg}}{d} \frac{v_1^2}{2g} \gamma = \frac{v_2^2}{2g} \gamma$$

hay là :

$$\frac{\lambda}{d^5} l_{tg} \frac{L_1^2}{\left(\frac{\pi}{4}\right)^2} \frac{\gamma}{2g} = \frac{L_2^2}{F_{\text{lỗ}}^2} \frac{\gamma}{2g}$$

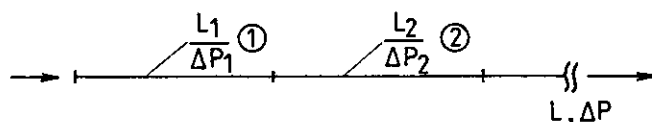
Từ đó ta có thể rút ra được công thức để xác định diện tích lỗ tương đương  $F_{\text{lỗ}}$  của một đoạn ống có kích thước cho trước :

$$F_{\text{lỗ}} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{d^5}{\lambda l_{tg}}} \text{ hay là } F_{\text{lỗ}} = F_{\text{ống}} \sqrt{\frac{d}{\lambda l_{tg}}} \quad (5-51)$$

Trong đó  $d$  và  $F_{\text{ống}}$  là đường kính và diện tích tiết diện ngang của ống tròn.

Từ công thức (5-51) ta thấy diện tích lỗ tròn tương đương chỉ phụ thuộc vào  $\lambda$ ,  $d$  và  $l_{tg}$  của ống mà không phụ thuộc vào lưu lượng và vận tốc. Đối với vùng chảy rối trong ống nhám khi độ nhám  $K = \text{const}$  thì  $\lambda$  chỉ phụ thuộc vào  $d$ , cho nên chung quy lại  $F_{\text{lỗ}}$  là một hàm số của  $d$  và  $l_{tg}$ . Do đó có thể lập được biểu đồ hay bảng số một cách dễ dàng để tra ra diện tích của lỗ tương đương khi biết  $d$  và  $l_{tg}$  của ống.

a) Lỗ tương đương của hai đoạn ống nối tiếp nhau (hình 5.17)



Hình 5.17

Khi hai đoạn ống nối tiếp nhau ta sẽ có tổn thất chung trên cả hai đoạn bằng tổng số tổn thất của từng đoạn riêng biệt, còn lưu lượng thì như nhau :

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2$$

và

$$L = L_1 = L_2$$

Đó là điều kiện để xác định diện tích lỗ tròn tương đương của hai đoạn ống nối tiếp. Ta có thể viết :

$$\frac{L^2}{F_{td}^2} \frac{\gamma}{2g} = \frac{L_1^2}{F_{td(1)}^2} \frac{\gamma}{2g} + \frac{L_2^2}{F_{td(2)}^2} \frac{\gamma}{2g}$$

Sau khi rút gọn :

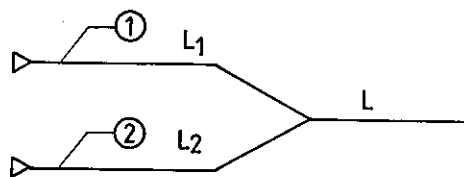
$$\frac{1}{F_{td}^2} = \frac{1}{F_{td(1)}^2} + \frac{1}{F_{td(2)}^2} \quad (5-52)$$

Trường hợp tổng quát của n đoạn ống nối tiếp ta có :

$$\frac{1}{F_{td}^2} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{F_{td(i)}^2} \quad (5-53)$$

Vậy ta có thể phát biểu : Số đảo ngược của bình phương diện tích lỗ tròn tương đương của ống gồm nhiều đoạn nối tiếp nhau bằng tổng các số đảo ngược của bình phương các diện tích lỗ tròn tương đương của tất cả các đoạn.

b) Lỗ tròn tương đương của 2 đoạn ống nối song song (hình 5.18)



Hình 5.18

Trong trường hợp này ta có :

$$\Delta P_1 = \Delta P_2$$

$$L_1 + L_2 = L$$

Do đó ta có thể viết :

$$\frac{L_1^2}{F_{td(1)}^2} \frac{\gamma}{2g} = \frac{L_2^2}{F_{td(2)}^2} \frac{\gamma}{2g} = \frac{(L_1 + L_2)^2}{F_{td}^2} \frac{\gamma}{2g}$$

Từ đó ta suy được :

$$F_{td} = F_{td(1)} + F_{td(2)} \quad \text{và} \quad \frac{F_{td(1)}}{F_{td(2)}} = \frac{L_1}{L_2} \quad (5-54)$$

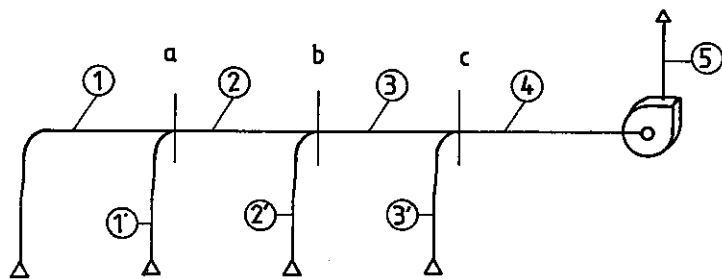
Kết luận :

1. Diện tích lỗ tròn tương đương của hệ thống gồm 2 hoặc nhiều nhánh nối song song bằng tổng số diện tích lỗ tròn tương đương của từng nhánh riêng biệt.

2. Diện tích lỗ tròn tương đương của các nhánh nối song song tỉ lệ thuận với lưu lượng của chúng.

Trình tự tính toán :

Dựa theo sơ đồ đường ống như hình vẽ (hình 5.19) trình tự tính toán tiến hành như sau :



Hình 5.19

- Đầu tiên xác định diện tích lỗ tròn tương đương của đoạn 1.

- Biết lưu lượng trên đoạn 1' (đoạn mắc song song với đoạn 1). Xác định diện tích lỗ tương đương của nó theo công thức :

$$F_{\text{id}(1')} = F_{\text{id}(1)} \frac{L_{1'}}{L_1}$$

- Sau đó xác định lỗ tròn tương đương tại mặt cắt a theo công thức (5-54)

$$F_{\text{id}(a)} = F_{\text{id}(1)} = F_{\text{id}(1')}$$

- Tiếp theo xác định diện tích lỗ tròn tương đương cuối đoạn 2 (tại mặt cắt b) theo công thức (5-52)

$$\frac{1}{F_{\text{id}(b)}^2} = \frac{1}{F_{\text{id}(a)}^2} + \frac{1}{F_{\text{id}(2)}^2}$$

- Diện tích lỗ tương đương của đoạn 2' là đoạn song song với đoạn 2 được suy từ công thức :

$$F_{\text{id}(2')} = F_{\text{id}(b)} \frac{L_2}{L_1 + L_{1'}}$$

- Bằng phương pháp tương tự tiến hành tính toán cho các đoạn còn lại, kết quả ta tìm được diện tích lỗ tròn tương đương của toàn hệ thống  $F_{\text{id}(ht)}$ .

- Biết được  $F_{\text{id}(ht)}$  xác định tổn thất áp suất chung trên toàn mạng lưới :

$$\Delta P_{ht} = \frac{L_{ht}^2}{F_{\text{id}(ht)}^2} \frac{\gamma}{2g}$$

Trong đó :

$L_{(ht)}$  : Lưu lượng của cả hệ thống tính theo  $m^3/s$ .

$F_{\text{id}(ht)}$  : Diện tích lỗ tương đương của hệ thống tính theo  $m^2$ .

#### 5.4.5. Phương pháp vận chuyển đơn vị thể tích

Phương pháp này do Giáo sư P. N. Kamenhep [18] đề xuất có sự phát triển của Tác giả để tính toán hệ thống đường ống thông gió đã có sẵn với mục đích xác định sự phân bố lưu lượng không khí trên tất cả các nhánh và tổn thất áp suất chung của toàn bộ hệ thống.

Đây là vấn đề thường xuyên gặp trong thực tế, ví dụ như khi mở rộng phân xưởng hoặc thay đổi dây chuyền sản xuất, thay đổi thiết bị máy móc và do đó yêu cầu hệ thống thông

gió cần phải thay đổi theo. Trong trường hợp này người ta có thể tận dụng hệ thống thông gió sẵn có, cắt bỏ đi một số nhánh không cần thiết và nối thêm vào một số nhánh mới khác. Lúc đó hệ thống tuy vẫn làm việc với máy quạt như trước nhưng chế độ thủy lực của nó sẽ hoàn toàn khác hẳn, nghĩa là : sức cản, lưu lượng chung của hệ thống cũng như sự phân bố lưu lượng trên các nhánh rẽ khác với trước và do đó cần phải tính toán để xác định các thông số ấy.

Phương pháp vận chuyển đơn vị thể tích được dựa trên cơ sở lập luận sau đây :

Từ công thức xác định tổn thất áp suất toàn phần (ma sát và cục bộ) theo phương pháp độ dài tương đương trên một đoạn ống :

$$\Delta P_i = \lambda_i \frac{l_{i(tg)}}{d_i} \frac{v_i^2}{2g} \gamma$$

Có thể biến đổi thành :

$$\Delta P_i = A \lambda_i \frac{l_{i(tg)}}{d_i^5} L_i^2 \quad (5-55)$$

Trong đó :

$$A = \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \frac{\gamma}{2g} \quad \text{là hằng số. kGs}^2/\text{m}^4$$

$L$  : Lưu lượng không khí trên đoạn ống,  $\text{m}^3/\text{s}$

$$\text{Nếu kí hiệu} \quad h_i = A \lambda_i \frac{l_{i(tg)}}{d_i^5} \quad (5-56)$$

$$\text{Ta có :} \quad \Delta P_i = h_i L_i^2 \quad (5-57)$$

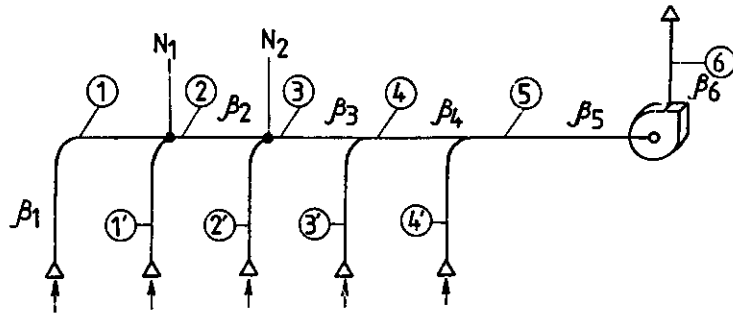
$h_i$  : Gọi là tổn thất áp suất riêng của đoạn ống. Nó biểu diễn trị số tổn thất áp suất toàn phần (kể cả ma sát và cục bộ) trên đoạn ống khi lưu lượng chảy qua là một đơn vị thể tích,  $\text{kGs}^2/\text{m}^8$ .

Đại lượng  $h_i$  cơ bản là phụ thuộc vào hình dáng, kích thước của đoạn ống (đường kính, chiều dài, các chướng ngại cục bộ) và hệ số ma sát  $\lambda$ .

Đối với chế độ chảy trong giai đoạn quá độ khi ống làm từ vật liệu có độ nhám nhất định thì hệ số  $\lambda$  lại phụ thuộc vào đường kính và vận tốc (xem công thức 5-14). Tuy nhiên trong điều kiện bình thường hệ số ma sát  $\lambda$  thay đổi trong phạm vi không lớn, ví dụ khi không khí ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  ( $\gamma = 1,2 \text{ kG}/\text{m}^3$  và  $\nu = 15,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) thì ứng với đường kính ống thông dụng từ  $200 \div 1000\text{mm}$  và vận tốc thường gặp từ  $4 \div 6 \text{ m/s}$ , hệ số  $\lambda$  thay đổi trong giới hạn từ  $0,022 \div 0,015$ . Trung bình có thể nhận được  $\lambda = 0,020 \div 0,018$ .

Tóm lại khi đường ống đã có sẵn thì hệ số tổn thất áp suất đơn vị trên các đoạn của nó hoàn toàn xác định.

Ta lấy một hệ thống đường ống cơ sơ đồ như hình vẽ (hình 5.20) và thống nhất cách đánh số các đoạn ống như sau : Trên tuyến ống chính các đoạn được đánh số 1, 2, 3... đi từ ngọn đến gốc, còn các nhánh rẽ (nhánh phụ) thì cứ nối song song với đoạn ống nào trên tuyến ống chính thì mang số của đoạn ống ấy với dấu phẩy "" : 1', 2', 3' ...



Hình 5.20

Nếu nhận lưu lượng trên đoạn 2 bằng đơn vị ( $1\text{m}^3/\text{s}$ ) và lưu lượng trên đoạn 1 là  $\beta_1$  thì lưu lượng trên đoạn 1' sẽ là  $(1 - \beta_1)$ . Lúc đó theo (5-57) tổn thất áp suất trên các đoạn 1 và 1' sẽ là :

$$\text{Đoạn 1 :} \quad \Delta P_1 = h_1 \beta_1^2$$

$$\text{Đoạn 1' :} \quad \Delta P_{1'} = h_{1'} (1 - \beta_1)^2$$

Xuất phát từ điều kiện cân bằng tổn thất áp suất trên hai đoạn ống nối song song cùng quy về hoặc rẽ ra từ một điểm nút, ta có thể viết cho nút  $N_1$  :

$$\Delta P_1 = \Delta P_{1'}$$

$$\text{hay là :} \quad h_1 \beta_1^2 = h_{1'} (1 - \beta_1)^2$$

Từ đó ta rút ra được :

$$C_1 = \left( \frac{1 - \beta_1}{\beta_1} \right)^2 = \frac{h_1}{h_{1'}} \quad (5-58)$$

Bây giờ nếu nhận lưu lượng trên đoạn 3 là đơn vị ( $1\text{m}^3/\text{s}$ ) và đoạn 2 là  $\beta_2$  thì trên đoạn 2' là  $(1 - \beta_2)$ , còn trên đoạn 1 lưu lượng sẽ là  $\beta_1 \beta_2$ . Từ đó ta có thể viết cho nút  $N_2$  :

$$h_2 (1 - \beta_2)^2 = h_2 \beta_2^2 + h_1 \beta_1^2 \beta_2^2$$

Chia 2 vế cho  $\beta_2^2$  và cũng kí hiệu  $C_2 = \left( \frac{1 - \beta_2}{\beta_2} \right)^2$  ta rút ra được :

$$C_2 = \left( \frac{1 - \beta_2}{\beta_2} \right)^2 = \frac{h_2 + h_1 \beta_1^2}{h_2} \quad (5-59)$$

Bằng cách tương tự như trên với đoạn 3 và 4 ta có :

$$C_3 = \left( \frac{1 - \beta_3}{\beta_3} \right)^2 = \frac{h_3 + h_2 \beta_2^2 + h_1 \beta_1^2 \beta_2^2}{h_3} \quad (5-60)$$

$$C_4 = \left( \frac{1 - \beta_4}{\beta_4} \right)^2 = \frac{h_4 + h_3 \beta_3^2 + h_2 \beta_2^2 \beta_3^2 + h_1 \beta_1^2 \beta_2^2 \beta_3^2}{h_4} \quad (5-61)$$

Như vậy ta thiết lập được một hệ thống công thức dây chuyền, nhờ đó ta tuân tự giải ra được các hệ số phân bố lưu lượng  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \dots$  trên các đoạn 1, 2, 3, 4... và từ đó nếu

lưu lượng chung tại gốc của hệ thống đã biết ta dễ dàng tính ra được lưu lượng trên tất cả các đoạn ống của nó. Trường hợp tổng quát, nếu hệ thống có  $n$  nút (cũng tức là  $n$  nhánh rẽ) thì đối với đoạn thứ  $n$  ta sẽ có :

$$C_n = \left( \frac{1 - \beta_n}{\beta_n} \right)^2 = \frac{h_n + h_{n-1}\beta_{n-1}^2 + h_{n-2}\beta_{n-2}^2\beta_{n-1}^2 + h_{n-3}\beta_{n-3}^2\beta_{n-2}^2\beta_{n-1}^2 + \dots + h_1\beta_1^2\beta_2^2\beta_3^2 \dots \beta_{n-2}^2\beta_{n-1}^2}{h_n'} \quad (5-62)$$

Cuối cùng để xác định tổn thất áp suất đơn vị  $h_{ht}$  của toàn bộ hệ thống (tức là tổn thất áp suất của hệ thống khi lưu lượng trên đoạn gốc của nó là  $1\text{m}^3/\text{s}$ , ta lấy một tuyến ống bất kì nào đó của nó và tính tổn thất áp suất đơn vị cho tuyến ống ấy. Để được đơn giản ta chọn tuyến ống nào ngắn nhất, có ít đoạn nhất để tính, cụ thể đối với sơ đồ (hình 5.20) tuyến ngắn nhất là 4' - 5 - 6 và ta có :

$$h_{ht} = h_4 \cdot (1 - \beta_4)^2 + h_5 + h_6, \quad \text{kGs}^2/\text{m}^8$$

Tổn thất áp suất toàn phần của hệ thống sẽ là :

$$\Delta P = h_{ht} L^2, \text{ kG/m}^2 \quad (5-63)$$

Trường hợp máy quạt đã có sẵn và làm việc với số vòng quay  $n$  nhất định, thì lưu lượng cũng như tổn thất áp suất của hệ thống có thể tìm được bằng phương pháp đồ thị như sau :

Trên biểu đồ đặc tính trong hệ trục  $\Delta P - L$  của máy quạt đã cho ta vẽ đường đặc tính của hệ thống đường ống (mạng lưới) biểu diễn quan hệ giữa sức cản (hay là tổn thất áp suất) với lưu lượng theo công thức (5-63).

Đường này cắt đường đặc tính của máy quạt ứng với số vòng quay  $n$  ở điểm A. Tại đó ta đọc được các trị số  $L$  và  $\Delta P$  trên trục hoành và trục tung của biểu đồ (hình 5.21).

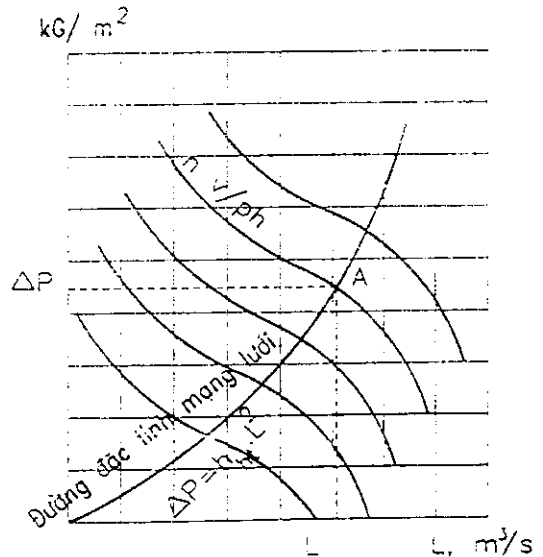
Ví dụ 5-2 : Để có thể đối chiếu kết quả của hai trường hợp thuận và nghịch ta lấy sơ đồ hệ thống đường ống (hình 5.15) với đường kính của các đoạn đã chọn được ở ví dụ 5-1 làm đầu để cho ví dụ này.

Điều cần chú ý ở đây là trước tiên cần đưa sơ đồ hệ thống đường ống thực (hình 5.15) về sơ đồ tính toán (hình 5.22), biến nút có trên hai nhánh thành nút chỉ có hai nhánh rẽ bằng cách thêm vào tuyến ống chính đoạn ống "tượng trưng" có tổn thất áp suất riêng  $h$  với mục đích áp dụng được dễ dàng các công thức đã rút ra được ở trên.

1- Xác định trị số tổn thất áp suất riêng của các đoạn ống (công thức 5-56). Trong điều kiện nhiệt độ bình thường ( $t = 20^\circ\text{C}$ ) hệ số  $A$  sẽ bằng :

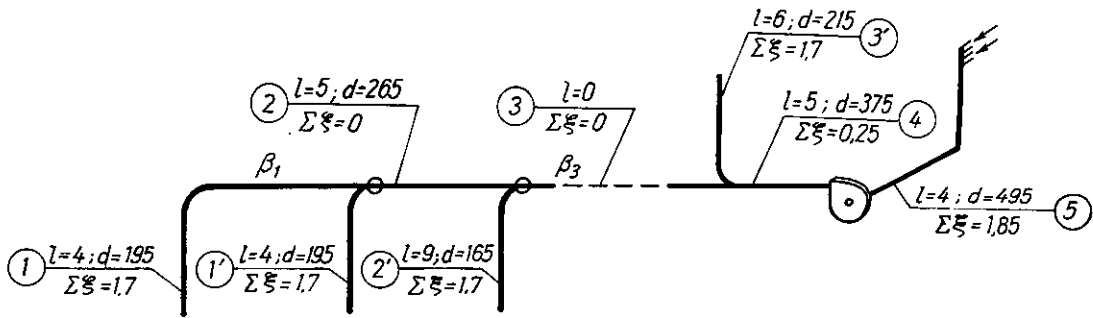
$$A = \left( \frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{\gamma}{2g} = \left( \frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{1,2}{19,62} \approx 0,1$$

Hệ số ma sát  $\lambda$  nhận bằng 0,02.



Hình 5.21





Hình 5.22 : Sơ đồ tính toán hệ số phân bố lưu lượng của hệ thống đường ống lấy ở ví dụ 5-1

Như vậy ta có  $h = 0,002 \frac{l_{1g}}{d^5}$

2- Biết được  $h$ , áp dụng công thức tính được  $C$  và suy ra hệ số lưu lượng  $\beta$  cho các đoạn. Tính toán tiến hành theo bảng sau đây :

Bảng 5-6

TÍNH TOÁN THỦY LỰC HỆ THỐNG THÔNG GIÓ  
THEO PHƯƠNG PHÁP VẬN CHUYỂN ĐƠN VỊ THỂ TÍCH

TT đoạn	$l, m$	$d, mm$	$\sum \xi$	$l_{td} = \sum \xi \frac{d}{\lambda}$	$l_{1g}, m$	$d^5, m^5$	$h_i, \frac{kGs^2}{m^8}$	$C_i$	$\beta_i$
1	4	195	1,7	16,58	20,58	$28,2 \cdot 10^{-5}$	$1,46 \cdot 10^2$	1	0,5
1'	4	195	1,7	16,58	20,58	$28,2 \cdot 10^{-5}$	$1,46 \cdot 10^2$		
2	5	265	0	0	5,00	$130,7 \cdot 10^{-5}$	$0,077 \cdot 10^2$	0,117	0,745
2'	9	165	1,7	14,02	23,02	$12,2 \cdot 10^{-5}$	$3,78 \cdot 10^2$		
3	0	-	0	0	0	-	0	0,233	0,674
3'	6	215	1,7	18,27	24,27	$46 \cdot 10^{-5}$	$1,055 \cdot 10^2$		
4	5	375	0,25	4,69	9,69	$741,6 \cdot 10^{-5}$	$0,0261 \cdot 10^2$		
5	4	495	1,85	45,79	49,79	$2972 \cdot 10^{-5}$	$0,0335 \cdot 10^2$		

Ghi chú : Trong bảng 5-6, cột  $C_i$  và  $\beta_i$  được tính theo các công thức (5-58), (5-59) và (5-60)

$$C_1 = \frac{1,46 \cdot 10^2}{1,46 \cdot 10^2} = 1 \rightarrow \beta_1 = 0,5$$

$$C_2 = \frac{7,7 \cdot 146 \cdot 0,5^2}{3,78 \cdot 10^2} = 0,117 \rightarrow \beta_2 = 0,745$$

$$C_3 = \frac{0 + 7,7 \cdot 0,745^2 + 146 \cdot 0,5^2 \cdot 0,745^2}{105,5} = 0,233 \rightarrow \beta_3 = 0,674$$

3- Nếu lưu lượng chung của hệ thống đã biết, ví dụ là  $L = 3200 m^3/h$  thì lưu lượng các đoạn ống trên sẽ là :

$$\begin{aligned}
L_4 &= L_5 = L &&= 3200 \text{ m}^3/\text{h} \\
L_7 &= \beta_3 \cdot L_4 = 0,674 \cdot 3200 &&\approx 2150 \text{ m}^3/\text{h} \\
L_3 &= L_4 - L_7 = 3200 - 2150 &&= 1050 \text{ m}^3/\text{h} \\
L_2 &= \beta_2 \cdot L_3 = 0,745 \cdot 2150 &&= 1600 \text{ m}^3/\text{h} \\
L_2 &= L_3 - L_2 = 2150 - 1600 &&= 550 \text{ m}^3/\text{h} \\
L_1 &= \beta_1 \cdot L_2 = 0,5 \cdot 1600 &&= 800 \text{ m}^3/\text{h} \\
L_1 &= L_2 - L_4 = 1600 - 800 &&= 800 \text{ m}^3/\text{h}
\end{aligned}$$

4. Xác định hệ số tổn thất áp suất riêng  $h_{ht}$  của hệ thống.

- Nếu chọn tuyến ống 3'-4-5 để tính, ta có :

$$\begin{aligned}
h_{ht} &= h_3 \cdot (1 - \beta_3)^2 + h_4 + h_5 \\
&= 105,5(1 - 0,674)^2 + 2,61 + 3,35 = 17,17 \frac{\text{kG s}^2}{\text{m}^8}
\end{aligned}$$

- Nếu chọn tuyến ống 2'-3-4-5 thì :

$$\begin{aligned}
h_{ht} &= h_2 \cdot (1 - \beta_2)^2 \beta_3^2 + h_3 \beta_3^2 + h_4 + h_5 \\
&= 378(1 - 0,745)^2 \cdot 0,674^2 + 0 + 2,61 + 3,35 = 17,13 \frac{\text{kG s}^2}{\text{m}^8}
\end{aligned}$$

Có thể nói kết quả hoàn toàn khớp nhau. Điều đó chứng tỏ tính chính xác của phương pháp. Thực tế, ta chỉ cần chọn tuyến ngắn nhất là 3'-4-5 để tính toán là đủ.

5- Tổn thất áp suất toàn phần của hệ thống : Ứng với lưu lượng  $L = 3200 \text{ m}^3/\text{h}$  hay  $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ , tổn thất áp suất của hệ thống sẽ là (công thức 5-63).

$$\Delta P = 17,17 \cdot 0,89^2 = 13,6 \text{ kG/m}^2$$

Đối chiếu kết quả tính toán với số liệu đã cho hoặc đã tính ở ví dụ 5-1 ta thấy độ sai lệch không đáng kể. Khi đối chiếu cần lưu ý là ở ví dụ này số thứ tự của các đoạn theo yêu cầu tính toán đã bị thay đổi so với ví dụ trước.

## 5.5. HÒA HỢP CÁC DÒNG TRONG CHẠC BA VÀ TÍNH TOÁN CÁC HỆ THỐNG HÚT THEO VẬN TỐC CÓ LỢI NHẤT

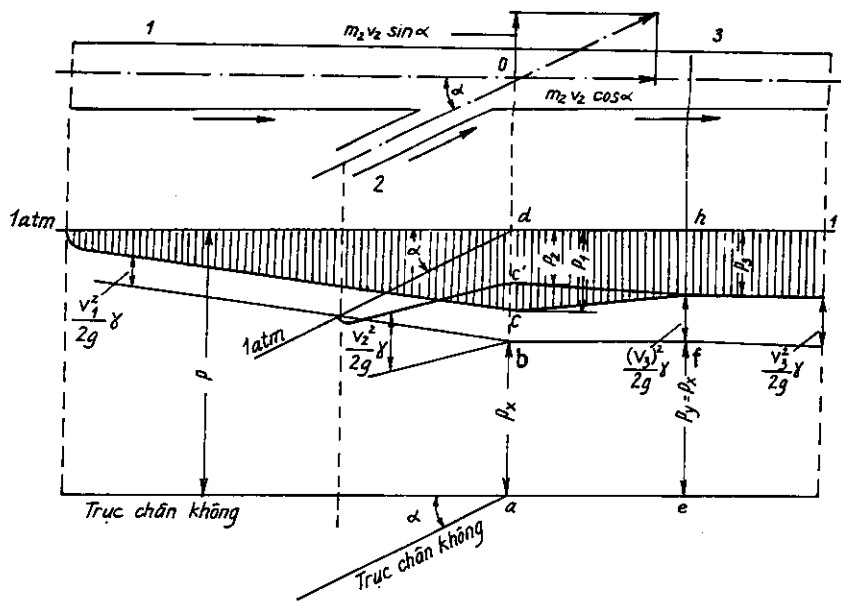
### 5.5.1. Phân bố áp suất trong chạc ba hợp dòng

Giả sử ta có chạc ba như hình vẽ (hình 5.23).

Trục của các nhánh thẳng và nhánh rẽ gặp nhau tại điểm O. Ta xem rằng tiết diện đi qua O là nơi mà các dòng không khí của các nhánh bắt đầu hòa hợp. Trục khởi điểm để tính áp suất tĩnh trong ống dẫn là trục chân không tuyệt đối (trục áp suất tuyệt đối bằng 0).

Trục này song song với trục của các nhánh của chạc ba. Từ đường chân không tuyệt đối đặt lên một đoạn bằng áp suất khí quyển ta được trục áp suất tương đối hay trục áp suất khí quyển, tổn thất áp suất khi hòa hợp hai dòng không khí trong chạc ba chỉ có thể xác định được khi biết đường kính của tất cả các nhánh rẽ, góc  $\alpha$  và vận tốc không khí trong các nhánh.

Chúng ta quan sát các dòng không khí ở tại điểm bắt đầu hòa hợp của chúng : tại O. Giả sử rằng tại đó áp suất tĩnh tuyệt đối là  $P_x$  (đoạn ab). Từ điểm b đặt thêm lên một đoạn



Hình 5.23 : Chạc ba và phân bố áp suất gió trong chạc ba

bằng áp suất động trong nhánh 1  $\frac{v_1^2}{2g} \gamma$  chúng ta thu được tung độ ac tương ứng với áp suất toàn phần tuyệt đối của nó trước khi bắt đầu hòa hợp :

$$ac = P_x + \frac{v_1^2}{2g} \gamma$$

và lúc bấy giờ tung độ dc sẽ biểu diễn tổn thất áp suất toàn phần của đoạn 1 là :

$$\Delta P_1 = P_{atm} - \left( P_x + \frac{v_1^2}{2g} \gamma \right) \text{ (đoạn dc)}$$

Trong đó :

$P_{atm}$  - Áp suất khí quyển.

Bởi vì áp suất tĩnh tuyệt đối của đoạn thứ 2 tại điểm bắt đầu hợp dòng cũng bằng  $P_x$  cho nên nếu từ điểm b đặt lên một đoạn bằng áp suất động trong nhánh 2 :

$$bc' = \frac{v_2^2}{2g} \gamma$$

chúng ta thu được tung độ ac' tương ứng với áp suất toàn phần tuyệt đối của nhánh 2 tại chỗ bắt đầu hợp dòng :

$$ac' = P_x + \frac{v_2^2}{2g} \gamma$$

Nói chung, vận tốc trong nhánh 1 không bằng vận tốc trong nhánh 2 cho nên có thể rút ra nhận xét :

\* Ở tại chỗ bắt đầu hòa hợp dòng áp suất toàn phần tuyệt đối của các dòng hòa hợp không bằng nhau.

Tổn thất áp suất toàn phần trên nhánh 2 tính đến chỗ bắt đầu hợp dòng là :

$$\Delta P_2 = P_{atm} - \left( P_x + \frac{v_2^2}{2g} \gamma \right) \text{ (đoạn dc')}$$

Trên hình vẽ, đường vẽ đậm là đường áp suất toàn phần tuyệt đối hay đường biểu diễn áp suất toàn phần nếu kể từ đường áp suất khí quyển. Đường nét nhỏ song song với đường đậm là đường áp suất tĩnh.

### 5.5.2. Vận tốc có lợi nhất của chạc ba hợp dòng

Ta có thể tìm được một trị số  $d_3$  nào đó mà tổn thất áp suất trong chạc ba hợp dòng là bé nhất.

Như trên đã nói, giả sử tại điểm bắt đầu hòa hợp các nhánh 1 và 2 có áp suất tĩnh tuyệt đối là  $P_1 = P_2 = P_x$  và áp suất tĩnh tuyệt đối ở điểm cuối cùng khi các dòng đã kết thúc quá trình hòa hợp là  $P_y$ .

Trong trường hợp đó, năng lượng toàn phần của hai dòng không khí trong các nhánh 1 và 2 tại điểm bắt đầu sẽ là :

$$J_d = m_1 \frac{v_1^2}{2} + L_1 P_x + m_2 \frac{v_2^2}{2} + L_2 P_x = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} + L_3 P_x \quad (5-64)$$

Và sau khi hòa hợp thành dòng chính thì năng lượng sẽ là :

$$J_c = m_3 \frac{v_3^2}{2} + L_3 P_y \quad (5-65)$$

Như vậy tổn thất năng lượng toàn phần ở chạc ba sẽ là :

$$\Delta J = J_d - J_c = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_3^2}{2} + L_3 (P_x - P_y) \quad (5-66)$$

hay là :

$$\Delta J = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_3^2}{2} + F_3 v_3 (P_x - P_y)$$

Trong các công thức trên :

$m_1, m_2, m_3$  - Vận tốc khối lượng trong các nhánh ống, kg/s hoặc kGs/m

$L_1, L_2, L_3$  - Lưu lượng trong các nhánh,  $m^3/s$

Bây giờ chúng ta phân tích véctơ động lượng của dòng không khí trong nhánh thứ 2 ra thành các thành phần song song và vuông góc với trục ống :

- Thành phần nằm trên trục ống :  $m_2 v_2 \cos \alpha$

- Thành phần trực giao với trục ống :  $m_2 v_2 \sin \alpha$

Thành phần trực giao này bị triệt tiêu bởi phản lực của thành ống.

Áp dụng định luật động lượng ta có thể viết :

$$m_1 (v_3 - v_1) + m_2 (v_3 - v_2 \cos \alpha) = (P_x F_3 - P_y F_3) t \quad (5-67)$$

Trong đó :  $t = 1$  bởi vì  $m_1$  và  $m_2$  là khối lượng trong một đơn vị thời gian (1s).

Lấy giá trị của  $F_3 (P_x - P_y)$  rút ra được từ (5-67) thế vào (5-66) ta có :

$$\Delta J = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} - m_3 \frac{v_3^2}{2} + v_3 [m_1 (v_3 - v_1) + m_2 (v_3 - v_2 \cos \alpha)] \quad (5-68)$$

Bởi vì ta cần tìm  $v_3$  thế nào để cho  $\Delta J$  bé nhất, do đó ta sẽ lấy đạo hàm của phương trình (5-68) theo  $v_3$  và cho triệt tiêu, từ đó ta rút được  $v_3$  có lợi nhất.

$$\Delta J'_{(v_3)} = -m_3 v_3 + 2m_1 v_3 + 2m_2 v_3 - (m_1 v_1 + m_2 v_2 \cos \alpha) = 0$$

mà  $m_1 + m_2 = m_3$  cho nên :

$$v_3 \text{ (có lợi)} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2 \cos \alpha}{m_3} \quad (5-69)$$

Thay giá trị của  $v_3$  từ công thức (5-69) vào đẳng thức (5-67) chúng ta thu được :

$$(P_x - P_y)F_3 = 0$$

nhưng  $F_3 \neq 0$ . Vậy  $P_x - P_y = 0$  nghĩa là  $P_x = P_y$ .

Vậy có thể rút ra kết luận : khi hòa hợp các dòng với tổn thất áp suất nhỏ nhất trong chạc ba thì áp suất tĩnh trên suốt đoạn hòa hợp không thay đổi.

Trên biểu đồ áp suất, áp suất tĩnh cố định khi hòa hợp các dòng được biểu diễn bằng đoạn nằm ngang bf (hình 5.23).

Khi  $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3$  thì tỉ số khối lượng có thể thay thế bằng tỉ số thể tích, do đó công thức (5-69) có thể viết :

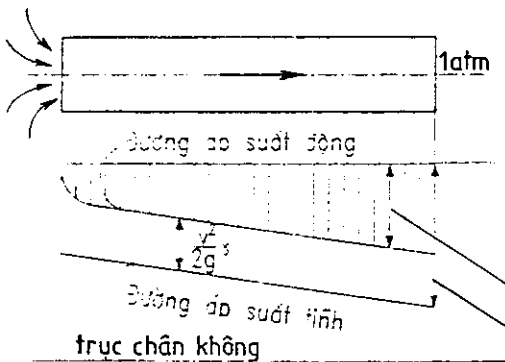
$$v_3 \text{ (có lợi)} = \frac{L_1}{L_3} v_1 + \frac{L_2}{L_3} v_2 \cos \alpha \quad (5-70)$$

### 5.5.3. Phương pháp tính thủy lực hệ thống hút không khí theo vận tốc có lợi nhất ở các chạc ba hợp dòng.

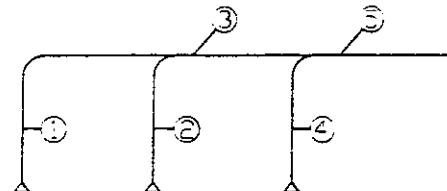
Ta có thể tính toán hệ thống hút không phải theo áp suất toàn phần mà là tính theo áp suất tĩnh tương đối hoặc còn gọi là theo "độ chân không".

Trong trường hợp đó ta không cần phải tính đến hệ số sức cản cục bộ của các chạc ba.

Trình tự tính toán như sau (sơ đồ hình 5.25).



Hình 5.24



Hình 5.25

áp suất toàn phần tương đối  
áp suất tĩnh tương đối - độ chân không

1. Nhận vận tốc của đoạn 1 và tính tất cả những tổn thất áp suất theo phương pháp thông thường, chỉ cần nhớ là phải cộng thêm vào tổng hệ số sức cản cục bộ  $\sum \xi$  của đoạn thứ 1, cũng như của tất cả các đoạn trực tiếp thông ra khí quyển một đơn vị. Trong trường hợp đó ta tìm được độ chân không dọc theo đoạn 1 (cuối đoạn 1).

$$P_1 = R_1 l_1 + (1 + \sum \xi_1) \frac{v_1^2}{2g} \gamma$$

2. Đường kính của nhánh rẽ 2 được chọn thế nào để cho độ chân không ở hai điểm gặp nhau của 2 đoạn 1 và 2 bằng nhau :

$$P_2 = R_2 l_2 + (1 + \sum \xi_2) \frac{v_2^2}{2g} \gamma = P_1$$

3. Xác định vận tốc có lợi nhất trong đoạn 3 theo công thức (5-70) và tính tổn thất áp suất trên đoạn 3 :  $\Delta P_3$ .

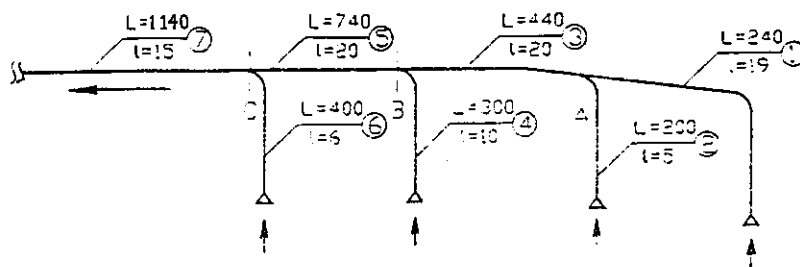
4. Biết tổn thất áp suất  $\Delta P_3$  trên đoạn 3, tính trị số độ chân không thu được ở điểm gặp nhau của các đoạn 4 và 3. Sau đó xác định đường kính của đoạn 4 khi đã biết trị số độ chân không ở điểm nút.

5. Xác định vận tốc có lợi nhất trong đoạn 5 suy ra từ công thức (5-70) :

$$v_5 = \frac{L_3}{L_5} v_3 + \frac{L_4}{L_5} v_4 \cos \alpha$$

Tiếp tục tính theo nguyên tắc như trên, chúng ta sẽ thu được trị số độ chân không của đoạn cuối cùng. Lấy trị số độ chân không ấy trừ bớt áp suất động  $P_d$  của đoạn cuối cùng, chúng ta sẽ tìm được tổn thất áp suất toàn phần của hệ thống.

Ví dụ 5-3 : Cho biết lưu lượng, độ dài và sức cản cục bộ trên tất cả các nhánh của hệ thống ống dẫn không khí (hình 5.26). Đối với các miệng hút hình nón thì  $\xi = 0,15$ , những ngoặt trên đoạn 2, 4, 6 là  $\xi_0 = 0,13$ . Trên đoạn 3 đối với ngoặt có góc lớn nên hệ số  $\xi = 0,05$ . Góc rẽ ở các chạc ba là  $25^\circ$  ( $\cos 25^\circ = 0,9$ ). Xác định đường kính của các đoạn và sức cản toàn phần của hệ thống.



Hình 5.26



Ghi chú : Lưu lượng  $L_p$ , m<sup>3</sup>/h

Độ dài  $l_i$ , m.

Trong các phép tính sau đây, đơn vị của các đại lượng tính toán như thường lệ, tức là :

$v$ , m/s

$R$ , kG/m<sup>2</sup>.m

$\Delta P$ ,  $P$ , kG/m<sup>2</sup>

$d$ , mm

1. Nhận vận tốc  $v_1 = 5$ , dùng đồ thị hoặc bảng phụ lục 3 tra được :

$$d_1 = 130$$

$$R_1 = 0,286$$

$$P_{d(1)} = 1,53$$

$$P_A = R_1 l_1 + (1 + \sum \xi) P_{d(1)}$$

$$= 0,286 \cdot 19 + (1 + 0,15) \cdot 1,53 = 7,2$$

2. Trên đoạn 2 cũng phải có độ chân không bằng 7,2, nhưng đoạn  $l_2$  bé, nên ta phải chọn vận tốc trong đoạn đó lớn hơn, ví dụ chọn  $v_2 = 7$ . Dùng bảng tra được :

$$d_2 = 100$$

$$R_2 = 0,734$$

$$P_{d(2)} = 3$$

$$P_2 = 0,734 \cdot 5 + (1 + 0,15 + 0,13) \cdot 3 = 7,5$$

$P_2 \approx P_A$ , có thể xem là đường kính và vận tốc đã chọn đúng.

3. Xác định vận tốc có lợi nhất trong đoạn 3.

$$v_3 = \frac{240}{440} \cdot 5 + \frac{200}{440} \cdot 7 \cdot 0,9 = 5,6$$

Biết  $v_3$  và  $L_3$  chọn được :

$$d_3 = 165$$

$$R_3 = 0,261$$

$$P_{d(3)} = 1,92$$

Tổn thất áp suất trong đoạn 3 :

$$\Delta P_3 = R_3 l_3 + \sum \xi_3 \frac{v_3^2}{2g} \gamma = 0,261 \cdot 20 + 0,05 \cdot 1,92 = 5,32$$

4. Độ chân không tại điểm B của nhánh 4

$$P_B = P_2 + \Delta P_3 = 7,5 + 5,32 = 12,82$$

Chọn đường kính nhánh 4. Nhận  $v_4 = 8$ , ta có :

$$d_4 = 115$$

$$R_4 = 0,793$$

$$P_{d(4)} = 3,91$$

$$P_4 = R_4 l_4 + (1 + \sum \xi_4) \frac{v_4^2}{2g} \gamma$$

$$= 0,793 \cdot 10 + (1 + 0,15 + 0,13) \cdot 3,91 = 12,93 \approx P_B = 12,82$$

5. Xác định  $v_5$  (có lợi)

$$v_5 = \frac{440}{740} \cdot 5,6 + \frac{300}{740} \cdot 8 \cdot 0,9 = 6,25$$

Chọn đường kính và xác định tổn thất trên đoạn 5.

$$v_5 = 6,25$$

$$d_5 = 205$$

$$R_5 = 0,25$$

$$P_{d(5)} = 2,39$$

$$\Delta P_5 = 0,25 \cdot 20 + 0,2 \cdot 39 = 5$$

6. Độ chân không tại điểm C của đoạn 6

$$P_C = P_4 + \Delta P_5 = 12,93 + 5 = 17,93$$

Chọn đường kính nhánh 6

$$d_6 = 115$$

$$v_6 = 11$$

$$P_{d(6)} = 7,4$$

$$R_6 = 1,46$$

$$P_6 = 1,46 \cdot 6 + (1 + 0,13 + 0,15) \cdot 7,4 = 18,23 \approx P_c = 17,93$$

7. Xác định  $v_7$  (có lợi)

$$v_7 \text{ (có lợi)} = \frac{740}{1140} \cdot 6,25 + \frac{400}{1140} \cdot 11 \cdot 0,9 = 7,53$$

Chọn đường kính và tính tổn thất áp suất trong đoạn 7

$$v_7 = 7,4$$

$$d_7 = 235$$

$$R_7 = 0,283$$

$$P_{d(7)} = 3,35$$

$$\Delta P_7 = 0,283 \cdot 15 + 0,3 \cdot 35 = 4,25$$

8. Trị số chân không ở cuối đoạn 7

$$P_7 = P_6 + \Delta P_7 = 18,23 + 4,25 = 22,48$$

Nếu lấy trị số độ chân không ở cuối đoạn 7 trừ đi trị số áp suất động ở tại đó ta sẽ được tổn thất áp suất toàn phần của hệ thống.

$$\Delta P_{ht} = 22,48 - 3,35 = 19,13 \text{ kG/m}^2.$$

## 5.6. TÍNH TOÁN HỆ THỐNG ỐNG DẪN KHÔNG KHÍ PHÂN BỐ ĐỀU

Trong kĩ thuật thông gió rất nhiều trường hợp cần phải thổi hoặc hút không khí một cách đều đặn về mặt lưu lượng cũng như vận tốc trên toàn chiều dài của một đoạn ống. Vì

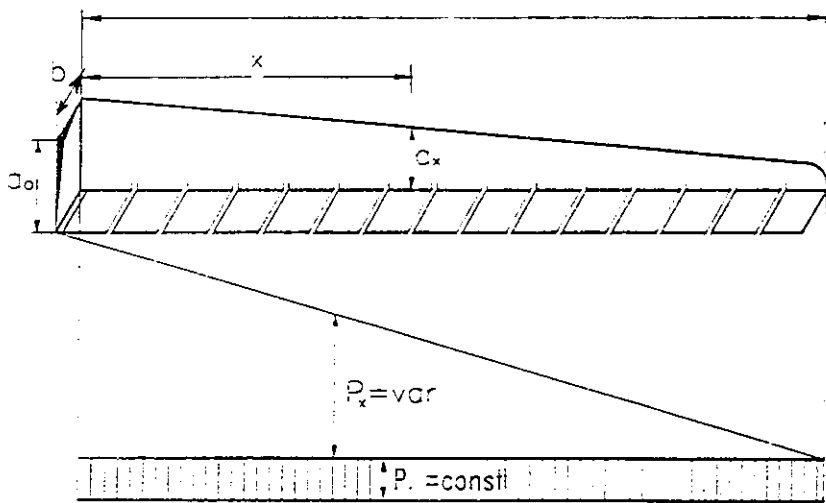


dụ như cấp không khí nóng vào một phòng sấy, màn cửa không khí để chắn gió lạnh thổi vào nhà, khe hút trên thành bể chứa v.v... Người ta phân biệt 2 loại ống phân phối đều : ống thổi đều và ống hút đều.

### 5.6.1. Tính toán ống thổi đều

Nếu trên ống dẫn không khí thành nhân và tiết diện không đổi ta mở những miệng (của nhỏ) khoảng cách đều nhau, kích thước bằng nhau thì không khí đi ra sẽ không đều vì lưu lượng giảm dần theo chiều đi về đầu cuối của ống mà tiết diện thì không đổi. Ở đây ta có hiệu quả của sự mở rộng dòng chảy làm cho áp suất tĩnh tăng và do đó lưu lượng không khí qua các cửa cũng sẽ tăng dần. Ngoài ra, dọc theo chiều dài của ống dẫn, ở những miệng đầu tiên không khí đi ra gần như song song với trục ống, càng đi về đầu cuối của ống chiều hướng của các luồng không khí thổi ra thay đổi dần và trực giao với trục ống dẫn ở những miệng cuối cùng.

Từ đó, ta thấy rằng việc phân bố đều có thể thực hiện được nếu trên suốt chiều dài của ống dẫn áp suất tĩnh không thay đổi. Muốn thế, ở đoạn đầu của ống dẫn vận tốc của không khí phải lớn hơn ở đoạn cuối và hiệu số áp suất động ở đầu và cuối ống phải đúng bằng tổn thất áp suất toàn phần của ống dẫn. Điều đó có thể đạt được khi ống dẫn không khí có tiết diện thay đổi theo một quy luật nhất định, phụ thuộc vào chiều dài của nó.



Hình 5.27

Ống dẫn thổi đều thường được làm với bề rộng \$b\$ không đổi và chiều cao \$a\_x\$ thay đổi (hình 5.27).

Giáo sư K. K. Baulin [3] đã tìm được phương trình biểu diễn sự thay đổi của chiều cao \$a\_x\$ phụ thuộc vào kích thước tiết diện ống tại gốc \$a\_0\$, \$b\$ và hoành độ tương đối \$\bar{x} = \frac{x}{l}\$ như sau :

$$a_x = a_0 (1 - \bar{x}) e^{A\bar{x}} + b A (1 - \bar{x}) e^{A\bar{x}} \int_0^{\bar{x}} \frac{e^{A\bar{x}}}{(1 - \bar{x})} d\bar{x} \quad (5-71)$$

Trong đó :

$l$  : Độ dài ống dẫn không khí, m

$\bar{x} = \frac{x}{l}$  : Khoảng cách tương đối (hoành độ tương đối)

$$A = \frac{\lambda}{4} \frac{l}{b} \quad (5-72)$$

Phương trình trên có thể viết dưới dạng thu gọn

$$a_x = \alpha a_0 + \beta b \quad (5-73)$$

Trong đó :

$$\alpha = (1 - \bar{x}) e^{A\bar{x}} \quad (5-74)$$

$$\beta = A(1 - \bar{x}) e^{A\bar{x}} \int_0^{\bar{x}} \frac{e^{-A\bar{x}}}{1 - \bar{x}} d\bar{x} \quad (5-75)$$

$\bar{x}$  biến thiên trong khoảng từ 0 ÷ 1 và trị số A thay đổi trong khoảng 0 ÷ 0,5 (trong đa số các trường hợp thực tế thường gặp) cho nên ta có thể tính trước trị số  $\alpha$  và  $\beta$  rồi lập thành bảng để tra (bảng 5-7).

Miệng thổi có thể bố trí nằm ngang hoặc dọc theo trục ống. Vì áp suất tĩnh trong ống không thay đổi nên bề rộng  $\delta$  của miệng thổi cũng không đổi trên suốt chiều dài của ống và xác định theo vận tốc cho phép  $v_R$  của miệng thổi.

Trường hợp miệng thổi nằm dọc theo trục ống, bề rộng  $\delta$  của nó sẽ là :

$$\delta = \frac{L_0}{l v_R}, \quad m \quad (5-76)$$

Nếu có n miệng thổi nằm ngang trên cả bề rộng của ống thì :

$$\delta = \frac{L_0}{n l v_R}, \quad m \quad (5-77)$$

Trong đó :

$L_0$  - Lưu lượng tại gốc, m<sup>3</sup>/s.

$v_R$  - Vận tốc thổi cho phép, có thể lấy từ 2 ÷ 6 m/s.

Để tính hệ số ma sát  $\lambda$  ta có thể căn cứ vào các thông số ở tiết diện tại gốc của ống phân phối đều.

Sức cản toàn phần của ống dẫn bằng tổng số của áp suất tĩnh (là hằng số trên suốt chiều dài của ống dẫn) và áp suất động ở tiết diện đầu tiên của ống. Áp suất tĩnh trong ống dẫn không khí phụ thuộc vào dạng của những cửa phân phối không khí (miệng thổi không khí) và vận tốc đi qua các cửa ấy.

Áp suất tĩnh trong ống dẫn có thể xác định theo công thức :

$$P_t = \xi \frac{v_R^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-78)$$

Trong đó :

$\xi$  : Hệ số sức cản cục bộ của miệng thổi.

$v_R$  - Vận tốc trung bình của không khí tại các miệng thổi.

HỆ SỐ  $\alpha$  VÀ  $\beta$  THEO CÔNG THỨC (5-74) VÀ (5-75)

Hệ số  $\alpha$

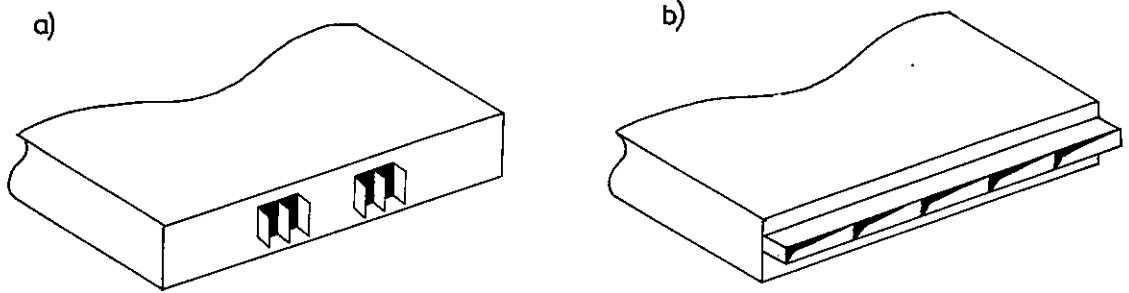
$\bar{x}$ A	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0.00	1.000	0.900	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000
0.01	1.000	0.901	0.802	0.702	0.602	0.503	0.402	0.302	0.202	0.101	0.000
0.02	1.000	0.902	0.803	0.704	0.605	0.505	0.405	0.304	0.203	0.102	0.000
0.03	1.000	0.903	0.805	0.706	0.607	0.508	0.407	0.306	0.205	0.103	0.000
0.04	1.000	0.904	0.806	0.708	0.610	0.510	0.410	0.309	0.207	0.104	0.000
0.05	1.000	0.905	0.808	0.711	0.612	0.513	0.412	0.311	0.208	0.105	0.000
0.06	1.000	0.905	0.810	0.713	0.615	0.515	0.415	0.313	0.210	0.106	0.000
0.07	1.000	0.906	0.811	0.715	0.617	0.518	0.417	0.315	0.212	0.107	0.000
0.08	1.000	0.907	0.813	0.717	0.620	0.520	0.420	0.317	0.213	0.107	0.000
0.09	1.000	0.908	0.815	0.719	0.622	0.523	0.422	0.320	0.215	0.108	0.000
0.10	1.000	0.909	0.816	0.721	0.624	0.526	0.425	0.322	0.217	0.109	0.000
0.11	1.000	0.910	0.818	0.723	0.627	0.528	0.427	0.324	0.218	0.110	0.000
0.12	1.000	0.911	0.819	0.726	0.630	0.531	0.430	0.326	0.220	0.111	0.000
0.13	1.000	0.912	0.821	0.728	0.632	0.534	0.432	0.329	0.222	0.112	0.000
0.14	1.000	0.913	0.823	0.730	0.635	0.536	0.435	0.331	0.224	0.113	0.000
0.15	1.000	0.914	0.824	0.732	0.637	0.539	0.438	0.333	0.225	0.114	0.000
0.16	1.000	0.915	0.826	0.734	0.640	0.542	0.440	0.336	0.227	0.115	0.000
0.17	1.000	0.915	0.828	0.737	0.642	0.544	0.443	0.338	0.229	0.117	0.000
0.18	1.000	0.916	0.829	0.739	0.645	0.547	0.446	0.340	0.231	0.118	0.000
0.19	1.000	0.917	0.831	0.741	0.647	0.550	0.448	0.343	0.233	0.119	0.000

Hệ số  $\beta$

$\bar{x}$ A	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.01	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.000
0.02	0.000	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.005	0.000
0.03	0.000	0.003	0.005	0.008	0.009	0.011	0.011	0.011	0.010	0.007	0.000
0.04	0.000	0.004	0.007	0.010	0.013	0.014	0.015	0.015	0.014	0.010	0.000
0.05	0.000	0.005	0.009	0.013	0.016	0.018	0.019	0.019	0.017	0.012	0.000
0.06	0.000	0.006	0.011	0.015	0.019	0.022	0.023	0.023	0.021	0.015	0.000
0.07	0.000	0.007	0.013	0.018	0.022	0.026	0.027	0.027	0.025	0.018	0.000
0.08	0.000	0.008	0.015	0.021	0.026	0.030	0.032	0.032	0.029	0.021	0.000
0.09	0.000	0.009	0.017	0.023	0.029	0.033	0.036	0.036	0.033	0.024	0.000
0.10	0.000	0.010	0.018	0.026	0.033	0.037	0.040	0.040	0.037	0.027	0.000
0.11	0.000	0.011	0.020	0.029	0.036	0.042	0.045	0.045	0.041	0.030	0.000
0.12	0.000	0.012	0.022	0.032	0.040	0.046	0.049	0.050	0.045	0.033	0.000
0.13	0.000	0.013	0.024	0.034	0.043	0.050	0.054	0.054	0.050	0.036	0.000
0.14	0.000	0.014	0.026	0.037	0.047	0.054	0.059	0.059	0.054	0.040	0.000
0.15	0.000	0.015	0.028	0.040	0.050	0.058	0.063	0.064	0.059	0.043	0.000
0.16	0.000	0.016	0.030	0.043	0.054	0.063	0.068	0.069	0.063	0.047	0.000
0.17	0.000	0.017	0.032	0.046	0.058	0.067	0.073	0.074	0.068	0.051	0.000
0.18	0.000	0.018	0.034	0.049	0.062	0.072	0.078	0.080	0.073	0.054	0.000
0.19	0.000	0.019	0.036	0.052	0.065	0.076	0.083	0.085	0.078	0.058	0.000

Đối với miệng có lá hướng dòng chiều đứng (hình 5.28a) :  $\xi = 3,36 \div 4,6$  (dự trừ 15%)

Đối với miệng có thành và lá chắn song song (hình 5.28b) :  $\xi = 2,35$



Hình 5.28 : Miệng thổi phân phối đều

Áp suất động 
$$P_d = \frac{v_o^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-79)$$

$v_o$  : Vận tốc trung bình tại tiết diện ban đầu của ống dẫn không khí, m/s. Sức cản toàn phần của ống dẫn kể cả sức cản ma sát và sức cản cục bộ trong các miệng thổi sẽ là :

$$P = P_t + P_d, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-80)$$

Ví dụ 5-4 : Tính ống thổi phân phối đều (tức là xác định kích thước thành bên của ống dẫn và trị số sức cản toàn phần). Cho biết độ dài  $l = 3$  m, tiết diện tại gốc  $a_o = 0,5$  m,  $b = 0,7$  m, lượng không khí cần thổi đều trên toàn ống dẫn  $L_o = 8000$  m<sup>3</sup>/h, số miệng thổi là 6 miệng giống nhau, mỗi miệng tiết diện  $f = 0,7 \times 0,1 = 0,07$  m<sup>2</sup> và có lá hướng dòng với tấm chắn đứng. Hệ số sức cản cục bộ của miệng thổi  $\xi = 4$ .

Giải

1- Vận tốc không khí ở tiết diện đầu :

$$v_o = \frac{L_o}{3600 a_o b} = \frac{8000}{3600 \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 6,35 \text{ m/s}$$

2- Đường kính tương đương của tiết diện đầu :

$$d_{o(v)} = \frac{2 a_o b}{a_o + b} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,7}{0,5 + 0,7} = 0,583 \text{ m}$$

3- Chuẩn số Raynon :

$$Re_o = \frac{v_o d_{o(v)}}{\nu} = \frac{6,35 \cdot 0,583}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 245820$$

(Không khí ở 20°C có  $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s)

4- Hệ số sức cản ma sát của ống có độ nhám  $K = 0,1$  mm theo công thức Antsul (5-14) :

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{K}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \left( \frac{0,1}{583} + \frac{68}{245820} \right)^{0,25} = 0,016$$

5- Hệ số A :

$$A = \frac{\lambda l}{4b} = \frac{0,016 \cdot 3}{4 \cdot 0,7} = 0,017$$

6- Các bước tính tiếp theo được thực hiện theo bảng 5-8 với các trị số  $\alpha$  và  $\beta$  tra theo bảng 5-7 bằng cách nội suy.

**Bảng 5-8**

**TÍNH CHIỀU CAO  $a_x$  CỦA ỐNG THỐI PHÂN PHỐI ĐỀU**

x, m	$\bar{x} = \frac{x}{l}$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha a_o, m$	$\beta b, m$	$a_x, m$
0	0	1	0	0,500	0	0,500
0,5	0,167	0,836	0,003	0,418	0,002	0,420
1,0	0,333	0,670	0,005	0,335	0,004	0,340
1,5	0,500	0,504	0,006	0,252	0,004	0,256
2,0	0,667	0,337	0,006	0,169	0,004	0,173
2,5	0,833	0,169	0,005	0,085	0,004	0,089
3	1,0	0	0	0	0	0

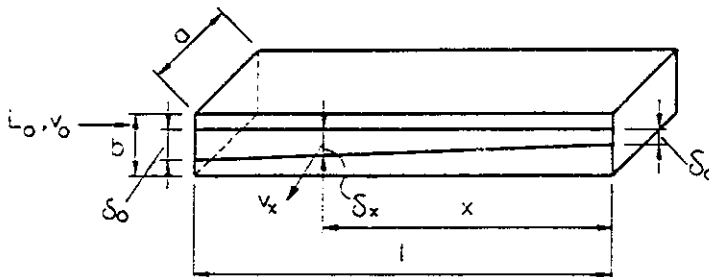
7- Vận tốc không khí ở miệng thổi :

$$v_R = \frac{L_o}{3600 n f} = \frac{8000}{3600 \cdot 6 \cdot 0,07} = 5,29 \text{ m/s}$$

8- Áp suất toàn phần ở tiết diện đầu của ống cũng tức là tổn thất áp suất trên đoạn ống :

$$P_o = \frac{v_o^2}{2g} \gamma + \xi \frac{v_R^2}{2g} \gamma = (6,35^2 + 4 \cdot 5,29^2) \frac{1,2}{2 \cdot 9,81} = 9,312 \text{ kG/m}^2$$

Ngoài loại ống thổi phân phối đều có dạng hình nêm vừa xem xét trên đây, người ta còn chế tạo ống phân phối đều tiết diện hình chữ nhật hoặc tròn không đổi với rãnh thổi dọc theo trục ống có bề cao  $\delta_x$  thay đổi (hình 5.29).



**Hình 5.29**

Đối với ống thổi loại này, cần thỏa mãn điều kiện :

$$l \leq 3 \frac{P_d}{R_o} \quad (5-81)$$

Trong đó :

$l$  - Chiều dài của ống, m

$P_d$  - Áp suất động của không khí ở tiết diện đầu của ống,  $\text{kG/m}^2$ .

$R_o$  - Tổn thất áp suất ma sát đơn vị ở đầu ống,  $\text{kG/m}^2 \cdot \text{m}$  - tra theo phụ lục 3.

Chiều cao ở đầu cuối của rãnh thổi :

$$\delta_c = \frac{L_o}{l v_R}, \quad \text{m} \quad (5-82)$$

Chiều cao rãnh thổi ở khoảng cách  $x$  tính từ đầu cuối bịt kín của ống :

$$\delta_x = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\delta_c^2} - \frac{1}{\xi} \left(\frac{x}{F_o}\right)^2 \left(1 - R_o \frac{x}{P_d}\right)}}, \quad \text{m} \quad (5-83)$$

Vận tốc thổi ra của không khí ở khoảng cách  $x$  :

$$v_x = \frac{L_o}{l \delta_x}, \quad \text{m/s} \quad (5-84)$$

Áp suất toàn phần cần đảm bảo ở đầu ống :

$$P_o = \xi \frac{v_R^2}{2g} \gamma + \frac{1}{3} R_o l, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-85)$$

Trong các công thức trên :

$L_o$  - Lưu lượng không khí ở đầu ống,  $\text{m}^3/\text{s}$

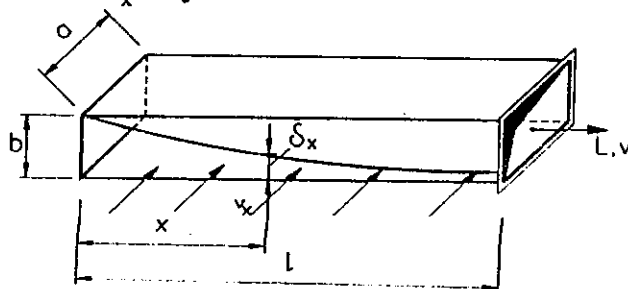
$F_o$  - Diện tích tiết diện đầu của ống,  $\text{m}^2$

$\xi$  - Hệ số sức cản của miệng thổi, đối với rãnh thổi dọc theo ống với chiều cao thay đổi :

$\xi = 2,6$ .

### 5.6.2. Tính toán ống hút đều

Được xem là hút đều khi lưu lượng tăng đều theo chiều dài của ống hút. Loại ống hút đều phổ biến nhất là ống có tiết diện vuông hoặc chữ nhật không đổi và miệng hút được mở trên thành ống với chiều cao  $\delta_x$  thay đổi (hình 5.30).



Hình 5.30 : Ống hút đều

Ta có các công thức tính toán như sau [38/1969] :

- Chiều cao  $\delta_x$  của rãnh hút ở khoảng cách  $x$  kể từ đầu mút bị kín của ống :

$$\delta_x = 1,22 \frac{b}{\sqrt{1,5 + \left(\frac{x}{a}\right)^2 + \frac{\lambda x^3}{3a^2}}}, \quad \text{m} \quad (5-86)$$

- Vận tốc không khí hút vào ở khoảng cách  $x$  :

$$v_x = \frac{L}{l \delta_x}, \quad \text{m/s} \quad (5-87)$$

- Áp suất toàn phần ở đầu cuối của ống :

$$P_o = 1,5 \frac{v_{(x=l)}^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \quad (5-88)$$

Trong đó :  $v_{(x=l)} = \frac{L}{a b}$  là vận tốc không khí ở đầu cuối của ống, m/s. Các kí hiệu khác tương tự như trường hợp trên đây.

Trong công thức (5-86) :  $\lambda$  là hệ số ma sát của ống hút ứng với tiết diện ngang  $a \times b$  của nó và được xác định theo công thức :

$$\lambda = \frac{0,013}{D_{id(v)}^{1,33}} \quad (5-89)$$

*Ví dụ 5-5* : Tính toán ống hút đều tiết diện chữ nhật không đổi  $a = 0,5\text{m}$ ,  $b = 0,6\text{m}$ . Chiều dài ống hút  $l = 2\text{m}$ . Khe hút dọc theo chiều dài ống và có chiều cao  $\delta_x$  thay đổi. Lưu lượng hút  $L = 2\text{ m}^3/\text{s}$  Hệ số ma sát  $\lambda = 0,029$ .

Giải : Chiều cao khe hút và vận tốc hút ở khoảng cách  $x = 0,5\text{m}$  tính từ đầu mút bị kín của ống lần lượt là :

$$\delta_x = \frac{1,22 \cdot 0,6}{\sqrt{1,5 + \left(\frac{0,5}{0,5}\right)^2 + \frac{0,029 \cdot 0,5^3}{3 \cdot 0,5^2}}} = 0,46 \text{ m}$$

$$v_x = \frac{2}{2 \cdot 0,46} = 2,17 \text{ m/s}$$

Chiều cao khe hút và vận tốc hút ở các khoảng cách khác nhau tính từ đầu mút bị kín của ống cho ở bảng 5-9.

**Bảng 5-9**

**CHIỀU CAO KHE HÚT VÀ VẬN TỐC HÚT CỦA ỐNG HÚT ĐỀU**

x, m	0	0,5	1	1,5	2
$\delta_x$ , m	0,6	0,46	0,31	0,225	0,173
$v_x$ , m/s	1,67	2,17	3,23	4,44	5,78

Áp suất toàn phần ở đầu cuối của ống hút :

$$P_o = 1,5 \cdot \frac{5,78^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} \approx 3,1 \text{ kG/m}^2$$

## Chương 6

# SẤY NÓNG VÀ LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ

### 6.1. SẤY NÓNG KHÔNG KHÍ

Ở một số địa phương phía Bắc nước ta, đặc biệt là ở các nước xứ lạnh, về mùa đông nhiệt độ không khí ngoài trời tương đối thấp hoặc rất thấp. Để đảm bảo cho điều kiện vi khí hậu bên trong nhà được ấm áp dễ chịu, trong nhiều trường hợp người ta cần lắp đặt thiết bị sấy nóng không khí trong các hệ thống gió để cấp không khí nóng vào nhà nhằm bù lại lượng nhiệt tổn thất qua kết cấu bao che và giữ cho nhiệt độ bên trong nhà ở mức nhất định cần thiết.

Thiết bị để sấy nóng không khí được gọi là bộ sấy hoặc "kaloriphe".

Tùy theo chất mang nhiệt dùng trong bộ sấy, người ta phân biệt thành các loại bộ sấy khác nhau :

- Bộ sấy không khí đốt lửa : Đốt cháy nhiên liệu (than, củi, dầu, khí đốt) bên trong thiết bị có dạng như lò sưởi và nhiệt từ các bề mặt bị nung nóng của thiết bị truyền cho dòng không khí đi qua.

- Bộ sấy không khí chạy bằng nước nóng hoặc hơi nước : Dùng nước nóng hoặc hơi nước từ lò hơi hoặc các thiết bị sinh nhiệt khác dẫn vào bộ sấy được chế tạo dưới dạng chùm ống có cánh hoặc không có cánh (ống trơn) và cho không khí đi qua tiếp xúc với bề mặt ngoài bị nung nóng của chùm ống.

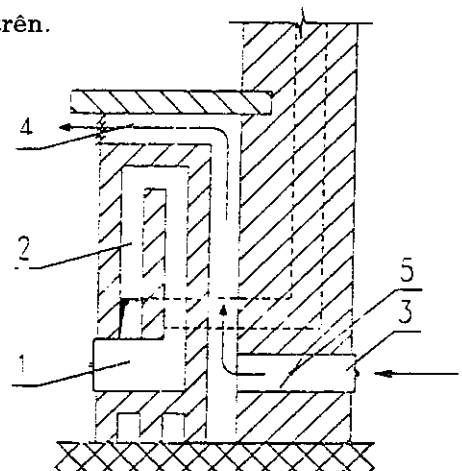
- Bộ sấy không khí bằng điện : Cấp điện vào các thanh đốt - dây mai-xo có bọc ngoài. Điện năng chuyển thành nhiệt năng và truyền cho dòng không khí đi qua.

Sau đây ta lần lượt xem xét các loại bộ sấy nêu trên.

#### 6.1.1. Bộ sấy đốt lửa (kaloriphe lửa)

Loại thiết bị sấy nóng không khí bằng lửa đơn giản nhất giống như lò sưởi xây bằng gạch đặt dưới bệ cửa sổ, phần dưới thông ra không khí ngoài trời và phần trên thông với không khí trong phòng (hình 6.1).

Nhiên liệu than hoặc củi được đốt cháy trong khoang đốt 1, khói nóng theo các đường khói 2 đi ra mương dẫn xây ngầm trong tường dẫn lên mái và thoát ra ngoài. Trên đường đi của mình, khói nóng truyền nhiệt cho các bề mặt mương dẫn kể cả bề mặt tường và sau đó nhiệt được truyền cho dòng không khí đi qua. Ở đây dòng không khí chuyển động được từ ngoài vào phòng nhờ sức hút tự nhiên do chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài nhà - đó là sức đẩy trọng lực.



Hình 6.1 : Kaloriphe lửa - lò sưởi.

- 1- Khoang đốt ; 2- Đường khói ;
- 3- Cửa không khí ngoài đi vào ;
- 4- Cửa không khí nóng thổi vào phòng ;
- 5- Van điều chỉnh lưu lượng không khí.



Một dạng khác của hệ thống sấy nóng không khí bằng nhiên liệu là kaloripe lửa làm việc với máy quạt.

Trong một vỏ xây bằng gạch 1 được bố trí chùm ống thép nằm ngang số 2. Khói nóng (sản phẩm cháy) bốc lên từ khoang đốt 3 nung nóng chùm ống và thoát ra ống khói theo mương số 4. Máy quạt số 5 đẩy không khí đi qua chùm ống thép ở phía trong các ống và đưa không khí nóng vào hệ thống phân phối không khí 6 (hình 6.2).

Mặc dù kaloripe lửa đã rất cổ xưa, nhưng cho tới ngày nay người ta vẫn còn sử dụng ở một số công trình đặc biệt, nhất là trong công nghiệp : hệ thống sấy chè, sấy ngũ cốc, sấy thực phẩm v.v... bằng tác nhân sấy là không khí nóng.

Lượng nhiệt cần cấp vào bộ sấy được xác định theo công thức :

$$Q = V \gamma C_p (t_2 - t_1) , \quad \text{kcal/h} \quad (6-1)$$

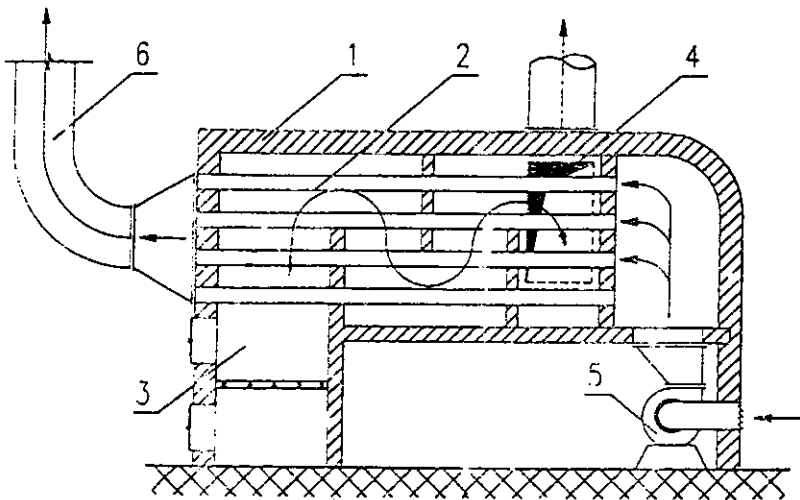
Trong đó :

V- Lưu lượng theo thể tích của không khí đi qua bộ sấy, m<sup>3</sup>/h

$\gamma$ - Trọng lượng đơn vị của không khí, kg/m<sup>3</sup>

$C_p$ - Tỷ nhiệt của không khí, lấy bằng 0,24 kcal/kg<sup>o</sup>C

$t_1, t_2$ - Nhiệt độ đầu và cuối của không khí, <sup>o</sup>C.



Hình 6.2 : Kaloripe lửa

Lượng nhiệt nêu trên còn được biểu diễn theo biểu thức sau đây :

$$Q = k F (t_s - t_k) , \quad \text{kcal/h} \quad (6-2)$$

Trong đó :

k- Hệ số truyền nhiệt của bề mặt tiếp nhiệt của bộ sấy, kcal/m<sup>2</sup>h<sup>o</sup>C

F- Diện tích bề mặt tiếp nhiệt, m<sup>2</sup>

$t_s$ - Nhiệt độ của chất mang nhiệt, ở đây là nhiệt độ của khói nóng, <sup>o</sup>C

$t_k$ - Nhiệt độ trung bình của không khí trước và sau bộ sấy, <sup>o</sup>C

Hệ số truyền nhiệt  $k$  của kaloriphe lửa phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của sản phẩm cháy và của dòng không khí đi bên trong thiết bị. Trị số của hệ số truyền nhiệt  $k$  có thể lấy theo bảng 6-1.

**Bảng 6-1**

**HỆ SỐ TRUYỀN NHIỆT  $k$  CỦA KALORIPHE LỬA, kcal/m<sup>2</sup>h °C**

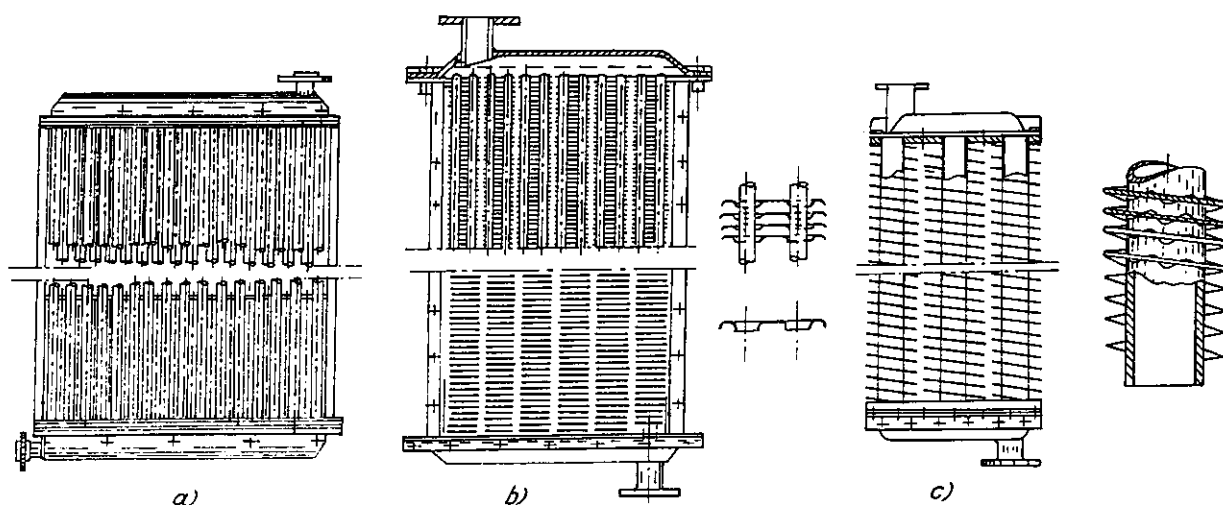
Vận tốc không khí, m/s	Vận tốc chuyển động của sản phẩm cháy, m/s					
	0,5	1	2	5	10	20
0,5	4,5	5,2	5,8	6,6	7,1	7,6
1	5,2	6,0	6,9	8,1	8,9	9,6
2	5,8	6,9	8,1	9,7	10,9	12,0
5	6,6	8,1	9,7	12,2	14,1	16,1
10	7,1	8,9	10,9	14,1	16,7	19,6

Trong trường hợp ống bị bám nhiều tro bụi hệ số truyền nhiệt  $k$  cho ở bảng 6-1 có thể giảm mất 25%.

### 6.1.2. Bộ sấy không khí chạy bằng nước nóng và hơi nước

#### 6.1.2.1. Cấu tạo và phân loại

Bộ sấy không khí chạy bằng nước nóng và hơi nước, gọi tắt là kaloriphe nước nóng và hơi nước, được chế tạo từ ống thép đường kính từ 32 + 50 mm và có cấu tạo thể hiện ở hình 6.3.



**Hình 6.3 : Kaloriphe nước nóng và hơi nước**

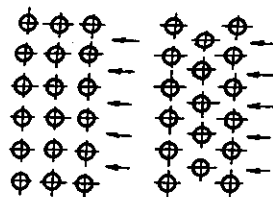
a- Loại ống trơn ; b- Loại ống có cách dạng tấm bản ; c- Loại ống có cách dạng xoắn ốc.

Các ống được bố trí thành nhiều dãy thẳng hàng hoặc so le (hình 6.4). Số dãy ống có thể là 2, 3 hoặc 4 dãy tùy theo cỡ của bộ sấy : cỡ nhỏ có 2 dãy, cỡ vừa có 3 dãy và cỡ lớn có 4 dãy ống.

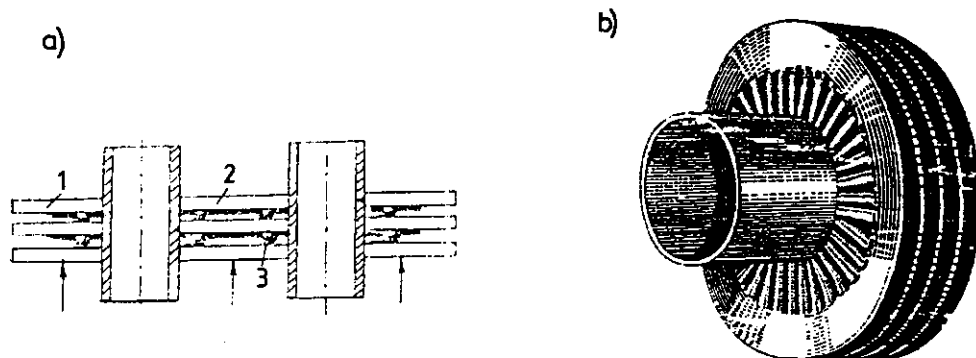
Cánh ống được chế tạo bằng thép tấm bề dày từ 0,5 ÷ 1mm, khoảng cách giữa các cánh ống từ 4 ÷ 5mm.

Trên hình 6.5 là sơ đồ cấu tạo cánh ống dạng tấm bản (a) và dạng xoắn ốc (b).

Như vậy tùy theo cấu tạo của bộ sấy mà người ta phân biệt thành : bộ sấy ống trơn, bộ sấy ống có cánh dạng tấm bản và bộ sấy có cánh dạng xoắn ốc. Bộ sấy ống có cánh có ưu điểm là diện tích tiếp nhiệt tăng hơn nhiều so với bộ sấy ống trơn cùng kích thước bên ngoài. Do đó khi cần sấy nóng không khí với lưu lượng lớn và chênh lệch nhiệt độ cao, người ta dùng bộ sấy ống có cánh để kích thước được gọn nhẹ và dễ bố trí lắp đặt.



Hình 6.4 : Bố trí các dãy ống trong bộ sấy  
a- Dây ống thẳng hàng ;  
b- Dây ống so le



Hình 6.5 : Sơ đồ cấu tạo cánh ống  
a- Cánh ống dạng tấm bản ; b- Cánh ống dạng xoắn ốc

### 6.1.2.2. Cách lắp đặt bộ sấy

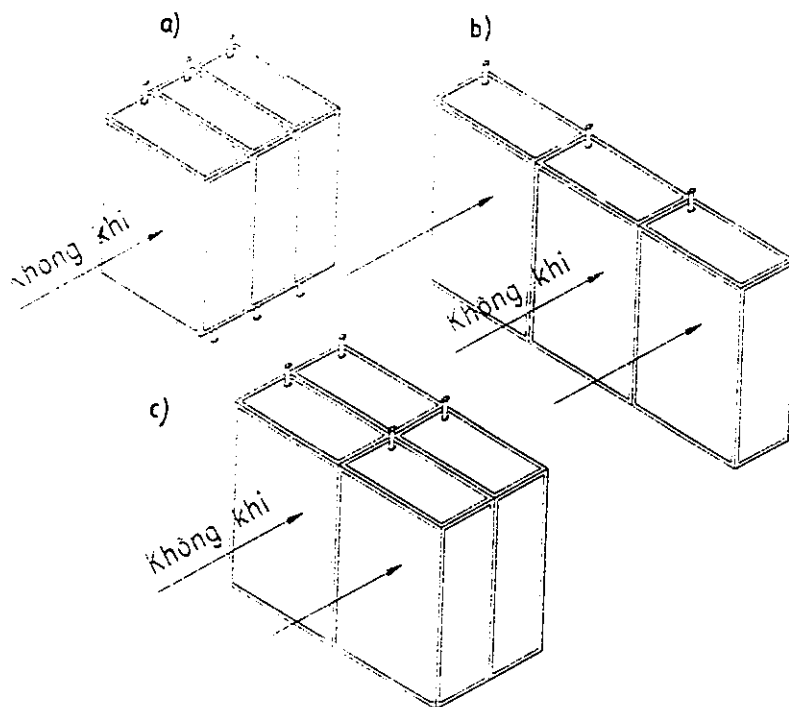
Trong một hệ thống sấy nóng không khí tùy theo diện tích tiếp nhiệt yêu cầu mà người ta chọn một hay nhiều bộ sấy cùng loại rồi ghép lại với nhau. Nếu xét theo chiều chuyển động của không khí đi qua hệ thống sấy, ta có thể phân biệt thành 3 cách lắp ghép sau đây của các bộ sấy :

a- Lắp nối tiếp : các bộ sấy được bố trí thành hàng dọc theo chiều chuyển động của không khí, tức là toàn bộ dòng không khí lần lượt đi qua tất cả các bộ sấy (hình 6.6a).

b- Lắp song song : các bộ sấy được bố trí thành hàng ngang đối với dòng không khí, trong trường hợp này không khí cùng một lúc đi qua tất cả các bộ sấy (hình 6.6b).

c- Lắp hỗn hợp : vừa nối tiếp vừa song song (hình 6.6c).

Đứng về phương diện chất mang nhiệt (nước nóng hoặc hơi nước) mà xét, ta cũng có 3 sơ đồ cấp nhiệt khác nhau cho hệ thống sấy không khí : nối tiếp, song song và hỗn hợp.



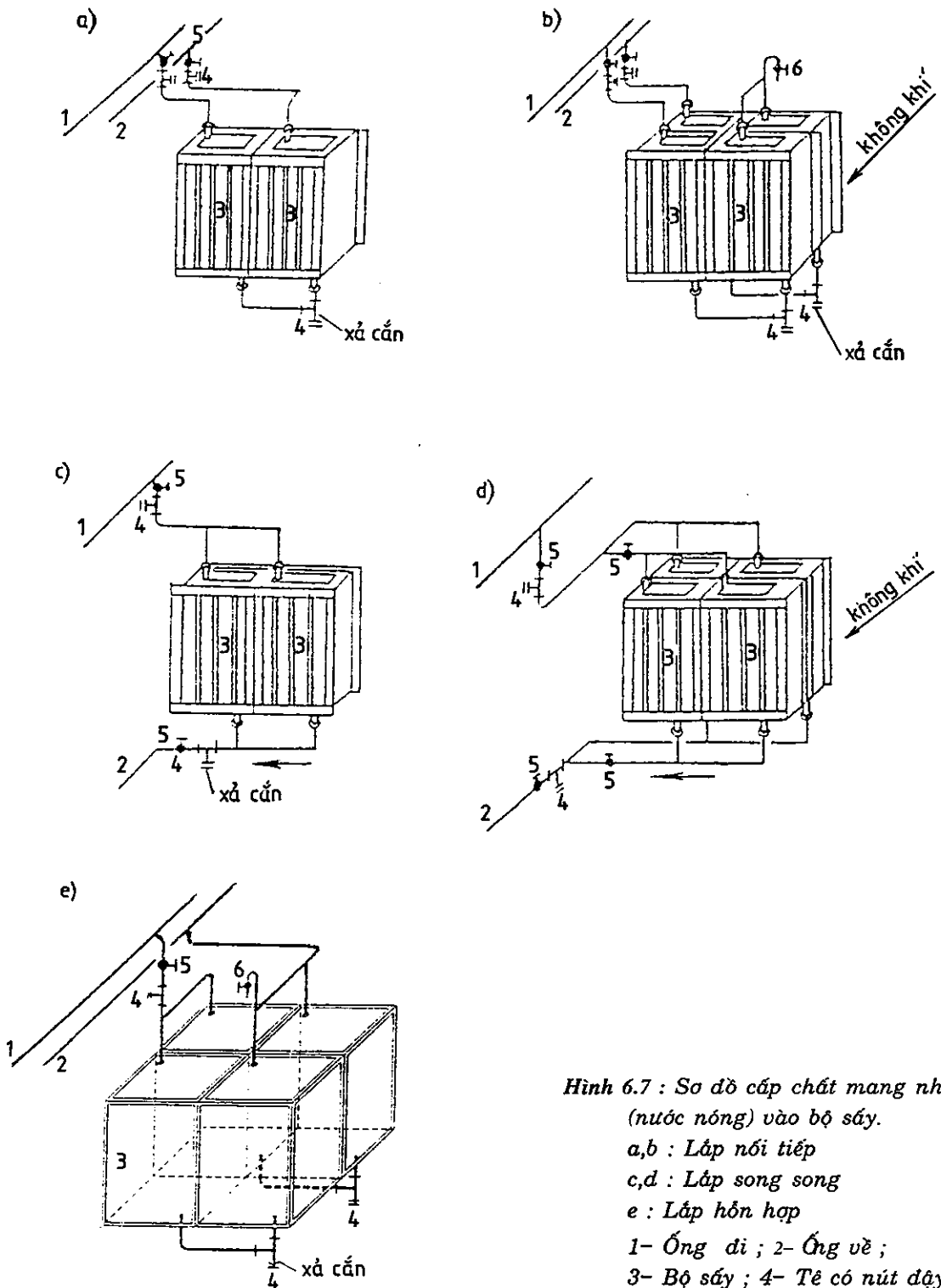
**Hình 6.6 : Cách bố trí các bộ sấy**  
*a- Lắp nối tiếp ; b- Lắp song song ; c- Lắp hỗn hợp*

Trên hình 6.7 thể hiện các loại sơ đồ cấp chất mang nhiệt (nước nóng) vào bộ sấy.

Ý nghĩa của việc lắp song song hay nối tiếp đối với các bộ sấy cũng như đường ống cấp chất mang nhiệt vào bộ sấy là khi cùng một lưu lượng không khí hoặc chất mang nhiệt nhất định, nếu lắp nối tiếp vận tốc của môi chất (không khí đi qua bộ sấy hoặc nước nóng chảy trong ống) sẽ tăng, do đó hệ số truyền nhiệt của bộ sấy cũng tăng và nhờ đó diện tích tiếp nhiệt – cũng tức là số lượng bộ sấy hoặc kích thước bộ sấy sẽ giảm và do đó có lợi về kinh phí lắp đặt ban đầu. Tuy nhiên trong trường hợp này sức cản thủy lực đối với không khí cũng như đối với chất mang nhiệt sẽ tăng và do đó chi phí điện năng trong quá trình sử dụng sẽ cao.

Đối với chất mang nhiệt cấp vào bộ sấy là hơi nước bão hòa thì nguyên lý truyền nhiệt trong bộ sấy là hơi nước trao cho không khí toàn bộ lượng nhiệt kín của mình và biến thành ngưng tụ ở cùng áp suất trước khi thoát ra khỏi bộ sấy. Hệ số trao đổi nhiệt từ hơi nước đang ngưng tụ vào bề mặt trong của các ống trong bộ sấy rất lớn so với hệ số trao đổi nhiệt từ bề mặt ngoài của ống vào không khí và đóng vai trò quyết định đối với hệ số truyền nhiệt chung của cả bộ sấy.

Vận tốc chuyển động của chất mang nhiệt trong trường hợp này rất ít phụ thuộc vào sơ đồ cấp nhiệt, nói cách khác là dù cấp nhiệt theo sơ đồ song song hay nối tiếp, hệ số truyền nhiệt của bộ sấy cũng không thay đổi đáng kể. Từ thực tế đó, để thuận tiện cho việc lắp đặt, đối với bộ sấy làm việc với chất mang nhiệt là hơi nước, người ta chỉ áp dụng sơ đồ cấp nhiệt song song (hình 6.8).



Hình 6.7 : Sơ đồ cấp chất mang nhiệt (nước nóng) vào bộ sấy.

a,b : Lắp nối tiếp

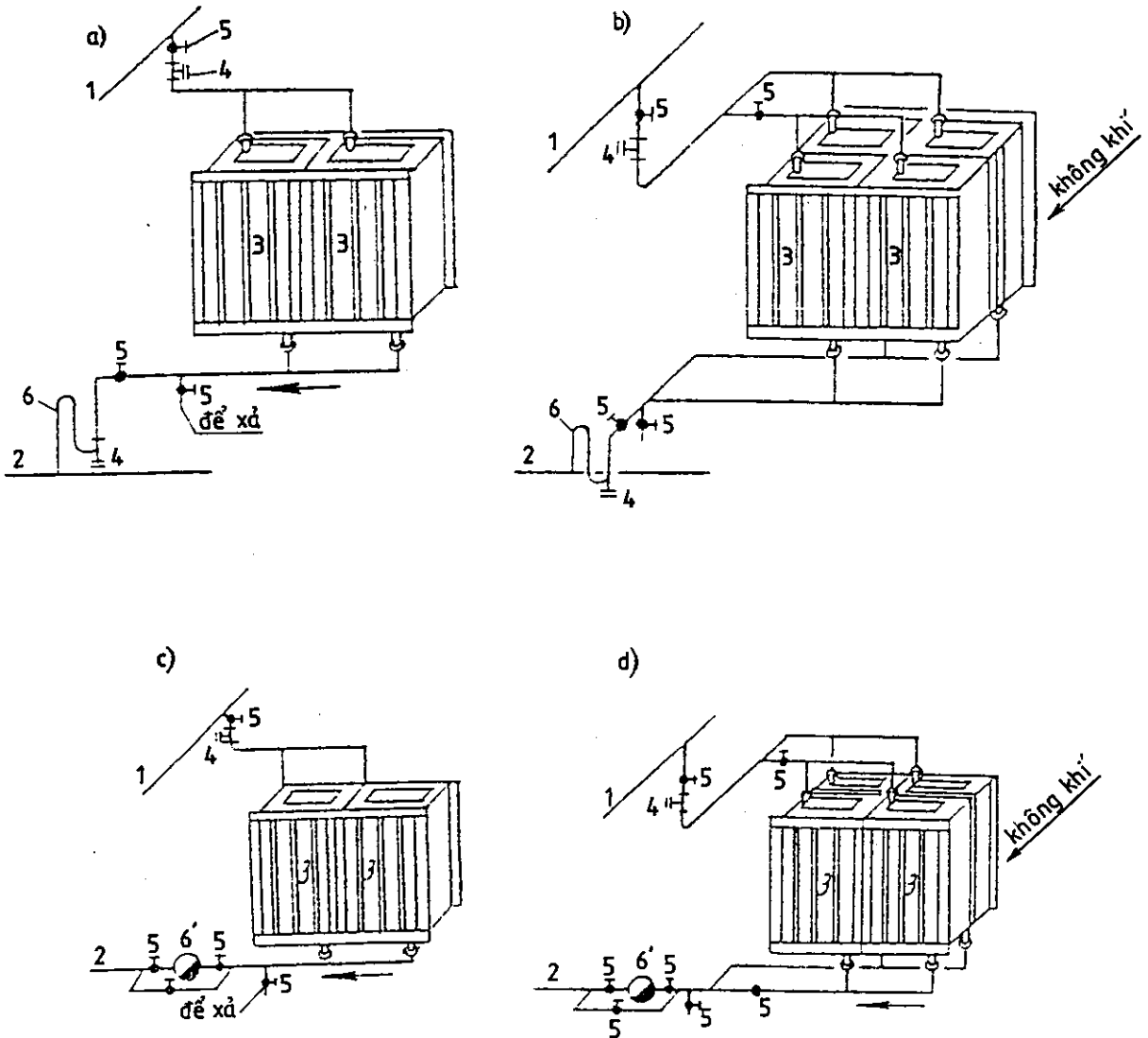
c,d : Lắp song song

e : Lắp hỗn hợp

1- Ống đi ; 2- Ống về ;

3- Bộ sấy ; 4- Tê có nút dây

5- Van ; 6- Van xả khí.



**Hình 6.8 : Sơ đồ cấp hơi nước vào bộ sấy**  
 a,b : Áp dụng khi áp suất hơi  $< 0,3 \text{ kg/cm}^2$   
 c,d : Áp dụng khi áp suất hơi  $\geq 0,3 \text{ kg/cm}^2$   
 1- Ống cấp hơi ; 2- Ống dẫn nước ngưng ;  
 3- Bộ sấy ; 4- Tê có nút đậy ; 5- Van ;  
 6- Xi phông ngăn hơi ; 6'- Tủi tách ngưng tụ.

Điều cần chú ý trong sơ đồ cấp nhiệt cho bộ sấy khí chất mang nhiệt là hơi nước là ở phía sau bộ sấy cần lắp bộ phận tách ngưng tụ để ngăn không cho hơi thoát ra trước khi biến hoàn toàn thành ngưng tụ, như vậy toàn bộ lượng nhiệt kín của hơi nước sẽ được tận dụng để sấy nóng dòng không khí đi qua. Khi áp suất dư của hơi nước nhỏ hơn hay bằng 0,3 atm, bộ phận tách ngưng tụ có thể là xi phông ngăn hơi (hình 6.8a), trường hợp áp suất dư của hơi nước lớn hơn 0,3 atm người ta dùng túi tách ngưng tụ (hình 6.8b).

### 6.1.2.3. Tính toán bộ sấy không khí chạy bằng nước nóng hoặc hơi nước

Trong công nghiệp người ta chế tạo bộ sấy theo từng chủng loại (mã hiệu), kích cỡ (số hiệu) khác nhau và được đặc trưng bằng các thông số kĩ thuật cơ bản sau đây :

- Kích thước bên ngoài của bộ sấy : chiều cao, chiều rộng, bề dày.
- Diện tích tiếp nhiệt  $F_T$  của bộ sấy,  $m^2$
- Diện tích sống đối với dòng không khí  $f_k$ ,  $m^2$
- Diện tích sống đối với chất mang nhiệt  $f_n$ ,  $m^2$

Mục đích tính toán bộ sấy là xác định diện tích tiếp nhiệt cần thiết, từ đó chọn bộ sấy có cấu tạo thích hợp và xác định số lượng bộ sấy cần lắp đặt trong hệ thống.

Việc tính toán bộ sấy cũng dựa vào các công thức cơ bản 6-1 và 6-2. Điều khác biệt ở đây là trong công thức 6-2 thay vì cho  $t_s$ - nhiệt độ của khối nóng, ta đưa vào :  $t_h$ - nhiệt độ của hơi bão hòa ứng với áp suất của nó khi chất mang nhiệt là hơi nước ; hoặc  $t_n$ - nhiệt độ trung bình của nước nóng trước và sau bộ sấy khi chất mang nhiệt là nước nóng.

Trên cơ sở thực nghiệm người ta xác định hệ số truyền nhiệt  $k$  của bộ sấy và biểu diễn dưới dạng các công thức thực nghiệm tổng quát sau đây :

Đối với chất mang nhiệt là nước nóng :

$$k = A (\nu\gamma)^m \omega^n, \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \quad (6-3)$$

Đối với chất mang nhiệt là hơi nước :

$$k = B(\nu\gamma)^p, \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \quad (6-4)$$

Trong các công thức trên :

A, B, m, n, p- Các hằng số thực nghiệm đối với mỗi loại bộ sấy và chất mang nhiệt khác nhau.

$\nu, \omega$ - Lần lượt là vận tốc không khí và vận tốc chất mang nhiệt (nước nóng) đi qua bộ sấy, m/s.

$\gamma$ - Trọng lượng đơn vị của không khí,  $kg/m^3$

$\nu\gamma$ - Vận tốc trọng lượng của không khí đi qua diện tích sống của bộ sấy,  $kg/m^2.s$

Vận tốc trọng lượng của không khí đi qua bộ sấy thường lấy trong phạm vi từ  $8 \div 12 \text{ kg/m}^2.s$ , còn vận tốc nước nóng trong ống  $< 1m/s$ .

Để làm tài liệu tham khảo, ở bảng 6-2 là giá trị của các hằng số thực nghiệm trong các công thức 6-3 và 6-4 của một loại bộ sấy không khí do Liên Xô cũ chế tạo theo GOST 7201-70 và bảng 6-3 là số liệu kĩ thuật của bộ sấy này.

CÁC HẰNG SỐ THỰC NGHIỆM CỦA BỘ SẤY LOẠI ỐNG CÓ CÁNH DẠNG  
TẤM BẢN DO LIÊN XÔ CŨ CHẾ TẠO THEO GOST 7201-70.

Thứ tự	Mã hiệu bộ sấy	Chất mang nhiệt : nước nóng			Chất mang nhiệt : hơi nước	
		A	m	n	B	p
1	KφC (cỡ vừa : 3 dây ống)	10,883	$0,4382\omega^{0,1469}$	0,0742	12,124	0,3663
2	KφB (cỡ lớn 4 dây ống)	9,4031	$0,4877\omega^{0,1425}$	0,0557	9,9129	0,4241

Đối với một số mẫu bộ sấy sản xuất ở Liên Xô cũ, người ta cho kích thước và hệ số truyền nhiệt k dưới dạng bảng tra. Ví dụ ở bảng 6-4 và 6-5 là số liệu kĩ thuật và hệ số truyền nhiệt k của loại bộ sấy có cánh xoắn ốc với hai mã hiệu khác nhau : KφCO và KφBO chế tạo theo GOST 7201-62.

Căn cứ vào số liệu kĩ thuật và hệ số truyền nhiệt của bộ sấy, quá trình tính toán và chọn bộ sấy được tiến hành theo trình tự như sau :

1- Tính toán lượng nhiệt Q cần cấp để sấy nóng V m<sup>3</sup>/h không khí từ nhiệt độ t<sub>1</sub> đến nhiệt độ t<sub>2</sub> °C theo công thức 6-1.

2- Xác định tiết diện sống tổng cộng của hệ thống bộ sấy đối với không khí theo công thức :

$$F_K = \frac{V\gamma}{3600(\nu\gamma)}, \quad \text{m}^2 \quad (6-5)$$

Trong đó :  $\nu\gamma$ - Vận tốc trọng lượng của không khí đi qua bộ sấy, kg/m<sup>2</sup>s. Có thể lấy  $\nu\gamma$  trong giới hạn hợp lí là 7 ÷ 10 kg/m<sup>2</sup>s. Riêng đối với bộ sấy có cánh dạng xoắn ốc, cần nhận  $\nu\gamma = 3 \div 5$  kg/m<sup>2</sup> s.

3- Dựa theo tổng diện tích sống đối với không khí F<sub>K</sub> và số liệu kĩ thuật của các loại bộ sấy khác nhau cho ở các bảng 6-3, 6-4 v.v... ta sơ bộ chọn loại bộ sấy, số lượng n bộ sấy cũng như cách lắp đặt chúng : song song hay nối tiếp theo chiều đi của không khí cũng như theo chiều đi của nước nóng.

4- Xác định vận tốc trọng lượng thực tế của không khí đi qua bộ sấy :

$$\nu\gamma = \frac{V\gamma}{3600 a f_K}, \quad \text{kg/m}^2\text{s} \quad (6-6)$$

Trong đó : f<sub>K</sub>- Tiết diện sống đối với không khí của một bộ sấy thuộc loại đã chọn, m<sup>2</sup>.

a = n- Số lượng bộ sấy đã chọn sơ bộ nếu toàn bộ các bộ sấy được lắp song song đối với dòng không khí.

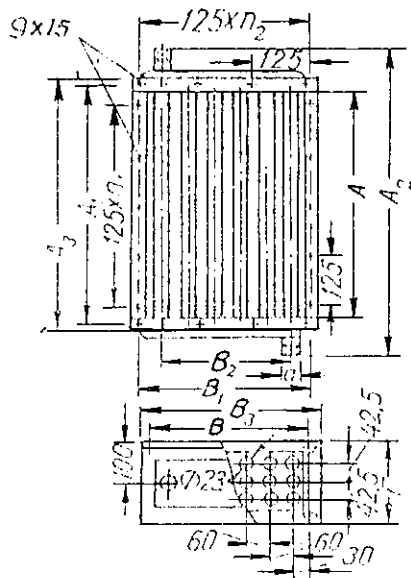
Nếu các bộ sấy được lắp vừa song song vừa nối tiếp, tức là gồm vừa hàng ngang vừa hàng dọc theo chiều đi của không khí thì a là số bộ sấy trên hàng ngang - trực giao với chiều đi của không khí.

5- Xác định vận tốc của nước nóng đi bên trong các ống của bộ sấy nếu chất mang nhiệt là nước nóng :



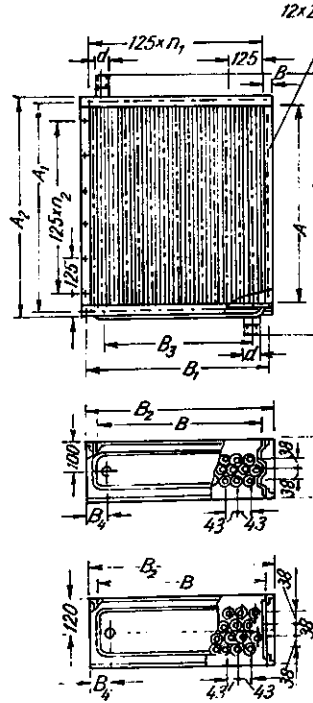
SỐ LIỆU KỸ THUẬT CỦA BỘ SẮC CÓ CÁNH DẠNG TẤM BẢN MÀ HIỆU KΦC  
VÀ KΦB (GOST 7201 - 70)

Số hiệu	Diện tích tiếp nhiệt Ft, m <sup>2</sup>		Tiết diện ống, m <sup>3</sup>		Trọng lượng kg		Số tấm bản	Số ống		Kích thước, mm										
	KΦC	KΦB	Đối với không khí	Đối với chất mang nhiệt	KΦC	KΦB		KΦC	KΦB	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	
	1*	7,25	9,3	0,0851	0,0046	0,0061	37,5	46,2	243	18	24	410	450	610	470	360	390	290	412	3
2	9,9	12,7	0,115	0,0046	0,0061	46,0	57,2	333	18	24	560	600	760	620	360	390	290	412	4	3
3	13,2	16,9	0,154	0,0061	0,0082	59,1	74,0	444	24	32	560	600	780	620	480	510	390	532	4	4
4	16,7	21,4	0,195	0,0061	0,0082	70,5	88,5	564	24	32	710	750	930	770	480	510	390	532	5	4
5	20,9	26,8	0,244	0,0076	0,0102	87,4	103,4	705	30	40	710	750	930	770	600	640	520	662	5	5
6	25,3	32,4	0,295	0,0076	0,0102	101,5	127,3	855	30	40	860	900	1080	920	600	640	520	662	6	5
7	30,4	38,9	0,354	0,0092	0,0122	123,1	154,0	1026	36	48	860	900	1100	920	720	760	630	782	6	6
8	35,7	45,7	0,416	0,0092	0,0122	139,7	175,2	1206	36	48	1010	1050	1250	1080	720	760	630	782	7	6
9	41,6	53,3	0,486	0,0107	0,0143	160,6	202,0	1407	42	56	1010	1050	1250	1080	840	880	750	902	7	7
10	47,8	61,2	0,558	0,0107	0,0143	170,7	226,5	1617	42	56	1160	1200	1400	1230	840	880	750	902	9	7
11	54,6	69,9	0,638	0,0122	0,0163	205,6	258,9	1848	48	64	1160	1200	1420	1230	960	1010	870	1032	9	8
12	61,6	879,0	0,720	0,0122	0,0163	227,0	286,2	2088	48	64	1310	1350	1570	1380	960	1010	870	1032	10	8
13*	69,3	88,8	0,810	0,0138	0,0184	253,3	319,3	2349	54	72	1310	1350	1570	1380	1080	1130	990	1152	10	9
14*	77,3	99,0	0,903	0,0138	0,0184	277,7	350,4	2649	54	72	1460	1500	1720	1530	1080	1130	990	1152	11	9



SỐ LIỆU KỸ THUẬT CỦA BỘ SẮY LOẠI CÓ CÁNH XOÁN ỐC MÃ HIỆU KφCO VÀ KφBO THEO GOST 7201-62

Số hiệu bộ sấy	Diện tích tiếp nhiệt				Tết diện sống, m <sup>2</sup>				Kích thước, mm											Trọng lượng kg			
	KφCO		KφBO		KφCO		KφBO		A	A1	A2	A3	B	B1	B2	B3	B4	a	b	n1	n2	KφCO	KφBO
	KφCO	KφBO	KφCO	KφBO	Đối với chất mang khí	Đối với chất mang nhiệt	Đối với chất mang khí	Đối với chất mang nhiệt															
2	9,77	13,02	0,0913	0,0061	0,091	0,0081	0,0081	560	600	624	760	360	390	412	290	61	77,5	16	3	4	50,5	55,3	
4	17,06	20,68	0,153	0,0084	0,143	0,0107	0,0107	710	750	780	930	494	610	532	390	71	77,5	16	4	5	73,3	88,3	
5	21,71	26,68	0,167	0,0107	0,182	0,0135	0,0135	710	750	780	930	584	640	662	520	71	77,5	18	5	5	96,1	110	
6	26,29	32,65	0,227	0,0107	0,222	0,0135	0,0135	860	900	924	1080	624	625	662	520	71	77,5	18	5	6	106	128	
7	30,05	40,06	0,271	0,0122	0,271	0,0163	0,0163	860	900	924	1100	722	760	782	630	71	77,5	18	6	6	123	152	
8	35,28	47,00	0,318	0,0122	0,318	0,0165	0,0165	1010	1050	1080	1250	710	760	782	626	76	102	16	6	7	140	175	
9	41,89	53,86	0,375	0,0145	0,375	0,0193	0,0193	1010	1050	1080	1250	840	880	902	746	77	102	14	7	7	160	207	
10	48,22	64,30	0,431	0,0145	0,431	0,0193	0,0193	1160	1200	1230	1400	840	880	902	750	77	52,5	14	7	9	178	230	
11	55,84	71,00	0,497	0,0168	0,475	0,0213	0,0213	1160	1200	1230	1420	970	1010	1032	870	81	52,5	16	8	9	206	258	



Ghi chú : Kích thước B ghi ở mẫu số là của loại mã hiệu KφBO



$$\omega = \frac{Q}{3600 \cdot 1000 a f_n (t_{n1} - t_{n2})}, \quad \text{m/s} \quad (6-7)$$

Trong đó :

$f_n$ - Tiết diện sống đối với nước của một bộ sấy loại đã chọn,  $\text{m}^2$

$t_{n1}, t_{n2}$ - Lần lượt là nhiệt độ nước nóng trước và sau bộ sấy,  $^{\circ}\text{C}$

a- Cũng tương tự như trong công thức (6-6) chỉ khác là ở đây ta xem xét sơ đồ cấp chất mang nhiệt vào bộ sấy : song song, nối tiếp hay vừa song song vừa nối tiếp.

Đối với chất mang nhiệt là hơi nước, ta không cần tính toán tiết mục này.

6- Biết  $v\gamma$  và  $\omega$ , dùng công thức hoặc bảng để xác định hệ số truyền nhiệt  $k$  của hệ thống bộ sấy.

$$Q_T = k F_T (t_n - t_K), \quad \text{kcal/h} \quad (6-8)$$

Trong đó :

$F_T$ - Tổng diện tích tiếp nhiệt của  $n$  bộ sấy đã chọn,  $\text{m}^2$

$t_n = \frac{t_{n1} + t_{n2}}{2}$  - Nhiệt độ trung bình của nước nóng đi qua bộ sấy,  $^{\circ}\text{C}$ .

Đối với chất mang nhiệt là hơi nước bão hòa thì  $t_n$  là nhiệt độ của hơi ở áp suất đã cho. Ví dụ nếu hơi nước bão hòa ở áp suất 0,1 atm (áp suất dư) ta có thể lấy  $t_n = 100^{\circ}\text{C}$ .

$t_K$ - Nhiệt độ trung bình của không khí trước và sau bộ sấy :  $t_K = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad ^{\circ}\text{C}$ .

Nếu lượng nhiệt thực tế  $Q_T$  thu được thỏa mãn điều kiện  $Q_T = (1,15 \div 1,2)Q$  có nghĩa là hệ thống các bộ sấy đã chọn hoàn toàn đáp ứng yêu cầu với độ dự trữ về nhiệt từ 15 ÷ 20%.

Trường hợp điều kiện nêu trên không đạt được, ta cần chọn lại chủng loại, số lượng bộ sấy cũng như sơ đồ lắp đặt.

Sức cản thủy lực của bộ sấy đối với không khí và đối với chất mang nhiệt - nước nóng được xác định theo các công thức cho ở bảng 6-6.

**Bảng 6-6**

**CÔNG THỨC XÁC ĐỊNH SỨC CẢN THỦY LỰC CỦA BỘ SẤY  
ĐỐI VỚI KHÔNG KHÍ  $\Delta p$  VÀ ĐỐI VỚI NƯỚC NÓNG  $H$ .**

Thứ tự	Loại bộ sấy	Đối với không khí $\Delta p$ , $\text{kG/m}^2$	Đối với nước nóng $H$ , $\text{kG/m}^2$
1	Bộ sấy có cánh dạng tấm bản theo GOST 7201-70 ● Cỡ vừa KφC ● Cỡ lớn KφB	$\Delta p = 0,1823 (v\gamma)^{1,7023}$ $\Delta p = 0,1237 (v\gamma)^{1,7564}$	$H = 2285,3 \omega^{1,932}$ $H = 1585,1 \omega^{1,9725}$
2	Bộ sấy có cánh dạng xoắn ốc theo GOST 7201-62 ● Cỡ vừa KφCO ● Cỡ lớn KφBO	$\Delta p = 0,341 (v\gamma)^2$ $\Delta p = 0,444 (v\gamma)^{1,94}$	$H = 1826,2\omega^2 + 219,17\omega - 12,430$ $H = 1516,7\omega^2 + 41,98\omega - 2,186$

*Ghi chú :* Các công thức cho ở bảng 6-6 áp dụng đối với  $\nu\gamma = 2 \div 16 \text{ kg/m}^2.\text{s}$   
và  $\omega = 0,05 \div 0,35 \text{ m/s}$ .

Cần lưu ý là các công thức cho ở bảng 6-6 cho phép xác định sức cản thủy lực của một bộ sấy đối với không khí ( $\Delta p$ ) hoặc đối với nước (H). Tùy thuộc theo cách lắp đặt các bộ sấy trong hệ thống sấy mà sức cản thủy lực của cả hệ thống sẽ khác nhau và được xác định theo các công thức sau :

$$\text{Đối với không khí : } \Delta p_o = m \Delta p \quad (6-9)$$

$$\text{Đối với nước nóng : } H_o = (H + 40) \text{ m}' \quad (6-10)$$

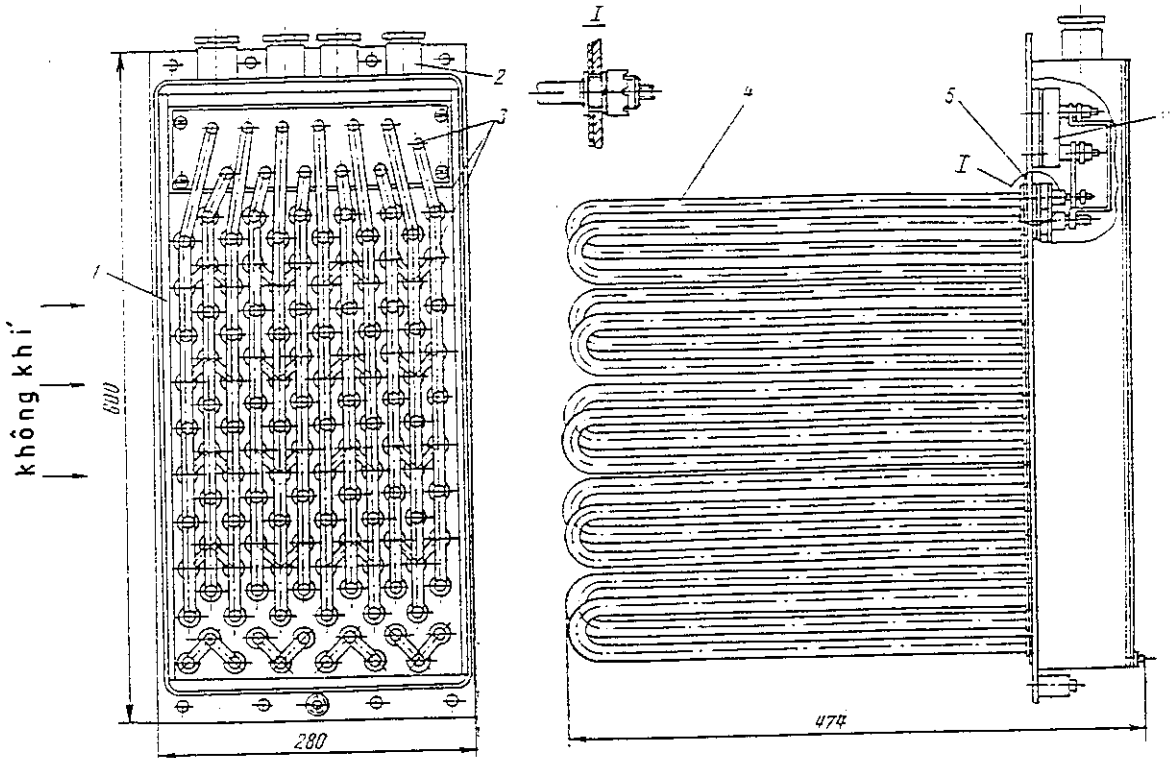
m và m' lần lượt là số lượng bộ sấy lắp nối tiếp theo chiều đi của không khí và của nước nóng.

### 6.1.3. Bộ sấy không khí bằng điện

Sấy nóng không khí bằng điện có thể thực hiện nhờ những thanh đốt với dây mai-xo điện trở.

Trên hình 6.9 là bộ sấy không khí bằng điện dùng trong các hệ thống thông gió và điều hòa không khí.

Bộ sấy được chế tạo từ nhiều thanh đốt dạng ống chữ U hoặc ống thẳng đường kính ngoài từ  $7 \div 19 \text{ mm}$ , bề dày thành ống  $1 \div 1,5 \text{ mm}$ . Các thanh đốt làm việc với dòng điện xoay chiều hoặc một chiều.



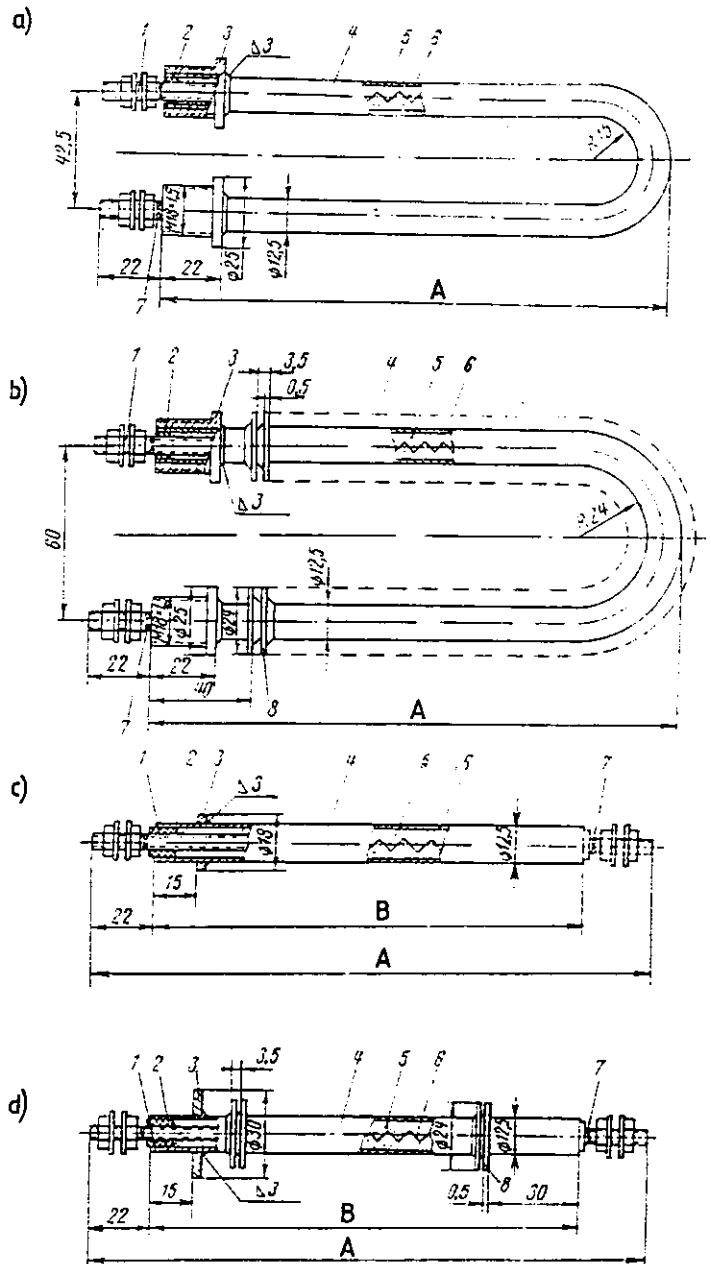
*Hình 6.9 : Bộ sấy không khí bằng điện*

- 1- Khung sắt ; 2- Ống luồn cáp điện ; 3- Cầu nối  
4- Thanh đốt ; 5- Đệm cách điện ; 6- Bảng điện

Cấu tạo của thanh đốt chữ U và thẳng được thể hiện ở hình 6.10 và các số liệu kĩ thuật của chúng được cho ở bảng 6-7 và 6-8. Trong mỗi dạng thanh đốt chữ U hay ống thẳng đều gồm 2 loại : ống trơn và ống có cánh.

Thanh đốt dạng ống được cấu tạo từ ống bọc ngoài 4 bằng kim loại (sắt, đồng, thau), bên trong đặt dây mai-xo 6 bằng hợp kim nicrom hoặc hợp kim fecran đường kính từ  $0,2 \div 1,6$  mm. Để dây mai-xo được cố định không chạm vào thành ống, người ta dùng một loại vật liệu rời dạng bột có tính chất cách điện tốt nhưng vẫn dẫn được nhiệt 5 lên chặt vào ống. Vật liệu tốt nhất để dùng vào mục đích này là periclaz (MgO), nó chịu nhiệt tốt, cách điện tốt ở nhiệt độ cao cũng như thấp, hệ số dẫn nhiệt lớn làm cho chênh lệch nhiệt độ giữa dây mai-xo và bề mặt ống tương đối bé (không quá  $150^{\circ}\text{C}$ ). Ngoài periclaz ra người ta cũng có thể sử dụng cát thạch anh vào mục đích nói trên khi nhiệt độ làm việc của thanh đốt không quá  $400 - 500^{\circ}\text{C}$  bởi vì ở nhiệt độ cao hơn tính chất cách điện của cát thạch anh giảm xuống rõ rệt. Đầu dây mai-xo 6 được nối vào bulông kim loại 1 để đấu điện. Giữa bulông 1 và ống 4 có lớp cách điện bằng sứ 2. Các thanh đốt được lắp vào bản khung của bộ sấy bằng đai ốc 3. Điện trở yêu cầu của các lớp cách điện trong bộ sấy phải đạt trên  $1 \text{ M}\Omega$ .

Ưu điểm của thanh đốt có ống bọc ngoài so với dây mai-xo để trần là sử dụng an toàn và lâu bền vì dây mai-xo không tiếp xúc với không khí nên không bị oxy hóa và tránh được sự va đập cơ học, nhờ đó thời hạn sử dụng của thanh đốt có thể lên tới 4000 giờ.



Hình 6.10 : Thanh đốt dạng ống  
đường kính  $d_N = 12,5\text{mm}$

a- Ống trơn hình chữ U ; b- Ống có cánh hình chữ U  
c- Ống thẳng trơn ; d- Ống thẳng có cánh

SỐ LIỆU KỸ THUẬT CỦA THANH ĐỐT ĐIỆN TRỞ  
LOẠI ỐNG HÌNH CHỮ U  $d_N = 12,5 \text{ mm}$

Số hiệu	Điện áp làm việc volt	Công suất $\pm 8\%$ , W	Công suất nhiệt đơn vị $\sigma_T$ , W/cm <sup>2</sup>	Môi chất	Nhiệt độ bề mặt khi nhiệt độ xung quanh = 25°C	Kích thước A, mm	Chiều dài làm việc l, mm	Trọng lượng kg	
Loại ống có cánh (hình 6.10a)									
1	220	985	2,44	Không khí $v = 3-5$ m/s	315	572	1030	0,812	
2	220	860	3,0		385	422	730	0,61	
3	220	980	3,0		386	472	830	0,68	
4	110	230	1,12		150-170	322	530	0,484	
5	220	360	1,23		150-170	472	830	0,68	
6	220	445	1,225		150-170	572	1030	0,81	
7	110	240	2,1	Không khí $v = 0$ m/s $t_{xq} = 25^\circ\text{C}$	520	222	330	0,35	
8	220	530	2,08		516	422	730	0,61	
9	220	680	2,06		513	522	930	0,75	
10	200	750	2,07		515	572	1030	0,81	
11	110	150	0,455		150-170	522	930	0,75	
12	110	217	1,23	Không khí $v = 3-5$ m/s	150-170	372	630	0,54	
Loại ống có cánh (hình 6.10b)									
1	110	425	0,236	Không khí $v = 3-5$ m/s	100-125	300	540	0,81	
2	220	580	0,236		100-125	400	740	1,0	
3	220	660	0,236		100-125	450	840	1,1	
4	220	740	0,236		100-125	400	940	1,3	
5	220	820	0,236		100-125	550	1040	1,4	
6	110	1220	0,5		300	400	740	1,06	
7	220	1550	0,5		300	500	940	1,3	
8	55	120	0,083	Không khí $v = 0$ m/s $t_{xq} = 25^\circ\text{C}$	150-170	250	440	0,68	
9	110	175	0,083		150-170	350	640	0,94	
10	110	260	0,083		150-170	500	940	1,3	
11	55	335	0,23		300	250	440	0,68	
12	110	645	0,23		300	450	840	1,17	
13	110	795	0,23		300	550	1040	1,43	
14	220	270	0,236		Không khí $v = 3-5$ m/s	100-125	200	340	0,48

**SỐ LIỆU KỸ THUẬT CỦA THANH ĐỐT ĐIỆN TRỞ  
LOẠI ỐNG THẲNG  $d_N = 12,5\text{mm}$**

Số hiệu	Điện áp làm việc volt	Công suất $\pm 8\%$ , W	Công suất nhiệt đơn vị $\sigma_T$ , W/cm <sup>2</sup>	Môi chất	Nhiệt độ bề mặt khi nhiệt độ xung quanh = 25°C	Kích thước		Chiều dài làm việc $l$ , mm	Trọng lượng kg
						A mm	B mm		
<b>Loại ống trơn (hình 6.10c)</b>									
1	55	140	1,09	Không khí	150-170	445	400	325	0,3
2	55	160	1,09	$v = 3-5$	150-170	495	450	375	0,33
3	73,5	205	1,1	m/s	150-170	595	550	475	0,4
4	55	200	1,85	Không khí	500	395	350	275	0,27
5	110	345	1,85	$v = 0$ m/s	500	595	550	475	0,4
6	44	65	0,441		150-170	495	450	375	0,33
<b>Loại ống có cánh (hình 6.10d)</b>									
1	55	75	0,083	Không khí	150-170	395	350	275	0,42
2	44	130	0,083	$v = 3-5$	150-170	595	550	475	0,69
3	11	325	0,23	m/s	300	545	500	425	0,62
4	73,4	215	0,236	Không khí	150-170	395	350	275	0,42
5	110	335	0,236	$v = 0$ m/s	150-170	545	500	425	0,62
6	55	54	0,5		300	445	400	325	0,49
7	110	785	0,5		300	595	500	475	0,69

Vận tốc không khí đi qua tiết diện sống của bộ sấy điện cho phép lấy trong khoảng từ 6 ÷ 12 m/s.

Sau khi chế tạo, bằng thực nghiệm người ta xác định công suất nhiệt đơn vị  $\sigma_T$  của các loại thanh đốt. Đó là khả năng tỏa nhiệt từ 1 đơn vị diện tích bề mặt ngoài của thanh đốt trong 1 đơn vị thời gian tính theo W/cm<sup>2</sup> (xem bảng 6-7 và 6-8). Đây là thống số kỹ thuật rất quan trọng phục vụ cho việc tính chọn bộ sấy điện.

Quá trình tính chọn bộ sấy được tiến hành theo các bước sau :

1. Xác định lượng nhiệt  $Q$ , kcal/h cần thiết để sấy nóng  $V$  m<sup>3</sup>/h không khí từ nhiệt độ  $t_1$  lên đến nhiệt độ  $t_2$  theo công thức 6-1.

2. Tổng công suất điện cần cấp vào bộ sấy :

$$N = \frac{Q}{860}, \quad \text{kW} \quad (6-11)$$

3. Chiều dài làm việc tổng cộng của tất cả các thanh đốt trong bộ sấy :

$$l_{\Sigma} = \frac{1000 N}{\pi d_N \sigma_T}, \quad \text{cm} \quad (6-12)$$



Trong đó :

$d_N$ - Đường kính ngoài của ống đốt, cm

$\sigma_T$ - Công suất nhiệt đơn vị của thanh đốt, W/cm<sup>2</sup>

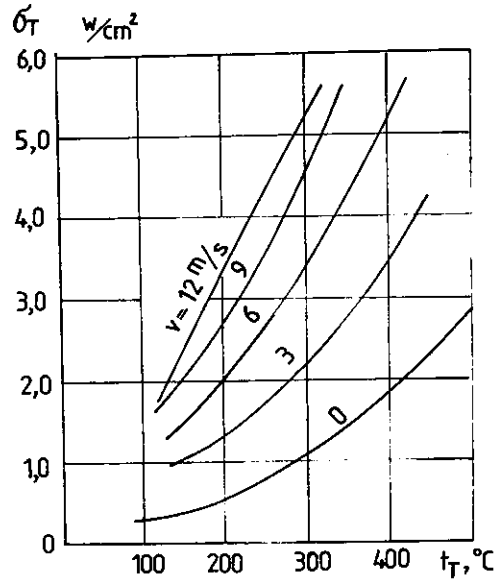
4- Số lượng thanh đốt trong bộ sấy :

$$n = \frac{10 l_{tg}}{l}, \quad \text{cái} \quad (6-13)$$

$l$ - Chiều dài làm việc của 1 thanh đốt, mm lấy theo bảng 6-7 và 6-8.

Điều cần chú ý là đối với thanh đốt dạng ống có cánh, hệ số cánh là  $\beta = 6,5$  và công suất nhiệt đơn vị  $\sigma_T$  được cho theo tổng diện tích tiếp nhiệt của ống tức là diện tích toàn bộ thân ống và cánh ống. Do đó để tính chiều dài làm việc tổng cộng của tất cả các thanh đốt trong bộ sấy loại ống có cánh theo công thức 6-12 trước tiên cần tính đối trị số  $\sigma_T$  tra được ở bảng bằng cách nhân thêm hệ số cánh  $\beta = 6,5$ .

Công suất nhiệt đơn vị  $\sigma_T$  của thanh đốt phụ thuộc vào điều kiện trao đổi nhiệt từ bề mặt thanh đốt vào không khí, cụ thể là phụ thuộc vào vật liệu, đường kính, nhiệt độ bề mặt và vận tốc không khí thổi qua. Ở bảng 6-7 và 6-8 người ta cho trị số  $\sigma_T$  ứng với vận tốc không khí và nhiệt độ bề mặt trong phạm vi nhất định. Trường hợp bộ sấy làm việc với vận tốc và nhiệt độ khác, cần dùng biểu đồ thực nghiệm để tra  $\sigma_T$  tương ứng. Ở hình 6.11 là biểu đồ  $\sigma_T$  xây dựng trên cơ sở số liệu thực nghiệm của loại thanh đốt đường kính  $d_N = 12\text{mm}$ , một cách đủ chính xác có thể áp dụng được cho thanh đốt với  $d_N = 12,5\text{mm}$  cho ở hình 6.10.



Hình 6.11 : Hệ số  $\sigma_T$  của thanh đốt ống nhân phụ thuộc vào nhiệt độ bề mặt và vận tốc chuyển động của không khí.

#### 6.1.4. Một số ví dụ về cách tính chọn bộ sấy

##### 1. Ví dụ 1 :

Chọn bộ sấy không khí với chất mang nhiệt là hơi nước bão hòa ở áp suất dư 0,3 atm, cho biết : Lưu lượng không khí cần sấy nóng  $L = 23000$  kg/h. Nhiệt độ đầu và cuối của không khí :  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 30^\circ\text{C}$ .

Giải :

- Nhiệt độ của hơi nước bão hòa ở áp suất dư 0,3 atm là :  $t = 106,6^\circ\text{C}$ .
- Lượng nhiệt yêu cầu cho quá trình sấy nóng không khí (theo công thức 6-1) :

$$Q_{yc} = 0,24 \cdot 23000 (30-10) = 110400 \quad \text{kcal/h.}$$

- Chọn bộ sấy loại có cánh dạng tấm bản mã hiệu KφC N°6. Số lượng 2 cái, lắp song song đối với không khí.

Các số liệu kĩ thuật của bộ sấy KφC N°6 (tra từ bảng 6-3 : Diện tích tiếp nhiệt  $F_T = 25,3\text{m}^2$ , diện tích sống đối với không khí  $f_K = 0,295\text{m}^2$ ).

- Xác định vận tốc trọng lượng  $v\gamma$  của không khí theo công thức 6-6 : Ở đây 2 bộ sấy dự kiến lắp song song theo chiều đi của không khí nên  $a = 2$ , do đó ta có :

$$v\gamma = \frac{23000}{3600 \cdot 2 \cdot 0,295} = 10,83 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

Vận tốc này nằm trong giới hạn cho phép.

- Xác định hệ số truyền nhiệt  $k$  của bộ sấy KφC khi chất mang nhiệt là hơi nước (công thức 6-4 và bảng 6-2) :

$$k = 12,124 \cdot 10,83^{0,3663} = 29,02 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

- Lượng nhiệt thực tế do bộ sấy đã chọn cung cấp (theo công thức 6-8) :

$$Q_T = 29,02 \cdot 2 \cdot 25,3 \left( 106,6 - \frac{10 + 30}{2} \right) = 127164,5 \text{ kcal/h} \approx 1,15 Q_{yc}$$

Như vậy bộ sấy đã chọn và cách lắp đặt nêu trên là hoàn toàn đáp ứng yêu cầu.

## 2- Ví dụ 2 :

Cũng số liệu như ở ví dụ 1 nhưng chất mang nhiệt là nước nóng với nhiệt độ vào là  $t_{n1} = 120^\circ\text{C}$  và nhiệt độ ra là  $t_{n2} = 70^\circ\text{C}$ .

Giải :

- Chọn bộ sấy loại có cánh dạng tấm bản mã hiệu KφB N° 9. Số lượng 2 cái, lắp song song đối với không khí và nối tiếp đối với nước.

Số liệu kĩ thuật của bộ sấy KφB N° 9 (bảng 6-3) :

Diện tích tiếp nhiệt  $F_T = 53,3 \text{ m}^2$

Diện tích sống đối với không khí :  $f_K = 0,486 \text{ m}^2$

Diện tích sống đối với nước :  $f_n = 0,0143 \text{ m}^2$

- Xác định vận tốc trọng lượng của không khí theo (6-6) :

$$v\gamma = \frac{23000}{3600 \cdot 2 \cdot 0,486} = 6,573 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

- Xác định vận tốc chất mang nhiệt (nước nóng) đi qua bộ sấy theo công thức (6-7) :

$$\omega = \frac{110400}{3600 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 0,0143} = 0,043 \text{ m/s}$$

- Xác định hệ số truyền nhiệt  $k$  của bộ sấy theo bảng 6-2 ta có :

$$A = 9,4031$$

$$m = 0,4877 \cdot 0,043^{0,1425} = 0,311$$

$$n = 0,0557$$

Vậy :  $k = 9,4031 \cdot 6,573^{0,311} \cdot 0,043^{0,0557} = 14,17 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ .

- Lượng nhiệt thực tế thu được từ bộ sấy (công thức 6-8) :

$$Q_T = 14,17 \cdot 2 \cdot 53,3 \left( \frac{120 + 70}{2} - \frac{10 + 30}{2} \right)$$

$$= 113317,8 \text{ kcal/h} = 1,03 Q_{yc}$$

Độ dư trữ về nhiệt chỉ đạt 3%, như vậy chưa đạt yêu cầu. Cần chọn lại bộ sấy khác lớn hơn hoặc thay đổi lại cách lắp đặt để nâng cao hệ số truyền nhiệt k của bộ sấy. Ta tiến hành theo cách thứ 2, tức là vẫn chọn 2 bộ sấy KφB N<sup>o</sup> 9, nhưng thay đổi cách lắp đặt : lắp nối tiếp đối với không khí và song song đối với nước.

- Lúc đó ta có  $v\gamma = 6,573 \cdot 2 = 13,146 \text{ kg/m}^2\text{s}$  (có thể chấp nhận được)

và  $\omega = 0,043 : 2 = 0,0215\text{m/s}$

- Xác định hệ số k của bộ sấy :

$$A = 9,4031$$

$$m = 0,4877 \cdot 0,0215^{0,1425} = 0,282$$

$$n = 0,0557$$

Ta có :  $k = 9,4031 \cdot 13,146^{0,282} \cdot 0,0215^{0,0557} = 15,7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$

- Lượng nhiệt thực tế thu được :

$$Q_T = 15,7 \cdot 2 \cdot 53,3 \cdot 75 = 125518 \text{ kcal/h} = 1,14 Q_{yc}$$

Như vậy, chọn 2 bộ sấy KφB N<sup>o</sup> 9 với cách lắp đặt nối tiếp đối với không khí và song song đối với nước là thỏa mãn được yêu cầu.

### 3. Ví dụ 3 :

Như số liệu cho ở ví dụ 1 nhưng cần chọn bộ sấy bằng điện.

- Tổng công suất điện cần cấp vào bộ sấy (theo công thức 6-11) :

$$N = \frac{110400}{860} = 128,4 \text{ kW}$$

- Chọn thanh đốt loại ống chữ U có cánh, đường kính ngoài  $d_N = 12,5\text{mm}$ , N<sup>o</sup> 7.

Theo bảng 6-7 ứng với loại thanh đốt này ta có :

● Công suất nhiệt đơn vị của thanh đốt :  $\sigma_T = 0,5 \text{ W/cm}^2$

● Chiều dài làm việc của 1 thanh đốt :  $l = 940 \text{ mm}$ .

- Quy đổi công suất nhiệt đơn vị của loại ống có cánh ra ống trơn khi hệ số cánh là  $\beta = 6,5$  :

$$\sigma'_T = 6,5 \sigma_T = 6,5 \cdot 0,5 = 3,25 \text{ W/cm}^2$$

- Xác định chiều dài làm việc tổng cộng của toàn bộ các thanh đốt cần lắp vào bộ sấy (theo công thức 6-12) :

$$l_{ig} = \frac{1000 \cdot 128,4}{\pi \cdot 1,25 \cdot 3,25} = 10060,5 \text{ cm}$$

- Số thanh đốt trong bộ sấy (theo công thức 6-13) :

$$n = \frac{10 \cdot 10060,5}{940} = 107 \text{ thanh}$$

Để có độ dự trữ về nhiệt khoảng 10%, đồng thời để dễ dàng trong bố trí các thanh đốt, ta chọn số chấn các thanh đốt là 120 thanh và có thể tổ hợp thành bộ sấy có kích thước  $120 \times 120 \times 20$  cm.

## 6.2. LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ

Trong kĩ thuật thông gió, thông thường người ta chỉ dùng không khí ngoài trời với nhiệt độ tự nhiên của nó thổi vào nhà để khử nhiệt thừa bên trong công trình, lúc đó nhiệt độ không khí bên trong nhà bắt buộc phải cao hơn nhiệt độ không khí ngoài trời tối thiểu là  $2 \div 3^\circ\text{C}$ . Với chênh lệch nhiệt độ vừa nêu, đòi hỏi phải thổi vào nhà một lưu lượng không khí rất lớn, nhiều khi không thể thực hiện được. Để giảm bớt lưu lượng thông gió, đồng thời để cải thiện điều kiện vi khí hậu bên trong nhà về mùa hè một cách đáng kể, người ta cần làm lạnh không khí trước khi thổi vào nhà.

Có nhiều phương pháp làm lạnh không khí khác nhau. Ở đây chúng ta nghiên cứu 2 phương pháp làm lạnh không khí được áp dụng phổ biến nhất trong kĩ thuật thông gió và điều hoà không khí là phương pháp làm lạnh "khô" và phương pháp làm lạnh "ướt".

### 6.2.1. Làm lạnh không khí bằng phương pháp "khô"

Như đã giới thiệu ở phần trước, khi sấy nóng không khí người ta dùng bộ sấy - kaloriphe và cho chất mang nhiệt đi bên trong các ống của bộ sấy còn không khí đi bên ngoài, không khí được cung cấp nhiệt bằng quá trình truyền nhiệt từ bề mặt ngoài bị nung nóng của các ống kể cả bề mặt cánh ống. Nếu bây giờ ta cho chất tải lạnh (nước lạnh, dung dịch muối có nhiệt độ thấp, tác nhân lạnh v.v...) đi bên trong ống, ta sẽ có quá trình ngược lại - đó là quá trình làm lạnh không khí bằng bề mặt làm lạnh hoặc còn gọi là làm lạnh không khí bằng phương pháp khô - bề mặt khô.

Có thể thực hiện quá trình làm lạnh không khí bằng kaloriphe khi cho chất tải lạnh đi qua và lúc đó cũng có thể tính toán được bằng các công thức dùng trong trường hợp sấy nóng không khí.

Tuy nhiên, nếu về mùa đông khi cần sấy nóng không khí, chênh lệch nhiệt độ giữa không khí và chất mang nhiệt trong bộ sấy có thể đạt đến  $75 \div 80^\circ\text{C}$  thì về mùa hè khi cần làm lạnh không khí, chênh lệch nhiệt độ ấy chỉ có thể nằm trong khoảng  $15 \div 20^\circ\text{C}$ . Vì thế diện tích tiếp nhiệt của bộ sấy tính toán được cho trường hợp sấy nóng không khí về mùa đông không đáp ứng được cho nhu cầu làm lạnh không khí về mùa hè, do đó người ta chế tạo một loại thiết bị dành riêng cho việc làm lạnh không khí : bề mặt làm lạnh.

Bề mặt làm lạnh không khí cũng chia thành 2 loại : loại ống trơn và loại ống có cánh.

Bề mặt làm lạnh không khí bằng ống trơn ít được sử dụng vì kích thước lớn và ít hiệu quả, người ta chỉ sử dụng nó khi quá trình làm lạnh không khí có kèm theo hiện tượng đóng tuyết đóng băng trên bề mặt.

Các loại bề mặt làm lạnh được áp dụng phổ biến khi chất tải lạnh là nước lạnh :

- Loại ống thép với cánh bằng thép cuộn xoắn ốc
- Ống kim loại với cánh cán từ bản thân ống
- Ống thép với cánh cán dập bằng nhôm
- Loại tấm bản.



$\Delta t_{\log}$  - Chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit giữa không khí và chất tải lạnh, °C.

Lượng nhiệt Q cần rút ra từ không khí được xác định theo công thức sau :

$$Q = L (I_1 - I_2), \text{ kcal/h} \quad (6-15)$$

Trong đó :

L- Lưu lượng trọng lượng của không khí, kg/h

$I_1, I_2$ - Nhiệt dung đầu và cuối của không khí khi đi qua bề mặt làm lạnh, kcal/kg.

Đối với quá trình làm lạnh đẳng dung ẩm, lượng nhiệt Q có thể xác định theo chênh lệch nhiệt độ :

$$Q = C_p L (t_1 - t_2), \text{ kcal/h} \quad (6-16)$$

$C_p = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ - Tỷ nhiệt của không khí

$t_1, t_2$ - Nhiệt độ đầu và cuối của không khí khi đi qua bề mặt làm lạnh, °C.

Chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit giữa không khí và chất tải lạnh được xác định theo công thức :

$$\Delta t_{\log} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2,3 \lg \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad (6-17)$$

Khi chất tải lạnh và không khí chuyển động ngược chiều ta có :

$$\Delta t_1 = t_1 - t_{n2}, \text{ }^\circ\text{C} \quad (6-18)$$

và

$$\Delta t_2 = t_2 - t_{n1}, \text{ }^\circ\text{C}$$

$t_{n1}, t_{n2}$ - Nhiệt độ đầu và cuối của chất tải lạnh, °C

Nếu tỉ số  $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \leq 1,7$ , chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit có thể thay thế bằng chênh lệch nhiệt độ trung bình số học :

$$\Delta t = 0,5 (\Delta t_1 + \Delta t_2) \quad (6-19)$$

Hệ số truyền nhiệt k của bề mặt làm lạnh được xác định bằng phương pháp thực nghiệm phụ thuộc vào vận tốc trọng lượng  $v\gamma$  của không khí và vận tốc  $\omega$  của chất tải lạnh.

Đối với loại bề mặt làm lạnh có 4 và 8 dãy ống do Liên Xô cũ chế tạo, theo kết quả thực nghiệm của Giáo sư E.E.Karpis [31], hệ số k được xác định theo các công thức cho ở bảng 6-9.

**Bảng 6-9**

**HỆ SỐ k kcal/m<sup>2</sup>h°C CỦA BỀ MẶT LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ**

Thứ tự	Quá trình	Loại 4 dãy ống	Loại 8 dãy ống
1	Làm lạnh đẳng dung ẩm	$k = 8,36 (v\gamma)^{0,44} \omega^{0,18}$	$k = 8,4 (v\gamma)^{0,57} \omega^{0,13}$
2	Làm lạnh và làm khô	$k = 8,82 (v\gamma)^{0,29} \omega^{0,22} T_o^{-0,6}$	$k = 12,8 (v\gamma)^{0,35} \omega^{0,25} T_o^{-0,38}$



sẽ truyền vào nước một lượng nhiệt hiện, do đó nhiệt độ của nó giảm. Còn nhiệt độ nước thì hầu như không thay đổi vì lượng nhiệt hiện mà nước nhận được từ không khí hoàn toàn chi phí cho nước bốc hơi và lượng hơi nước này hoàn lại cho không khí lượng nhiệt nói trên dưới dạng nhiệt kín, kết quả là nhiệt dung của không khí không thay đổi. Người ta gọi quá trình này là quá trình làm mát hoặc làm ẩm *đoạn nhiệt*.

Trên hình 6.14 là sơ đồ cấu tạo của thiết bị làm lạnh không khí bằng lớp vật liệu rỗng tưới nước.

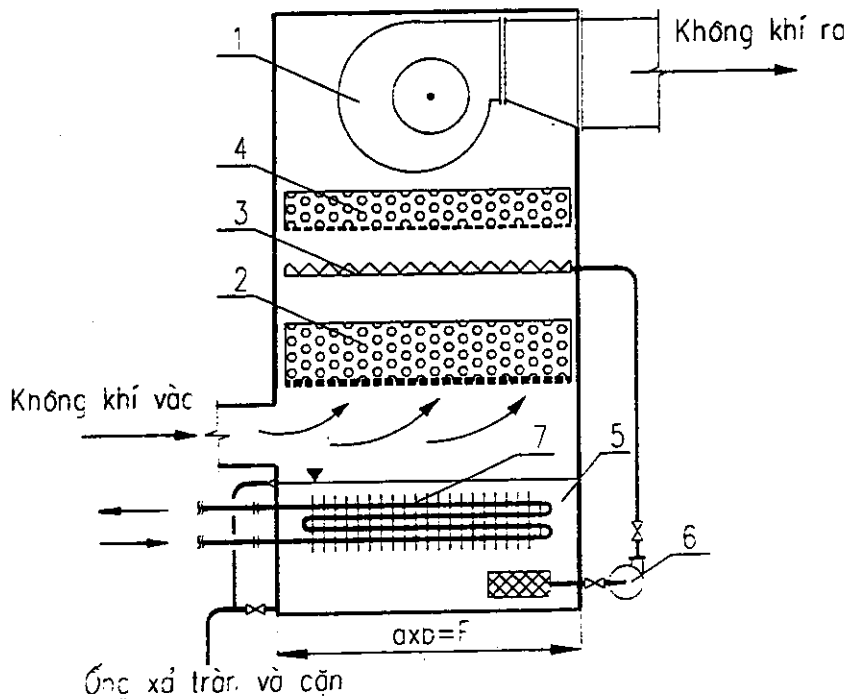
Không khí cần làm lạnh được máy quạt 1 hút qua lớp vật liệu rỗng 2 được tưới nước từ máng có thành răng cưa 3, sau đó không khí đi qua lớp chắn nước 4 và thổi vào phòng.

Vật liệu rỗng được sử dụng phổ biến là loại khâu hình trụ bằng sứ, kim loại hoặc nhựa kích thước  $25 \times 25 \times 3$  mm đổ thành lớp dày từ 300 - 400 mm trên lưới thép hoặc tấm thép đục lỗ với diện tích lỗ chiếm 35 hoặc 85% diện tích bề mặt. Một  $m^3$  loại khâu sứ kích thước nói trên chứa khoảng 50.000 khâu với tổng diện tích xung quanh là  $220 m^2$  và trọng lượng khoảng 570 kg. Lớp chắn nước 4 cũng có thể dùng khâu sứ hoặc nhựa với bề dày từ 100 - 120 mm. Máng tưới nước thành răng cưa 3 có thể được thay thế bằng vòi phun hoặc ống đục lỗ.

Nước sau khi tưới lên lớp vật liệu rỗng chảy xuống khay 5 và được bơm 6 đưa trở lại máng tưới 3.

Nếu thực hiện quá trình làm lạnh đoạn nhiệt, ta chỉ cần tưới nước tuần hoàn là được, tức là nước chảy xuống khay lại được bơm đưa lên phun hoặc tưới cho lớp vật liệu rỗng. Lúc đó cần bổ sung vào khay một lượng nước không nhiều lắm để bù vào chỗ nước bốc hơi vào không khí.

Ngoài quá trình đoạn nhiệt ra đối với các quá trình khác, nhất là quá trình vừa làm lạnh vừa làm khô không khí (làm lạnh giảm dung ẩm) đều cần phải có nguồn lạnh cấp vào thiết bị dưới dạng chất tải lạnh là nước lạnh hay dung dịch muối hoặc tác nhân lạnh sôi trong dàn ống 7 đặt trong khay chứa nước 5 của thiết bị. Dàn ống 7 đặt cao hơn mức nước trong khay để nước từ trên chảy đều đều xuống và tạo thành màn nước bao bọc toàn bộ bề mặt dàn ống thì hiệu quả làm lạnh nước trong khay sẽ cao hơn. Nếu dàn ống để ngập trong nước thì cần có bộ phận khuấy nước.



Hình 6.14 : Thiết bị làm lạnh không khí với lớp vật liệu rỗng tưới nước



Phương pháp tính toán thiết bị làm lạnh không khí với lớp vật liệu rỗng tưới nước được giáo sư A.A. Gogolin nghiên cứu và đưa ra trên cơ sở thực nghiệm đối với loại khâu sứ  $25 \times 25 \times 3$  mm và áp dụng cho quá trình vừa làm lạnh vừa làm khô không khí.

Kết quả thực nghiệm cho biết : nếu A và B là trạng thái đầu và cuối của không khí trong quá trình làm lạnh và làm khô thì đường thẳng AB sẽ cắt đường cong  $\varphi = 100\%$  ở tại điểm 1- ứng với nhiệt độ trung bình  $t_n^{TB}$  của nước (hình 6.13).

Lượng nhiệt toàn phần cần rút ra từ không khí được xác định theo công thức 6-15, trong đó phần nhiệt hiện sẽ là (như công thức 6-16) :

$$Q_h = C_p L (t_1 - t_2) , \quad \text{kcal/h}$$

Mặt khác, lượng nhiệt hiện  $Q_h$  còn được biểu diễn bởi phương trình trao đổi nhiệt bề mặt :

$$Q_h = k_h F \Delta t_{\log} , \quad \text{kcal/h} \quad (6-21)$$

$$\text{với} \quad k_h = (280 + 1640 \delta) H_m^{0,42} (\nu\gamma)^{0,5+0,6 \delta} \quad (6-22)$$

Trong đó :

$k_h$ - Hệ số truyền nhiệt hiện giữa không khí và bề mặt lớp vật liệu rỗng tưới nước, kcal/m<sup>2</sup>h°C

F- Diện tích tiết diện ngang của thiết bị, m<sup>2</sup>

$\Delta t_{\log}$ - Chênh lệch nhiệt độ logarit giữa không khí và nước phụ thuộc vào nhiệt độ đầu và cuối của không khí  $t_1, t_2$  và nhiệt độ trung bình của nước tưới  $t_n^{TB}$  :

$$\Delta t_{\log} = \frac{t_1 - t_2}{2,3 \lg \frac{t_1 - t_n^{TB}}{t_2 - t_n^{TB}}} \quad (6-23)$$

$\delta$ - Bề dày của lớp vật liệu rỗng, m

$\nu\gamma$ - Vận tốc trọng lượng của không khí tính trên toàn tiết diện ngang của thiết bị, kg/m<sup>2</sup>s. Thông thường, đối với loại thiết bị này người ta lấy  $\nu\gamma = 1 \div 1,5$  kg/m<sup>2</sup>s.

$H_m$ - Chiều cao mưa - Đó là tỉ số giữa lượng nước tưới tính bằng m<sup>3</sup>/h và diện tích tiết diện ngang F của thiết bị :

$$H_m = \frac{W}{F} , \quad \text{m/h} \quad (6-24)$$

W- Lượng nước tưới, m<sup>3</sup>/h

Trị số của chiều cao mưa có thể lấy trong khoảng 4 ÷ 6 m/h.

Nếu gọi  $\mu$  là hệ số tưới - tức lượng nước tính bằng kg quy về cho 1kg không khí đi qua lớp vật liệu rỗng, ta sẽ có :

$$\mu = \frac{H_m}{3,6 \nu\gamma} , \quad \text{kg/kg} \quad (6-25)$$

Công thức 6-22 có thể được biểu diễn dưới dạng sau đây để thuận tiện cho việc xác định số tưới :

$$\mu = \left( \frac{63,86 \lg \frac{1}{1-E}}{280 + 1640 \delta} \right)^{2,38} \gamma_n (\nu \gamma)^{0,19 - 1,43 \delta} \quad (6-26)$$

Trong đó :

$$E = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_n^{TB}} - \text{Hệ số hiệu quả của quá trình trao đổi nhiệt hiện giữa không khí và nước.}$$

$\gamma_n$  - Trọng lượng đơn vị của nước hoặc dung dịch tưới,  $\text{kg/m}^3$ .

Tổn thất cột áp của không khí khi đi qua lớp vật liệu rỗng làm việc  $\Delta p_1$  (được tưới nước) và lớp vật liệu rỗng để chắn nước  $\Delta p_2$  khi tưới đục lỗ đỡ lớp vật liệu rỗng có tiết diện sống là 85% được xác định theo các công thức.

$$\Delta p_1 = [44 \delta + (0,75 + 4,6 \delta) H_m] \nu^{2,4 - \delta}, \quad \text{kG/m}^2 \quad (6-27)$$

$$\Delta p_2 = 33 \delta_c \nu^{1,88}, \quad \text{kG/m}^2 \quad (6-28)$$

Trong đó :

$\nu$  - Vận tốc của không khí tính trên toàn diện tích tiết diện ngang của thiết bị,  $\text{m/s}$ .

$\delta_c$  - Bề dày lớp vật liệu rỗng chắn nước,  $\text{m}$ ;  $\delta_c = 0,1 \div 0,2 \text{ m}$ .

Trình tự tính toán thiết bị làm lạnh không khí với lớp vật liệu rỗng tưới nước có thể thấy rõ trong ví dụ sau đây :

Ví dụ :

Cần làm lạnh không khí với lưu lượng  $L = 15000 \text{ kg/h}$  từ trạng thái đầu có  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_1 = 60\%$  đến trạng thái cuối có  $t_2 = 21^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 90\%$ . Hãy xác định các thông số kĩ thuật của thiết bị.

Giải :

1- Từ biểu đồ I-d, ta tra được nhiệt dung của không khí ở trạng thái đầu và cuối là :  $I_1 = 17 \text{ kcal/kg}$  và  $I_2 = 13,5 \text{ kcal/kg}$ . Nối liền 2 điểm biểu diễn trạng thái đầu và cuối của không khí và kéo dài cho gặp đường cong  $\varphi = 100\%$ , ta đọc được nhiệt độ trung bình của nước  $t_n^{TB} = 18,8^\circ\text{C}$ .

2- Hiệu quả trao đổi nhiệt hiện của quá trình :

$$E = \frac{30 - 21}{30 - 18,8} = 0,803$$

3- Lượng nhiệt toàn phần cần rút ra từ không khí :

$$Q = 15000 (17 - 13,5) = 52500 \text{ kcal/h.}$$

4- Nhận vận tốc  $\nu \gamma = 1,5 \text{ kg/m}^2\text{s}$ , xác định diện tích tiết diện ngang của thiết bị :

$$F = \frac{15000}{3600 \cdot 1,5} = 2,8 \text{ m}^2$$

5- Nhận bề dày của lớp khâu sứ làm việc  $\delta = 0,3\text{m}$ , xác định hệ số tưới  $\mu$  :

$$\mu = \left( \frac{63,86 \cdot \lg \frac{1}{1 - 0,803}}{280 + 1640 \cdot 0,3} \right)^{2,38} \cdot 1000 \cdot 1,5^{(0,19 - 1,43 \cdot 0,3)} = 1,05 \text{ kg/kg}$$

6- Xác định lượng nước cần tưới :

$$W = \frac{1,05 \cdot 15000}{1000} = 15,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

7- Chiều cao mưa (theo công thức 6-24) :

$$H_m = \frac{15,75}{2,8} = 5,625 \text{ m/h}$$

8- Tổn thất cột áp đối với không khí khi đi qua lớp khâu sứ làm việc (công thức 6-27) :

Khi  $v_f = 1,5 \text{ kg/m}^2\text{s}$  và trọng lượng đơn vị của không khí  $\gamma_k = 1,18 \text{ kg/m}^3$ , ta có vận tốc  $v = 1,27 \text{ m/s}$ .

$$\Delta p_1 = [44 \cdot 0,3 + (0,75 + 4,6 \cdot 0,3) \cdot 5,625] \cdot 1,27^{(2,4 - 0,3)} = 41,6 \text{ kG/m}^2$$

9- Tổn thất cột áp của không khí qua lớp chắn nước nếu bề dày  $\delta_c = 0,1\text{m}$  (công thức 6-28) :

$$\Delta p_2 = 33 \cdot 0,1 \cdot 1,27^{1,88} = 5,2 \text{ kG/m}^2$$

10- Tổn thất cột áp tổng cộng :

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 = 41,6 + 5,2 = 46,8 \text{ kG/m}^2$$

11- Chênh lệch nhiệt độ của nước trong thiết bị :

$$\Delta t_n = \frac{Q}{\gamma_n \cdot W} = \frac{52500}{1000 \cdot 15,75} = 3,33^\circ\text{C}$$

12- Nhiệt độ đầu và cuối của nước :

$$t_{n1} = t_n^{\text{TB}} - \frac{\Delta t_n}{2} = 18,8 - \frac{3,33}{2} \approx 17,1^\circ\text{C}$$

$$t_{n2} = t_n^{\text{TB}} + \frac{\Delta t_n}{2} = 18,8 + \frac{3,33}{2} \approx 20,5^\circ\text{C}$$

## Chương 7

# THÔNG GIÓ CỤC BỘ KHỦ KHÍ ĐỘC HẠI VÀ CHỐNG NÓNG

Các loại hơi, khí có hại trong công nghiệp có thể phát sinh ra bởi các nguyên nhân sau đây :

- a) Các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình công nghệ, đốt nhiên liệu ;
- b) Bốc hơi từ bề mặt thoáng của các loại dung dịch hóa học trong các bể chứa ;
- c) Bốc hơi từ bề mặt của những vật liệu khác nhau có phủ hoặc tẩm những chất có hại;
- d) Rò rỉ ra ngoài qua khe hở của thiết bị, ống dẫn v.v...

Trong tất cả các nguyên nhân kể trên thì lượng khí tỏa ra do nguyên nhân thứ nhất có thể tính toán được theo lý thuyết bằng cách dựa vào những phương trình phản ứng giữa các chất hóa học. Tuy nhiên cũng cần lưu ý rằng trong công nghiệp người ta chỉ sử dụng những hóa chất có độ sạch kỹ thuật mà thôi, chứ không có độ sạch hóa học như trong phòng thí nghiệm. Do đó trong điều kiện sản xuất đôi khi có thể phát sinh những thứ hơi hoặc khí hoàn toàn không ăn khớp với phản ứng cơ bản. Hình thái và khối lượng của những loại khí ấy, độc hay không độc, nhiều hay ít là do cả khối lượng và chất lượng của nguyên vật liệu, nhiên liệu sử dụng trong quá trình công nghệ.

Còn vấn đề bốc hơi từ bề mặt thoáng của những dung dịch hóa học thì lượng hơi và khí bốc lên chỉ có thể xác định được bằng tính toán lý thuyết trong một số trường hợp rất hạn chế bởi vì quá trình bốc hơi của chúng xảy ra rất phức tạp

Khi có một hỗn hợp của hai chất lỏng có độ hòa tan lẫn nhau lớn, nhưng độ bền của hơi của chúng khác nhau thì tốc độ bốc hơi của chúng sẽ khác nhau và tỉ lệ giữa hai thứ hơi trong hỗn hợp hơi bốc lên sẽ thay đổi theo thời gian.

Quá trình bốc hơi lại càng phức tạp hơn nếu chất bốc hơi có thể tạo thành lớp màng trên bề mặt của mình, ví dụ như các loại sơn.

Do những điều nói trên, phương pháp đúng đắn nhất để xác định lượng hơi khí độc hại tỏa vào phòng từ các thiết bị và quá trình công nghệ khác nhau là vận dụng lý thuyết để tính toán có kết hợp với thực nghiệm. Trong một số trường hợp riêng biệt, phương pháp duy nhất có thể thực hiện được là khảo sát đo đạc tại chỗ nồng độ các chất độc hại trong không khí cũng như sự hao hụt theo thời gian của những chất có khả năng bốc hơi được sử dụng trong quá trình sản xuất.

Ví dụ, theo tài liệu của M. S. Poroisky [27], lượng bay hơi tính theo phần trăm trọng lượng toàn phần của một số chất sơn như sau :

Sơn dầu	2 ÷ 5%
Men (tráng)	5 ÷ 10%
Sơn nitơ và men nitơ	25 ÷ 30%.

Trong trường hợp nếu vật liệu có những hoặc tẩm chất bay hơi được để khô trong phòng cho đến trạng thái cân bằng (ổn định), trong lúc đó vật liệu cứ liên tục đưa vào phòng (loạt

này khô đưa ra, loạt khác lại chở vào) thì lượng hơi bốc lên có thể nhận bằng lượng chất bay hơi tiêu thụ trong đơn vị thời gian. Còn nếu trong quá trình dẫn đến khô, vật liệu được đưa từ phòng nọ qua phòng kia thì cần phải xác định riêng biệt trong từng phòng lượng hơi bốc lên là bao nhiêu.

## 7.1. XÁC ĐỊNH LƯỢNG HƠI, KHÍ ĐỘC HẠI TỎA VÀO PHÒNG TRONG NHỮNG TRƯỜNG HỢP THƯỜNG GẶP

### 7.1.1. Bốc hơi của những chất dung môi và chất sơn

Lượng hơi trung bình bốc lên từ bề mặt của vật liệu có quét sơn và chất dung môi được xác định theo công thức :

$$g = \frac{A m F}{100Z}, \quad \text{g/h} \quad (7-1)$$

Trong đó :

A : Lượng tiêu thụ chất sơn hoặc chất dung môi trên  $1\text{m}^2$  bề mặt vật liệu,  $\text{g/m}^2$

m : Hàm lượng chất bay hơi trong các chất sơn hoặc chất dung môi bay ra trong quá trình khô của vật liệu, %

F : Bề mặt bốc hơi,  $\text{m}^2$

Z : Thời gian bốc hơi, h.

Trong các phân xưởng sơn lượng khí có hại tỏa ra được xác định bằng công thức sau :

$$g = \frac{a A m n}{100}, \quad \text{g/l} \quad (7-2)$$

Trong đó :

a : Năng suất trung bình của một công nhân. Khi sơn bằng chổi sơn cầm tay  $\approx 12 \text{m}^2/\text{h}$ ; Khi sơn bằng máy phun sơn  $\approx 50\text{m}^2/\text{h}$ .

n : Số công nhân trong phân xưởng.

Các trị số A và m cho trong bảng 7-1.

**Bảng 7-1**

### LƯỢNG SƠN TIÊU THỤ ĐỂ QUÉT 1 LỚP TRÊN BỀ MẶT VẬT LIỆU VÀ HÀM LƯỢNG CHẤT BAY HƠI CHỨA TRONG SƠN [19]

Chất sơn và phương pháp sơn	Lượng sơn tiêu thụ A, $\text{g/m}^2$	Hàm lượng chất bay hơi, m%
- Sơn không màu (sơn bằng chổi)	200	92
- Sơn màu và men trắng (sơn bằng máy phun)	180	75
- Chất phủ nitơ (quét bằng chổi)	100 ÷ 180	35 ÷ 10
- Keo nitơ (quét bằng chổi)	160	80 ÷ 5
- Sơn bằng cách phun	60 ÷ 90	35

Ví dụ 1. Xác định lượng hơi của dung môi bốc lên khi sơn 100m<sup>2</sup> bề mặt vật liệu bằng chất sơn không màu.

Giải : Theo bảng 7-1 ta tìm được  $A = 200 \text{ g/m}^2$  ;  $m = 92\%$  ;  $F = 100\text{m}^2$ .

$$g = \frac{200 \cdot 92 \cdot 100}{100} = 1840 \text{ g/h} = 18,4 \text{ kg/h.}$$

Ví dụ 2 : Cũng những số liệu như trên nhưng sơn bằng cách phun và do 5 công nhân phụ trách.

Giải : Cũng theo bảng trên ta tìm được  $A = 180 \text{ g/m}^2$  ;  $m = 75\%$  và  $n = 5$  người, nhận  $a = 50 \text{ m}^2/\text{h}$ .

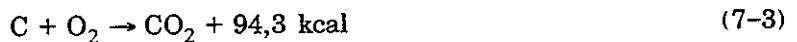
$$g = \frac{50 \cdot 180 \cdot 75 \cdot 5}{100} = 33800 \text{ g/h} = 33,8 \text{ kg/h.}$$

### 7.1.2. Sản phẩm cháy thải ra trong quá trình đốt nhiên liệu

Thành phần chủ yếu trong nhiên liệu rắn và lỏng gồm có cacbon, hydrô, nitơ, ôxi, lưu huỳnh, độ tro và độ ẩm. Các thành phần nói trên được tính theo % trọng lượng chung của nhiên liệu và được kí hiệu một cách tương ứng là  $C_p$ ,  $H_p$ ,  $N_p$ ,  $O_p$ ,  $S_p$ ,  $A_p$  và  $W_p$ . Khi đốt cháy nhiên liệu, các thành phần trên kết hợp với ôxi trong không khí tạo thành phản ứng cháy, sản ra nhiệt lượng, đồng thời thải ra môi trường xung quanh sản phẩm cháy, trong đó có các chất khí có hại như dioxit sunphua  $SO_2$ , cacbonic  $CO_2$ , oxit nitơ  $NO_x$  và oxit cacbon CO khi có một phần cacbon cháy không hoàn toàn.

Lấy thành phần cacbon mà xét, ta có phản ứng cháy như sau :

- Khi cháy hoàn toàn :



- Khi cháy không hoàn toàn :



Từ phương trình (7-3) ta thấy : cứ một phân tử gam (1 mol) của cacbon (12g/mol) cháy hoàn toàn cho ra 22,26 lít cacbonic trong điều kiện chuẩn (0°C và 1atm), từ đó ta có thể suy ra thể tích khí  $CO_2$  thu được khi đốt cháy hoàn toàn 1kg nhiên liệu ở điều kiện chuẩn là :

$$V_{CO_2} = 1,853 \cdot 10^{-2} \cdot C_p, \text{ m}^3/\text{kgNL} \quad (7-5)$$

Một cách tương tự như vậy, ta có thể lập được các công thức tính toán thể tích của các chất khí có hại khác cũng như thể tích toàn bộ sản phẩm cháy khi đốt 1kg nhiên liệu (bảng 7-2). Điều cần lưu ý là trong các công thức cho ở bảng 7-2 có đưa vào hệ số cháy không hoàn toàn về cơ học và hóa học  $\eta$ , tức là cứ 1kg cacbon của nhiên liệu có  $\eta$  kg phản ứng với ôxi theo phương trình (7-4) và phần còn lại theo phương trình (7-3).

CÔNG THỨC XÁC ĐỊNH THỂ TÍCH SẢN PHẨM CHÁY (SPC) VÀ CÁC CHẤT KHÍ CÓ TRONG SPC Ở ĐIỀU KIỆN CHUẨN KHI ĐỐT CHÁY 1kg NHIÊN LIỆU.

TT	Dại lượng	Đơn vị	Kí hiệu	Công thức tính
1	Thể tích sản phẩm cháy (SPC) ứng với lượng không khí khô lí thuyết cần cho quá trình cháy	m <sup>3</sup> /kgNL	V <sub>SPC</sub>	$[8,865.C_p + 32,0 H_p + 0,8 N_p + 0,676.S_p + 1,24W_p - 2,63(O_p - S_p)] \times 10^{-2}$
2	Thể tích khí CO <sub>2</sub> trong SPC	"-	V <sub>CO<sub>2</sub></sub>	$1,853.10^{-2}(1 - \eta) C_p$
3	Thể tích khí CO	"-	V <sub>CO</sub>	$1,865.10^{-2} \eta C_p$
4	Thể tích khí SO <sub>2</sub>	"-	V <sub>SO<sub>2</sub></sub>	$0,682.10^{-2} S_p$
5	Thể tích hơi nước	"-	V <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	$0,111H_p + 0,0124 W_p$

Số liệu về sản phẩm cháy của một số loại nhiên liệu thường gặp có thể tham khảo ở bảng 7-3 và lượng khí độc hại cũng như lưu lượng thông gió cần thiết trong các phân xưởng rèn đúc - bảng 7-4.

Bảng 7-3

SẢN PHẨM CHÁY TỎA RA KHI ĐỐT 1kg NHIÊN LIỆU ỨNG VỚI THỂ TÍCH KHÔNG KHÍ KHÔ LÍ THUYẾT CẦN CHO QUÁ TRÌNH CHÁY [19]

Loại nhiên liệu	Lượng khí sản phẩm cháy (kể cả hơi nước)		Trọng lượng đơn vị của sản phẩm cháy, kg/m <sup>3</sup> ở a/s 760mmHg	Lượng không khí khô lí thuyết để đốt 1kg nhiên liệu G <sub>k</sub> , kg/kgNL
	Trọng lượng G <sub>s</sub> , kg/kgNL	Thể tích Vm <sup>3</sup> /kgNL ở a/s 760mmHg		
1	2	3	4	5
Củi với độ ẩm 20%	5,6 ÷ 5,9	4,3 ÷ 4,5	1,31	4,6
Than bùn độ ẩm 25%	5,5 ÷ 6,5	4 ÷ 4,7	1,38	4,9
Than nâu	5,6 ÷ 7,8	4,3 ÷ 6	1,29 ÷ 1,32	4,1 ÷ 7
Than đá	10 ÷ 10,5	7,5 ÷ 8,5	1,36 ÷ 1,37	9 ÷ 9,6
Ăng tra xit	10,6 ÷ 11,5	8,1 ÷ 8,9	1,39	10 ÷ 10,7
Than củi		8,1 ÷ 8,6		
Cốc	9,5 ÷ 11,5	6,8 ÷ 8,3	1,39	8 ÷ 10,4
Ma dút	14,9	11,3	1,89	14,3
Dầu xăng ôtô	15,9	-	1,3	14,9

Chú thích : Khí đốt nhiên liệu có thừa không khí (hệ số thừa không khí là  $\alpha > 1$ ) lượng sản phẩm cháy tạo ra sẽ là :

$$G_{\alpha} = G_s + (\alpha - 1)G_k, \quad \text{kg/kgNL} \quad (7-6)$$

Ví dụ khi đốt than đá với  $\alpha = 1,4$  thì :  $G_{\alpha} = 10 + (1,4 - 1).9 = 13,6 \text{ kg/kgNL}$

LƯỢNG KHÍ ĐỘC HẠI THẢI RA TRONG CÁC PHÂN XƯỞNG RÈN ĐÚC VÀ LƯU LƯỢNG THÔNG GIÓ CẦN THIẾT ĐỂ PHA LOÃNG ĐẾN NỒNG ĐỘ CHO PHÉP.

Loại công nghệ	Lượng khí tỏa ra	Lưu lượng thông gió	Chú thích
Đúc gang	Khí CO : 500 ÷ 1000 g/T kim loại	Từ 12000 ÷ 25000 m <sup>3</sup> T khi đổ khuôn trên bãi	Cho 1T kim loại đã rót vào khuôn
Đúc thép	Khí CO : 400 ÷ 800 g/T kim loại	Từ 10000 ÷ 20000 m <sup>3</sup> /T khi đổ khuôn trên bãi	-
Đúc đồng	Oxit chì ZnO <sub>2</sub> và oxit cacbon CO	Từ 40000 ÷ 50000 m <sup>3</sup> /T với hệ thống hút tại chỗ khi có chì	-
Rèn	30 ÷ 45 gam CO cho 1kg nhiên liệu đốt trong các bể rèn Đối với các lò không có ống dẫn khói ra ngoài : Khí SO <sub>2</sub> khi đốt mazút	Hút tại chỗ với thể tích 250m <sup>3</sup> /h cho 1kg nhiên liệu  500m <sup>3</sup> cho 1kg mazút khi hàm lượng lưu huỳnh 1%	-
Phòng hàn hơi (ôxi - axêtilen)	CO và axêtilen	7,5m <sup>3</sup> cho lít chất đốt axêtilen	-
Phòng hàn điện	Hơi ôxit mangan 40 ÷ 50g cho 1kg que hàn.	Từ 2000 ÷ 5000 m <sup>3</sup> /kg Khí thải không khí từ vùng có nồng độ cao Từ 300 ÷ 10000 m <sup>3</sup> /kg Khí thải không khí từ vùng trên cao	-

Ví dụ : Xác định lượng ôxit cacbon CO trong khói thải vào phòng khi đốt 20 kg/h mazút nếu hàm lượng CO trong sản phẩm cháy chiếm 0,6% theo trọng lượng. Xác định lượng trao đổi không khí cần thiết biết rằng nồng độ cho phép CO ở vùng trên cao của phân xưởng là 0,045g/m<sup>3</sup> (nồng độ cho phép ở vùng làm việc 0,03 g/m<sup>3</sup>).

Giải : Theo bảng 7-3 lượng sản phẩm cháy lí thuyết của 1kg mazút là  $G_s = 14,9$  kg/kg.

Lượng sản phẩm cháy tỏa vào phòng trong 1 giờ :

$$G = 20.G_s = 20.14,9 = 298 \text{ kg/h.}$$

Trong đó lượng CO :

$$G_{CO} = 0,006.298 = 1,79 \text{ kg/h} = 1790 \text{ g/h.}$$

Lượng trao đổi không khí cần thiết :



$$G = \frac{1790}{0,045} \approx 40000 \text{ m}^3/\text{h}.$$

### 7.1.3. Lượng khói thải ra khi ô tô nổ máy

Lượng khói thải ra trong thời gian ô tô nổ máy khởi động có thể xác định theo công thức :

$$G = N \beta G_s G_{n/l} Z, \quad \text{kg} \quad (7-7)$$

Trong đó :

$N$  : Công suất của động cơ ô tô theo mã lực.

$\beta$  : Hệ số tải trọng của động cơ đối với vận tốc ban đầu (tức là khi ô tô di chuyển trong phạm vi gara). Hệ số  $\beta$  nhận bằng 0,1.

$G_{n/l}$  : Lượng tiêu thụ xăng kg/h tính cho 1 mã lực của động cơ, nhận bằng 0,5 kg/h.mã lực.

$G_s$  : Lượng sản phẩm cháy tỏa ra khi đốt 1kg xăng (bảng 7-3).

$Z$  : Thời gian nổ máy, h.

Ví dụ : Xác định trọng lượng oxít cacbon tỏa ra trong gara khi ô tô chuẩn bị chạy, biết công suất của động cơ 40 mã lực, hàm lượng CO trong khí thải ra chiếm 5%, thời gian di chuyển của ô tô 5 phút bằng 0,083 giờ.

Giải :  $N = 40$  mã lực ;  $\beta = 0,1$  ;  $G_{n/l} = 0,5$  kg/h. Theo bảng 7-3 ta có :  $G_s = 15,9$  kg/kg.

Lượng khói thải ra :

$$G = 40 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 15,9 \cdot 0,083 = 2,64 \text{ kg}$$

Lượng khí CO :  $G_{CO} = 0,05 \cdot 2,64 = 0,13$  kg trong 5 phút.

### 7.1.4. Xác định lượng hơi và khí có hại tỏa ra trong phòng từ các nguồn gốc khác nhau bằng phương pháp phân tích hóa học.

Để xác định lượng hơi và khí có hại bằng phương pháp này người ta tiến hành phân tích không khí trong phòng, đồng thời đo lưu lượng thông gió cơ khí và tự nhiên.

Lượng khí tỏa ra sau thời gian  $Z$  xác định theo công thức :

$$G_x = \frac{V(x_2 - x_1) + L(x_R - x_V) Z}{Z}, \quad \text{kg/h} \quad (7-8)$$

Trong đó :

$V$  : Thể tích của gian phòng,  $\text{m}^3$

$L$  : Lượng trao đổi không khí,  $\text{m}^3/\text{h}$

$x_1, x_2$  : Nồng độ đầu và cuối của chất khí có hại đang xem xét trong không khí của gian phòng,  $\text{g}/\text{m}^3$

$x_V, x_R$  : Nồng độ của khí nói trên trong không khí thổi vào và hút ra,  $\text{g}/\text{m}^3$

$Z$  : Thời gian tiến hành đo đạc, h

Ví dụ : Trong gian phòng có thể tích  $2000\text{m}^3$ , đầu ca làm việc nhờ phân tích hóa học biết được nồng độ hơi benzôn là  $0,5 \text{ g}/\text{m}^3$  và cuối ca là  $1,5 \text{ g}/\text{m}^3$ . Thể tích không khí thải ra ngoài theo bội số  $m = 3$ . Trong suốt thời gian làm việc, trong không khí vào không có benzôn,

còn trong không khí thải ra ngoài nồng độ benzôn là  $2 \text{ g/m}^3$ . Xác định lượng hơi benzôn đã thải ra trong thời gian 1 ca làm việc (8 giờ).

$$V = 2000 \text{ m}^3 ; x_1 = 0,5 \text{ g/m}^3 ; x_2 = 1,5 \text{ g/m}^3.$$

$$L = 2000 \times 3 = 6000 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$x_R = 2 \text{ g/m}^3 ; x_V = 0 ; Z = 8$$

$$G_x = \frac{2000(1,5 - 0,5) + 6000(2 - 0) \cdot 8}{8} = 12250 \text{ g/h} = 12,25 \text{ kg/h}$$

### 7.1.5. Xác định lượng khí hoặc hơi rò ra ngoài qua các khe hở của thiết bị, dụng cụ, đường ống

Dù có lắp ráp các thiết bị máy móc công nghệ một cách cẩn thận đến mấy đi nữa thì cũng không thể gọi là hoàn toàn kín được. Độ kín ngày càng giảm dần cùng với mức độ hư hỏng của thiết bị.

Thông thường, lượng khí hoặc hơi rò ra ngoài qua các mối nối vào khoảng  $0,1 \div 0,2\%$  đến  $5 \div 12\%$  thể tích bên trong của thiết bị.

Nếu nhận rằng sự chảy của các chất khí hoặc hơi qua các khe hở cũng giống như chảy qua các lỗ nhỏ - xảy ra theo quá trình đoạn nhiệt thì lượng khí chảy ra có thể xác định theo công thức N. N. Repin :

$$G = KCV \sqrt{\frac{M}{T}} , \text{ kg/h} \quad (7-9)$$

Trong đó :

K : Hệ số dự trữ kể đến mức độ hao mòn, hư hỏng của thiết bị, lấy  $K = 1 \div 2$ .

C : Hệ số phụ thuộc vào áp suất của hơi hoặc khí trong thiết bị. Đối với áp suất  $\leq 41 \text{at}$ , có thể lấy  $C = 0,16$ .

V : Thể tích bên trong của thiết bị, dụng cụ hoặc đường ống,  $\text{m}^3$

M : Trọng lượng phân tử của hơi hoặc khí trong thiết bị,  $\text{g/mol}$

T : Nhiệt độ tuyệt đối của hơi hoặc khí trong thiết bị,  $^\circ\text{K}$

Ví dụ : Xác định lượng hơi hydro sunphua  $\text{H}_2\text{S}$  tỏa ra trong phòng qua các mối nối của thiết bị và đường ống trong điều kiện độ kín cho phép của chúng. Cho biết : áp suất dư làm việc của hơi trong thiết bị -  $1 \text{at}$ , trong ống dẫn -  $2 \text{at}$ . Thể tích thiết bị  $20 \text{m}^3$ , thể tích ống dẫn  $10 \text{m}^3$ . Nhiệt độ của hơi trong thiết bị :  $100^\circ\text{C}$ , trong ống dẫn :  $35^\circ\text{C}$ .

Trên cơ sở đã nghiên cứu trên, chúng ta sẽ tính lượng hơi rò ra riêng biệt cho thiết bị và cho ống dẫn.

Nhận  $K = 1,5$  đối với cả thiết bị lẫn đường ống, áp dụng công thức (7-9), ta tính được :

$$G_{\text{t.bị}} = 1,5 \cdot 0,16 \cdot 20 \sqrt{\frac{34}{(273 + 100)}} = 1,45 \text{ kg/h}$$

$$G_{\text{ống}} = 1,5 \cdot 0,16 \cdot 10 \sqrt{\frac{34}{(273 + 35)}} = 0,8 \text{ kg/h}$$

Tổng cộng lượng khí tỏa ra trong phòng :

$$G = 1,45 + 0,8 = 2,25 \text{ kg/h}$$

### 7.1.6. Bốc hơi nước từ bề mặt thoáng của thùng chứa

Lượng nước bốc hơi từ bề mặt thoáng trong điều kiện áp suất khí quyển có thể được xác định theo công thức :

$$G_{hn} = (a + 0,0174v)(p_2 - p_1) F, \quad \text{kg/h} \quad (7-10)$$

Trong đó :

a - Thông số chuyển động đối lưu của không khí xung quanh ứng với nhiệt độ trong phòng từ 15 ÷ 30°C, lấy theo bảng 7-5.

v - Vận tốc chuyển động của không khí bên trên bề mặt thoáng, m/s

$p_1$  - Áp suất riêng của hơi nước trong không khí xung quanh mmHg

$p_2$  - Áp suất riêng của hơi nước bão hòa ứng với nhiệt độ bề mặt thoáng, mmHg

F - Diện tích mặt thoáng, m<sup>2</sup>

Nếu nhiệt độ nước trong bể chứa được giữ ổn định thì nhiệt độ mặt thoáng của nó có thể lấy theo bảng 7-6.

**Bảng 7-5**

**THÔNG SỐ ĐỐI LƯU a**

Nhiệt độ nước °C	< 30	40	50	60	70	80	90	100
Thông số a	0,022	0,028	0,033	0,037	0,041	0,046	0,051	0,06

**Bảng 7-6**

**NHIỆT ĐỘ MẶT THOÁNG PHỤ THUỘC VÀO NHIỆT ĐỘ NƯỚC KHI NHIỆT ĐỘ VÀ ĐỘ ẨM CỦA KHÔNG KHÍ XUNG QUANH  $t_T = 20^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_T = 70\%$ .**

Nhiệt độ nước °C	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Nhiệt độ bề mặt °C	18	23	28	33	37	41	45	48	51	54	58	63	69	75	82	90	97

Lượng hơi nước bốc vào không khí từ bề mặt sàn ướt có thể được xác định theo công thức :

$$G_{hn} = \frac{G_n (t_{n_1} - t_{n_2})}{r}, \quad \text{kg/h} \quad (7-11)$$

Trong đó :

$G_{hn}$  - Lượng hơi nước bốc vào không khí, kg/h

$G_n$  - Lượng nước chảy xuống sàn nhà, kg/h

$t_{n_1}$ ,  $t_{n_2}$  - Nhiệt độ nước tràn xuống sàn và nhiệt độ nước chảy ra cống thoát nước, °C

$r$  - Nhiệt hóa hơi của nước, trung bình có thể nhận  $r = 585 \text{ kcal/kg}$

Đối với các loại chất lỏng khác với nước, lượng chất lỏng bay hơi vào không khí có thể được xác định theo công thức sau :

$$G = M(0,352 + 0,786v) 10^{-3} P F, \quad \text{kg/h} \quad (7-12)$$

Trong đó :

$M$  - Trọng lượng phân tử của chất lỏng,  $g/mol$

$v$  - Vận tốc chuyển động của không khí bên trên nguồn bay hơi,  $m/s$

$P$  - Áp suất bão hòa của hơi thuộc chất lỏng xem xét trong không khí ở nhiệt độ của chất lỏng,  $mmHg$

$F$  - Diện tích bề mặt bay hơi,  $m^2$

Đối với chất lỏng là dung dịch của các loại muối khoáng nồng độ  $\leq 25\%$  theo trọng lượng, có thể lấy  $P$  là áp suất bão hòa của hơi nước trong không khí ở nhiệt độ dung dịch.

## 7.2. TÍNH CHẤT GÂY NỔ CỦA CÁC CHẤT HƠI, KHÍ, BỤI VÀ BIỆN PHÁP ĐỀ PHÒNG

### 7.2.1. Đặc điểm chung

Khi thiết kế các hệ thống thông gió khử khí độc hại và bụi cần chú ý rằng phần lớn các loại hơi, khí và bụi có khả năng gây nổ khi nồng độ của chúng trong không khí đạt tới một giới hạn nhất định - gọi là giới hạn gây nổ. Những chất có khả năng gây nổ thường gặp như : Hyđrô, cacbonic, axêtilen, mêtan, v.v...

Có 2 giới hạn gây nổ : giới hạn dưới và giới hạn trên hoặc giới hạn nổ cực tiểu và giới hạn nổ cực đại.

Giới hạn dưới gây nổ của một chất khí nào đó là nồng độ bé nhất của nó trong không khí có khả năng gây nổ khi có tia lửa. Còn giới hạn trên gây nổ là nồng độ lớn nhất vẫn còn gây nổ khi có tia lửa, nếu tăng nồng độ vượt quá nồng độ giới hạn trên thì hỗn hợp không có khả năng gây nổ nữa mặc dù tiếp xúc với lửa.

Sau đây là giới hạn nổ cực tiểu và cực đại của một số chất khí và bụi thường gặp trong công nghiệp.

**Bảng 7-7**

**GIỚI HẠN NỔ CỦA MỘT SỐ CHẤT KHÍ VÀ BỤI [35]**

Tên chất khí	Giới hạn nổ cực tiểu	Giới hạn nổ cực đại	Giới hạn nổ cực tiểu	Giới hạn nổ cực đại
	Theo thể tích %		Theo trọng lượng, mg/l	
1	2	3	4	5
Amoniác	15,5	27,0	112,0	189,0
Axêtilen	1,53	82,0	16,5	885,6
Axeton	1,6	13	38,6	314,0
Dầu xăng, nhiệt độ sôi 105°C	2,4	4,9	137,0	281,0

1	2	3	4	5
Benzôn	1,3	9,5	42,0	308,0
Hyđrô (H <sub>2</sub> )	4,0	80,0	3,4	66,4
Cacbonic (CO <sub>2</sub> )	12,5	90,0	145,0	928,0
Hyđrô sunfua H <sub>2</sub> S	4,3	44,5	61,0	628,0
Cacbon đisunfua CS <sub>2</sub>	1	50	31,5	157,0
Hơi đốt thiên nhiên	4,8	13,5	24	67,5
Bụi thuốc lá	-	-	68,0	-
Bụi bông	-	-	25,2	-
Bụi chè	-	-	32,8	-
Bụi bột gạo, bột mì	-	-	30,2	-
Bụi bột ngô	-	-	37,8	-
Bụi sữa bột	-	-	7,6	-

Để phòng nổ, khi thông gió hút cục bộ cần đảm bảo điều kiện :

$$V_{\text{hút}} > \frac{G}{y_{\text{nổ}(1)}} \quad (7-13)$$

Trong đó :

$V_{\text{hút}}$  : Lượng không khí hút cục bộ qua chụp hút, m<sup>3</sup>/h

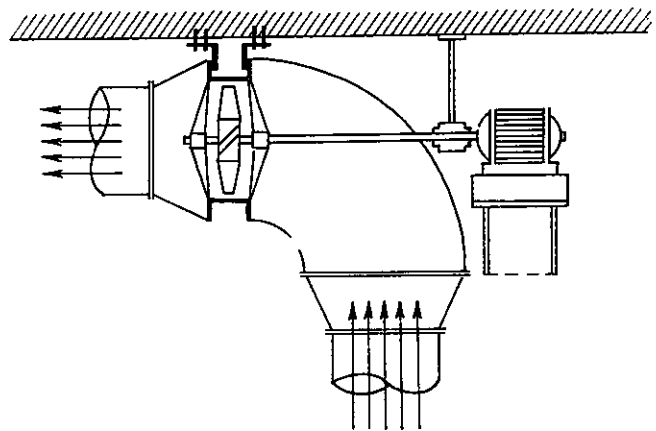
$G$  : Lượng khí có hại tỏa ra bên trong chụp hút, g/h

$y_{\text{nổ}(1)}$  : Nồng độ giới hạn dưới gây nổ của chất khí có hại, mg/l hoặc g/m<sup>3</sup>

### 7.2.2. Các biện pháp để phòng tai nạn nổ khi thiết kế các hệ thống thông gió khử bụi và khí độc hại

Biện pháp cơ bản và tích cực nhất để tránh tai nạn nổ hoặc cháy có thể xảy ra trong các hệ thống thông gió là đảm bảo trong ống dẫn cũng như trong các chụp hút không xuất hiện nồng độ gây nổ của các chất khí hoặc bụi tương ứng.

Cần chú ý là hiện tượng nổ hoặc bốc cháy có thể xảy ra trong các hệ thống thông gió khi có nguồn phát sinh tia lửa. Do đó tuyệt đối không được đặt động cơ điện bên trong ống dẫn không khí.



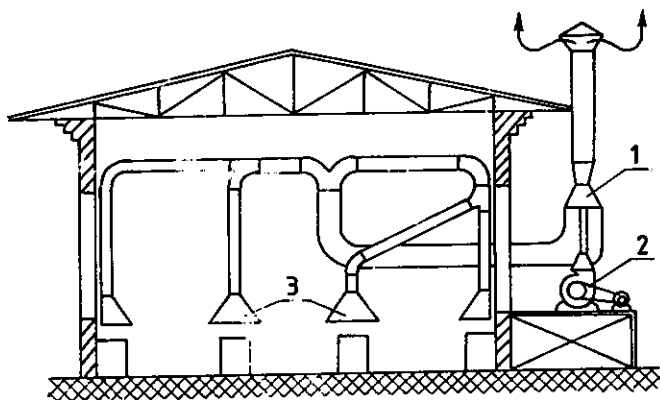
Khi cần phải đặt quạt trực bên trong đường ống ta có thể thực hiện theo sơ đồ cấu tạo thể hiện ở hình 7.1, tức là động cơ điện được đặt bên ngoài đường ống và nối với máy quạt bằng một trục dài.

Để tránh khả năng phát tia lửa khi có sự va chạm ngẫu nhiên giữa cánh

Hình 7.1 : Bố trí động cơ điện của quạt bên ngoài đường ống

quạt và vỏ quạt, người ta chế tạo cánh quạt hoặc vỏ quạt bằng kim loại màu. Trong máy quạt li tâm có thể dùng tấm lót bằng kim loại màu ốp vào mặt trong của vỏ quạt.

Trong trường hợp khi không khí trong hệ thống hút có khả năng gây nổ và han gỉ lớn người ta sử dụng máy hút êzectơ thay thế cho máy quạt (hình 7.2).



Hình 7.2 : Hệ thống hút cục bộ với máy hút êzectơ  
1. Ezector ; 2. Quạt ; 3. Chup hút.

### 7.3. HÚT CỤC BỘ - NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Công dụng của hút cục bộ : Hút thải ra ngoài những chất có hại ngay từ chỗ phát sinh ra chúng, không cho chúng lan tỏa ra xung quanh làm ô nhiễm không khí trong phòng.

Khí thải khí độc hại ngay tại chỗ phát sinh của chúng, nồng độ của khí trong hệ thống thông gió có thể đạt tới trị số rất lớn so với trường hợp thông gió chung. Điều đó cho phép giảm nhỏ lưu lượng thông gió và giảm chi phí trong việc xử lý không khí.

Tùy thuộc theo hình dáng cấu tạo và nguyên lý làm việc mà hệ thống hút cục bộ có thể phân chia thành nhiều dạng khác nhau. Sau đây chúng ta lần lượt xem xét một số dạng phổ biến của hệ thống hút cục bộ.

#### 7.3.1. Tủ hút khí

Thí dụ điển hình cho tủ hút khí là tủ thí nghiệm hóa học. Khí độc hại và nhiệt tỏa ra bên trong tủ được hút ra ngoài, nhân viên thí nghiệm đứng bên ngoài tủ thao tác và theo dõi quá trình thí nghiệm qua mặt kính đóng mở được của tủ.

Để cho tủ hút làm việc được hiệu quả cần đảm bảo sao cho không khí trong phòng phải được hút vào tủ qua cửa và khe hở nếu có của tủ để pha loãng các chất độc hại tỏa ra bên trong tủ rồi theo đường ống dẫn thoát ra ngoài. Nếu lượng không khí hút không đủ thì khí trong tủ có thể lọt vào phòng làm ô nhiễm không khí trong phòng dưới ảnh hưởng của áp suất thừa tại chỗ xuất hiện bên trong tủ hút.

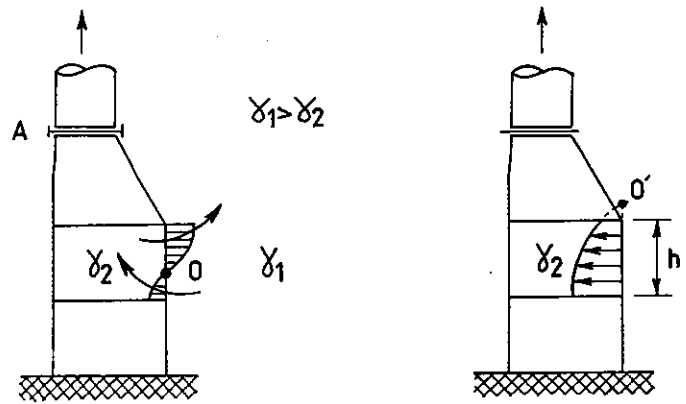
Áp suất thừa bên trong tủ hút có thể được tạo ra do những nguyên nhân sau đây :

- Có sự khác nhau giữa trọng lượng riêng của không khí bên trong và bên ngoài tủ.
- Sự chuyển động của các bộ phận máy móc nằm bên trong tủ.
- Khi có luồng không khí thổi tạt vào cửa tủ, nếu lượng không khí hút ít hơn lượng không khí thổi vào.
- Ngoài ra áp suất thừa còn có thể xuất hiện lúc đổ vật liệu vào thiết bị.

Sự phân bố vận tốc ở cửa làm việc của tủ có dạng như thể hiện ở hình 7.3.

Lúc đóng tấm chắn A, ở phần bên dưới của cửa không khí sẽ đi vào tủ và ở phần trên không khí đi ra. Điểm tốc độ bằng không nằm gần trung tâm của cửa. Khi mở dần tấm

chấn ra lưu lượng sẽ tăng dần, điểm vận tốc bằng không (điểm O) sẽ dịch chuyển lên trên và khi điểm này chiếm được vị trí cao hơn mép trên cửa hút thì toàn bộ diện tích của cửa sẽ hút gió. Do đó để tránh tình trạng khí độc hại từ trong tủ lọt ra ngoài cần phải đảm bảo vận tốc hút tại rìa trên của cửa tủ lớn hơn một ít so với tốc độ bốc của khí do sức đẩy trọng lực gây ra.



Hình 7.3 : Tủ hút

Khi tủ làm việc với sức hút tự nhiên, để đảm bảo cho toàn bộ diện tích cửa tủ đều có vận tốc

hút vào, lượng không khí hút cần được xác định theo công thức gần đúng sau đây :

$$L = \sqrt[3]{0,1 Q F^2 h} , \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (7-14)$$

Trong đó :

Q : Lượng nhiệt thừa bên trong tủ, tức hiệu số giữa lượng nhiệt tỏa ra trong tủ và lượng nhiệt mất mát ra môi trường xung quanh, kcal/s

h : Chiều cao của tủ, m

F : Diện tích của cửa tủ, m<sup>2</sup>

Đường kính của ống dẫn nối đến tủ hút có chiều cao là H trong điều kiện hút tự nhiên được xác định xuất phát từ điều kiện là tổn thất áp suất từ chỗ không khí đi vào đến chỗ đi ra bằng hoặc bé hơn áp suất gây ra bởi sức đẩy trọng lực  $H \cdot \Delta \gamma$ .

$$\Delta P \leq H(\gamma_1 - \gamma_2) \quad (7-15)$$

Trong đó :

$$\Delta P = \xi \frac{v^2}{2g} \gamma_2 - \text{Tổn thất áp suất tổng cộng bên trong tủ hút, kg/m}^2$$

$\xi$  - Hệ số sức cản cục bộ quy điển của tủ

v - Vận tốc không khí trong ống dẫn, m/s

$\gamma_1, \gamma_2$  - Trọng lượng đơn vị của không khí trong phòng và của khí hút trong tủ, kg/m<sup>3</sup>

Khi hút bằng cơ khí, lưu lượng hút xác định theo công thức :

$$L = Fv , \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (7-16)$$

Trong đó :

v - Vận tốc hút ở cửa làm việc của tủ, m/s

Nếu trong tủ không có tỏa nhiệt mà chỉ có tỏa khí với trọng lượng đơn vị không khác so với không khí trong phòng thì chỉ cần tạo ra vận tốc hút tối thiểu ở cửa làm việc là được nếu không khí trong phòng hoàn toàn tĩnh. Nhưng trong thực tế, không khí trong phòng

nhất là phòng sản xuất luôn luôn xao động, do đó vận tốc hút ở cửa tủ cần đảm bảo trong khoảng  $0,25 \div 0,35$  m/s.

Trường hợp khí có hại tỏa ra bên trong tủ nhẹ hơn không khí, vận tốc hút ở cửa làm việc phải  $\geq 0,5$  m/s.

Khí tỏa ra độc và nặng hơn không khí :  $v_{\text{hút}} = 0,7 \div 1$  m/s.

Khi ống hút nối vào phía trên của tủ thì vận tốc hút ở cửa làm việc sẽ không đều theo chiều cao : ở mép trên của cửa sẽ có tốc độ hút lớn nhất. Trường hợp đó nếu trong tủ có nguồn nhiệt thì sự phân bố vận tốc theo chiều cao của tủ sẽ đều đặn hơn. Nếu ống hút nối ở dưới thì ngược lại, vận tốc ở mép dưới của cửa sẽ lớn nhất. Hút bên dưới áp dụng trong trường hợp chất khí tỏa ra nặng hơn không khí. Muốn cho vận tốc hút phân bố đều trên cửa làm việc của tủ cần phải hút cả bên trên lẫn bên dưới. Trong các tủ hóa nghiệm nơi có thể tỏa ra cả khí nặng lẫn khí nhẹ và các phản ứng có thể kèm theo cả nhiệt thừa, cần phải hút cả bên trên và bên dưới.

### 7.3.2. Chụp hút khí

Chụp hút khí thường có dạng hình chóp hoặc hình tháp. Chụp hút cần đặt gần, trong khả năng có thể được, với nguồn phát sinh ra chất khí : Đặt bên trên hoặc bên hông (hình 7.4).

Đặc điểm của loại hút tại chỗ này là có sự gián cách giữa nguồn phát sinh khí và chụp hút khí, thông thường đặt ở độ cao trên đầu người.

Khoảng cách  $h$  từ nguồn đến miệng chụp càng lớn thì lượng khí bốc lên càng cuốn theo nhiều không khí xung quanh và do đó lưu lượng hút càng lớn.

1 - Chụp hút khí đặt trên các nguồn tỏa nhiệt lợi dụng sức đẩy trọng lực (hình 7.5).

Khi chụp hút nằm bên trên nguồn tỏa nhiệt cần phải xác định đúng lưu lượng hút. Lượng không khí cần hút trong trường hợp đó có thể xác định theo công thức thực nghiệm sau :

$$L_0 = 0,65 \sqrt[3]{Q F^2 h}, \text{ m}^3/\text{s} \quad (7-17)$$

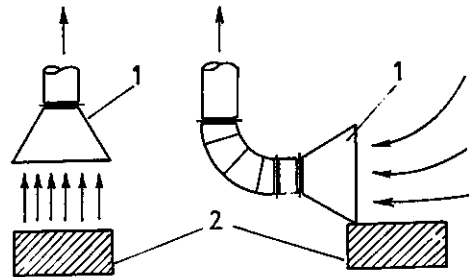
Trong đó :

$Q$  : Lượng nhiệt tỏa ra, kcal/s

$F$  : Diện tích của nguồn tỏa,  $\text{m}^2$

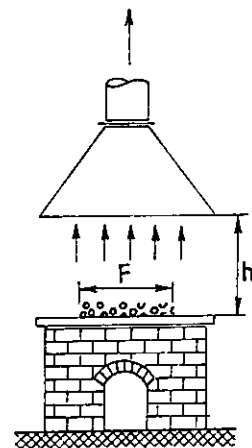
$h$  : Chiều cao từ mép dưới của chụp đến nguồn tỏa khí, m.

Công thức này áp dụng cho trường hợp  $h < 1,5\sqrt{F}$  tức là trường hợp không khí bị nguồn khí nóng bốc lên cuốn theo không đáng kể và lúc đó



Hình 7.4 : Vị trí đặt chụp hút

1. Chút hút ;
2. Nguồn tỏa nhiệt



Hình 7.5 : Chụp hút làm việc bằng sức hút tự nhiên - sức đẩy trọng lực

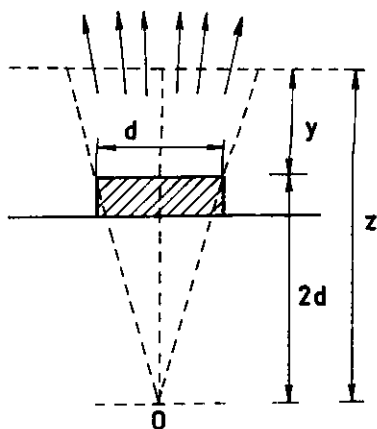


tiết diện ngang của luồng khí bốc lên có thể xem bằng tiết diện ngang của nguồn tỏa khí.

Trường hợp ngược lại, tức là trường hợp khoảng cách giữa chụp hút và nguồn lớn hơn, người ta sử dụng những công thức gần đúng đối với "luồng nhiệt". Tiêu điểm của luồng là điểm O nằm trên trục của nguồn về bên dưới ở khoảng cách bằng 2 lần bề ngang của nguồn : 2d (hình 7.6).

Ranh giới gần đúng của luồng khí bốc lên từ nguồn có thể xem là các đường nối liền và kéo dài ra từ tiêu điểm đến biên của nguồn.

Vận tốc của luồng khí ở khoảng cách Z kể từ tiêu điểm :



Hình 7.6 : "Luồng nhiệt" bên trên bề mặt nung nóng

$$v_Z = \frac{0,82}{Z^{0,29}} Q^{1/3}, \quad \text{m/s} \quad (7-18)$$

Lưu lượng ;

$$L_Z = 0,13 Z^{3/2} Q^{1/3}, \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (7-19)$$

Bề rộng hay đường kính của luồng khí ở khoảng cách Z :

$$d_Z = 0,45 Z^{0,88}, \quad \text{m} \quad (7-20)$$

Trong đó :

Q : Lượng nhiệt do nguồn tỏa ra, kcal/s.

Ví dụ : Xác định vận tốc trung bình và lưu lượng ở khoảng cách 0,5m và 1,5m trên một tấm thép nung nóng đến  $t_n = 100^\circ\text{C}$  nếu nhiệt độ không khí xung quanh là  $t_K = 20^\circ\text{C}$ , kích thước của tấm thép là  $0,7 \times 0,7\text{m}$ .

a) Xác định hệ số truyền nhiệt đối lưu giữa tấm thép nóng và không khí :

$$\alpha = 2,8 \sqrt[4]{t_n - t_K} = 2,8 \sqrt[4]{100 - 20} = 8,4 \quad \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

b) Lượng nhiệt đối lưu tỏa ra từ tấm thép :

$$Q = \alpha F \Delta t = \frac{8,4 \cdot 0,49 \cdot 80}{3600} = 0,0915 \quad \text{kcal/s}$$

c) Lưu lượng ở khoảng cách 0,5m ( $h < 1,5\sqrt{F}$  - công thức 7-17) :

$$L_0 = 0,65 \sqrt[3]{0,0915 \cdot 0,49^2 \cdot 0,5} = 0,144 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

d) Vận tốc trung bình ở khoảng cách 0,5m khi xem tiết diện ngang của luồng bằng diện tích của nguồn trên mặt bằng :

$$v_{TB} = \frac{L_0}{F} = \frac{0,144}{0,49} = 0,29 \quad \text{m/s}$$

e) Vận tốc, lưu lượng và bề ngang của luồng khí ở khoảng cách  $h = 1,5\text{m}$  ( $h > 1,5\sqrt{F}$  - công thức 7-18, 7-19 và 7-20) :

$$Z = 1,5 + 2,0,7 = 2,9 \text{ m}$$

$$v_Z = \frac{0,82 \cdot 0,0915^{1/3}}{2,9^{0,29}} = 0,27 \text{ m/s}$$

$$L_Z = 0,13 \cdot 2,9^{3/2} \cdot 0,0915^{1/3} = 0,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d_Z = 0,45 \cdot 2,9^{0,88} = 1,15 \text{ m}$$

2. Chụp hút khí làm việc dưới tác dụng của sức hút cơ khí (hình 7.7)

Khi thiết kế chụp hút khí dưới tác dụng của sức hút cơ khí (do máy quạt gây ra) ta sẽ có những đặc điểm sau đây :

a) Sự thay đổi của vận tốc trên trục của chụp phụ thuộc vào góc mở  $\alpha$  của chụp. Góc mở càng lớn thì vận tốc tại tâm miệng hút  $v_T$  càng lớn hơn so với vận tốc

$$\text{trung bình } v_{TB} = \frac{L_o}{F}.$$

Khi chụp hút có góc mở  $\alpha = 90^\circ$ , vận tốc ở tâm miệng hút bằng khoảng 1,65 lần vận tốc trung bình :  
 $v_T = 1,65 v_{TB}$ .

Chụp hút có góc mở  $60^\circ$  thực tế có thể xem như vận tốc phân bố đều đặn trên cả tiết diện của miệng hút :

$$v_T \approx v_{TB} = \frac{L_o}{F}$$

b) Khi biết vận tốc hút ở tâm miệng hút của chụp  $v_T$  có thể xác định gần đúng vận tốc ở điểm bất kì nằm trong phạm vi kéo dài của chụp.

\* Đối với chụp hút tiết diện tròn hoặc vuông :

$$v_{xy} = v_T \frac{r_o^2}{x^2 + y^2}, \quad \text{m/s} \quad (7-21)$$

\* Đối với chụp hút tiết diện chữ nhật có cạnh  $a > b$ .

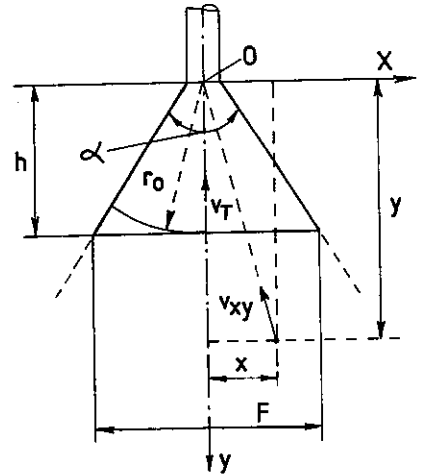
$$v_{xy} = v_T \frac{h^2}{\left[ h + \left( \frac{a}{b} - 0,5a \right) y \right]^2}, \quad \text{m/s} \quad (7-22)$$

Trong thực tế cho phép chọn vận tốc hút trung bình ở miệng hút của chụp như sau :

Đối với chụp hút thông thường, khi vận tốc gió trong phòng lớn  $v_{TB} = 0,75 \text{ m/s}$ .

Khi vận tốc chuyển động của không khí trong phòng trung bình hoặc là khi có tấm chắn treo ở 2 mép đối diện của chụp  $v_{TB} = 0,64 \text{ m/s}$ .

Khi không khí chuyển động nhẹ hoặc khi có tấm chắn treo ở 2 mép lân cận của chụp  $v_{TB} = 0,51 \text{ m/s}$ .



Hình 7.7 : Chụp hút làm việc với máy quạt



$$\frac{v_g}{h^2 \cdot v_T} = K, m^{-2} \quad (7-23)$$

Lúc đó ta sẽ có phương trình vi phân của quỹ đạo điểm A như sau :

$$\frac{dx}{dy} = \frac{x}{y} + K \frac{(x^2 + y^2)^{3/2}}{y} \quad (7-24)$$

Sau khi tích phân ta thu được :

$$x = \frac{K \frac{y^2}{2} + C}{\sqrt{1 - \left(K \frac{y^2}{2} + C\right)^2}} y \quad (7-25)$$

Đó là phương trình quỹ đạo chuyển động của điểm có tọa độ x, y nằm dưới chụp hút.

Để thu được phương trình quỹ đạo đi qua điểm (1) của mép chụp, ta đặt vào phương trình tổng quát trên tọa độ của điểm (1) :  $x = x_1$  và  $y = y_1$ , từ đó rút ra được hằng số C ứng với phương trình của quỹ đạo ấy.

Sau khi biến đổi và bình phương cả 2 vế, rồi thế các trị số  $x = x_1, y = y_1$  vào ta sẽ có :

$$\frac{x_1^2}{y_1^2} \left[ 1 - \left(K \frac{y_1^2}{2} + C_1\right)^2 \right] = \left(K \frac{y_1^2}{2} + C_1\right)^2$$

Từ đó ta thu được :

$$C_1 = \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}} - K \frac{y_1^2}{2} \quad (7-26)$$

Ví dụ : Vẽ đường ranh giới phạm vi hút của chụp hút có đường kính miệng hút là  $d = 1m$ , bề cao  $h = 0,7m$ , vận tốc hút tại tâm miệng hút  $v_T = 0,4 m/s$ , tốc độ gió ngang trong phòng là  $v_g = 0,2 m/s$  (hình 7.9).

Giải :

1. Xác định hệ số K:

$$K = \frac{v_g}{v_T h^2} = \frac{0,2}{0,4 \cdot 0,7^2} = 1,02$$

Đường giới hạn phạm vi hút của chụp phải đi qua điểm mép (1) của chụp có tọa độ là  $x_1 = -0,5 ; y_1 = +0,7$

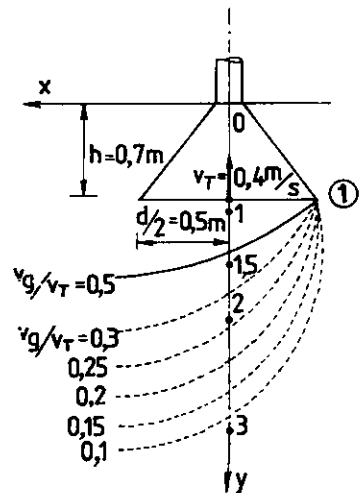
Như vậy hằng số  $C_1$  sẽ là :

$$C_1 = \frac{-0,5}{\sqrt{(-0,5)^2 + 0,7^2}} - 1,02 \cdot \frac{0,7^2}{2} = -0,831$$

Phương trình của đường ranh giới sẽ là :

$$x = \frac{0,51y^2 - 0,831}{\sqrt{1 - (0,51y^2 - 0,831)^2}} \cdot y$$

Muốn vẽ được đường này, ta cho nhiều trị số khác nhau của y rồi tính ra x.



Hình 7.9

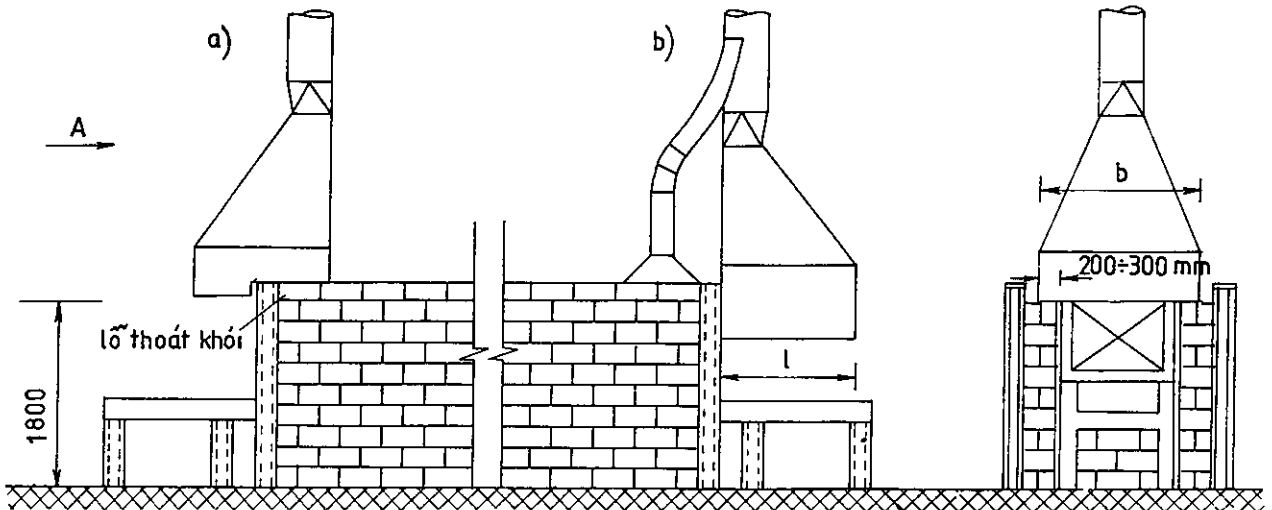
y	0,8	1	1,277	1,4	1,5
x	- 0,47	- 0,34	≈ 0	+ 0,24	+ 0,5

Bây giờ nếu giảm tỉ số  $v_g/v_T$  tức là nếu tăng vận tốc hút  $v_T$  hoặc giảm vận tốc gió  $v_g$  thì phạm vi hút của chụp sẽ được mở rộng tức là đường ranh giới càng ra xa hơn theo chiều dương của trục y.

Khi biết được phạm vi hoạt động của chụp hút ứng với kích thước và vận tốc hút ở tâm miệng hút  $v_T$  đã định trước của nó, ta có thể xác định được vị trí đặt chụp hút (khoảng cách từ mặt phẳng miệng hút đến nguồn tỏa khí) nếu biết được kích thước của nguồn tỏa khí.

### 7.3.3. Chụp hút mái dĩa bên trên cửa lò nung

Trong các phân xưởng nhiệt luyện ta thường gặp các lò nung để nấu chảy kim loại, nung đỏ các phôi v.v...



Hình 7.10 : a) Chụp hút mái dĩa ở trên cửa cho vật liệu vào lò ;  
b) Chụp hút mái dĩa kết hợp với thoát khí của lò.

Đối với chụp hút ở các lò nung, ta cần tận dụng sức hút tự nhiên do chênh lệch nhiệt độ cao để thải nhiệt và khí ra ngoài.

Không cần và cũng không thể bố trí chụp hút bao trùm toàn bộ lò nung mà chỉ cần đặt chụp hút trên các cửa cho vật liệu vào hoặc lấy vật liệu ra và cố gắng sao cho những lỗ thoát khí bên trên lò (nếu có) cũng nằm dưới chụp hút. Trường hợp lỗ thoát khí nằm xa cửa làm việc của lò, ta có thể làm chụp hút ở cửa lò riêng biệt với ống thoát khí rồi sau

đó nhập vào một ống hút chung (hình 7.10b). Nếu khí nóng chỉ có thể lọt ra ngoài qua cửa làm việc của lò thì lúc đó chỉ cần đặt chụp hút ở cửa thổi cũng đủ (hình 7.10a). Bề rộng của chụp hút cần lớn hơn bề rộng cửa khoảng 200 ÷ 300mm mỗi bên.

Nhiệt độ của hỗn hợp khí nóng và không khí hút qua chụp cần nằm trong khoảng 100 ÷ 120°C.

Khi thải khí ra ngoài bằng sức hút tự nhiên thì đường kính của ống hút nối vào chụp phải xác định theo tính toán (thường đường kính không bé hơn 500mm); ống hút phải thẳng, không gấp khúc. Trong trường hợp đặc biệt có thể cho phép uốn khúc với góc nghiêng của trục ống với mặt nằm ngang không bé hơn 60°.

Kích thước nhô ra của chụp hút phụ thuộc vào chiều cao cửa lò và áp suất thừa bên trong lò. Trường hợp chung, bề nhô ra  $l$  của chụp không được bé hơn chiều cao của cửa lò.

Kích thước và lượng khí cần hút qua chụp có thể xác định được theo phương pháp sau đây (hình 7.11).

Áp suất bên trong lò thường phải giữ cao hơn so với áp suất bên ngoài để ngăn không cho không khí lạnh từ bên ngoài lọt vào lò làm giảm nhiệt độ trong lò.

Thông thường áp suất thừa trung bình trên chiều cao cửa lò cần giữ khoảng 0,3 kG/m<sup>2</sup> không phụ thuộc vào chiều cao của cửa. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp điều kiện áp suất thừa trung bình (tức áp suất thừa ở trung tâm cửa lò) dương chưa đủ để đảm bảo trên suốt chiều cao cửa lò áp suất bên trong lò lớn hơn bên ngoài. Lúc đó ở phần dưới của cửa lò có thể có áp suất thừa âm và như vậy không khí bên ngoài sẽ qua phần dưới của cửa lò lọt vào bên trong. Điều đó có thể thấy được ở ví dụ sau :

Nhiệt độ bên trong lò 850°C, trọng lượng đơn vị của khí trong lò  $\gamma_a = 0,316 \text{ kg/m}^3$ , bề cao của cửa lò  $h = 0,7\text{m}$ , nhiệt độ của không khí ở vùng làm việc  $t_{xq} = +15^\circ\text{C}$  và áp suất khí quyển  $P_{kq} = 760 \text{ mmHg}$ . Xác định áp suất thừa ở mép dưới của lò  $P_o$  (tức ở đáy lò) nếu như áp suất thừa ở trung tâm cửa lò là  $P_t = +0,3 \text{ kG/m}^2$ .

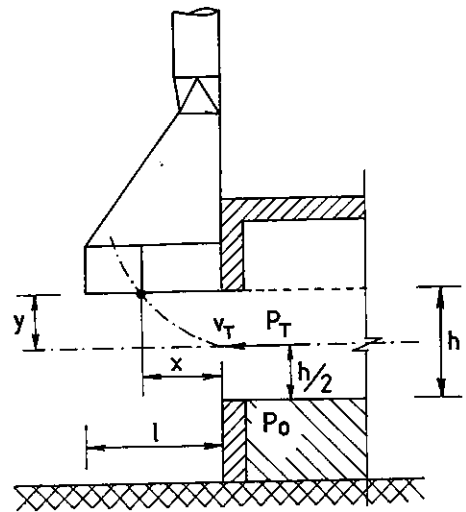
Trong trường hợp này áp suất thừa ở đáy lò sẽ bằng :

$$P_o = P_t - \frac{h}{2} (\gamma_{xq} - \gamma_a) = 0,3 - \frac{0,7}{2} (1,226 - 0,316) = -0,02 \text{ kG/m}^2$$

Như vậy điều đảm bảo chắc chắn nhất để cho trên toàn bộ chiều cao của cửa lò áp suất thừa đều dương là áp suất thừa ở mặt phẳng đáy lò phải dương  $P_o > 0$  và áp suất thừa ở bề mặt nằm ngang đi qua tâm cửa lò sẽ là :

$$P_t = P_o + \frac{h}{2} (\gamma_{xq} - \gamma_a) \quad (7-27)$$

Dưới tác dụng của áp suất thừa này khí bên trong lò sẽ bị đẩy ra ngoài với vận tốc là  $v_T$  :



Hình 7.11 : Sơ đồ tính toán chụp hút mái dĩa

$$v_T = \sqrt{\frac{2gP_T}{\gamma_a}}, \quad \text{m/s} \quad (7-28)$$

Theo vận tốc, kích thước của cửa và nhiệt độ trong lò, xác định tiêu chuẩn Acimet :

$$Ar = \frac{g d_{td}}{v_T^2} \cdot \frac{T_a - T_{xq}}{T_{xq}} \quad (7-29)$$

Trong đó :

$$d_{td} : \text{Đường kính tương đương của cửa lò } d_{td} = \frac{2bh}{b+h}, \quad \text{m}$$

$T_a, T_{xq}$  : Nhiệt độ tuyệt đối của khí trong lò và của không khí xung quanh, °K.

Ta kí hiệu khoảng cách đứng từ bề mặt ngang qua tâm cửa lò đến bề mặt miệng hút của chụp là  $y$ . Nếu miệng chụp đặt trên cùng độ cao với mép trên của cửa thì lúc đó  $y = \frac{h}{2}$ .

Khoảng cách ngang từ thành lò đến chỗ gặp nhau giữa trục của luồng khí đi ra với mặt phẳng của miệng hút kí hiệu là  $x$ , ta sẽ có :

$$\text{Theo GS. Sepelev [19] : } \bar{x} = \sqrt[11]{\frac{\bar{y}^4}{0,18(Ar)^4 a^3 \left(\frac{T_a}{T_{xq}}\right)^2}} \quad (7-30)$$

Trong đó :  $\bar{x} = \frac{x}{d_{td}}$  ;  $\bar{y} = \frac{y}{d_{td}}$  và  $a$  là hệ số rỗng.

Đối với cửa lò có thể lấy  $a = 0,1$ .

$$\text{Theo GS Baturin [3] : } \bar{x} = \sqrt[5]{\frac{\bar{y}^2}{0,81(Ar)^2 \cdot a}} \quad (7-31)$$

Ở tại khoảng cách  $x$  luồng khí bốc ra từ cửa lò sẽ có bề rộng là :

$$\text{Theo GS. Sepelev : } \bar{b}_x = 6,8 a \bar{x} + 1 \quad (7-32)$$

$$\text{Trong đó : } \bar{b}_x = \frac{b_x}{d_{td}} ; \bar{x} = \frac{x}{d_{td}}$$

$$\text{Theo GS. Baturin : } b_x = 4,8 ax + h, \quad \text{m} \quad (7-33)$$

Và như vậy bề nhỏ ra tối thiểu của chụp phải bằng :

$$l = x + \frac{b_x}{2}, \quad \text{m} \quad (7-34)$$

Thể tích hỗn hợp khí hút vào chụp sẽ là :

$$L_x = L_o \left( 1 + 0,68 \frac{ax}{h} \right), \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-35)$$

Trong đó :

$$L_o = \mu h b v_T 3600, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-36)$$

$\mu$  : Hệ số lưu lượng :  $\mu = 0,65$ .

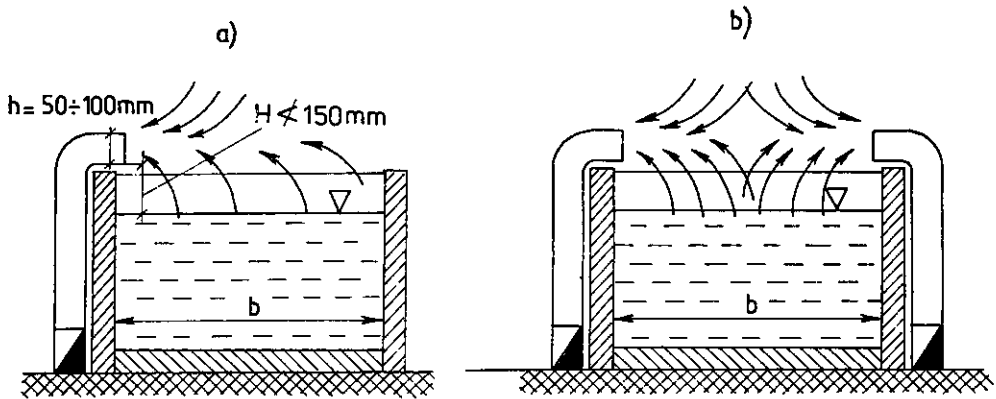
### 7.3.4. Hút trên thành bể chứa

Nếu điều kiện kĩ thuật và công nghệ không cho phép bao bọc kín nguồn tỏa chất có hại, ví dụ như những bể chứa dung dịch, chất lỏng dễ tôi kim loại, bể mạ v.v. thì người ta dùng bộ phận "hút trên thành" để thải các loại khí có hại bốc lên từ mặt chất lỏng chứa trong bể.

Hút trên thành có thể thực hiện theo cách sau đây : Dọc theo một cạnh dài hoặc cả 2 cạnh dài của bể chứa người ta bố trí những rãnh hút khí có chiều cao  $h = 50 \div 100\text{mm}$  cách bề mặt nước trong bể một khoảng cách  $H$  nhất định để tránh tình trạng nước trong bể có thể bị hút vào rãnh. Có thể lấy  $H = (0,08 \div 0,10)b$  nhưng không nhỏ hơn 150mm (hình 7.12).

Nhờ hệ thống hút như vậy trên bề mặt chất lỏng sẽ được tạo ra một trường vận tốc có tác dụng ngăn không cho hơi bốc lên từ bề mặt nước và lan tỏa vào không khí trong phòng.

Phạm vi hoạt động của miệng hút rất hẹp (tốc độ hút tắt dần rất nhanh khi ra xa khỏi miệng hút) cho nên bộ phận hút trên thành đòi hỏi phải có vận tốc hút tương đối lớn và vì thế lưu lượng hút cũng lớn.



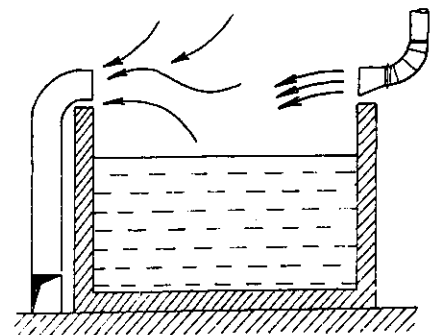
Hình 7.12 : a) Hút 1 bên thành ; b) Hút 2 bên thành.

Đối với bể có bề rộng dưới 0,7m, người ta sử dụng hệ thống hút 1 bên thành. Nếu bể rộng bể chứa lớn hơn nên sử dụng hệ thống hút 2 bên thành.

Hút trên thành rất có hiệu quả khi có các chất khí nặng tỏa ra.

Lưu lượng không khí hút có thể giảm bớt nếu dùng hệ thống phối hợp hút và thổi trên thành (hình 7.13).

Ở hệ thống này một bên thành bể là rãnh hút và bên thành đối diện là rãnh thổi. Trường hợp này trên mặt bể hình thành như thể một "nắp không khí" không cho phép hơi bốc lên lan tỏa ra xung



Hình 7.13 : Hút kết hợp với thổi trên thành bể



quanh. Bởi vì phạm vi tác dụng của miệng thổi lớn hơn rất nhiều so với miệng hút, nên lưu lượng không khí thổi so với lượng không khí hút bé hơn khá nhiều.

Chúng ta giải thích hiện tượng xảy ra khi có hút trên thành : Các phần tử khí bốc lên từ mặt bể dưới tác dụng của sức đẩy trọng lực sẽ bay lên. Nhờ có hút trên thành tạo ra vận tốc hút ngang thẳng được vận tốc thẳng đứng của các phần tử chất khí, buộc chúng phải thay đổi hướng chuyển động và đi vào khe của miệng hút (hình 7.14).

Giả sử khe hút không hoạt động, các phần tử ở gần thành đối diện với khe hút sẽ chuyển động thẳng đứng theo mũi tên số (1). Bây giờ nếu khe hút làm việc nhưng lượng không khí hút chưa đủ để lôi cuốn những phần tử ấy thì chuyển động của nó sẽ theo chiều mũi tên (2). Nếu lượng không khí hút tăng dần lên nhiều hơn nữa thì các phần tử khí ấy sẽ bị lôi cuốn vào khe theo mũi tên (3) mà không lan truyền ra ngoài được. Lượng không khí hút càng lớn bao nhiêu thì luồng khí càng bị đè bẹp sát mặt nước bấy nhiêu : (4), (5). Hơi bốc lên tùy theo tính chất của nó - độc hoặc ít độc mà luồng khí cần phải đè sát nhiều hay ít xuống mặt thoáng, nghĩa là lượng không khí hút cần phải nhiều hay ít.

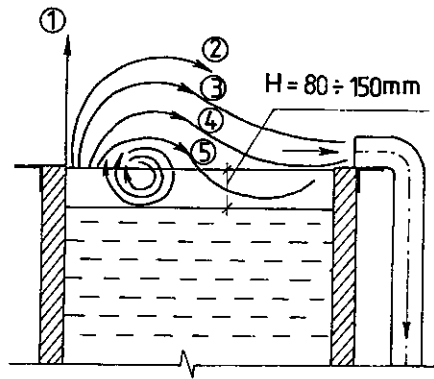
Như trên đã nói, cấu tạo thông thường của khe hút trình bày ở trên chỉ thích hợp khi mực nước trong bể cách mép dưới của khe hút khoảng  $80 \div 150$  mm.

Trường hợp nếu mực nước trong bể thấp hơn nữa ( $H = 150 \div 300$  mm hoặc hơn nữa) thì muốn đạt hiệu quả tốt, người ta dùng loại khe hút "trèo tường" (hình 7.15).

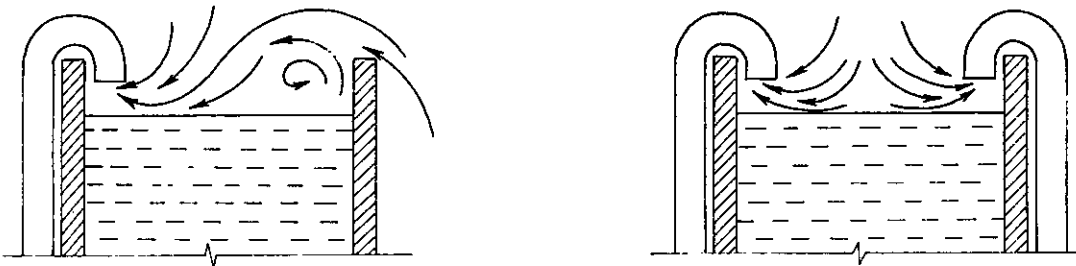
#### Tính toán hút khí trên thành bể chứa

Nhiệm vụ tính toán hút khí trên thành là xác định lượng không khí cần hút phụ thuộc vào kích thước, tính chất của bể chứa, nhiệt độ của nước trong bể và của không khí xung quanh.

Để xác định lượng không khí cần hút người ta phân biệt 2 loại bể : bể nóng và bể lạnh.



Hình 7.14



Hình 7.15 : a) Hút trên thành bằng khe "trèo" 1 bên ;  
b) Hút trên thành bằng khe "trèo" 2 bên

Bể nóng là bể có nhiệt độ của chất chứa trong bể cao hơn nhiệt độ không khí xung quanh, còn bể lạnh là bể khi nhiệt độ nước bằng hoặc gần bằng nhiệt độ không khí xung quanh.

### Đối với bể nóng

#### 1. Trường hợp không có thổi (chỉ có hút)

$$L_{lt} = 3600 A l \left( \varphi \frac{T_n - T_{xq}}{3T_{xq}} g b^3 \right)^{1/2}, \quad m^3/h \quad (7-37)$$

Trong đó :

A : Hệ số đặc trưng phụ thuộc vào cách hút 1 bên hay 2 bên

- Hút 1 bên A = 0,35

- Hút 2 bên A = 0,50

b, l : Bể rộng và bể dài của bể, m

g : Gia tốc trọng trường  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

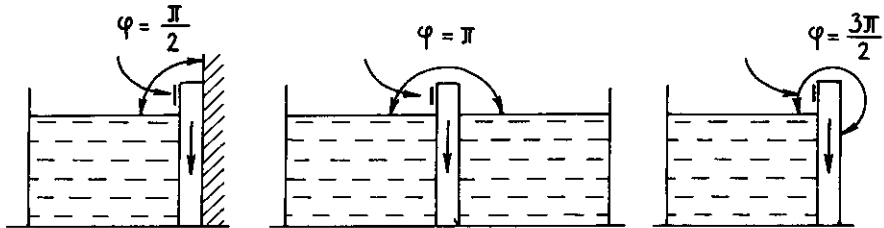
$T_n, T_{xq}$  : Nhiệt độ tuyệt đối của nước trong bể và của không khí trong phòng, °K

$\varphi$  : Góc mở rộng của luồng không khí bị hút

- Đối với bể đứng sát tường (hình 7.16a) :  $\varphi = \frac{\pi}{2}$

- Đối với bể đứng cạnh một bể khác không có hệ thống hút trên thành (hình 7.16b)  $\varphi = \pi$

- Đối với bể đứng độc lập (hình 7.16c) :  $\varphi = \frac{3}{2} \pi$



Hình 7.16 : a) Bể đứng cạnh tường ;  
b) Hai bể đứng cạnh nhau ; c) Bể đứng độc lập.

Công thức trên là lượng không khí hút lí thuyết.

Trong điều kiện thực tế thì không khí trong phòng ít nhiều có chuyển động, đồng thời không khí còn có thể bị hút vào khe từ hai bên thành ngang của bể. Do đó lượng không khí hút thực xác định theo công thức sau :

$$L_T = K_Z K_T L_{lt}, \quad m^3/h \quad (7-38)$$

Trong đó :

$K_Z$  : Hệ số dự trữ tính đến ảnh hưởng của gió

$K_Z = 1,5 \div 1,75$  đối với bể chứa chất ít độc hại

$K_Z = 1,75 \div 2$  đối với bể chứa chất có mức độ độc hại cao

$K_T$  : Hệ số tính đến ảnh hưởng của sức hút đối với luồng không khí bị hút từ hai đầu ngang của bể.

- Trường hợp hút một bên :  $K_T = \left(1 + \frac{b}{4l}\right)^2$  (7-39)

- Trường hợp hút hai bên :  $K_T = \left(1 + \frac{b}{8l}\right)^2$  (7-40)

Ngoài ra, lưu lượng hút thực tế còn có thể xác định theo công thức rút gọn sau :

$$L_T = K_Z K_T B [n(t_n - t_{xq}) b^3]^{1/2} l \quad 3600, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-41)$$

Trong đó :

B : Hằng số đặc tính

- Đối với trường hợp hút một bên :  $B = \frac{1}{22}$

- Trường hợp hút hai bên :  $B = \frac{1}{15}$

n : Số góc vuông giữa các biên của luồng khí bị hút.

- Đối với bể đứng sát tường :  $n = 1$

- Đối với bể đứng cạnh bể khác không có hệ thống hút :  $n = 2$

- Đối với bể đứng độc lập :  $n = 3$

## 2. Trường hợp có thổi phối hợp (vừa hút vừa thổi)

Lượng không khí hút (trong trường hợp có cả thổi và hút)

$$L_{\text{hút}} = 1,1 K_Z \frac{L_{\text{h}}}{[\varphi b (t_n - t_{xq})^{1/2}]^{1/6}}, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-42)$$

Trong đó :

$L_{\text{h}}$  : Lượng không khí hút lý thuyết trong trường hợp hút một bên thành không có thổi.

$K_Z$  : Hệ số dự trữ.

- Đối với bể chứa chất bình thường :  $K_Z = 1,25 \div 1,5$

- Đối với bể chứa chất độc nhiều :  $K_Z = 1,5 \div 1,75$

Lượng không khí thổi :

$$L_{\text{thổi}} = 0,9 \left(\frac{e}{b}\right)^{1/2} L_{\text{hút}}, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-43)$$

Trong đó :

e : Bề cao của khe thổi. Thông thường người ta lấy  $e = (0,005 \div 0,01)b$ .

Ví dụ 1 : Bể chứa chất khử mờ  $t_n = 80^\circ\text{C}$ ,  $t_{xq} = 16^\circ\text{C}$ ,  $b = 0,9\text{m}$ ;  $l = 1\text{m}$ ; bể đứng sát tường  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ . Xác định lượng không khí hút một bên thành.

Giải :

Nhận hệ số  $K_Z = 1,5$

$$K_T = \left(1 + \frac{0,9}{4 \cdot 1}\right)^2 = 1,5$$

$$A = 0,35$$

Lượng không khí hút lý thuyết (công thức 7-37) :

$$L_h = 3600 \cdot 0,35 \cdot 1 \left[ \frac{3,14}{2} \cdot \frac{80 - 16}{3(273 + 16)} \cdot 9,81 \cdot 0,9^3 \right]^{1/2} \approx 1150 \text{ m}^3/\text{h}$$

Lượng không khí hút thực tế (công thức 7-38) :

$$L_T = 1,5 \cdot 1,5 \cdot L_h = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1150 = 2590 \text{ m}^3/\text{h}$$

Theo công thức rút gọn (7-41) :

$$L_T = 1,5 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{22} [1(80-16) \cdot 0,9^3]^{1/2} \cdot 1 \cdot 3600 = 2520 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nếu nhận bề cao của khe hút  $h = 0,1b = 0,1 \cdot 0,9 = 0,09 \text{ m} = 90 \text{ mm}$  thì diện tích của khe hút là :

$$F = h l = 0,09 \cdot 1 = 0,09 \text{ m}^2.$$

Vận tốc của luồng không khí ở miệng hút sẽ là :

$$v_h = \frac{2590}{3600 \cdot 0,09} = 8 \text{ m/s}$$

Ví dụ 2 : Cũng giả thiết trên, nhưng tính lượng không khí hút cho trường hợp hút hai bên thành.

Giải :

Ta vẫn nhận  $K_Z = 1,5$

$$K_T = \left(1 + \frac{0,9}{8 \cdot 1}\right)^2 = 1,24$$

$$A = 0,5$$

$$L_h = 3600 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot \left[ \frac{3,14}{2} \cdot \frac{80 - 16}{3(273 + 16)} \cdot 9,81 \cdot 0,9^3 \right]^{1/2} = 1639 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_T = 1,5 \cdot 1,24 \cdot 1639 = 3049 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Khi dùng hút hai bên thành lượng không khí hút so với trường hợp hút một bên nhiều hơn khoảng 1, 2 lần.

Ví dụ 3 : Cũng giả thiết trên, xác định lượng không khí chung khi có cả thổi lẫn hút.

$$L_{\text{hút}} = \frac{1,1 K_Z L_h}{[\varphi b (t_n - t_{xq})^{1/2}]^{1/6}} = 1270 \text{ m}^3/\text{h}$$

Lượng không khí thổi : Chọn bề cao khe thổi  $e = 0,01b$ .

$$L_{\text{thổi}} = 0,9 \left(\frac{e}{b}\right)^{1/2} \cdot L_{\text{hút}} = 0,9(0,01)^{1/2} \cdot 1270 = 114 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_o = L_{\text{hút}} + L_{\text{thổi}} = 1270 + 114 = 1384 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vận tốc của luồng không khí ở miệng khe thổi :

$$v_{\text{thổi}} = \frac{L_{\text{thổi}}}{3600 \cdot F_{\text{thổi}}} = \frac{114}{3600 \cdot 0,01 \cdot 0,9 \cdot 1} = 3,5 \text{ m/s}$$

Vận tốc của luồng không khí ở miệng khe hút :

$$v_{\text{hút}} = \frac{L_{\text{hút}}}{3600 \cdot F_{\text{hút}}} = \frac{1270}{3600 \cdot 0,1 \cdot 0,9 \cdot 1} = 3,9 \text{ m/s}$$

## Đối với bể lạnh

### 1. Trường hợp chỉ có hút (không có thổi)

a) Khi hút một bên :

$$L_{\text{hút}} = K_Z \cdot K_T \cdot \varphi^{1/2} \cdot v_b \cdot b \cdot l \cdot 3600, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-44)$$

Trong đó :

$K_Z$  : Như trường hợp bể nóng.

$K_T$  : Như trường hợp bể nóng nhưng đối với hút một bên.

$$K_T = \left(1 + \frac{b}{4l}\right)^2$$

$\varphi$  : Góc mở rộng của luồng không khí hút.

$b, l$  : Bể rộng và bể dài của bể, m.

$v_b$  : Tốc độ lan truyền của chất khí tỏa ra từ bề mặt nước trong bể (khí hoặc là những bụi nước).

- Trường hợp tỏa khí :  $v_b = 0,2 \div 0,3 \text{ m/s}$

- Trường hợp tỏa bụi nước (do bề mặt chất lỏng có bong bóng, khi chúng vỡ ra thì những hạt nước bé như bụi bay vào không khí) :

$$v_b = 5,8 \sqrt{d_K} \quad (7-45)$$

$d_K$  : Đường kính lớn nhất có thể có của những bụi nước, m

$d_K = 0,001 \div 0,002 \text{ m}$  (trị số lớn dùng cho trường hợp vừa tỏa khí vừa tỏa bụi nước).

b) Hút hai bên thành :

Lượng không khí hút hai bên thành có thể lấy bằng 1,5 lần lượng không khí hút một bên thành.

$$L_{\text{hút}(2 \text{ bên})} = 1,5 L_{\text{hút}(1 \text{ bên})} \quad (7-46)$$

### 2. Trường hợp vừa hút vừa thổi

a) Lượng không khí thổi :

$$L_{\text{thổi}} = 1,8 v_b^2 b \cdot l \cdot 3600, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-47)$$

b) Lượng không khí hút :

$$L_{\text{hút}} = K_Z n^{1/2} \left(1 + 0,25 \frac{b}{2l}\right)^{1/2} L_{\text{thổi}}, \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (7-48)$$

Trong đó :

$K_Z$  : Hệ số dự trữ, lấy  $K_Z = 1,5$ .

$n$  : Số góc vuông giữa các biên của luồng không khí hút.

Khi dùng hệ thống hút thổi trên thành đối với các bể lạnh thì vận tốc ở miệng thổi :

$$v_{\text{thổi}} = 12 \div 13 \text{ m/s.}$$

Cần lưu ý là đối với các bể nóng, khi nhiệt độ  $t_n$  không lớn lắm so với nhiệt độ không khí xung quanh cần tính cho cả hai trường hợp nóng và lạnh, rồi lấy trị số lớn nhất.

### Tính hút thổi trên thành theo phương pháp của GS Baturin

Sơ đồ hệ thống thổi hút trên thành cho ở hình 7.17.

Thí nghiệm chứng tỏ rằng khi khoảng cách từ mặt nước trong bể đến tâm của khe thổi không lớn lắm luồng không khí thổi ra sẽ lướt theo mặt nước và trong trường hợp này có thể xem nó như một nửa luồng khí phẳng tự do với hệ số rối  $a = 0,2$ .

Nếu kí hiệu :

$v_o$  : Vận tốc trục ở tại miệng thổi, m/s.

$v_x$  : Vận tốc trục của luồng không khí cách miệng thổi một khoảng là  $x$ , m/s.

$L_o, L_x$  : Lần lượt là lưu lượng của luồng tại miệng thổi và ở khoảng cách  $x$  kể từ miệng thổi.

Theo công thức biến đổi vận tốc và lưu lượng của luồng hình phẳng lướt trên mặt phẳng ta có :

$$\frac{v_x}{v_o} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{ax}{e} + 0,41}} \quad (7-49)$$

$$\frac{L_x}{L_o} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{ax}{e} + 0,41} \quad (7-50)$$

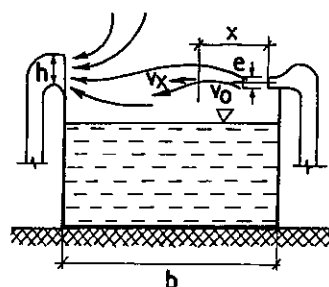
Để tránh tình trạng những phân tử chất khí gần miệng hút bị bốc lên dưới tác dụng của sức đẩy trọng lực, vận tốc trung bình của luồng ở tại đó  $C_x$  (với  $x = b$ ) cần phải nhận như sau :

- Khi nhiệt độ của nước trong bể  $70 \div 95^\circ\text{C}$  :  $C_x = b \text{ m/s}$
- Khi nhiệt độ của nước trong bể  $60^\circ\text{C}$  :  $C_x = 0,85 b \text{ m/s}$
- Khi nhiệt độ của nước trong bể  $40^\circ\text{C}$  :  $C_x = 0,75 b \text{ m/s}$
- Khi nhiệt độ của nước trong bể  $20^\circ\text{C}$  :  $C_x = 0,5 b \text{ m/s}$

$e$  - Chiều cao của khe thổi, m.

$C_x$  - Vận tốc trung bình của luồng, về trị số nó bằng một nửa vận tốc trục  $v_x$ . ( $C_x = 0,5v_x$ ).

Các công thức trên có thể biểu diễn thành đồ thị (hình 7.18).



Hình 7.17 : Hệ thống thổi - hút trên thành bể

Trên trục hoành đặt bề rộng của bể theo bội số của chiều cao khe thổi  $e$  và trên trục tung một bên là tỉ số vận tốc  $\frac{v_x}{v_o}$ , bên kia là tỉ số lưu lượng  $\frac{L_x}{L_o}$ .

Để hệ thống hút thổi làm việc được hiệu quả, lượng không khí hút phải bằng tổng số của lượng không khí thổi ở tại tiết diện ban đầu (ra khỏi miệng thổi) với lượng không khí bị luống cuốn theo.

lượng  $\frac{L_x}{L_o}$ .

Để hệ thống hút thổi làm việc được hiệu quả, lượng không khí hút phải bằng tổng số của lượng không khí thổi ở tại tiết diện ban đầu (ra khỏi miệng thổi) với lượng không khí bị luống cuốn theo.

Khi nhiệt độ của nước trong bể thấp ( $20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 70^\circ\text{C}$ ) thì lượng không khí hút đi (lưu lượng của miệng hút) phải bằng lưu lượng của luống ở tại tiết diện của miệng hút, tức ở tại tiết diện cách miệng thổi một khoảng cách  $x = b$ .

Khi nhiệt độ của nước trong bể lớn hơn  $70^\circ\text{C}$  thì lưu lượng của miệng hút phải bằng  $1,1 \div 1,25$  lần lưu lượng của luống không khí thổi ra ở tại tọa độ của tiết diện miệng hút.

Khe thổi cần phải có chiều cao  $e$  không bé hơn  $5 \div 7\text{mm}$  để tránh bị đọng rác trong quá trình hoạt động. Kích thước ấy còn xác định theo điều kiện vận tốc ở tại miệng thổi không vượt quá  $10 \div 12 \text{ m/s}$ . Nếu vận tốc lớn hơn nước trong bể sẽ bị gợn sóng.

Bề cao của miệng hút phụ thuộc vào vận tốc hút. Cho phép lấy vận tốc hút bằng  $2 \div 3$  lần vận tốc trung bình của luống ở tại tiết diện miệng hút, tức là :

$$v_{\text{hút}}^{1,1} = (2 \div 3) C_x \text{ với } x = b.$$

Ví dụ : Bể có bề rộng  $b = 0,75 \text{ m}$ , chiều dài  $l = 1,25 \text{ m}$ , nhiệt độ  $t_n = 80^\circ\text{C}$ . Nhận vận tốc trung bình ở tiết diện cuối cùng của luống không khí thổi  $C_x = 0,75 \text{ m/s}$ , bề cao của khe thổi  $e = 7,5 \text{ mm}$ .

$$v_x = 2.C_x = 2.0,75 = 1,5 \text{ m/s}.$$

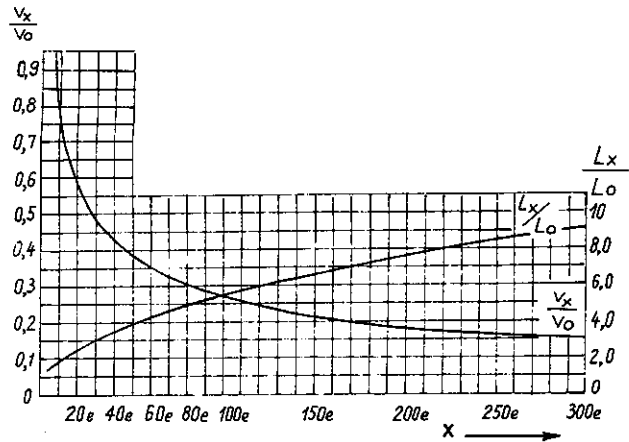
$$\frac{v_x}{v_o} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{a b}{e} + 0,41}} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,75}{0,0075} + 0,41}} = 0,266$$

Từ đó vận tốc ban đầu của luống sẽ là :

$$v_o = \frac{v_x}{0,266} = \frac{1,5}{0,266} = 5,64 \text{ m/s}$$

Lưu lượng ban đầu của luống không khí thổi ra :

$$L_o = 5,64.0,0075.1,25.3600 = 190 \text{ m}^3/\text{h}$$



Hình 7.18 : Biểu đồ vận tốc và lưu lượng của luồng chảy lướt trên mặt phẳng

$$\frac{L_x}{L_0} = 1,2 \sqrt{\frac{a b}{e} + 0,41} = 1,2 \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,75}{0,0075} + 0,41} = 5,4$$

Từ đó ta có lưu lượng của luồng ở tại miệng hút :

$$L_x = 5,4 \cdot L_0 = 5,4 \cdot 190 = 1030 \text{ m}^3/\text{h}$$

Lưu lượng hút :

$$L_{\text{hút}} = 1,15 \cdot 1030 = 1180 \text{ m}^3/\text{h}.$$

## 7.4. THỐI MÁT CỤC BỘ BẰNG HOA SEN KHÔNG KHÍ

### 7.4.1. Công dụng và các điều kiện lắp đặt hệ thống hoa sen không khí

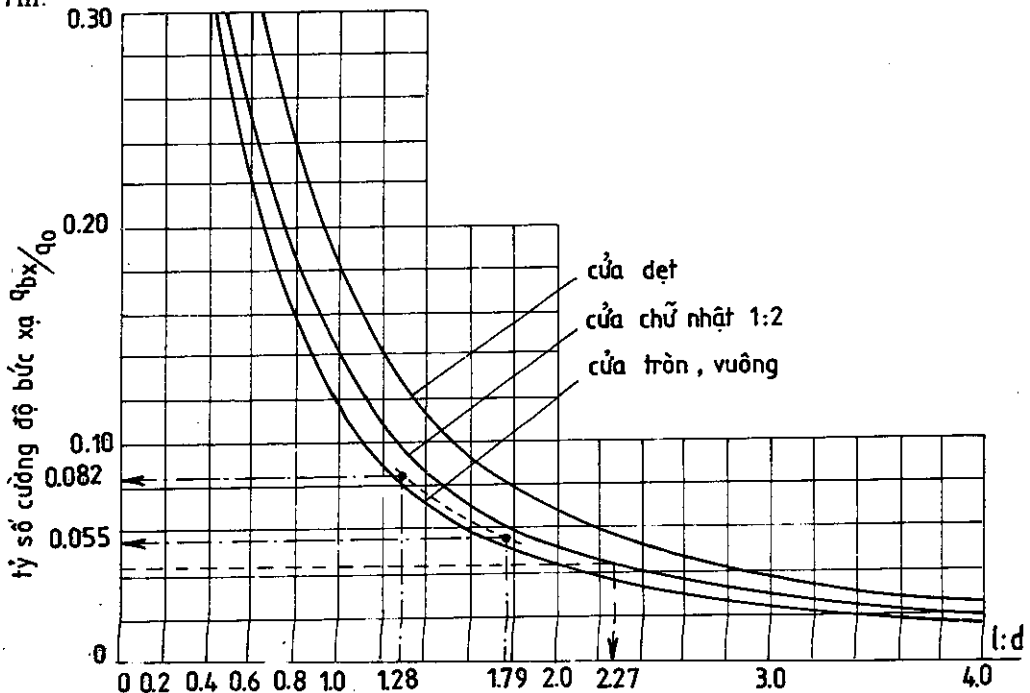
Hoa sen không khí là thiết bị dùng để tạo ra luồng không khí có các thông số cần thiết thổi trực tiếp vào vị trí làm việc tương đối cố định của người công nhân ở gần các nguồn tỏa nhiệt mạnh, đặc biệt là ở những nơi có bức xạ nhiệt cao như cửa lò nung, lò sấy, bể lò rèn, chỗ rót khuôn đúc v.v. ...

Theo quy định, khi cường độ bức xạ nhiệt tại vị trí làm việc vượt quá 1 calo/cm<sup>2</sup>phút (tức 600 kcal/m<sup>2</sup>h) thì ở đó phải bố trí hệ thống hoa sen không khí.

Cường độ bức xạ nhiệt từ các cửa lò nung có thể xác định theo biểu đồ hình 7.19 kết hợp với các biểu đồ hình 3.16 và 3.17 (chương 3).

Một số ví dụ sau đây giúp ta sáng tỏ cách xác định cường độ bức xạ ở các vị trí làm việc gần nguồn tỏa nhiệt.

Ví dụ 1 : Cửa lò nung có kích thước  $A \times B = 0,3 \times 0,4\text{m}$  ; bề dày thành lò  $\delta = 0,36\text{m}$ , nhiệt độ bên trong lò  $t = 1300^\circ\text{C}$ . Xác định cường độ bức xạ ở khoảng cách  $l_1 = 0,5\text{m}$  và  $l_2 = 0,7\text{m}$ .



Hình 7.19 : Biểu đồ xác định tỉ số cường độ bức xạ  $q_{bx}/q_0$  qua cửa lò nung để mở



Giải :

Trong điều kiện đã cho, lượng nhiệt bức xạ từ  $1\text{m}^2$  diện tích cửa lò lúc mở là (biểu đồ 3.16) :

$$q_{\text{bx}} = 27000 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Tỉ số cạnh của cửa lò và thành lò :

$$\frac{A}{B} = \frac{0,3}{0,4} = 0,75 ; \frac{A}{\delta} = \frac{0,3}{0,36} = 0,834 ; \frac{B}{\delta} = \frac{0,4}{0,36} = 1,11$$

Theo biểu đồ hình 3.17, ta xác định được hệ số nhiễu xạ K (đối với cửa trung gian giữa vuông và chữ nhật 1 : 2) :

$$K_1 = 0,52 ; K_2 = 0,58 \text{ và } K_{\text{TB}} = \frac{0,52 + 0,58}{2} = 0,55$$

Cường độ bức xạ ban đầu :

$$q_0 = K_{\text{TB}} \cdot q_{\text{bx}} = 0,55 \cdot 27000 = 14850 \text{ kcal/m}^2\text{h} = 24,75 \text{ cal/cm}^2 \text{ phút}$$

Đường kính tương đương theo diện tích của cửa lò :

$$d_{\text{td}} = \sqrt{\frac{AB}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 0,3}{0,785}} = 0,391\text{m}$$

Ứng với  $\frac{l_1}{d_{\text{td}}} = \frac{0,5}{0,391} = 1,28$  và  $\frac{l_2}{d_{\text{td}}} = \frac{0,7}{0,391} = 1,79$ , từ biểu đồ 7.19 ta tra được :

$$\frac{q_{\text{bx}(1)}}{q_0} = 0,082 \text{ và } \frac{q_{\text{bx}(2)}}{q_0} = 0,055$$

Vậy cường độ bức xạ ở các khoảng cách  $l_1 = 0,5\text{m}$  và  $l_2 = 0,7\text{m}$  tương ứng sẽ là :

$$q_{\text{bx}(1)} = 0,082 \cdot 24,75 = 2,03 \text{ cal/cm}^2 \text{ phút}$$

và  $q_{\text{bx}(2)} = 0,055 \cdot 24,75 = 1,36 \text{ cal/cm}^2 \text{ phút}$ .

Ví dụ 2 :

Cũng với các số liệu ban đầu cho ở ví dụ 1, xác định khoảng cách từ cửa lò đến vị trí có cường độ bức xạ  $q_{\text{bx}} = 1 \text{ cal/cm}^2 \text{ phút}$

Giải :

Tỉ số giữa cường độ bức xạ tại vị trí xem xét và cường độ ban đầu  $q_0$  :

$$\frac{q_{\text{bx}}}{q_0} = 1 : 24,75 = 0,0404$$

Trên trục tung của biểu đồ 7.19 ứng với giá trị  $q_{\text{bx}}/q_0 = 0,0404$  ta vạch đường nằm ngang cắt đường cong của chữ nhật với  $A : B = 0,75$  rồi dóng xuống trục hoành, ta đọc được :

$$\frac{x}{d_{\text{td}}} = 2,27$$

do đó :  $x = 2,27 \cdot 0,391 = 0,89 \text{ m}$

Như vậy, nếu khoảng cách từ vị trí làm việc đến cửa lò nhỏ hơn hoặc bằng  $0,89\text{m}$  cần phải bố trí hệ thống hoa sen không khí.

Khi hệ thống hoa sen không khí làm việc, luồng không khí phát ra từ miệng thổi hoa sen có tác dụng lôi cuốn không khí xung quanh vào luồng làm cho các thông số như đường kính, vận tốc, nhiệt độ của luồng thay đổi dọc theo trục x của nó. Vấn đề đặt ra ở đây là cấu tạo, kích thước của miệng thổi cũng như các thông số ban đầu của không khí thổi ra phải thế nào để luồng không khí bao trùm được toàn bộ vị trí làm việc, mặt khác tại đó nhiệt độ, vận tốc của luồng phải đáp ứng được điều kiện tiện nghi nhiệt tương ứng với trạng thái lao động của người công nhân.

Nhiệt độ và vận tốc của luồng tại vị trí làm việc có thể được đánh giá và lựa chọn thông qua trị số nhiệt độ hiệu quả tương đương (xem mục 1.5.2 chương 1) hoặc cũng có thể lấy trong giới hạn nêu ở bảng 7-8 sau đây :

**Bảng 7-8**

**CÁC THÔNG SỐ VI KHÍ HẬU CẦN ĐÁP ỨNG  
CỦA LUỒNG HOA SEN KHÔNG KHÍ**

Mùa	Lao động nhẹ		Lao động nặng	
	Nhiệt độ, °C	Vận tốc gió, m/s	Nhiệt độ, °C	Vận tốc gió, m/s
Mùa đông	18 ÷ 24	1 ÷ 3	16 ÷ 22	2 ÷ 4
Mùa hè	20 ÷ 30	3 ÷ 5	18 ÷ 28	4 ÷ 6

**7.4.2. Cấu tạo của miệng thổi hoa sen không khí**

Hoa sen không khí có thể phân chia thành loại di động và cố định. Về góc thổi có thể phân biệt : loại thổi thẳng đứng từ trên cao xuống, loại thổi ngang và loại thổi xiên góc.

Loại hoa sen không khí thổi thẳng đứng đơn giản nhất là các ống thổi có loa 1 tầng hoặc loa nhiều tầng (chương 4, hình 4.4a). Loại này có nhược điểm là phạm vi phục vụ của luồng rất hạn chế và cố định.

Loại hoa sen thổi ngang tuy có ưu điểm là phạm vi phục vụ được kéo dài dọc theo trục luồng nhưng khó bố trí vì phải đặt ở độ cao dưới đầu người, do đó dễ vướng vào thiết bị máy móc.

Còn lại loại thổi xiên là loại được áp dụng rộng rãi hơn cả, nó khắc phục được nhược điểm của 2 loại nêu trên, đồng thời cho phép thay đổi được góc thổi khi vị trí làm việc của người công nhân có sự dịch chuyển trong phạm vi hẹp.

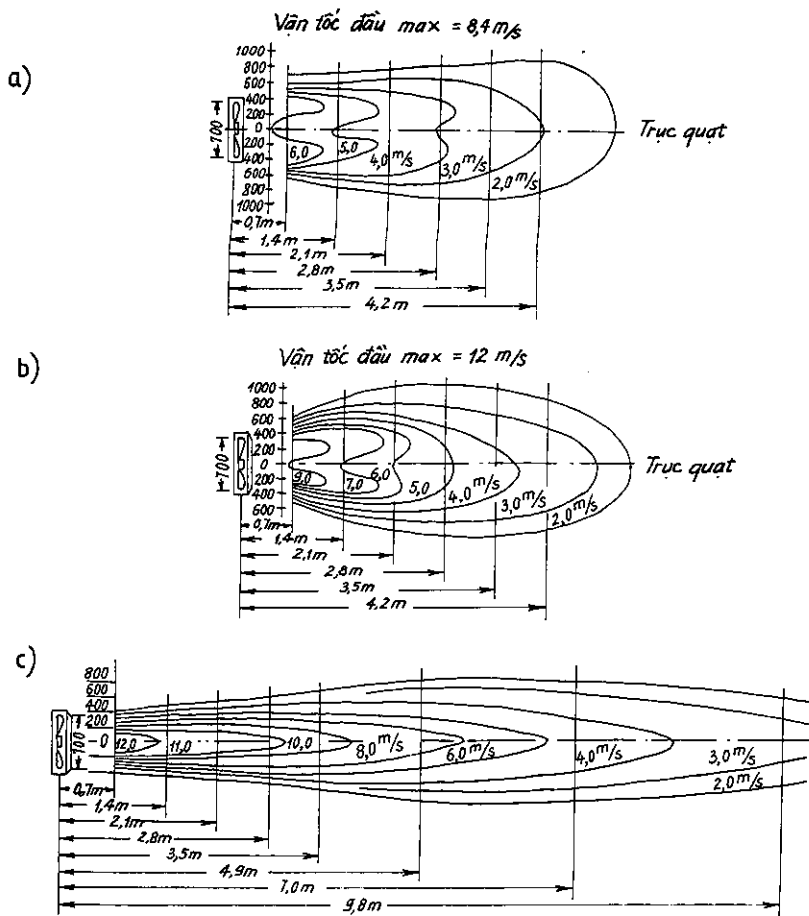
Hoa sen không khí di động chính là các loại quạt cây công nghiệp không hoặc có phun nước, thiết bị làm mát cục bộ di động. Những loại thiết bị này cũng đã được giới thiệu ở chương 4 - hình 4.7, 4.8.

Trên hình 7.20 là trường vận tốc của luồng không khí do quạt cây công nghiệp mã hiệu SIOT (hình 4.8) tạo ra.

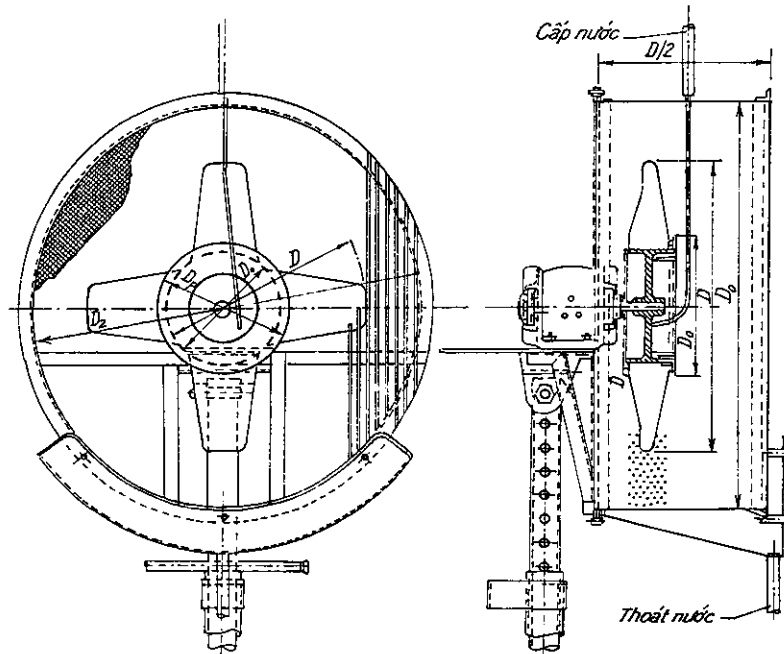
Ngoài cách phun nước bằng vòi phun bố trí trên vành quạt, trong một số cấu tạo khác của quạt cây công nghiệp, người ta lợi dụng sức li tâm do cánh quạt gây ra khi quay để tán nước thành giọt rất mịn, trường hợp này người ta chỉ cần dẫn nước bằng ống nhỏ lắp sẵn trên quạt và tưới vào đĩa cánh quạt (hình 7.21).

Hệ thống hoa sen không khí bằng quạt cây công nghiệp có ưu điểm là cấu tạo đơn giản và thuận tiện trong sử dụng, có tính cơ động tối đa. Tuy nhiên bên cạnh đó cũng có nhiều nhược điểm như chiếm chỗ trên mặt sàn, không thực hiện được việc xử lí không khí (làm lạnh) trước khi thổi và nhất là không cấp được gió tươi để cải thiện điều kiện làm việc cho công nhân một cách triệt để khi cần thiết.



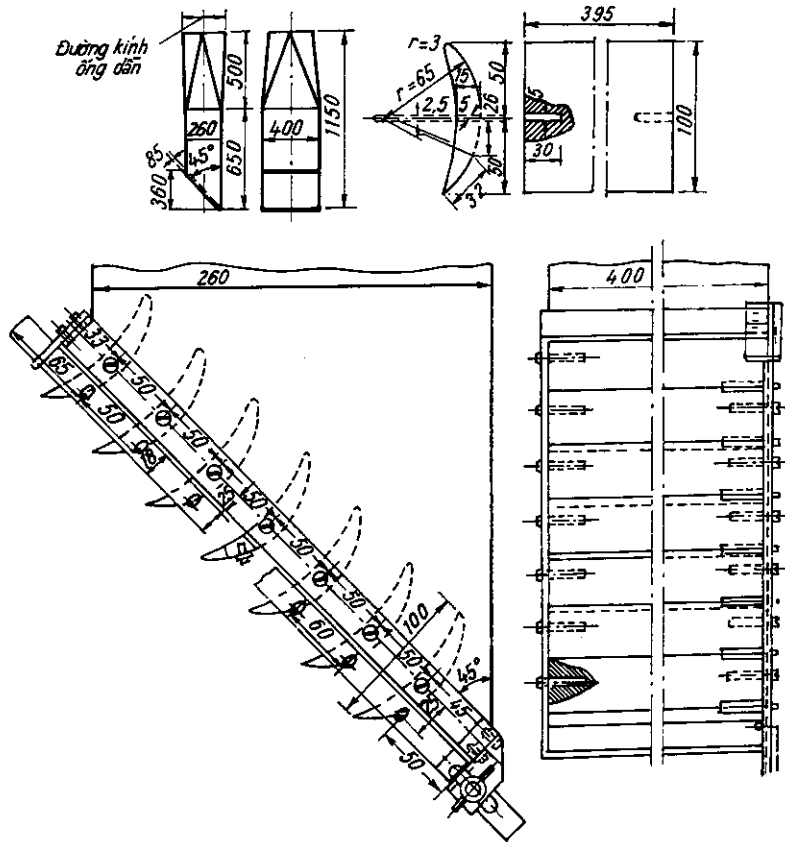


Hình 7.20 : Trường vận tốc của luồng không khí do quạt cây công nghiệp SIOT  $D = 700\text{mm}$  tạo ra.  
 a) Có lắp vành và lưới thưa ; b) Như trên nhưng có thêm phễu thu hẹp 700-600 ; c) Như trên nhưng có thêm lá hướng dòng.



Hình 7.21 : Quạt cây công nghiệp có phun nước bằng sức li tâm của cánh quạt

Với những lí do nêu trên, trong công nghiệp, nhất là các phân xưởng nóng như rèn, đúc, nhiệt luyện với quy mô sản xuất lớn và hiện đại, người ta áp dụng rất phổ biến loại hệ thống hoa sen không khí cố định thổi xiên góc với miệng thổi Baturin (hình 4.6). Trên hình 7.22 là cấu tạo chi tiết của miệng thổi Baturin với lá hướng dòng điều chỉnh được và bảng 7-9 là kích thước của loại miệng thổi đó.



Hình 7.22 : Cấu tạo của miệng thổi Baturin với lá hướng dòng bằng gỗ điều chỉnh được.

Bảng 7-9

KÍCH THƯỚC ỐNG NỐI VÀO MIỆNG THỔI BATURIN

Kích thước ống nối, mm	Đường kính tương đương $D_{td}$ , m	Bé rộng của lá hướng dòng, mm	Kích thước ống nối, mm	Đường kính tương đương $D_{td}$ , m	Bé rộng của lá hướng dòng, mm
260 × 400	0,314	100	340 × 525	0,412	130
280 × 432	0,339	107	360 × 555	0,435	138
300 × 463	0,363	115	380 × 585	0,460	145
320 × 394	0,388	123	400 × 615	0,485	152

### 7.4.3. Tính toán hoa sen không khí

Thông số không khí dọc theo trục lưỡng cũng như trên mặt cắt trục giao với trục lưỡng thay đổi một cách liên tục. Dọc theo trục lưỡng các thông số : vận tốc trục  $v$ , vận tốc trung bình  $C$ , nhiệt độ  $t$ , nồng độ  $y$ , đường kính lưỡng  $D$  thay đổi từ giá trị ban đầu tại miệng thổi đến giá trị của các thông số ấy của không khí trong phòng. Do đó muốn đạt được các thông số mong muốn tại vị trí làm việc phải chọn đúng các thông số ban đầu của lưỡng lúc thoát ra khỏi miệng thổi phụ thuộc vào khoảng cách và thông số của môi trường xung quanh.

Các thông số của lưỡng tại vị trí làm việc  $C_x, D_x, t_x, y_x$  thường là được cho trước theo điều kiện vi khí hậu và tiện nghi nhiệt. Các thông số của môi trường xung quanh cũng biết trước. Như vậy nội dung tính toán hoa sen không khí là xác định các thông số ban đầu của lưỡng.

Trong tính toán, ta có thể phân biệt những trường hợp khác nhau sau đây :

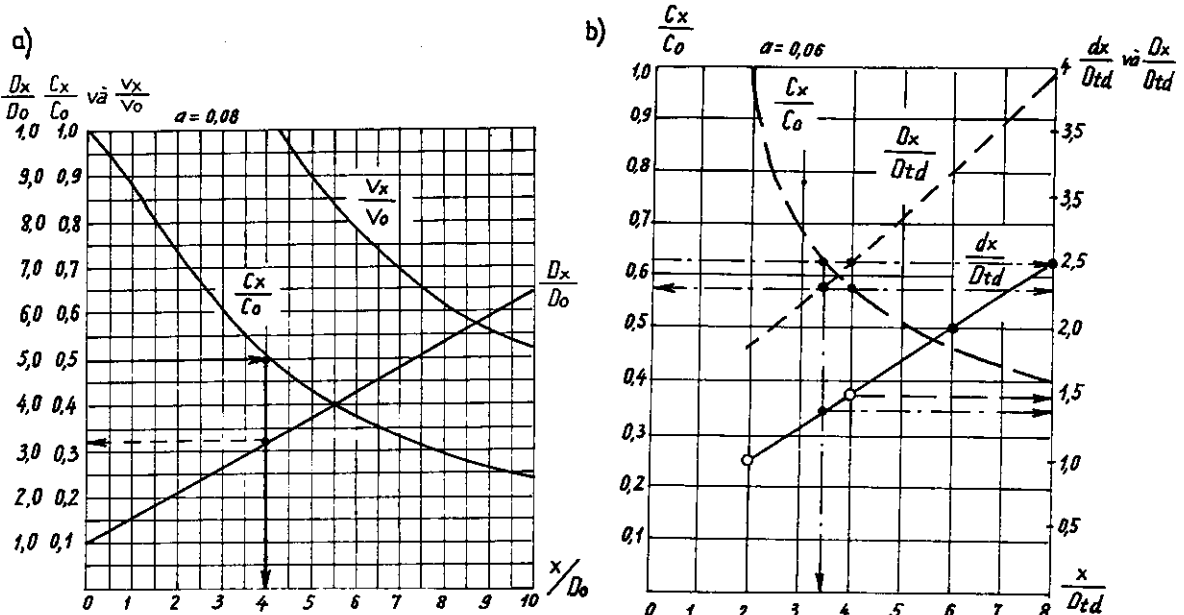
- Tính chọn khoảng cách  $x$  từ miệng thổi đến vị trí làm việc hoặc khoảng cách  $x$  là trị số cho trước.

- Không khí thổi ra là không khí ngoài trời không qua xử lí làm mát hoặc có xử lí làm mát theo phương pháp bốc hơi đoạn nhiệt.

Để làm cơ sở cho việc tính toán hoa sen không khí, một cách gần đúng GS. V. V. Baturin [3] nhận rằng lưỡng không khí xuất phát từ miệng thổi Baturin tuân theo quy luật của lưỡng tròn tự do, do đó có thể áp dụng các công thức đối với đoạn chính của lưỡng cho ở bảng 2-7 (chương 2) để tính toán.

Ở hình 7-23a và b là các biểu đồ xây dựng theo các công thức nói trên với hệ số rối  $a = 0,08$  đối với miệng thổi tròn và  $a = 0,06$  đối với miệng thổi chữ nhật.

Phương pháp tính toán hoa sen không khí sẽ được sáng tỏ qua một số ví dụ sau đây.



Hình 7.23 : Biểu đồ biểu diễn các mối quan hệ của lưỡng hoa sen không khí

a) Đối với miệng tròn :  $a = 0,08$  ; b) Đối với miệng chữ nhật :  $a = 0,06$

Ghi chú :  $d_x$  là bề rộng của lưỡng tại khoảng cách  $x$  mà trên đó nhiệt độ

và vận tốc trung bình có thể xem như không thay đổi

Ví dụ 1 :

Cho biết : Nhiệt độ và độ ẩm của không khí ngoài trời  $t_N = 25^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_N = 70\%$ . Nhiệt độ xung quanh - tức nhiệt độ trong phân xưởng  $t_{xq} = 30^\circ\text{C}$ . Hãy xác định vận tốc trung bình  $C_o$ , đường kính  $D_o$ , khoảng cách  $x$  và lưu lượng  $L_o$  tại miệng thổi hình tròn để nhiệt độ và vận tốc tại vị trí làm việc là :  $t_x = 28^\circ\text{C}$  và  $C_x = 3 \text{ m/s}$ .

Giải :

Nhận nhiệt độ tại miệng thổi cao hơn nhiệt độ không khí ngoài trời  $1^\circ\text{C}$  do có ma sát và truyền nhiệt trên đường ống, ta có :

$$t_o = t_N + 1 = 25 + 1 = 26^\circ\text{C}$$

Tỉ số vận tốc trung bình và chênh lệch nhiệt độ trung bình :

$$\frac{C_x}{C_o} = \frac{t_{xq} - t_x}{t_{xq} - t_o} = \frac{30 - 28}{30 - 26} = 0,5$$

Từ đó ta có vận tốc trung bình tại miệng thổi :

$$C_o = \frac{C_x}{0,5} = \frac{3}{0,5} = 6 \text{ m/s}$$

Ứng với  $\frac{C_x}{C_o} = 0,5$ , từ biểu đồ 7-23a ta tra được :

$$\frac{x}{D_o} = 4 \text{ và } \frac{D_x}{D_o} = 3,25$$

Nếu lấy  $D_x = 1 \text{ m}$  - đủ phục vụ cho vị trí làm việc cố định của công nhân - ta sẽ có :  
Đường kính của miệng thổi :

$$D_o = \frac{D_x}{3,25} = \frac{1}{3,25} = 0,308 \approx 0,31 \text{ m}$$

Khoảng cách từ miệng thổi đến vị trí làm việc :

$$x = 4 D_o = 4 \cdot 0,31 = 1,24 \text{ m}$$

Lưu lượng của miệng thổi hoa sen :

$$L_o = \frac{\pi D_o^2}{4} \cdot C_o \cdot 3600 = \frac{\pi \cdot 0,31^2}{4} \cdot 6 \cdot 3600 = 1630 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ví dụ 2 :

Cho biết  $t_N = 30^\circ\text{C}$  ;  $t_{xq} = 35^\circ\text{C}$ . Hãy xác định  $C_o$ ,  $D_{td}$ ,  $x$ ,  $L_o$  và  $t_o$  của miệng thổi chữ nhật để đảm bảo tại vị trí làm việc đạt được các thông số vi khí hậu  $t_x = 28^\circ\text{C}$ ,  $C_x = 2 \text{ m/s}$  và đường kính luồng  $D_x = 1 \text{ m}$ .

Giải :

- Giả thiết  $\frac{x}{D_{td}} = 4$ , dùng biểu đồ hình 7.23b ta tra được  $\frac{D_x}{D_{td}} = 2,5$ .

$$\text{Nhu vậy } D_{td} = \frac{D_x}{2,5} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ m}$$

- Ứng với đường kính tương đương  $D_{td} = 0,4$  m, theo bảng 7-9 ta có thể chọn miệng thổi có kích thước ống nối  $320 \times 494$  mm.

- Ứng với  $\frac{x}{D_{td}} = 4$ , cũng từ biểu đồ đã cho ta đọc được :  $\frac{C_x}{C_o} = 0,57$  và  $\frac{d_x}{D_{td}} = 1,5$ .

- Từ đó ta có :

$$C_o = \frac{C_x}{0,57} = \frac{2}{0,57} = 3,5 \text{ m/s}$$

$$x = 4 D_{td} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ m}$$

$$d_x = 1,5 D_{td} = 1,5 \cdot 0,4 = 0,6 \text{ m}$$

$$L_o = C_o A B \cdot 3600 = 3,5 \cdot 0,32 \cdot 0,494 \cdot 3600 = 1992 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t_o = t_{xq} - \frac{t_{xq} - t_x}{\left(\frac{C_x}{C_o}\right)} = 35 - \frac{35 - 28}{0,57} = 22,7^\circ\text{C}$$

Trong trường hợp này không khí ngoài trời cần được làm lạnh đến nhiệt độ  $22^\circ\text{C}$  rồi mới thổi vào nhà (có dự trữ  $\approx 1^\circ\text{C}$  để kể đến sự tăng nhiệt độ trên đường ống).

Ghi chú :  $d_x$  - là bề rộng của luồng tại khoảng cách  $x$  mà trên đó nhiệt độ và vận tốc trung bình có thể xem như không thay đổi.

Ví dụ 3 : Cho biết không khí ngoài trời có  $t_N = 30^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_N = 60\%$ . Nhiệt độ trong phân xưởng  $t_{xq} = 35^\circ\text{C}$ . Chọn kích thước miệng thổi Baturin (chữ nhật) và xác định các thông số ban đầu của không khí thổi ra để tại vị trí làm việc ở khoảng cách  $x = 1,5\text{m}$  kể từ miệng thổi nhiệt độ và vận tốc trung bình cần đạt được là  $t_x = 30^\circ\text{C}$  và  $C_x = 5 \text{ m/s}$ .

Giải :

- Với các điều kiện đã cho ta không thể dùng không khí ngoài trời thổi trực tiếp vào phòng được.

Ta có thể áp dụng biện pháp làm lạnh không khí bằng quá trình bốc hơi đoạn nhiệt (phun nước tuần hoàn trong ngăn phun), lúc đó ứng với trạng thái không khí ngoài trời đã cho ta có thể đạt được  $t_2 = 25^\circ\text{C}$  và  $\varphi_2 = 90\%$  (xem quá trình I  $\approx$  const trên Biểu đồ I-d). Trên đường ống nhiệt độ không khí có thể tăng thêm  $2^\circ\text{C}$ , như vậy nhiệt độ ban đầu của không khí tại miệng thổi sẽ là :

$$t_o = 25 + 2 = 27^\circ\text{C}$$

- Ta có : 
$$\frac{C_x}{C_o} = \frac{t_{xq} - t_x}{t_{xq} - t_o} = \frac{35 - 30}{35 - 27} = 0,625$$

- Từ biểu đồ hình 7.23b ứng với  $\frac{C_x}{C_o} = 0,625$  ta tra được :  $\frac{x}{D_{td}} = 3,5$  và do đó :

$$D_{td} = \frac{x}{3,5} = \frac{1,5}{3,5} = 0,428 \text{ m}$$

Với đường kính tương đương này ta có thể xác định kích thước của miệng thổi :  $A \times B = 350 \times 550$  mm.

- Đồng thời ứng với  $\frac{x}{D_{td}} = 3,5$  ta cũng tra được :

$$\frac{D_x}{D_{td}} = 2,3 \quad \text{và} \quad \frac{d_x}{D_{td}} = 1,4$$

- Từ các số liệu vừa xác định được ở trên, ta có :

$$C_o = C_x / 0,625 = 5 : 0,625 = 8 \text{ m/s}$$

$$D_x = 2,3 D_{td} = 2,3 \cdot 0,428 = 0,984 \approx 1 \text{ m}$$

$$d_x = 1,4 D_{td} = 1,4 \cdot 0,428 = 0,599 \approx 0,6 \text{ m}$$

Kích thước của tiết diện luồng tại vị trí làm việc vừa tính được có thể xem là hoàn toàn đạt yêu cầu.

- Lưu lượng của miệng thổi :

$$L_o = C_o A B \cdot 3600 = 8 \cdot 0,35 \cdot 0,55 \cdot 3600 = 5544 \text{ m}^3/\text{h}$$



## Chương 8

# THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN

### 8.1. KHÁI NIỆM CHUNG VÀ GIÁ THIẾT CƠ BẢN CỦA THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN

"Thông gió tự nhiên" là hiện tượng trao đổi không khí giữa bên trong và bên ngoài nhà một cách có "tổ chức" dưới tác dụng của những yếu tố tự nhiên như gió, nhiệt thừa hoặc tổng hợp hai yếu tố gió và nhiệt thừa.

Chữ "tổ chức" được nhấn mạnh ở trên có nghĩa là có khả năng biết trước hoặc dự tính trước lượng không khí trao đổi và điều chỉnh được lượng không khí trao đổi ấy tùy theo các điều kiện bên trong và bên ngoài : nhiệt độ không khí, hướng và vận tốc gió.

Trong các phân xưởng nóng (phân xưởng nóng là những phân xưởng có toả nhiệt nhiều hơn mất nhiệt ứng với nhiệt độ tính toán mùa đông dùng cho sưởi của không khí bên ngoài. Nhiệt thừa đơn vị trong các phân xưởng như vậy có thể đạt từ 20 đến 200 kcal/m<sup>3</sup>h hoặc hơn nữa) của các nhà máy luyện kim, chế tạo máy móc cơ khí và nhiều lĩnh vực khác của nền công nghiệp, lượng trao đổi không khí bằng phương pháp thông gió tự nhiên có thể đạt đến hàng triệu m<sup>3</sup> trong mỗi giờ. Nếu thực hiện khối lượng trao đổi không khí đó bằng thông gió nhân tạo (cơ khí) thì năng lượng điện tiêu thụ sẽ là một số khổng lồ.

Ý nghĩa quan trọng của thông gió tự nhiên là nó cho phép thực hiện được quá trình trao đổi không khí với lưu lượng rất lớn mà không đòi hỏi chi phí năng lượng.

Hiệu quả của thông gió tự nhiên trong các nhà công nghiệp không kém thua gì so với hiệu quả của thông gió chung bằng cơ khí có cùng khối lượng không khí trao đổi.

Thông gió tự nhiên cũng có thể áp dụng trong nhà ở, nhà công cộng, nhà nuôi súc vật v.v...

Khi áp dụng thông gió tự nhiên trong nhà công nghiệp, sự lưu thông không khí xảy ra như sau : không khí đi vào ở những ô cửa (cửa sổ, cửa đi) trên tường ở phía dưới và được thải ra ngoài qua các ô cửa phía trên hoặc qua cửa mái (cửa trời).

Thông gió tự nhiên được áp dụng ở hầu hết các công trình chỉ trừ một số ít phân xưởng trong đó do yêu cầu công nghệ cần phải có chế độ ôn ẩm độ nhất định.

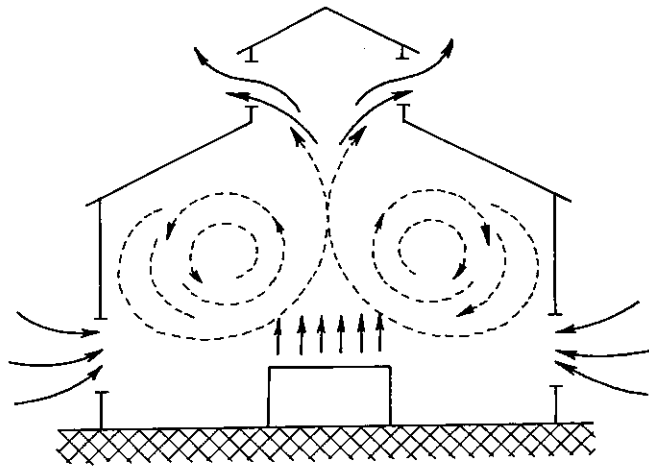
Về mùa đông khi bên trong nhà công nghiệp có nhiệt thừa, thông gió tự nhiên vẫn được áp dụng, nhưng không khí lạnh bên ngoài được cho vào nhà qua các cửa chớp trên tường ở độ cao cách mặt nền 5 ÷ 7m với tính toán sao cho khi luồng không khí hạ dần xuống vùng làm việc thì nó được nung nóng bởi nhiệt thừa đến nhiệt độ vùng làm việc và sau đó cũng được thải ra ngoài qua các cửa mái.

Trong nhiều trường hợp người ta thường phối hợp giữa thông gió tự nhiên và thông gió cơ khí dưới các hình thức : hoa sen không khí, hút tại chỗ và màn cửa không khí.

Để hình dung được rõ hơn hiện tượng trao đổi không khí bằng thông gió tự nhiên, trước hết ta quan sát sự lưu thông không khí gây ra bởi những nguồn toả nhiệt bên trong nhà (hình 8.1).

Như đã biết, bất kì nguồn toả nhiệt nào cũng tạo ra những dòng không khí chuyển động mà người ta gọi là dòng đối lưu.

Phần không khí tiếp xúc với nguồn nhiệt được nung nóng có trọng lượng đơn vị nhẹ bốc lên trên và không khí lạnh sẽ được dẫn đến để thay thế vào chỗ trống. Nhờ thế mà ta có hiện tượng lưu thông không khí. Nếu là không gian trống thì luôn có dòng không khí lạnh bị dẫn đến nguồn nhiệt. Trong không gian có giới hạn không có cửa thông với bên ngoài ta sẽ có hiện tượng tuần hoàn kín : dòng không khí nóng bốc lên khi đến mái thì toả ra tứ phía rồi nguội dần và bị dẫn trở lại về nguồn nhiệt.



Hình 8.1 : Lưu thông không khí trong phân xưởng do nguồn nhiệt gây ra.

Nếu trong không gian giới hạn ấy có mở những ô cửa thì một phần không khí nóng sẽ được thoát ra ngoài qua các cửa bên trên, phần còn lại sẽ tuần hoàn trong các vùng "động nhiệt", có tác dụng hoà lẫn đồng thời nung nóng lượng không khí lạnh từ ngoài vào nhà qua các cửa bên dưới.

Như vậy nhiệt độ không khí tại vùng làm việc trong nhà đạt được một trị số nhất định nào đó là do kết quả của quá trình hoà trộn không khí nóng tuần hoàn bên trong và không khí từ bên ngoài vào. Bắt đầu từ nguồn nhiệt trở lên, nhiệt độ của không khí tăng dần theo chiều cao. Độ tăng nhiệt độ trên 1m bề cao kể từ vùng làm việc trở lên gọi là gradien nhiệt độ, ký hiệu là  $gradt$ . Tùy thuộc vào tính chất của phân xưởng nóng hay nguội mà trị số của  $gradt$  lớn hay nhỏ. Thông thường đối với nhà công nghiệp  $gradt$  thay đổi trong khoảng từ 1 - 2°C.

Tóm lại, nguồn nhiệt là nhân tố động lực gây ra chuyển động của không khí.

Khi tính toán thông gió tự nhiên, ta có thể phân biệt 2 trường hợp khác nhau sau đây :

a- Trường hợp thứ nhất : Xác định diện tích cửa để đảm bảo lượng không khí trao đổi đã định trước.

b- Trường hợp thứ hai : Khi đã biết diện tích cửa, cần xác định lưu lượng trao đổi không khí.

Các giả thiết cơ bản để tính toán thông gió tự nhiên :

*Giả thiết thứ nhất* : Trong điều kiện ổn định, trọng lượng của khối không khí vào nhà và từ nhà thoát ra ngoài trong cùng đơn vị thời gian phải bằng nhau :

$$L_V = L_R$$

hoặc 
$$V_V \gamma_V = V_R \gamma_R, \quad \text{kg/h} \quad (8-1)$$

*Giả thiết thứ hai* : Lượng nhiệt (hoặc lượng nhân tố có hại khác) cùng với không khí vào nhà cộng với lượng nhiệt toả ra bên trong nhà phải bằng lượng nhiệt do không khí ra mang theo.

Nếu gọi nhiệt dung của không khí vào là  $I_V$  và của không khí ra là  $I_R$ ;  $L$  là lượng không khí vào hoặc ra (tính theo kg/h) và  $Q_{th}$  là lượng nhiệt thừa trong nhà (kcal/h) thì ta có thể viết :

$$L I_V + Q_{th} = L I_R$$

hoặc

$$L C_p t_V + Q_{th} = L C_p t_R \quad (8-2)$$

Trong các công thức trên :

$L_V = L_R = L$  - Lưu lượng trọng lượng của không khí vào và ra, kg/h

$V_V, V_R$  - Lưu lượng thể tích của không khí vào và ra,  $m^3/h$

$\gamma_V, \gamma_R$  - Trọng lượng đơn vị của không khí vào và ra,  $kg/m^3$

$Q_{th}$  - Lượng nhiệt thừa trong nhà, kcal/h

$C_p$  - Tỷ nhiệt của không khí, kcal/kg $^{\circ}C$

$t_V$  và  $t_R$  - Nhiệt độ của không khí vào và không khí ra,  $^{\circ}C$

Phương trình cân bằng về chất đối với các yếu tố độc hại khác có thể viết :

$$L y_1 + G = L y_2, \quad g/h \quad (8-3)$$

Trong đó :

$y_1$  và  $y_2$  - Nồng độ của yếu tố độc hại trong không khí vào và không khí ra,  $g/m^3$

$G$  - Lượng yếu tố có hại toả ra trong nhà,  $g/h$

## 8.2. THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA NHIỆT THỪA

### 8.2.1. Khái niệm về áp suất thừa bên trong và mặt phẳng trung hoà

Ta lấy mặt phẳng nằm ngang AB ở độ cao nào đó của phân xưởng (hình 8.2) để xem xét.

Giả sử ta đo được áp suất bên trong và bên ngoài nhà trên mặt phẳng AB lần lượt là :  $p_b$  và  $p_a$ ,  $kG/m^2$ .

Hiệu số  $p_b - p_a$  được gọi là áp suất thừa bên trong nhà.

Nếu ký hiệu áp suất thừa bên trong là  $p_{th}$ , chúng ta sẽ có :

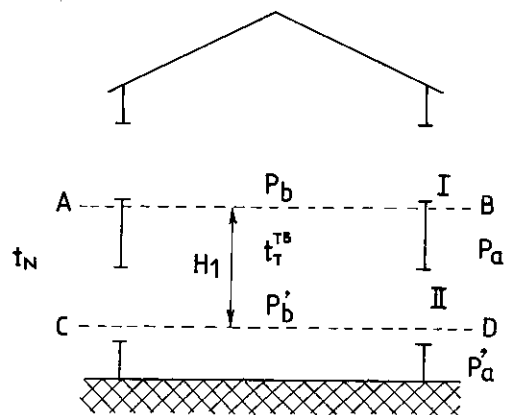
$$p_{th(AB)} = p_b - p_a, \quad kG/m^2$$

Như vậy áp suất thừa bên trong nhà là hiệu số giữa áp suất bên trong và bên ngoài nhà trên cùng một mặt phẳng nằm ngang.

Áp suất thừa bên trong có thể dương hoặc âm.

Bây giờ ta xem xét sự thay đổi của áp suất thừa theo độ cao khác nhau của mặt phẳng nằm ngang đi qua nhà.

Ta lấy mặt phẳng CD nằm dưới mặt phẳng AB một khoảng cách  $H_1$ . Áp suất bên trong và bên ngoài trên mặt phẳng CD sẽ lớn hơn so với áp suất bên trong và bên ngoài trên mặt phẳng AB một đại lượng đúng bằng trọng lượng của các cột không khí



Hình 8.2

có bề mặt đáy là  $1m^2$  và chiều cao là  $H_1m$  ở nhiệt độ (hoặc trọng lượng đơn vị) tương ứng.

Cụ thể, nếu ký hiệu các áp suất đo được trên mặt phẳng CD với dấu "" ta sẽ có :

$$p'_b = p_b + H_1 \gamma_T^{TB}$$

$$p'_a = p_a + H_1 \gamma_N$$

Trong đó

$\gamma_T^{TB}$  và  $\gamma_N$  : Là trọng lượng đơn vị của không khí bên trong và bên ngoài nhà ứng với nhiệt độ trung bình bên trong nhà  $t_T^{TB}$  và nhiệt độ bên ngoài nhà  $t_N$ .

Áp suất thừa trên mặt phẳng CD sẽ là :

$$P_{th(CD)} = p'_b - p'_a = (p_b + H_1 \cdot \gamma_T^{TB}) - (p_a + H_1 \gamma_N) = p_b - p_a + H_1 (-\gamma_N + \gamma_T^{TB})$$

$$\text{hay} \quad P_{th(CD)} = P_{th(AB)} - H_1 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (8-4)$$

Từ đó ta có thể phát biểu : Dưới tác dụng của nhiệt thừa nếu trên mặt phẳng nằm ngang nào đó áp suất thừa bên trong của phân xưởng đo được là  $p_{th}$ , thì trên mặt phẳng thấp hơn mặt phẳng ấy một độ cao  $H_1$  áp suất thừa sẽ giảm xuống một đại lượng bằng tích số của chiều cao  $H_1$  với hiệu số trọng lượng đơn vị của không khí bên ngoài và bên trong nhà :  $H_1 (\gamma_N - \gamma_T^{TB})$ .

Tương tự như vậy, trên mặt phẳng EF cao hơn mặt phẳng AB một độ cao là  $H_2$  áp suất thừa sẽ lớn hơn áp suất thừa trên mặt phẳng AB một đại lượng là  $H_2 (\gamma_N - \gamma_T^{TB})$  :

$$P_{th(EF)} = P_{th(AB)} + H_2 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (8-5)$$

Khi áp suất thừa trên một mặt phẳng nào đó dương thì khi mở cửa trên tường ở độ cao của mặt phẳng ấy không khí bên trong sẽ đi ra ngoài, ngược lại nếu áp suất thừa âm thì không khí bên ngoài sẽ đi vào nhà. Vận tốc chuyển động của dòng không khí vào hay ra khỏi nhà lớn hay nhỏ là tùy thuộc vào trị số của áp suất thừa và được xác định theo biểu thức :

$$P_{th} = \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad kG/m^2 \quad (8-6)$$

Trong đó :

$g$ - Gia tốc trọng trường,  $m/s^2$

$\gamma$ - Trọng lượng đơn vị của không khí,  $kg/m^3$ .

Nếu trên một mặt phẳng nào đó áp suất thừa bằng 0 thì ở các ô cửa trên độ cao của mặt phẳng ấy không khí sẽ không đi vào mà cũng không đi ra. Mặt phẳng như vậy gọi là mặt phẳng trung hoà.

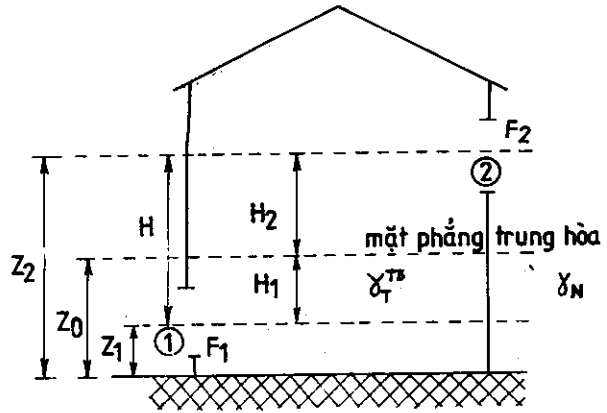
Mặt phẳng trung hoà chỉ tồn tại dưới tác dụng của nhiệt thừa. Trường hợp có tác dụng của gió hoặc tác dụng tổng hợp của gió và nhiệt thừa, mặt phẳng trung hoà sẽ không còn nữa, bởi vì lúc ấy do tính chất hút gió và đón gió của các mặt đối diện của nhà không thể có một mặt phẳng mà trên đó áp suất ở phía trước, phía sau cũng như bên trong nhà đều bằng nhau.

**8.2.2. Phương pháp tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa**

Ta có ngôi nhà, ở mặt trước và mặt sau có mở các cửa bên dưới và bên trên với diện tích tổng cộng của các cửa bên dưới là  $F_1$  và bên trên là  $F_2$ . Khoảng cách giữa các tâm của chúng là  $H$  (hình 8.3).

Giả sử dưới tác dụng của nhiệt thừa trong nhà sẽ hình thành một mặt phẳng trung hoà cách tâm cửa dưới là  $H_1$  và tâm cửa trên là  $H_2$ .

Như vậy áp suất thừa ở tâm cửa dưới 1 sẽ là :



Hình 8.3

$$P_{th(1)} = -H_1 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}), \quad \text{kG/m}^2$$

Áp suất thừa này sẽ gây chuyển động của không khí từ ngoài vào trong với vận tốc là  $v_1$  mà :

$$\frac{v_1^2}{2g} \gamma_N = H_1 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (a)$$

Cũng tương tự như trên, đối với mặt phẳng của cửa 2 ta sẽ có áp suất thừa tại đó là :

$$P_{th(2)} = H_2 (\gamma_N - \gamma_T^{TB})$$

và không khí sẽ đi từ trong ra ngoài với vận tốc  $v_2$  mà :

$$\frac{v_2^2}{2g} \gamma_R = H_2 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (b)$$

Chia đẳng thức (a) cho (b) ta có :

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2 \cdot \frac{\gamma_N}{\gamma_R} \quad (c)$$

Lưu lượng trọng lượng của không khí đi vào hoặc ra qua các cửa 1 và 2 sẽ là :

$$L = \mu_1 F_1 v_1 \gamma_N = \mu_2 F_2 v_2 \gamma_R \quad (d)$$

Trong đó :

$\mu_1, \mu_2$  : Các hệ số lưu lượng kể đến ảnh hưởng của hiện tượng thất dòng khí dịch thể chảy qua các lỗ trên thành chắn. Hệ số  $\mu < 1$ . Từ đẳng thức (d) ta rút ra được :

$$v_1 = \frac{L}{\mu_1 F_1 \gamma_N}, \quad \text{m/s}$$

$$v_2 = \frac{L}{\mu_2 F_2 \gamma_R}, \quad \text{m/s} \quad (e)$$

Nếu thay các trị số của  $v_1$  và  $v_2$  vào đẳng thức (c) và cho rằng các cửa 1 và 2 có cấu tạo giống nhau nên có hệ số lưu lượng  $\mu$  như nhau, ta sẽ có :

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \frac{\gamma_R}{\gamma_N}$$

Tiếp theo có thể viết :

$$\frac{H_1 + H_2}{H_2} = \frac{H}{H_2} = \frac{F_2^2 \gamma_R + F_1^2 \gamma_N}{F_1^2 \gamma_N}$$

Và từ đó rút ra được :

$$H_2 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \cdot \frac{\gamma_R}{\gamma_N}} \quad \text{và} \quad H_1 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 \cdot \frac{\gamma_N}{\gamma_R}} \quad (8-6)$$

Trường hợp nếu xem rằng  $\gamma_R \approx \gamma_N$  tức  $\frac{\gamma_R}{\gamma_N} \approx 1$ , ta có :

$$H_2 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2} \quad \text{và} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \quad (8-7)$$

Điều đó có nghĩa là khoảng cách từ mặt trung hòa đến tâm các cửa tỉ lệ nghịch với bình phương diện tích của chúng.

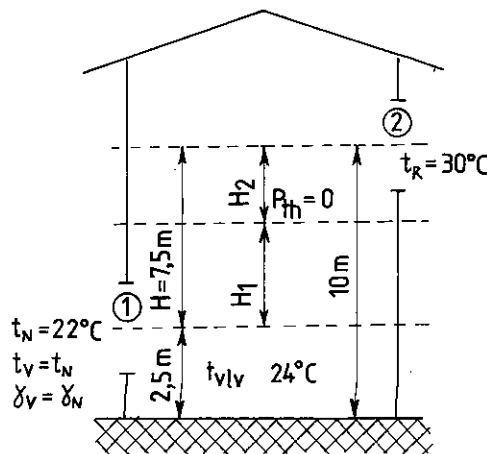
Nếu  $F_1 = F_2$  : mặt phẳng trung hòa nằm cách đều các tâm cửa dưới và trên.

Áp dụng khái niệm về áp suất thừa bên trong và mặt phẳng trung hoà cho phép ta giải được những bài toán về thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa một cách dễ dàng và tiện lợi.

Ví dụ 1 : Xác định diện tích các cửa gió vào và gió ra nếu biết lượng nhiệt thừa bên trong nhà là  $Q_{lh} = 500000$  kcal/h. Tâm các cửa 1 và 2 nằm trên độ cao từ mặt sàn là 2,5m

và 10m. Tỉ số diện tích cửa :  $\frac{F_1}{F_2} = 1,25$ . Nhiệt độ không khí bên ngoài  $t_N = 22^\circ\text{C}$ , nhiệt độ

vùng làm việc cần đảm bảo là  $t_{vlv} = 24^\circ\text{C}$  và nhiệt độ không khí ra có kể đến gradient theo chiều cao là  $t_R = 30^\circ\text{C}$ . Áp suất khí quyển  $P_{kq} = 745$  mmHg (hình 8.4).



Hình 8.4

Giải :

Lưu lượng không khí thông gió cần thiết :

$$L_V = L_R = \frac{Q_{th}}{C_p (t_R - t_V)} = \frac{500000}{0,24 (30 - 22)} = 260000 \text{ kg/h}$$

Xác định vị trí của mặt phẳng trung hòa :

$$H_2 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \cdot \frac{\gamma_R}{\gamma_V}} = \frac{7,5}{1 + \left(\frac{1}{1,25}\right)^2 \cdot \frac{\gamma_{30^\circ}}{\gamma_{22^\circ}}} = \frac{7,5}{1 + \left(\frac{1}{1,25}\right)^2 \cdot \frac{1,141}{1,173}} = 4,63 \text{ m}$$

$$H_1 = H - H_2 = 7,5 - 4,63 = 2,87 \text{ m}$$

Nhiệt độ trung bình bên trong nhà :

$$t_T^{TB} = \frac{t_{viv} + t_R}{2} = \frac{24 + 30}{2} = 27^\circ \text{C}$$

Ứng với  $t_T^{TB} = 27^\circ \text{C}$  và  $P_{kq} = 745 \text{ mmHg}$ , ta có :  $\gamma_T^{TB} = 1,154 \text{ kg/m}^3$

Xác định áp suất thừa ở tâm cửa thứ 1 (cửa dưới) :

$$P_{th(1)} = 0 - H_1 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = - 2,87 (1,173 - 1,154) = - 0,0545 \text{ kG/m}^2$$

Vì áp suất thừa âm nên không khí ngoài sẽ đi vào nhà qua cửa 1 với vận tốc

$$v_1 = \sqrt{\frac{-P_{th(1)} \cdot 2g}{\gamma_N}} = \sqrt{\frac{0,0545 \cdot 19,62}{1,173}} = 0,955 \text{ m/s}$$

Diện tích cửa  $F_1$  xác định được từ đẳng thức

$$L_V = 3600 \mu_1 v_1 F_1 \gamma_N$$

Từ đó :

$$F_1 = \frac{L_V}{3600 \mu_1 v_1 \gamma_N} = \frac{260000}{3600 \cdot 0,65 \cdot 0,955 \cdot 1,173} = 99 \text{ m}^2$$

$$F_2 = \frac{F_1}{1,25} = \frac{99}{1,25} = 79,2 \text{ m}^2$$

Kiểm tra lại lưu lượng gió thoát ra cửa 2 :

Áp suất thừa ở cửa 2 :

$$P_{th(2)} = 0 + H_2 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = 4,63 \cdot (1,173 - 1,154) = 0,088 \text{ kG/m}^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{P_{th(2)} \cdot 2g}{\gamma_R}} = \sqrt{\frac{0,088 \cdot 19,62}{1,141}} = 1,23 \text{ m/s}$$

$L_R = 3600 \mu_2 v_2 F \gamma_R = 3600 \cdot 0,65 \cdot 1,23 \cdot 79,2 \cdot 1,141 = 260100 \text{ kg/h}$  : rất khớp với lưu lượng không khí thông gió đã xác định ở trên.

*Ghi chú* : Trong các phép tính trên ta nhận  $\mu_1 = \mu_2 = 0,65$ .

Ví dụ 2 : Trường hợp biết diện tích cửa, xác định lưu lượng không khí trao đổi. Cho biết các số liệu sau đây :

$$F_1 = 10\text{m}^2, F_2 = 20\text{m}^2, t_N = +20^\circ\text{C}.$$

Khoảng cách giữa 2 tâm của các cửa dưới và trên là  $H = 10\text{m}$ . Nhiệt thừa trong phòng là  $Q_{th} = 180000 \text{ kcal/h}$ . Tìm lượng không khí trao đổi biết áp suất khí quyển  $P_{kq} = 745 \text{ mmHg}$ .

Giải :

Khi mở cửa trong nhà sẽ hình thành sự lưu thông không khí : không khí ngoài trời nhiệt độ  $t_N$  đi vào nhà theo cửa dưới với lưu lượng  $L_V \text{ kg/h}$ . Sau khi vào nhà không khí sẽ bị nung nóng bởi nhiệt thừa trong nhà và bốc lên cao rồi thoát ra ngoài cũng với lưu lượng như trên nhưng ở nhiệt độ  $t_R$ .

Vấn đề của bài toán là cần xác định lưu lượng không khí  $L_V = L_R = L \text{ kg/h}$ . Muốn giải quyết được vấn đề ấy, trước hết ta phải giả thiết nhiệt độ  $t_R$ , khi tính toán xong ta kiểm tra lại giả thiết này bằng phương trình cân bằng nhiệt.

Đầu tiên ta nhận nhiệt độ của vùng làm việc  $t_{viv}$ . Nhiệt độ này thường lấy cao hơn nhiệt độ bên ngoài từ  $3 \div 5^\circ\text{C}$ .

$$t_{viv} = t_N + 5 = 20 + 5 = 25^\circ\text{C}.$$

Giả thiết  $t_R = 33^\circ\text{C}$

Tra bảng ta tìm được các trị số  $\gamma$  :

$$\gamma_N = 1,181 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{viv} = 1,162 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_R = 1,13 \text{ kg/m}^3$$

$$t_T^{TB} = \frac{t_{viv} + t_R}{2} = \frac{25 + 33}{2} = 29^\circ\text{C}$$

$$\gamma_T^{TB} = 1,146 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta\gamma = \gamma_N - \gamma_T^{TB} = 1,181 - 1,146 = 0,035 \text{ kg/m}^3$$

Theo công thức xác định được  $H_2$  :

$$H_2 = \frac{10}{1 + \left(\frac{20}{10}\right)^2 \cdot \frac{1,13}{1,181}} = 2,07 \text{ m}$$

$$H_1 = 10 - 2,07 = 7,93 \text{ m}$$

$$P_{th(1)} = 0 - H_1 \Delta\gamma = -7,93 \cdot 0,035 = -0,277 \text{ kG/m}^2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{-P_{th(1)} \cdot 2g}{\gamma_N}} = \sqrt{\frac{0,277 \cdot 19,62}{1,181}} = 2,145 \text{ m/s}$$

$$L_1 = \mu v_1 F_1 \gamma_N = 0,65 \cdot 2,145 \cdot 10 \cdot 1,181 = 16,46 \text{ kg/s}$$

$$P_{th(2)} = 0 + H_2 \Delta\gamma = 2,07 \cdot 0,035 = 0,0724 \text{ kG/m}^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{0,0724 \cdot 19,62}{1,13}} = 1,122 \text{ m/s}$$

$$L_2 = \mu v_2 F_2 \gamma_R = 0,65 \cdot 1,122 \cdot 20 \cdot 1,13 = 16,48 \text{ kg/s}$$



Kiểm tra cân bằng nhiệt

$$\begin{aligned} Q_{\text{khử}} &= 3600 L C_p (t_R - t_V) \\ &= 3600 \cdot 16,46 \cdot 0,24 (33-20) = 184880 \approx 180000 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

Đối chiếu ta thấy :  $Q_{\text{khử}} > Q_{\text{th}}$  khoảng 3% có nghĩa là nhiệt độ không khí ra  $t_R$  trong thực tế thấp hơn một ít so với giả thiết. Như thế là đạt yêu cầu.

Nếu kiểm tra thấy  $Q_{\text{khử}} < Q_{\text{th}}$ , cần giả thiết lại  $t_R$  cao hơn so với giả thiết lần đầu.

Thông thường nhiệt độ  $t_R$  cao hơn  $t_N$  khoảng  $10 \div 15^\circ\text{C}$ . Nếu đã giả thiết  $t_R$  vượt giới hạn nêu trên mà lượng nhiệt khử được  $Q_{\text{khử}}$  vẫn bé hơn  $Q_{\text{th}}$ , lúc đó cần phải tăng diện tích cửa.

Trường hợp nhà công nghiệp có nhiều cửa trên nhiều độ cao khác nhau, nếu biết diện tích và vị trí các cửa yêu cầu xác định lưu lượng trao đổi không khí, ta sẽ tiến hành tính toán theo trình tự như sau :

1. Nhận nhiệt độ vùng làm việc  $t_{\text{vlv}}$  và nhiệt độ ra  $t_R$ . Xác định trọng lượng đơn vị của không khí và hiệu số  $\Delta\gamma = \gamma_N - \gamma_T^{\text{TB}}$ .

2. Giả thiết áp suất thừa trên mặt sàn bên trong nhà (hoặc là ở tâm của ô cửa nào đó) rồi tính áp suất thừa bên trong tại tâm của các cửa khác.

3. Xác định vận tốc và lưu lượng không khí ở các cửa và lập phương trình cân bằng lưu lượng.

4. Nếu lượng không khí vào bằng lượng không khí ra thì trị số áp suất thừa trên mặt sàn đã giả thiết ở trên là đúng với  $t_R$  đã nhận. Nếu 2 đại lượng trên không bằng nhau, cần giả thiết lại  $p_{\text{th}}$ .

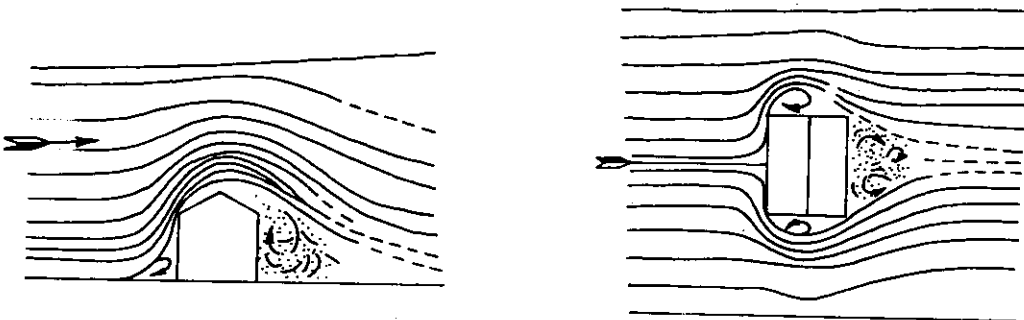
Nếu giả thiết lần thứ 2 vẫn chưa đạt được cân bằng giữa lượng ra và vào, ta có thể lập biểu đồ quan hệ giữa áp suất thừa và lưu lượng rồi từ biểu đồ này ta có thể xác định được lưu lượng không khí thực ứng với  $t_R$  đã nhận.

5. Cuối cùng kiểm tra cân bằng nhiệt. Nếu không đạt được cân bằng ta làm lại từ đầu.

### 8.3. THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA GIÓ

#### 8.3.1. Áp suất gió gây ra trên các mặt nhà - Hệ số khí động

Khi một ngôi nhà đứng chắn luồng gió thổi thì mặt phía trước của nhà sẽ có áp suất tăng cao, còn phía sau áp suất giảm. Mặt trước của nhà theo chiều gió thổi gọi là mặt đón gió và mặt sau gọi là mặt khuất gió.



Hình 8.5 : Gió thổi qua công trình đứng độc lập

Trên hình 8.5 là sơ đồ chảy bực của gió xung quanh ngôi nhà đứng độc lập chỗ trống. Ta thấy trên phía đón gió của công trình dòng không khí như thể bị "đồn nén" do đó gây ra áp suất dương, ngược lại, trên phía khuất gió, dòng không khí "giãn" ra và tạo áp suất âm (áp suất tương đối).

Nếu trên tường nhà có mở cửa thì ở phía đón gió không khí sẽ vào nhà và ở phía khuất gió không khí sẽ đi từ nhà ra ngoài. Như vậy chỉ dưới tác dụng của gió, ta vẫn có được sự trao đổi không khí. Trong trường hợp này lượng không khí trao đổi phụ thuộc rất nhiều vào hình dáng mặt cắt của nhà.

Áp suất toàn phần do gió gây ra tại một điểm bất kì trên kết cấu bao che của nhà có thể biểu diễn bằng công thức :

$$p = p_a + p_g = p_a + K \frac{v_g^2}{2g} \gamma \quad (8-8)$$

Trong đó :

$p_a$  : Áp suất khí quyển  $\text{kG/m}^2$ .

$p_g$  : Áp suất do gió gây ra tại điểm xem xét,  $\text{kG/m}^2$

$v_g$  : Vận tốc của gió,  $\text{m/s}$

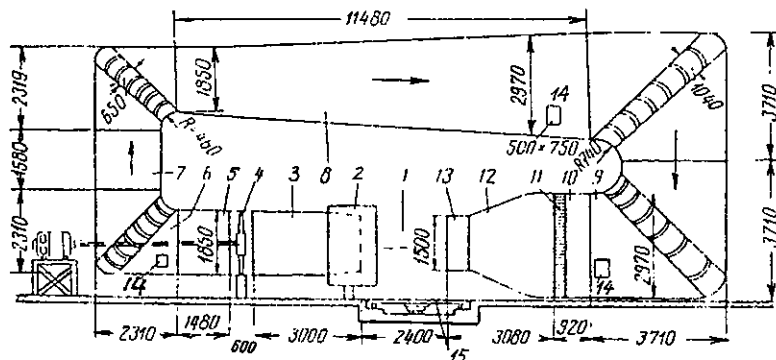
$K$  : Hệ số tỉ lệ và được gọi là hệ số khí động

Hệ số khí động  $K$  trên mặt đón gió có giá trị dương, trên mặt khuất gió thông thường có giá trị âm ngoại trừ trường hợp đặc biệt khi có ảnh hưởng của các công trình lân cận.

Để đơn giản trong tính toán, người ta thừa nhận một cách gần đúng rằng hệ số  $K$  không thay đổi dù cửa đóng hay mở.

Để xác định hệ số  $K$ , người ta làm mô hình nhà đồng dạng với kích thước thực tế rồi đặt mô hình vào hệ thống gió nhân tạo để thổi rồi đo áp suất tại các điểm khác nhau của tường và mái nhà, từ đó suy ra hệ số  $K$ . Hệ thống gió nhân tạo ấy được gọi là ống khí động (hình 8.6).

Thực nghiệm cho thấy hệ số  $K$  không phụ thuộc vào vận tốc của gió và tỉ lệ đồng dạng của nhà, tức là nó không phụ thuộc vào chuẩn số  $Re$ .



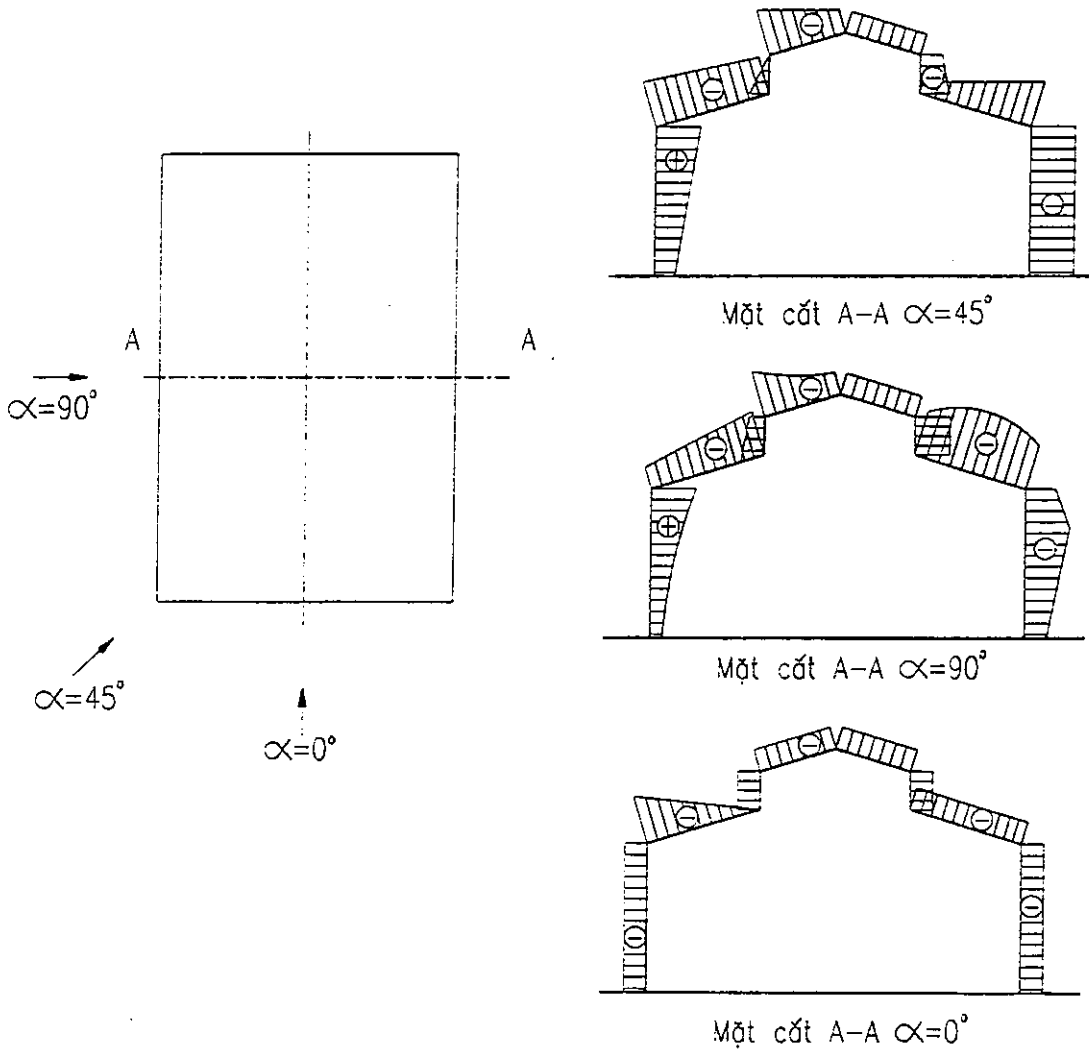
Hình 8.6 : Ống khí động

1. Vị trí đặt mô hình nhà thí nghiệm ; 4. Quạt trục

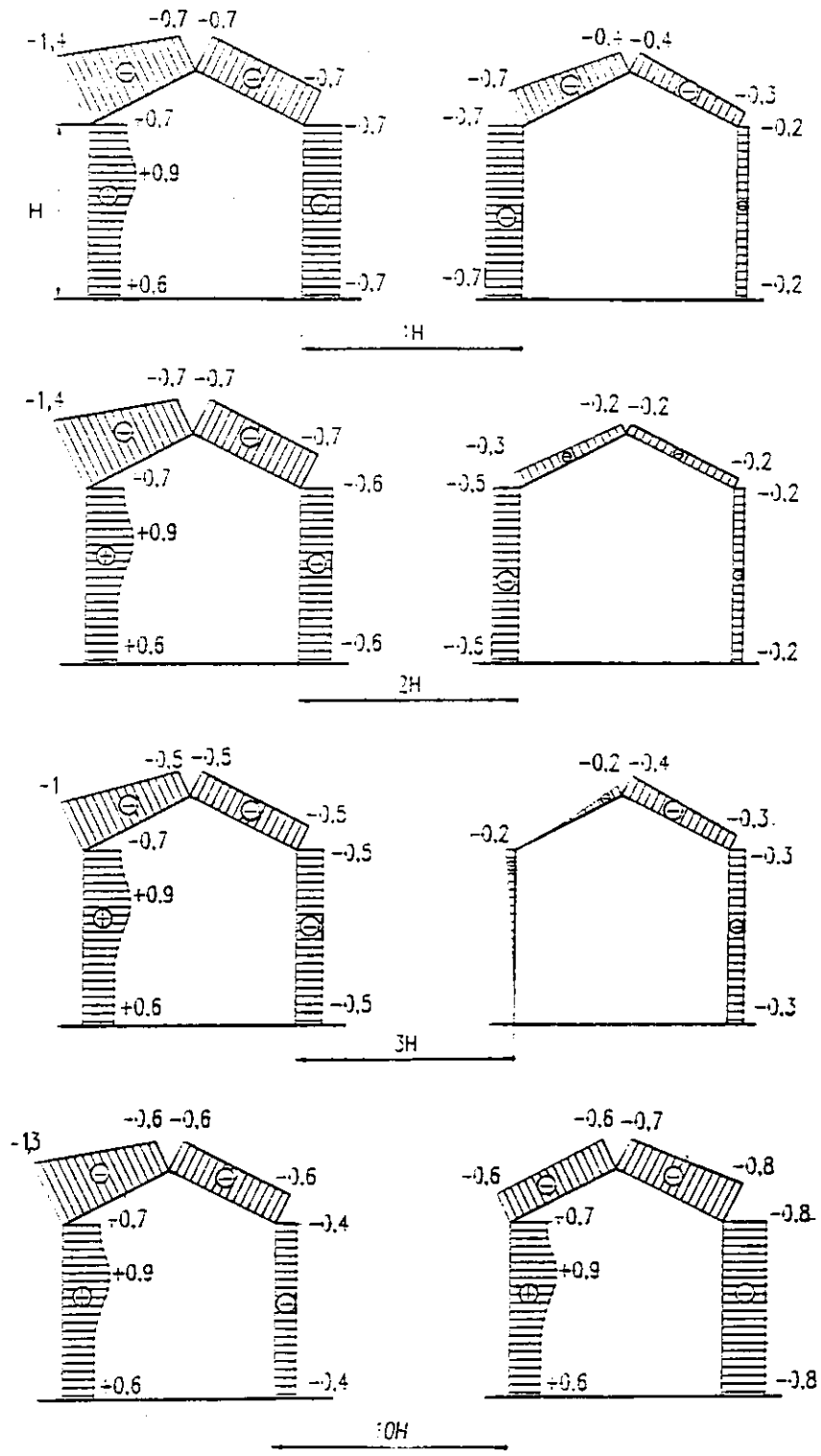
Nhờ tính chất đó, việc đo hệ số khí động K trên mô hình cũng như áp dụng cho hiện trường tiến hành được một cách đơn giản.

Hệ số K phụ thuộc vào góc độ gió thổi và vị trí tương đối giữa các nhà với nhau.

Các hình vẽ sau đây cho ta thấy sự phụ thuộc ấy của hệ số khí động K (hình 8.7).



Hình 8.7 : Hệ số khí động trên mặt cắt nhà phụ thuộc vào góc gió thổi và vị trí tương đối giữa các nhà.



Hình 8.7 (tiếp)

Khi khoảng cách giữa 2 nhà trên 10 lần chiều cao thì nhà nọ hầu như không ảnh hưởng đến nhà kia về phương diện chấn gió.

Bảng kết quả thực nghiệm trên mô hình người ta lập ra những biểu đồ để tra hệ số K tùy thuộc vào hình dáng và kích thước mặt cắt của nhà, góc độ gió và khoảng cách giữa các nhà lân cận.

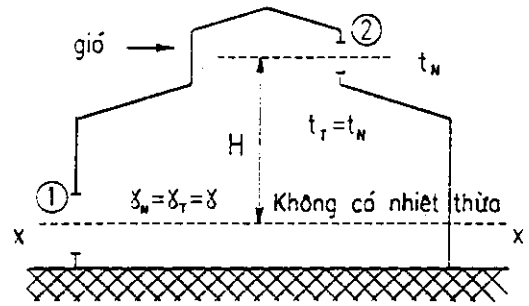
Trường hợp chung ta có thể nhận hệ số K đối với mặt đón gió của nhà là + 0,6 và mặt khuất gió là -0,3 khi hướng gió thẳng góc với nhà.

### 8.3.2. Phương pháp tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió

#### 1- Trường hợp có 2 cửa

Giả sử ta có phân xưởng với các cửa 1 và 2, tâm điểm cách nhau theo chiều cao là H (hình 8.8).

Hệ số khí động ở cửa 1 là  $K_1$  và ở cửa 2 là  $K_2$ . Ta chọn mặt phẳng x-x đi qua tâm cửa 1 làm chuẩn. Ta đo áp suất tương đối, tức không kể áp suất khí quyển  $p_a$ , ta sẽ có áp suất bên ngoài ở tâm cửa 1 là :



Hình 8.8

$$P_1 = p_{g(1)} = K_1 \frac{v^2}{2g} \gamma$$

Áp suất bên trong nhà trên mặt phẳng chuẩn x-x kí hiệu là  $p_x$ . Như vậy hiệu số áp suất ở cửa 1 sẽ là :

$$\Delta P_{(1)} = P_1 - P_x$$

Áp suất bên trong và bên ngoài trên mặt phẳng đi qua tâm cửa 2 sẽ là :

$$P_{T(2)} = p_x - H \gamma$$

$$P_{N(2)} = -H \gamma + p_2$$

Trong đó :  $p_2$  là áp suất do gió gây ra ở cửa 2.

$$P_2 = K_2 \frac{v^2}{2g} \gamma$$

Từ đó : 
$$\Delta P_2 = P_{T(2)} - P_{N(2)} = p_x - P_2$$

Ta viết phương trình cân bằng lưu lượng cho cửa 1 và 2 :

$$\mu_1 F_1 \sqrt{2g \gamma (P_1 - P_x)} = \mu_2 F_2 \sqrt{2g \gamma (P_x - P_2)}$$

Từ đó ta rút ra được (nếu  $\mu_1 = \mu_2$ ) :

$$P_x = \frac{F_1^2 P_1 + F_2^2 P_2}{F_1^2 + F_2^2} \quad (8-9)$$

Nếu kí hiệu tỉ số  $F_2/F_1 = \beta$  ta sẽ có :

$$P_x = \frac{P_1 + \beta^2 P_2}{1 + \beta^2} \quad (8-10)$$

Như vậy, áp suất thừa bên trong có thể xác định được theo tỉ số diện tích của các cửa khi áp suất gió  $p_1$  và  $p_2$  đã biết.

Từ công thức trên ta suy được :

- Nếu cửa 1 đóng :  $\rightarrow F_1 = 0 \rightarrow P_x = P_2$
- Nếu cửa 2 đóng :  $\rightarrow F_2 = 0 \rightarrow P_x = P_1$
- Nếu  $F_1 = F_2$  :  $\rightarrow P_x = \frac{P_1 + P_2}{2}$

Và như vậy khi thay đổi diện tích các cửa áp suất thừa  $p_x$  có thể có giá trị từ  $p_1$  đến  $p_2$ .

Cũng như vậy đối với trường hợp rộng hơn, nếu có 3 dãy cửa (hình 8.9) ta cũng có thể suy được :

- Khi đóng 2 và 3  $\rightarrow P_x = P_1$
- Khi đóng 1 và 3  $\rightarrow P_x = P_2$
- Khi đóng 1 và 2  $\rightarrow P_x = P_3$

### 2- Trường hợp có nhiều cửa

Ví dụ phân xưởng có 4 dãy cửa : dưới và trên, phía trước và sau : 1,2,3 và 4 (hình 8.10).

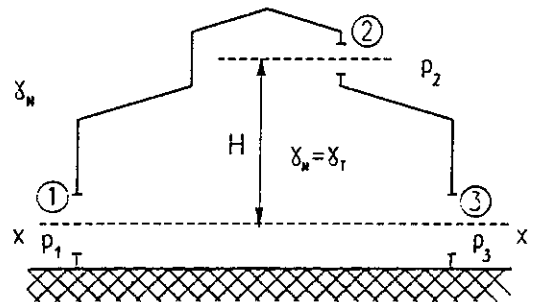
Vận tốc gió và các hệ số khí động ở các cửa cho trước, do đó xác định được áp suất do gió gây ra ở các cửa, cụ thể là  $p_1, p_2, p_3$  và  $p_4$ . Giả sử cửa 1 mở còn các cửa khác đóng thì áp suất bên trong nhà sẽ bằng  $p_1$ . Ngược lại nếu chỉ mở cửa 3 thì áp suất bên trong sẽ bằng  $p_3$ . Do đó khi tất cả các cửa đều mở thì áp suất bên trong nhà sẽ có một trị số trung gian nào đấy :  $p_x$ .

Vì trong phân xưởng không có nhiệt thừa nên nhiệt độ không khí trung bình trong nhà bằng nhiệt độ bên ngoài, nghĩa là áp suất thừa bên trong không thay đổi theo chiều cao.

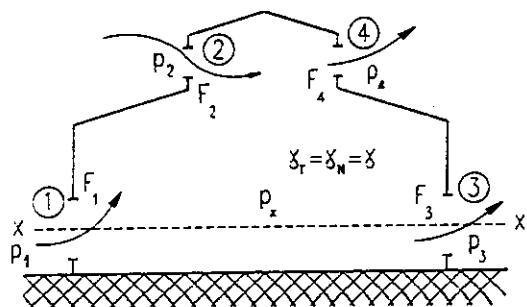
Như vậy dưới tác dụng của gió khi nhiệt độ bên trong gần bằng nhiệt độ bên ngoài, áp suất thừa bên trong nhà là hằng số trên mọi độ cao của nhà.

Giả sử ta biết được  $p_x$  mà

$$P_3 ; P_4 < P_x < P_1 ; P_2$$



Hình 8.9 : Nhà công nghiệp có 3 dãy cửa



Hình 8.10 : Nhà công nghiệp có 4 dãy cửa

ta suy được chiều chuyển động của không khí qua các cửa : cửa 1 và 2 gió thổi vào, cửa 3 và 4 hút ra, từ đó ta có phương trình cân bằng lưu lượng như sau :

$$L_1 + L_2 = L_3 + L_4$$

hoặc có thể viết :

$$\begin{aligned} & \mu_1 \sqrt{\frac{(p_1 - p_x) 2g}{\gamma}} F_1 \gamma + \mu_2 \sqrt{\frac{(p_2 - p_x) 2g}{\gamma}} F_2 \gamma \\ & = \mu_3 \sqrt{\frac{(p_x - p_3) 2g}{\gamma}} F_3 \gamma + \mu_4 \sqrt{\frac{(p_x - p_4) 2g}{\gamma}} F_4 \gamma \end{aligned} \quad (8-11)$$

Giả thiết rằng tất cả các hệ số  $\mu$  bằng nhau, lúc đó ta có :

$$F_1 \sqrt{(p_1 - p_x) 2g \gamma} + F_2 \sqrt{(p_2 - p_x) 2g \gamma} = F_3 \sqrt{(p_x - p_3) 2g \gamma} + F_4 \sqrt{(p_x - p_4) 2g \gamma}$$

hoặc là :

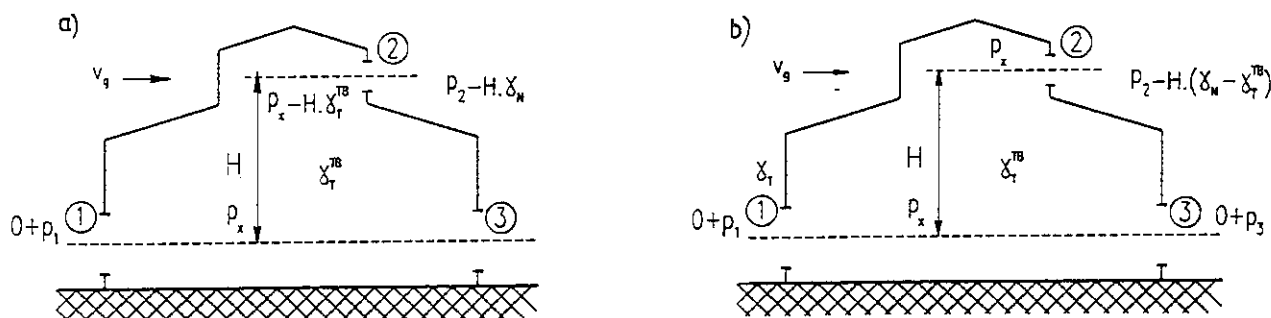
$$F_1 \sqrt{p_1 - p_x} + F_2 \sqrt{p_2 - p_x} = F_3 \sqrt{p_x - p_3} + F_4 \sqrt{p_x - p_4} \quad (8-12)$$

Trong phương trình trên chỉ có  $p_x$  là chưa biết, có thể giải ra để tìm  $p_x$  và từ đó tính được lưu lượng không khí trao đổi.

Nhưng giải phương trình trên rất phức tạp, do đó có thể dùng phương pháp dẫn đến trị số gần đúng, bằng cách giả thiết  $p_x$  rồi kiểm tra 2 vế của phương trình cho đến khi thu được cân bằng.

## 8.4. THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN DƯỚI TÁC DỤNG TỔNG HỢP CỦA NHIỆT THỪA VÀ GIÓ

### 8.4.1. Áp suất thừa bên trong khi có tác dụng tổng hợp của nhiệt thừa và gió



Hình 8.11 : Áp suất gió quy ước trong trường hợp có tác dụng tổng hợp của nhiệt và gió.

Giả sử ta có phân xưởng như hình 8.11, hướng gió và vận tốc đã biết (ghi bằng mũi tên hình vẽ). Phân xưởng có 3 dãy cửa 1, 2 và 3 : cửa 1 và 3 ở dưới trên 2 mặt trước và sau, cửa 2 ở trên thuộc phía khuất gió. Áp suất do gió gây ra tại tâm các cửa là  $p_1$ ,  $p_2$  và  $p_3$  (ghi ở hình vẽ). Dưới tác dụng của nhiệt thừa, nhiệt độ bên trong trung bình là  $t_1^{TB}$ .

Ta chọn mặt phẳng đi qua tâm các cửa dưới làm chuẩn. Áp suất bên trong và bên ngoài nhà đo bằng áp suất tương đối (không kể áp suất khí quyển). Giả sử ta có áp suất tương

đối bên trong nhà (tức áp suất thừa) trên mặt phẳng chuẩn là  $p_x$ . Lúc đó áp suất tương đối bên trong và bên ngoài nhà ở tâm cửa 2 sẽ là :

$$\text{Bên trong : } P_{T(2)} = p_x - H \gamma_T^{TB}$$

$$\text{Bên ngoài : } P_{N(2)} = p_2 - H \gamma_N$$

H là khoảng cách từ mặt chuẩn đến tâm cửa 2.

Như vậy hiệu số áp suất ở cửa 2 sẽ là :

$$\Delta p_{(2)} = P_{T(2)} - P_{N(2)} = p_x + H (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) - p_2$$

hoặc có thể viết

$$\Delta p_{(2)} = p_x - [-H (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) + p_2] \quad (8-13)$$

Nếu kí hiệu trị số nằm trong ngoặc vuông là  $p_2^{qu}$  ta sẽ có :

$$\Delta p_{(2)} = p_x - p_2^{qu} \quad (8-14)$$

$$\text{Trong đó } p_2^{qu} = p_2 - H (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (8-15)$$

Ta thấy rằng hiệu số áp suất  $\Delta p_{(2)}$  biểu diễn bằng biểu thức (8-14) tương tự như hiệu số áp suất ở cửa 2 trong trường hợp chỉ có gió ( $\Delta p_{(2)} = p_x - p_2$ ), chỉ khác nhau ở chỗ : một bên là  $p_2$  còn bên kia là  $p_2^{qu}$ .

Đại lượng  $p_2^{qu}$  được gọi là áp suất gió quy ước,  $\text{kG/m}^2$ .

Hiệu số áp suất đối với cửa thứ i bất kì nằm trên hoặc dưới mặt phẳng chuẩn một khoảng cách  $H_i$  sẽ có dạng :

$$\Delta p_{(i)} = p_x - p_2^{qu} \quad (8-16)$$

Trong đó, nếu cửa nằm phía trên mặt phẳng chuẩn thì :

$$p_2^{qu} = p_i - H_i (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (8-17)$$

và nằm dưới mặt phẳng chuẩn thì :

$$p_2^{qu} = p_i + H_i (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (8-18)$$

Như vậy nếu thay thế tác dụng tổng hợp của gió và sức đẩy trọng lực bằng áp suất gió quy ước ta có thể rút ra kết luận chung mà trước đây đã xem xét là áp suất thừa bên trong phụ thuộc vào tỉ số bình phương diện tích các cửa.

Trường hợp thể hiện ở hình vẽ 8.11a có thể thay thế bởi hình vẽ 8.11b và lúc bấy giờ tùy thuộc vào tỉ lệ diện tích cửa, áp suất thừa bên trong nhà  $p_x$  có thể có giá trị từ  $p_1$  đến  $p_2^{qu}$ .

Nhờ biến đổi như vậy ta có thể định trước được trị số áp suất bên trong cần thiết để đảm bảo chiếu hướng trao đổi không khí mong muốn và sau đó dễ dàng xác định diện tích các cửa.

Bằng cách thay đổi diện tích cửa có thể đạt được trị số  $p_x$  sao cho ngoài cửa 1 ra, không khí còn có thể đi từ ngoài vào nhà qua cửa 3. Sơ đồ lưu thông không khí như vậy là tốt nhất bởi vì không khí sẽ đi vào phân xưởng từ 2 phía của nhà, làm cho khí có hại tỏa ra từ các thiết bị trong vùng làm việc bốc lên cao và thoát ra ngoài qua cửa mái 2. Nếu thay đổi diện tích cửa khác đi cửa 3 có thể làm việc như cửa hút ra, trường hợp đó có bất lợi là khí độc hại từ những nguồn phát sinh nằm gần cửa 1 có thể lan tỏa ra khắp vùng làm việc trong phân xưởng. Cuối cùng, nếu  $p_x = p_3$  thì cửa 3 không làm việc nữa.



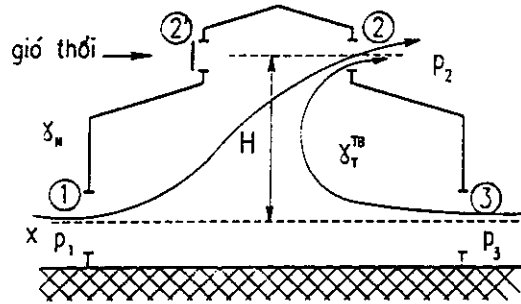
### 8.4.2. Phương pháp tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng tổng hợp của nhiệt thừa và gió

Trước tiên ta nghiên cứu bài toán thuận. Cho biết nhiệt độ không khí bên ngoài  $t_N$ , các hệ số khí động, vận tốc gió, yêu cầu xác định diện tích cửa. Trong đa số các trường hợp ta đều xem rằng sự phân bố áp suất và sơ đồ lưu thông không khí trên mọi tiết diện ngang của phân xưởng đều giống nhau, tức là ta giải quyết bài toán phẳng.

Đối với các phân xưởng một khẩu độ, để đảm bảo chiều hướng lưu thông không khí có lợi nhất, ta mở các dãy cửa dưới ở 2 mặt tường và cửa mái phía khuất gió (hình 8.12). Trên cửa mái phía đón gió có thể có áp suất gió dương, lúc đó nếu cửa mở, không khí ngoài sẽ đi vào nhà làm cản trở dòng không khí ở nhiệt bốc từ dưới lên để thoát ra ngoài.

Nếu chiều gió đổi ngược lại ta sẽ đóng cửa mái 2 và mở cửa mái 2', bài toán không có gì thay đổi.

Trường hợp nếu cửa 2' nằm trong vùng bóng khí động hoặc có hệ thống tấm chắn gió đặt phía trước ta có thể mở cả 2 cửa mái 2 và 2', để không khí nóng và ô nhiễm thoát ra ngoài.



Hình 8.12 : Sơ đồ thông gió hợp lý

Từ phương trình cân bằng nhiệt ta rút được lượng không khí trao đổi :

$$L = \frac{Q_{th}}{C_p (t_R - t_N)}, \quad \text{kg/h} \quad (8-19)$$

Khi tính toán ta có thể nhận trước rằng không khí đi vào phân phối theo một tỉ lệ nào đó qua các cửa 1 và 3 (hoặc bằng nhau  $L_1 = L_3$  hoặc theo một tỉ lệ khác).

Phương trình cân bằng lưu lượng sẽ là :

$$L_1 + L_3 = L_2 \quad (8-20)$$

Ta chọn mặt phẳng chuẩn đi qua tâm các cửa phía dưới. Áp suất thừa bên trong trên mặt phẳng chuẩn ấy là  $p_x$ .

Hiệu số áp suất ở các cửa sẽ là :

$$\left. \begin{aligned} \text{Cửa 1 :} & \quad \Delta p_1 = p_1 - p_x \\ \text{Cửa 2 :} & \quad \Delta p_2 = p_x + H (\gamma_N - \gamma_1^{TB}) - p_2 \\ & \quad = p_x - p_2^{gu} \\ \text{Cửa 3 :} & \quad \Delta p_3 = p_3 - p_x \end{aligned} \right\} \quad (8-21)$$

Để đạt được sơ đồ lưu thông không khí như thể hiện ở hình 8.12, ta cần chọn  $p_x$  sao cho các trị số  $\Delta p_i$  ở các biểu thức (8-21) đều dương.

Từ đó ta xác định diện tích các cửa :

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= \frac{L_1}{\mu_1 \sqrt{2g\gamma_N (p_1 - p_x)}}, & \text{m}^2 \\ F_2 &= \frac{L_2}{\mu_2 \sqrt{2g\gamma_R (p_x - p_2^{qu})}}, & \text{m}^2 \\ F_3 &= \frac{L_3}{\mu_3 \sqrt{2g\gamma_N (p_3 - p_x)}}, & \text{m}^2 \end{aligned} \right\} \quad (8-22)$$

Từ các phương trình trên rút được :

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= \mu_1 F_1 \sqrt{2g\gamma_N (p_1 - p_x)} \\ L_2 &= \mu_2 F_2 \sqrt{2g\gamma_R (p_x - p_2^{qu})} \end{aligned} \right\} \quad (8-23)$$

Bình phương rồi chia các vế của 2 đẳng thức (8-23) cho nhau, đồng thời xem thành phần  $\sqrt{2g\gamma_R} \approx \sqrt{2g\gamma_N}$ , ta sẽ thu được :

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 = \left(\frac{\mu_2}{\mu_1}\right)^2 \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \frac{p_x - p_2^{qu}}{p_1 - p_x} \quad (8-24)$$

Đặt  $\eta = \frac{\mu_2}{\mu_1}$ ;  $\alpha = \frac{L_2}{L_1}$ ;  $\beta = \frac{F_2}{F_1}$

Ta sẽ có :  $\alpha^2 = \eta^2 \beta^2 \frac{p_x - p_2^{qu}}{p_1 - p_x} \quad (8-25)$

Từ đó ta rút ra được  $p_x$  :

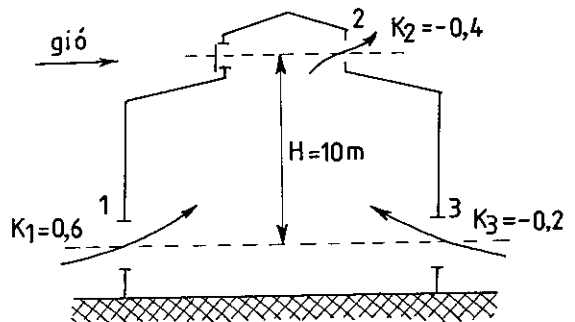
$$p_x = \frac{\alpha^2 p_1 + \eta^2 \beta^2 p_2^{qu}}{\alpha^2 + \eta^2 \beta^2} \quad (8-26)$$

Nếu  $\mu_1 = \mu_2$  tức  $\eta = \frac{\mu_2}{\mu_1} = 1$ , ta sẽ có :

$$p_x = \frac{\alpha^2 p_1 + \beta^2 p_2^{qu}}{\alpha^2 + \beta^2} \quad (8-27)$$

Các công thức (8-26) và (8-27) thể hiện mối quan hệ giữa áp suất thừa bên trong nhà  $p_x$  với các yếu tố áp suất gió và cấu tạo của công trình, nhờ đó ta có thể tiến hành các phép tính thông gió tự nhiên dưới tác dụng tổng hợp của nhiệt và gió được thuận lợi và dễ dàng.

Ví dụ : Xác định diện tích các cửa  $F_1, F_2$  và  $F_3$  của phân xưởng cho biết  $H = 10\text{m}$ .  $Q_{th} = 500000 \text{ kcal/h}$ . Vận tốc gió  $v_g = 4\text{m/s}$ . Các hệ số khí động ở các cửa :  $K_1 = 0,6$  ;  $K_2 = -0,4$  ;



Hình 8.13

$K_3 = -0,2$ . Nhiệt độ bên ngoài  $t_N = 20^\circ\text{C}$  ; nhiệt độ ra  $t_R = 33,8^\circ\text{C}$ , nhiệt độ trung bình trong phân xưởng  $t_I^{TB} \approx 27^\circ\text{C}$ .

Giải

Xác định lưu lượng trao đổi không khí :

$$L_1 + L_3 = L_2 = \frac{500000}{0,24(33,8 - 20)} = 151000 \text{ kg/h} = 42 \text{ kg/s}$$

Ta phân chia đều lượng không khí đi vào cửa 1 và 3 :

$$L_1 = L_3 = \frac{L_2}{2} = 75500 \text{ kg/h} = 21 \text{ kg/s.}$$

Áp suất động của gió :

$$p_g^d = \frac{v_g^2}{2g} \gamma = \frac{4^2}{19,62} 1,2 \approx 1 \text{ kG/m}^2$$

Áp suất gió trên các cửa :

$$p_1 = K_1 \cdot p_g^d = +0,6 \cdot 1 = 0,6 \text{ kG/m}^2$$

$$p_2 = K_2 \cdot p_g^d = -0,4 \cdot 1 = -0,4 \text{ kG/m}^2$$

$$p_3 = K_3 \cdot p_g^d = -0,2 \cdot 1 = -0,2 \text{ kG/m}^2$$

Áp suất gió quy ước ở cửa 2 :

$$p_2^{qu} = p_2 - H(\gamma_N - \gamma_I^{TB}) = -0,4 - 10(1,205 - 1,177) = -0,68 \text{ kG/m}^2$$

Giả thiết tỉ số diện tích  $\beta = \frac{F_2}{F_1} = 3$

Theo sự phân chia lưu lượng đã nhận ở trên ta có :  $\alpha = \frac{L_2}{L_1} = 2$

Xác định áp suất thừa bên trong ở mặt phẳng chuẩn  $p_x$  theo công thức (8-27) :

$$p_x = \frac{\alpha^2 p_1 + \beta^2 p_2^{qu}}{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{4 \cdot 0,6 + 9(-0,68)}{4 + 9} = -0,286 \text{ kG/m}^2$$

Tính hiệu số áp suất ở tâm các cửa :

$$\Delta p_1 = p_1 - p_x = 0,6 - (-0,286) = 0,886 \text{ kG/m}^2$$

$$\Delta p_2 = p_2 - p_2^{qu} = -0,286 - (-0,68) = 0,394 \text{ kG/m}^2$$

$$\Delta p_3 = p_3 - p_x = -0,200 - (-0,286) = 0,086 \text{ kG/m}^2$$

Xác định diện tích các cửa theo công thức (8-22) :

$$F_1 = \frac{21}{0,6 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,205} \cdot \sqrt{0,886}} = 7,7 \approx 8 \text{ m}^2$$

Để đơn giản trong tính toán, ta nhận tích số  $\mu \sqrt{2g\gamma} = 2,91$  thống nhất cho tất cả các cửa (vì  $\gamma$  thay đổi không nhiều).

$$F_2 = \frac{L_2}{\mu \sqrt{2g\gamma_R} \sqrt{\Delta p_2}} = \frac{42}{2,91 \sqrt{0,394}} = 23 \text{ m}^2$$

$$F_3 = \frac{L_3}{\mu \sqrt{2g\gamma_N} \sqrt{\Delta p_3}} = \frac{21}{2,91 \sqrt{0,086}} = 24,6 \text{ m}^2$$

Trường hợp giải bài toán ngược : biết diện tích các cửa, xác định lưu lượng trao đổi không khí.

Để giải bài toán này cách đơn giản nhất là dùng phương pháp dẫn đến trị số gần đúng : Giả thiết tỉ số lưu lượng  $\alpha$  và  $p_2^u$ , từ đó xác định áp suất thừa  $p_x$  theo công thức (8-26) hoặc (8-27).

Biết  $p_x$  và  $p_2^u$ , ta xác định lưu lượng thông gió qua các cửa theo công thức (8-22). Tiếp theo cần kiểm tra phương trình cân bằng lưu lượng (8-20) và phương trình cân bằng nhiệt (8-19). Nếu các điều kiện cân bằng được thỏa mãn xem như bài toán đã được giải quyết. Trường hợp ngược lại, cần điều chỉnh các giả thiết và tiến hành tính toán từ đầu.

## 8.5. XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ KHÔNG KHÍ RA $t_R$ TRONG CÁC PHÂN XƯỞNG NÓNG KHI TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN

Khi tính toán thông gió tự nhiên để xác định lưu lượng trao đổi không khí cần phải giả thiết nhiệt độ không khí ra  $t_R$  hoặc hiệu số nhiệt độ ra  $\Delta t_R = t_R - t_N$ .

$\Delta t_R$  càng lớn thì lưu lượng trao đổi không khí càng bé, mà hiệu số nhiệt độ vùng làm việc  $\Delta t_{vlv} = t_{vlv} - t_N$  thì phụ thuộc vào lưu lượng trao đổi không khí và do đó hiệu quả thông gió tự nhiên cũng phụ thuộc vào đại lượng ấy. Thông thường trong các phân xưởng có nguồn tỏa nhiệt, nhiệt độ không khí tăng dần theo chiều cao từ mặt sàn đến mái nhà. Mức độ tăng nhiệt độ theo chiều cao phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có chiều cao của nhà. Nhà có chiều cao thấp thì mức độ tăng nhiệt độ càng lớn, chiều cao lớn thì mức độ tăng ít. Mức độ tăng nhiệt độ ấy còn phụ thuộc vào nhiệt thừa trong nhà nhiều hay ít tức là phân xưởng nóng hay lạnh.

Do những điều nói trên, để tính toán nhiệt độ ra của không khí  $t_R$  trước đây người ta thường dùng công thức sau :

$$t_R = t_{vlv} + \text{gradt} (H-2), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8-28)$$

Trong đó :

$t_{vlv}$  : Nhiệt độ vùng làm việc,  $^\circ\text{C}$

$H$  : Chiều cao của phân xưởng từ mặt sàn đến trung tâm của cửa mái.

$2$  : Chiều cao vùng làm việc kể từ mặt sàn, m.

$\text{gradt}$  : Gradian nhiệt độ (độ tăng nhiệt độ theo độ cao kể từ vùng làm việc trở lên),  $^\circ\text{C}/\text{m}$ .

Tùy theo phân xưởng nóng hay nguội mà  $\text{gradt}$  có trị số lớn hay bé. Thông thường người ta nhận  $\text{gradt} = 1 \div 1,5^\circ\text{C}/\text{m}$ .

Tuy nhiên công thức (8-28) chỉ đúng trong một số trường hợp nhất định, không thể áp dụng cho mọi trường hợp bất kì. Điều này có thể thấy rõ trong suy luận sau đây : Khi tất

cả các điều kiện khác như nhau, thì phân xưởng càng cao, nhiệt độ  $t_R$  càng lớn. Điều này không hoàn toàn phù hợp với thực tế.

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm và khảo sát thực tế cho thấy khi các điều kiện và yếu tố tỏa nhiệt giống nhau, diện tích các cửa mở như nhau thì các hiệu số nhiệt độ  $\Delta t_{v/v}$  và  $\Delta t_R$  phụ thuộc vào lượng nhiệt thừa và lưu lượng không khí trao đổi. Riêng đối với hiệu số nhiệt độ  $\Delta t_R$  thì khi  $Q_{th} = \text{const}$  và  $\sum F \text{ cửa} = \text{const}$  phân xưởng càng cao  $\Delta t_R$  càng bé, tức là  $t_R$  càng thấp chứ không phải càng lớn như kết quả tính toán theo công thức (8-28), trong khi ấy  $\Delta t_{v/v}$  vẫn không thay đổi. Kể đến những điểm khác biệt nói trên, trong bảng chỉ dẫn thiết kế sưởi và thông gió cho nhà công nghiệp CH7-57 của Liên Xô trước đây người ta tiêu chuẩn hóa tỉ số sau :

$$m = \frac{\Delta t_{v/v}}{\Delta t_R} = \frac{t_{v/v} - t_N}{t_R - t_N} \quad (8-29)$$

Trị số  $m$  phụ thuộc vào tỉ số diện tích  $f$  do các thiết bị công nghệ có tỏa nhiệt chiếm chỗ và diện tích mặt nền  $F$  của phân xưởng.

Ở bảng 8-1 và 8-2 là giá trị tiêu chuẩn hóa của hệ số  $m$  cho từng loại công trình khác nhau (bảng 8-1) và cho tỉ số  $f/F$  khác nhau (bảng 8.2).

Bảng 8-1

### HỆ SỐ $m$ CỦA MỘT SỐ LOẠI PHÂN XƯỞNG

	Loại phân xưởng	Hệ số $m$
1	Phân xưởng rót khuôn của nhà máy nấu thép	0,3
2	Phân xưởng điện phân nhôm	0,65
3	Phân xưởng đúc gang với cách rót khuôn phân tán	0,25
4	Xưởng rèn	0,3

Bảng 8-2

### HỆ SỐ $m$ PHỤ THUỘC VÀO TỈ SỐ $f/F$

Tỉ số $f/F$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Hệ số $m$	0,25	0,42	0,55	0,6	0,65	0,7

Như vậy khi biết được  $\Delta t_{v/v} = t_{v/v} - t_N$ , sử dụng hệ số  $m$  ta xác định được  $\Delta t_R$  rồi từ đó suy được  $t_R$ .

Ví dụ nếu  $f/F = 0,25$  thì  $m \approx 0,5$ ; lúc đó với  $\Delta t_{v/v} = 5^\circ\text{C}$  sẽ có :  $\Delta t_R = \frac{5}{0,5} = 10^\circ\text{C}$  và  $t_R = t_N + 10^\circ\text{C}$ .

Trong tính toán thực tế có thể nhận  $\Delta t_R = 10 \div 15^\circ\text{C}$ .

Theo các số liệu nghiên cứu của N.V.Akintrev ở Viện bảo hộ lao động Matxcova, nhiệt độ không khí ra  $t_R$  từ các phân xưởng nóng có thể xác định theo công thức [3] :

$$\Delta t_R = \frac{3,14 q^{2/9} \Delta t_{vlv}^{2/3} h_{vlv}^{2/9}}{H^{1/9}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (8-30)$$

Trong đó :

$q = \frac{Q_{th}}{V}$  : Nhiệt thừa đơn vị của phân xưởng, kcal/m<sup>3</sup>h

V : Thể tích của phân xưởng, m<sup>3</sup>.

$\Delta t_{vlv}$  : Hiệu số nhiệt độ ở vùng làm việc  $\Delta t_{vlv} = t_{vlv} - t_N$  ;  $\Delta t_{vlv}$  có thể nhận bằng 3 ÷ 5°C.

H : Khoảng cách theo chiều cao các tâm cửa gió vào và cửa gió ra, m.

$h_{vlv}$  : Chiều cao vùng làm việc kể từ mặt nền,  $h_{vlv} = 1,5 \div 2m$ .

$t_N$  : Nhiệt độ không khí bên ngoài (và cũng là của không khí thổi vào).

Công thức trên thu được trong các điều kiện sau đây :

a- Không khí bên ngoài đưa vào nhà trên độ cao của vùng làm việc, mép dưới của các cửa gió vào cách mặt sàn độ 0,8 ÷ 1,2m và không khí nóng trong nhà thải ra ngoài qua các cửa mái.

b- Tỷ số diện tích do các nguồn tỏa nhiệt chiếm chỗ (diện tích hình chiếu bằng của các thiết bị có tỏa nhiệt : lò, bếp, v.v...) và diện tích mặt nền của phân xưởng  $\frac{f}{F} \leq 10\%$  khi mà vị trí của chúng phân bố một cách đều đặn trong phân xưởng nhất là phân xưởng hẹp và dài.

c- Diện tích các cửa gió vào và gió ra bằng nhau.

d- Hệ số lưu lượng  $\mu = 0,65$ .

e- Chiều cao của các nguồn tỏa nhiệt là 1,5m hoặc cao hơn.

Đối với các trường hợp nếu  $\frac{f}{F} > 10\%$  thì trị số  $\Delta t_R$  tính được theo công thức (8-30) cần nhân thêm hệ số điều chỉnh K (bảng 8-3).

Bảng 8-3

HỆ SỐ HIỆU CHỈNH K ĐỐI VỚI  $\Delta t_R$  THEO CÔNG THỨC (8.30).

Chiều cao của nguồn tỏa nhiệt trên mặt nền	Tỷ số diện tích tính bằng % f/F	Hệ số K
< 1,5m	10%	0,71
1,5m	10 ÷ 20%	0,55
> 1,5m	10 ÷ 20%	0,78

Giáo sư V. N. Taliev cũng nghiên cứu hiệu số nhiệt độ  $\Delta t_R$  xuất phát từ lập luận sau đây :  
Từ phương trình cân bằng nhiệt :

$$Q_{th} = 3600 C_p L \Delta t_R, \quad \text{kcal/h} \quad (a)$$

Quan hệ giữa hiệu số áp suất và vận tốc gió qua cửa :

$$H \Delta \gamma_R = 2 \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \text{kG/m}^2 \quad (b)$$

Nếu trong đẳng thức (b) ta thay :

$\Delta \gamma_R = \beta \cdot \Delta t_R$  (Chênh lệch trọng lượng đơn vị được biểu diễn qua chênh lệch nhiệt độ).

$$v = \frac{L}{\gamma F} \quad (L - \text{Lưu lượng thông gió tính theo kg/s ; } F - \text{Diện tích cửa, m}^2)$$

$$\xi = \frac{1}{\mu^2} \quad (\text{Hệ số sức cản cục bộ được biểu diễn qua hệ số lưu lượng } \mu)$$

Ta sẽ có :

$$L = \sqrt{g\beta\gamma(\mu F)^2 H \Delta t_R} \quad , \quad \text{kg/s} \quad (c)$$

Kết hợp 2 phương trình (a) và (c) tác giả giải ra được [3] :

$$\Delta t_R = \frac{0,03 Q_{th}^{2/3}}{(\mu F)^{2/3} H^{1/3}} \quad , \quad ^\circ\text{C} \quad (8-31)$$

Ghi chú : Theo chúng tôi, hệ số trong công thức (8-31)  $\approx 0,02$ .

Ngoài ra, theo kết quả nghiên cứu của S. I. Strijenov, trị số nhiệt độ  $t_R$  được xác định theo công thức sau [3] :

$$T_R = T_{vlv} \left[ 1 + 0,07 H^{1/3} \left( \frac{q}{f} \right)^{2/3} \right] \quad , \quad ^\circ\text{K} \quad (8-32)$$

Trong đó :

$T_R, T_{vlv}$  - Nhiệt độ tuyệt đối của không khí ra và không khí vùng làm việc,  $^\circ\text{K}$

$H$  - Độ cao kể từ vùng làm việc đến tâm cửa mái, m

$q$  - Lượng nhiệt thừa đơn vị,  $\text{kcal/m}^3\text{s}$

$\bar{f} = \frac{f}{F}$  - Tỉ số diện tích nguồn nhiệt và diện tích mặt nền phân xưởng.

Ví dụ : Tính toán thông gió tự nhiên cho phân xưởng một khẩu độ có cửa mái không đón gió (hình 8.14). Chiều cao từ tâm cửa gió vào (ở dưới) đến tâm cửa mái  $H = 15\text{m}$ . Cho biết  $Q_{th} = 7,2.10^6 \text{ kcal/h}$ , thể tích của phân xưởng  $V = 72000\text{m}^3$ . Trong phân xưởng diện tích chiếm chỗ của các thiết bị toả nhiệt (bếp, lò nung, lò sấy...) là 7% diện tích nền nhà và chiều cao của chúng so với mặt nền là 1,5m.

Nhiệt độ không khí bên ngoài là  $t_N = 22^\circ\text{C}$ .

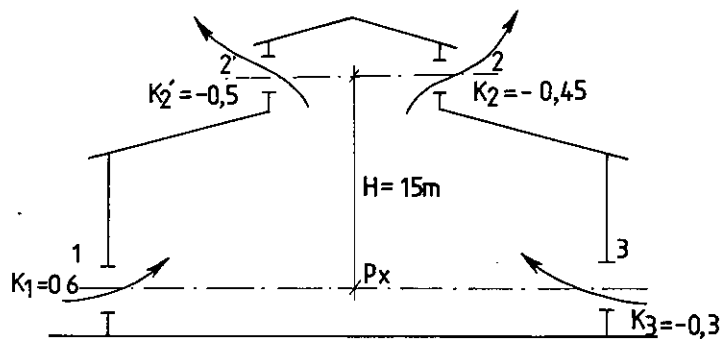
Các hệ số khí động ở các cửa :  $K_1 = 0,6$  ;  $K_2 = -0,45$  ;  $K'_2 = -0,5$  ;  $K_3 = -0,3$ . Vận tốc gió  $v_g = 4 \text{ m/s}$ .

Tính toán :

Ta nhận nhiệt độ trong vùng làm việc  $t_{vlv} = t_N + 5^\circ\text{C} = 22 + 5 = 27^\circ\text{C}$  và giả thiết rằng lưu lượng không khí đi qua các cửa phân phối như sau :

$$L_1 = 1,5 L_3$$

$$L'_2 = 0,95 L_2$$



Hình 8.14

Tỉ số diện tích các cửa 1 và 2 nhận bằng :

$$\beta = \frac{F_2}{F_1} = 1,5$$

Xác định nhiệt thừa đơn vị của phân xưởng

$$q = \frac{Q_{th}}{V} = \frac{7,2 \cdot 10^6}{7,2 \cdot 10^4} = 100 \text{ kcal/m}^3\text{h}$$

Theo công thức (8-30) của Akintrev N. V. ta xác định chênh lệch nhiệt độ ra của không khí :

$$\Delta t_R = \frac{3,14 \cdot 100^{2/9} \cdot 5^{2/3} \cdot 1,5^{2/9}}{15^{1/9}} = 20,6^\circ\text{C}$$

Trong đó  $\Delta t_{v\text{v}} = 5^\circ\text{C}$  và chiều cao vùng làm việc lấy bằng 1,5m (vì tỉ số  $\frac{f}{F} < 10\%$ , chiều cao của các nguồn toả nhiệt là 1,5m nên không cần nhân kết quả trên với hệ số điều chỉnh).

$$t_R = t_N + \Delta t_R = 22 + 20,6 = 42,6^\circ\text{C}$$

Xác định lưu lượng không khí trao đổi :

$$L_V = L_R = \frac{Q_{th}}{3600 \cdot C_p (t_R - t_V)} = \frac{7200000}{3600 \cdot 0,24(42,6 - 22)} = 405 \text{ kg/s}$$

Xác định lưu lượng không khí đi qua các cửa :

Từ phương trình cân bằng lưu lượng ta có :

$$L_1 + L_3 = L_2 + L'_2 = 405 \text{ kg/s}$$

$$L_1 = 1,5 L_3$$

$$\rightarrow 1,5 L_3 + L_3 = 405$$

$$\rightarrow L_3 = \frac{405}{2,5} = 162 \text{ kg/s}$$

$$L_1 = 405 - 162 = 233 \text{ kg/s}$$

$$L'_2 = 0,95 L_2$$

$$\rightarrow L_2 + 0,95 L_2 = 405$$

$$\rightarrow L_2 = \frac{405}{1,95} = 208 \text{ kg/s}$$

$$L'_2 = 405 - 208 = 197 \text{ kg/s}$$

$$\alpha = \frac{L_2}{L_1} = \frac{208}{233} = 0,893$$

Xác định áp suất gió và áp suất gió quy ước tại các cửa :



$$p_1 = K_1 \cdot \frac{v_g^2}{2g} \gamma_N = 0,6 \cdot \frac{4^2}{19,62} \cdot 1,197 \approx 0,6 \text{ kG/m}^2$$

$$p_2 = K_2 \cdot \text{"-"} = -0,45 \times \text{"-"} \approx -0,45 \text{ -}$$

$$p_{2'} = K_{2'} \cdot \text{"-"} = -0,5 \times \text{"-"} \approx -0,45 \text{ -}$$

$$p_3 = K_3 \cdot \text{"-"} = -0,3 \times \text{"-"} \approx -0,3 \text{ -}$$

$$t_1^{TB} = \frac{t_{vW} + t_R}{2} = \frac{27 + 42,6}{2} = 34,8^\circ \text{C} \rightarrow \gamma_T^{TB} = 0,147 \text{ kg/m}^3$$

$$p_2^{qu} = p_2 - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = -0,45 - 15(1,197 - 1,147) = -1,20 \text{ kG/m}^2$$

$$p_{2'}^{qu} = p_{2'} - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = -0,5 - 15(1,197 - 1,147) = -1,25 \text{ kG/m}^2$$

Ta nhận các hệ số lưu lượng  $\mu$  cho tất cả các cửa bằng nhau và bằng 0,64. Áp dụng công thức (8-27), áp suất thừa bên trong ở mặt phẳng chuẩn đi qua tâm các cửa gió vào (bên dưới) sẽ là :

$$p_x = \frac{0,893^2 \cdot 0,6 + 1,5^2 (-1,2)}{0,893^2 + 1,5^2} = -0,729 \text{ kG/m}^2$$

Xác định diện tích các cửa :

$$\Delta p_1 = p_2 - p_x = 0,6 - (-0,729) = 1,329 \text{ kG/m}^2$$

$$F_1 = \frac{233}{0,64 \sqrt{19,62} \cdot 1,197 \sqrt{1,329}} = 65,2 \text{ m}^2$$

$$(\gamma_{22^\circ \text{C}} = 1,197 \text{ kg/m}^3)$$

$$\Delta p_3 = p_3 - p_x = -0,3 - (-0,729) = 0,429 \text{ kG/m}^2$$

$$F_3 = \frac{162}{0,64 \sqrt{19,62} \cdot 1,197 \sqrt{0,429}} = 79,7 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_2 = p_x - p_2^{qu} = -0,729 - (-1,2) = 0,471 \text{ kG/m}^2$$

$$F_2 = \frac{208}{0,64 \sqrt{19,62} \cdot 1,117 \sqrt{0,471}} = 101 \text{ m}^2$$

$$(\gamma_{42,6^\circ \text{C}} = 1,117 \text{ kg/m}^3)$$

$$\Delta p'_{2'} = p_x - p_{2'}^{qu} = -0,729 - (-1,25) = 0,521 \text{ kG/m}^2$$

$$F_{2'} = \frac{197}{0,64 \sqrt{19,62} \cdot 1,117 \sqrt{0,521}} = 91 \text{ m}^2$$

$$\sum F_V = F_1 + F_3 = 65,2 + 79,7 \approx 145 \text{ m}^2$$

$$\sum F_R = F_2 + F_{2'} = 101 + 91 = 192 \text{ m}^2$$

Nếu giả thiết  $L_1 = L_3$ ,  $L_2 = L_{2'}$  và  $\beta = \frac{F_2}{F_1} = 2$  thì kết quả thu được sẽ là :

$$F_1 = 54,4 \text{ m}^2$$

$$F_3 = 88,8 \text{ m}^2$$

$$F_2 = 105,1 \text{ m}^2$$

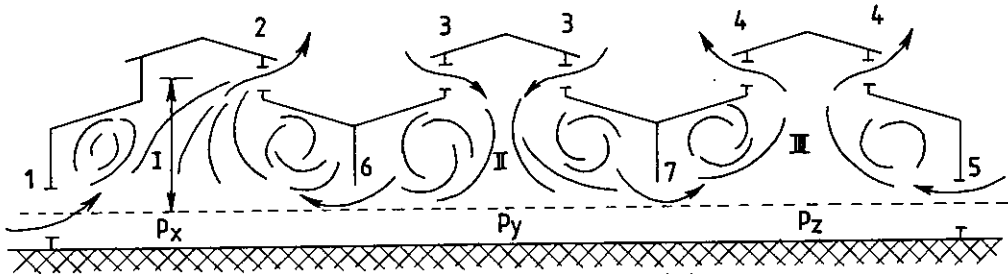
$$F_2 = 98,5 \text{ m}^2$$

$$\sum F_V = 142,2 \text{ m}^2$$

$$\sum F_R = 203,6 \text{ m}^2$$

## 8.6. TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN CHO PHÂN XƯỞNG NHIỀU KHẨU ĐỘ

Ta nghiên cứu cách tính toán thông gió tự nhiên cho phân xưởng nhiều khẩu độ với sự bố trí hợp lý nhất về mặt thông gió, tức là các gian xưởng nóng và nguội sắp xếp xen kẽ nhau trong các khẩu độ của phân xưởng và giữa gian này với gian kia của phân xưởng có cửa thông nhau.



*Hình 8.15 : Thông gió tự nhiên cho nhà công nghiệp nhiều khẩu độ khi các gian nóng nguội xen kẽ nhau.*

Ví dụ ta có phân xưởng 3 khẩu độ như hình 8.15, gian I và III là gian nóng và gian II là gian nguội.

Sự bố trí các gian nóng, nguội xen kẽ nhau như vậy tạo điều kiện tốt nhất cho thông gió tự nhiên. Trường hợp này theo kết quả thực nghiệm trên mô hình, người ta thấy các dòng không khí lưu thông trong phân xưởng như sau : không khí bên ngoài theo các cửa 1 và 5 vào các gian I và III. Vì các gian này có toả nhiệt nên không khí sẽ bị nung nóng bốc lên trên và theo các cửa mái 2 và 4 ra ngoài. Còn ở gian giữa (gian nguội) số II, dưới tác dụng của sức hút ở các gian I và III nên không khí bên ngoài sẽ bị hút vào qua cửa mái 3 từ trên đi xuống dưới rồi đi qua các cửa 6 và 7 ở các tường ngăn mà lọt vào các gian I và III.

Để tính toán, ta cần biết :

- Lượng nhiệt thừa trong các gian xưởng : gian I :  $Q_1$  ; gian III :  $Q_3$  ; gian II :  $Q_2 \approx 0$  (vì gian nguội không có nhiệt thừa).

- Các hệ số khí động ở các cửa  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$  và vận tốc gió, tức là biết được các áp suất gió tác dụng trên các cửa  $p_1, p_2, p_3, p_4$  và  $p_5$ .

Nhiệm vụ tính toán là xác định lưu lượng không khí trao đổi cần thiết và diện tích các cửa 1, 2, 3, 4, 5. Diện tích các cửa trên tường ngăn  $F_6$  và  $F_7$  cần cho trước hoặc có thể giả thiết trước.

Chọn mặt phẳng chuẩn đi qua tâm các cửa dưới và kí hiệu áp suất thừa trong các gian xưởng I, II, III trên mặt phẳng chuẩn là  $p_x, p_y, p_z$ .

Định chiều hướng lưu thông không khí hợp lý nhất trong các gian xương (ghi mũi tên trên hình vẽ). Tiếp theo ta có thể tách rời từng gian xương để xem xét như là phân xương một khẩu độ đứng độc lập nếu thay thế tác dụng của các gian xương bên cạnh đã bị tách ra bằng những trị số áp suất dương hoặc âm tác dụng từ phía các gian ấy vào gian xương đang xem xét. Phương pháp thay thế tác dụng của gian xương này đối với gian xương nọ bằng trị số áp suất như vậy gọi là phương pháp mặt cắt.

Ví dụ khi xem xét gian I, ta tách rời các gian kia ra ngoài và thay thế tác dụng của chúng bằng áp suất  $p_y$  tác dụng vào cửa 6. Cũng tương tự như vậy đối với gian II và III.

Tính toán tiến hành theo trình tự sau đây :

1. Biết lượng nhiệt thừa  $Q_{th}$  ta xác định lưu lượng không khí trao đổi cần thiết cho các gian xương I và III, tức  $L_2$  và  $L_4$ .

2. Phân phối  $L_2$  cho các cửa 1 và 6 đối với gian I :  $L_2 = L_1 + L_6$  còn  $L_4$  cho các cửa 5 và 7 đối với gian III :  $L_4 = L_5 + L_7$ .

Các trị số  $L_1$  và  $L_6$  cũng như  $L_5$  và  $L_7$  có thể chọn bằng nhau hoặc theo một tỉ số nhất định nào đấy tùy theo điều kiện cụ thể.

3. Biết  $L_6$  và  $L_7$  và diện tích các cửa  $F_6, F_7$ , ta có thể xác định hiệu số áp suất tại các cửa :

Đối với cửa 6 :

$$p_y - p_x = \frac{L_6^2}{\mu_6^2 F_6^2 2g\gamma_{II}}$$

Đối với cửa 7 :

$$p_y - p_z = \frac{L_7^2}{\mu_7^2 F_7^2 2g\gamma_{II}}$$

4. Xác định áp suất gió quy ước ở các cửa 2, 3 và 4 :

$$p_2^{qu} = p_2 - H(\gamma_N - \gamma_I)$$

$$p_3^{qu} = p_3 - H(\gamma_N - \gamma_{II})$$

$$p_4^{qu} = p_4 - H(\gamma_N - \gamma_{III})$$

Trong đó :

$\gamma_N$  : Trọng lượng đơn vị của không khí ngoài trời.

$\gamma_I, \gamma_{II}, \gamma_{III}$ . Tuấn tự là trọng lượng đơn vị của không khí trong các gian I, II, III.

5. Sau khi ghi lên hình vẽ tất cả các trị số áp suất gió và áp suất quy ước ở các cửa tương ứng, ta có thể chọn trị số áp suất  $p_y$  thế nào để có được chiều chuyển động của không khí phù hợp với dự kiến. Khi đã chọn được  $p_y$  thì các trị số  $p_x$  và  $p_z$  cũng sẽ biết được do các hiệu số  $p_y - p_x$  và  $p_y - p_z$  đã được xác định ở trên.

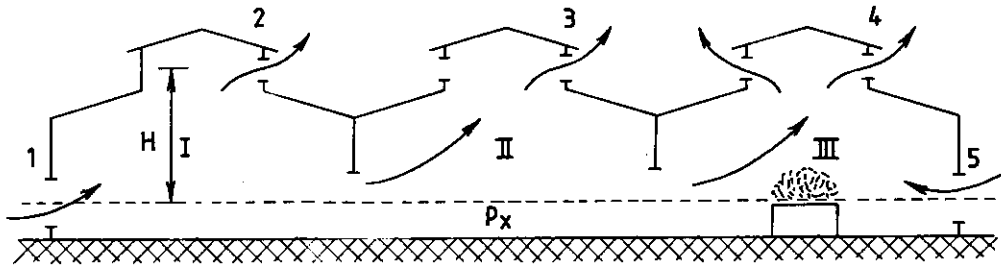
6. Sau đó ta có thể xác định một cách dễ dàng diện tích các cửa 1 và 5 theo các công thức :

$$F_1 = \frac{L_1}{\mu_1 \sqrt{2g\gamma_N (p_1 - p_x)}}, \quad m^2$$

$$F_5 = \frac{L_5}{\mu_1 \sqrt{2g\gamma_N (p_5 - p_z)}}, \quad m^2$$

Các diện tích  $F_2, F_3, F_4$  xác định được bằng các công thức tương tự. Nếu khẩu độ không phải là 3 mà là nhiều hơn, ta vẫn có thể áp dụng được phương pháp tính toán nêu trên.

Trong nhiều trường hợp do điều kiện sản xuất không cho phép sắp xếp các gian nóng, nguội xen kẽ nhau mà là kế tiếp nhau như hình vẽ 8.16, trong đó gian I và II có lượng nhiệt thừa tương đối ít so với gian III.



Hình 8.16 : Thông gió tự nhiên cho nhà công nghiệp nhiều khẩu độ phụ thuộc vào vị trí của gian xưởng "nóng".

Trong trường hợp như vậy có thể thực hiện thông gió tự nhiên theo chiều hướng ghi bằng các mũi tên trên hình vẽ. Lúc đó, tất cả lượng không khí cần cho gian I và II đều phải qua cửa 1 và lượng không khí ấy phải rất lớn để khi đi đến gian III vẫn còn đủ lạnh để khử nhiệt thừa trong gian này, do đó đòi hỏi diện tích cửa 1 phải rất lớn.

Ví dụ : Tính toán thông gió tự nhiên cho phân xưởng 3 khẩu độ (hình 8.15), khoảng cách  $H = 10\text{m}$ . Xác định diện tích các cửa 1, 2, 3, 4 và 5 nếu biết : Nhiệt thừa trong gian I :  $Q_I = 3600000 \text{ Kcal/h}$  trong gian III :  $Q_{III} = 2400000 \text{ kcal/h}$ . Trong gian II không có nguồn toả nhiệt. Diện tích các cửa trên tường ngăn giữa I và II :  $F_6 = 250\text{m}^2$  giữa gian II và III :  $F_7 = 100\text{m}^2$ . Nhiệt độ không khí bên ngoài :  $t_N = 20^\circ\text{C}$ ,  $v_g = 4 \text{ m/s}$

Các hệ số khí động ở các cửa :  $K_1 = 0,6$  ;  $K_2 = - 0,4$  ;  $K_3 = - 0,25$  ;  $K_4 = - 0,2$  ;  $K_5 = - 0,2$ .

Xác định lượng không khí trao đổi cho các gian I và III, giả thiết rằng nhiệt độ không khí ra là  $t_R = 30^\circ\text{C}$ .

Giải

$$L_I = \frac{3600000}{0,24(30 - 20)} = 1500000 \text{ kg/h hay } 417 \text{ kg/s}$$

$$L_{III} = \frac{2400000}{0,24(30 - 20)} = 1000000 \text{ kg/h hay } 278 \text{ kg/s}$$

Ta phân phối không khí đi qua các cửa như sau :

- Vào gian I : Qua cửa 1 :  $L_1 = 1000000 \text{ kg/h}$   
Qua cửa 6 :  $L_6 = 500000 \text{ kg/h}$  (từ gian II)
- Vào gian III : Qua cửa 5 :  $L_5 = 500000 \text{ kg/h}$   
Qua cửa 7 :  $L_7 = 500000 \text{ kg/h}$  (từ gian II)

Xác định hiệu số áp suất tại các cửa 6 và 7 :

$$\Delta p(6) = p_y - p_x = \frac{L_6^2}{\mu_6^2 F_6^2 2g \gamma_{II}} = \frac{\left(\frac{500000}{3600}\right)^2}{0,8^2 \cdot 250^2 \cdot 19,62 \cdot 1,205} = 0,02$$

$$\Delta p(7) = p_y - p_z = \frac{L_7^2}{\mu_7^2 F_7^2 2g \gamma_{II}} = \frac{\left(\frac{500000}{3600}\right)^2}{0,8^2 \cdot 100^2 \cdot 19,62 \cdot 1,205} = 0,127$$

Xác định các áp suất gió và áp suất gió quy ước ở các cửa :

- Áp suất động của gió :  $p_g^d = \frac{v_g^2}{2g} \gamma = \frac{4^2}{2g} \gamma \approx 1 \text{ kG/m}^2$

- Áp suất gió tại các cửa :  $p_i = K_i p_g^d$

$p_1 = 0,6 \text{ kG/m}^2$  ;  $p_2 = -0,4 \text{ kG/m}^2$  ;  $p_3 = -0,25 \text{ kG/m}^2$  ;

$p_4 = -0,2 \text{ kG/m}^2$  ;  $p_5 = -0,2 \text{ kG/m}^2$ .

$t_{II} \approx t_N = 20^\circ\text{C} \rightarrow \gamma_N = \gamma_{II} = 1,205 \text{ kg/m}^3$

$t_R = 30^\circ\text{C} \rightarrow \gamma_R = 1,165 \text{ kg/m}^3$ .

$t_{vlv} \text{ (I và III)} = 23^\circ\text{C} \rightarrow t_T^{TB} = \frac{23 + 30}{2} = 26,5^\circ\text{C} \rightarrow \gamma_T^{TB} = 1,18 \text{ kg/m}^3$

$p_2^{qu} = p_2 - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB-I}) = -0,4 - 10(1,205 - 1,180) = -0,65 \text{ kG/m}^2$

$p_3^{qu} = p_3 - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB-II}) = -0,25 - 10(0) = -0,25 \text{ kG/m}^2$

$p_4^{qu} = p_4 - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB-III}) = -0,2 - 10(1,205 - 1,180) = -0,45 \text{ kG/m}^2$

Giả thiết  $p_y = -0,28 \text{ kG/m}^2$ . Lúc đó ta sẽ có :

$p_x = p_y - 0,02 = -0,28 - 0,02 = -0,3 \text{ kG/m}^2$

$p_z = p_y - 0,127 = -0,28 - 0,127 = -0,407 \approx -0,41 \text{ kG/m}^2$

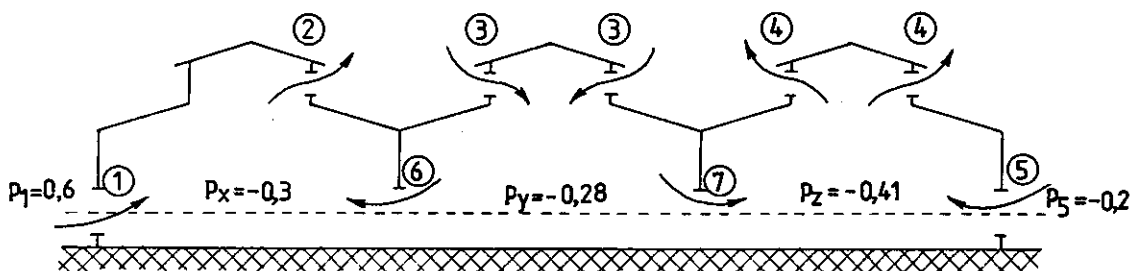
$\Delta p_1 = 0,6 - (-0,3) = 0,9 \text{ kG/m}^2$

$\Delta p_2 = -0,3 - (-0,65) = 0,35 \text{ kG/m}^2$

$\Delta p_3 = -0,28 - (-0,25) = -0,03 \text{ kG/m}^2$  (có nghĩa là không khí từ ngoài vào)

$\Delta p_4 = -0,41 - (-0,45) = 0,04 \text{ kG/m}^2$

$\Delta p_5 = -0,2 - (-0,41) = 0,21 \text{ kG/m}^2$



Hình 8.17

Diện tích cửa :

$$F_1 = \frac{1000 \cdot 000}{3600 \cdot 0,6 \sqrt{19,62 \cdot 1,205} \sqrt{0,9}} \approx 100 \text{ m}^2$$

$$F_2 = \frac{1500 \cdot 000}{3600 \cdot 0,6 \sqrt{19,62 \cdot 1,165} \sqrt{0,35}} = 242 \text{ m}^2$$

$$F_3 = \frac{1000 \cdot 000}{3600 \cdot 0,6 \sqrt{19,62 \cdot 1,205} \sqrt{0,03}} = 547 \text{ m}^2 \text{ (chia đều 2 bên)}$$

$$F_4 = \frac{1000 \cdot 000}{3600 \cdot 0,6 \sqrt{19,62 \cdot 1,165} \sqrt{0,04}} = 477 \text{ m}^2 \text{ (chia đều 2 bên)}$$

$$F_5 = \frac{500 \cdot 000}{3600 \cdot 0,6 \sqrt{19,62 \cdot 1,205} \sqrt{0,21}} = 102 \text{ m}^2$$

## 8.7. TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN CHO NHÀ CÔNG NGHIỆP NHIỀU TẦNG

Trong các ngành công nghiệp nhẹ, công nghiệp hoá chất v.v... ta thường gặp loại nhà máy có nhiều tầng, các tầng đều có nhiệt thừa hoặc dạng độc hại khác và được thông với nhau bằng chỗ chứa trống trên sàn hoặc lồng cầu thang.

Trên hình 8.18 thể hiện mặt cắt của nhà công nghiệp 2 tầng và sơ đồ lưu thông không khí hợp lí qua các cửa 1, 2, 3, 4, 5, và 6.

Giả sử biết lượng nhiệt thừa riêng biệt của các tầng I và II một cách tương ứng là  $Q_I$  và  $Q_{II}$ , kcal/h và nhiệt độ không khí ra từ các tầng là  $t_{RI}$  và  $t_{RII}$ , ta có :

Lưu lượng thông gió của tầng I :

$$L_1 + L_5 = \frac{Q_I}{C_p (t_{RI} - t_N)}, \quad \text{kg/h} \quad (8-33)$$

Nếu  $t_{RII} > t_{RI}$ , cần xác định phần nhiệt thừa  $Q'$  của tầng II bị khử bởi lượng gió từ tầng I vào tầng II qua cửa 6 với nhiệt độ ban đầu là  $t_{RI}$  và nhiệt độ cuối là  $t_{RII}$  :

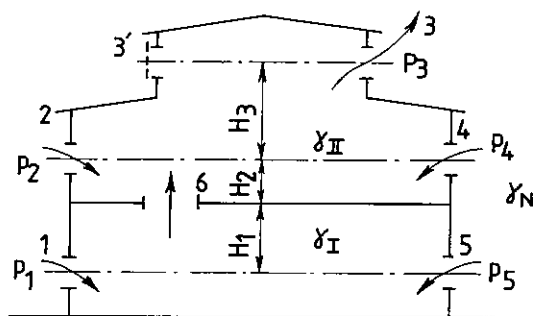
$$Q' = C_p (L_1 + L_5) (t_{RII} - t_{RI}), \quad \text{kcal/h} \quad (8-34)$$

Phần nhiệt thừa còn lại của tầng II phải được khử bằng không khí thổi vào qua cửa 2 và 4 :

$$L_2 + L_4 = \frac{Q_{II} - Q'}{C_p (t_{RII} - t_N)}, \quad \text{kg/h} \quad (8-35)$$

Các cửa 3 và 3' cần được tính toán để thải toàn bộ lượng không khí đi vào nhà :  $L_1 + L_5 + L_2 + L_4$  sau khi đã khử toàn bộ nhiệt thừa  $Q_I + Q_{II}$ .

Nếu  $t_{RII} = t_{RI}$ , không khí thổi vào qua cửa 2 và 4 phải khử hết lượng nhiệt thừa  $Q_{II}$  của tầng II.



Hình 8.18 : Sơ đồ thông gió tự nhiên trong nhà công nghiệp 2 tầng

Cuối cùng, nếu  $t_{RII} < t_{RI}$  lúc đó lượng nhiệt thừa tầng II sẽ được bổ sung thêm một lượng nhiệt  $Q''$  do không khí thoát ra khỏi tầng I qua cửa 6 mang vào :

$$Q'' = C_p (L_1 + L_5) (t_{RI} - t_{RII}), \quad \text{kcal/h} \quad (8-36)$$

và do đó lượng không khí đi vào tầng II qua cửa 2 và 4 sẽ là :

$$L_2 + L_4 = \frac{Q_{II} + Q''}{C_p (t_{RII} - t_N)}, \quad \text{kg/h} \quad (8-37)$$

Trong mọi trường hợp cần đảm bảo sự cân bằng nhiệt theo phương trình :

$$C_p(L_1 + L_5 + L_2 + L_4)(t_{RII} - t_N) = Q_I + Q_{II} \quad (8-38)$$

Sau đây là trình tự tính toán thông gió tự nhiên nhà công nghiệp 2 tầng khi  $t_{RII} > t_{RI}$  (theo sơ đồ hình 8-18) :

1 - Xác định lưu lượng thông gió tầng I :

$$L_1 + L_5 = L_6 = \frac{Q_I}{C_p (t_{RI} - t_N)} \quad (8-39)$$

2 - Tính toán lượng nhiệt khử được bằng lượng không khí từ bên ngoài đi vào tầng I và thoát ra ngoài từ tầng II với nhiệt độ  $t_{RII}$  :

$$Q = C_p L_6 (t_{RII} - t_N) \quad (8-40)$$

3 - Xác định lưu lượng thông gió cho tầng II khi xem rằng một phần của tổng lượng nhiệt thừa ( $Q$ ) đã được khử, do đó phần nhiệt mà lưu lượng thông gió tầng II phải khử chỉ còn lại là  $Q_I + Q_{II} - Q$ , từ đó ta có :

$$L_2 + L_4 = L_3 - L_6 = \frac{Q_I + Q_{II} - Q}{C_p (t_{RII} - t_N)} \quad (8-41)$$

4 - Nếu chọn mặt phẳng chuẩn đi qua tâm các cửa 1-5 và kí hiệu áp suất thừa bên trong trên mặt phẳng chuẩn là  $p_x$ , ta sẽ có áp suất ở cửa 6 từ phía tầng I là :

$$p_x - H_1 \gamma_I \quad (8-42)$$

và ở phía tầng II là

$$p_x - H_1 \gamma_I - \Delta p_6 \quad (8-43)$$

mà :

$$\Delta p_6 = \frac{L_6^2}{\mu_6^2 F_6^2 2g \gamma_I} \quad (8-44)$$

Cũng tương tự như trên ta có :

Áp suất thừa bên trong ở tâm các cửa 2-4 và 3 :

Cửa 2-4 :

$$p_x - H_1 \gamma_I - \Delta p_6 - H_2 \gamma_{II} \quad (8-45)$$

Cửa 3 :

$$p_x - H_1 \gamma_I - \Delta p_6 - (H_2 + H_3) \gamma_{II} \quad (8-46)$$

5 - Hiệu suất áp suất ở tâm các cửa :

Cửa 1 :

$$\Delta p_1 = p_1 - p_x$$

Cửa 5 :

$$\Delta p_5 = p_5 - p_x$$

Cửa 2 :

$$\Delta p_2 = p_2 - (H_1 + H_2) \gamma_N - (p_x - H_1 \gamma_I - \Delta p_6 - H_2 \gamma_{II})$$

Cửa 4 :  $\Delta p_4 = p_4 - (H_1 + H_2)\gamma_N - (p_x - H_1\gamma_I - \Delta p_6 - H_2\gamma_{II})$   
 Cửa 3 :  $\Delta p_3 = p_x - H_1\gamma_I - \Delta p_6 - (H_2 + H_3)\gamma_{II} - [p_3 - (H_1 + H_2 + H_3)\gamma_N]$  (8-47)

6 - Chọn trị số  $p_x$  sao cho bảo đảm được sơ đồ lưu thông không khí đã định (như hình vẽ) và xác định diện tích các cửa.

Trong các công thức trên :

$\gamma_N, \gamma_I, \gamma_{II}$  - Trọng lượng đơn vị của không khí ngoài trời, trong tầng I và tầng II,  $\text{kg/m}^3$ .

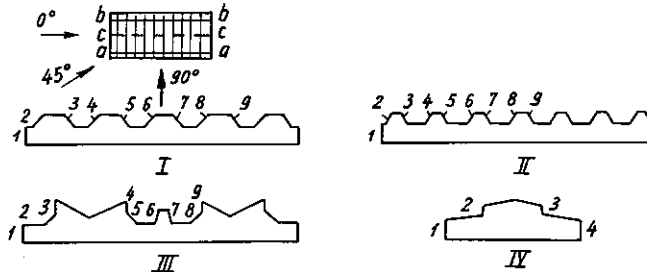
$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_6$  - Hệ số lưu lượng của các cửa tương ứng.

$p_1, p_2, \dots, p_5$  - Áp suất tương đối bên ngoài các cửa tương ứng,  $\text{kG/m}^2$ .

Để phục vụ cho tính toán thông gió tự nhiên nhà công nghiệp, ở bảng 8-4 có cho hệ số khí động K tại các vị trí khác nhau trên mặt cắt nhà ứng với góc gió thổi  $0^\circ, 45^\circ$  và  $90^\circ$ , và ở bảng 8-5 là hệ số sức cản  $\xi$  cùng hệ số lưu lượng  $\mu$  của các loại cửa nhà công nghiệp ứng với các góc mở khác nhau.

Bảng 8-4

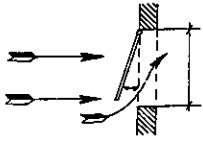
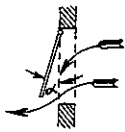
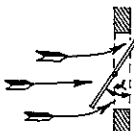
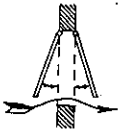
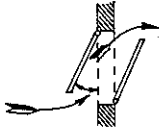
HỆ SỐ KHÍ ĐỘNG K TRÊN MẶT CẮT NHÀ CÔNG NGHIỆP [35]



Hình	Mặt cắt	Góc gió	Hệ số khí động K tại các điểm trên mặt cắt								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	c - c	0	+ 0,47	- 0,16	- 0,47	- 0,42	- 0,28	- 0,25	- 0,26	- 0,21	- 0,28
	c - c	45	+ 0,25	- 0,64	- 0,61	- 0,07	- 0,37	- 0,08	- 0,41	- 0,21	- 0,43
	c - c	90	- 0,36	- 0,36	- 0,59	- 0,56	- 0,63	- 0,63	- 0,63	- 0,63	- 0,55
	a - a	90	- 1,08	- 1,28	- 1,39	- 1,36	- 1,50	- 1,39	- 1,39	- 1,50	- 1,36
	b - b	90	- 0,33	- 0,34	- 0,38	- 0,37	- 0,37	- 0,35	- 0,35	- 0,37	- 0,37
II	c - c	0	+ 0,47	+ 0,27	- 0,70	- 0,82	- 0,51	- 0,52	- 0,35	- 0,29	- 0,27
	c - c	45	- 0,25	- 0,17	- 0,82	- 0,07	- 0,38	- 0,02	- 0,38	- 0,11	- 0,36
	c - c	90	- 0,36	- 0,31	- 0,43	- 0,42	- 0,49	- 0,48	- 0,51	- 0,52	- 0,52
	a - a	90	- 1,03	- 1,25	- 1,25	- 1,41	- 1,36	- 1,48	- 1,40	- 1,40	- 1,40
	b - b	90	- 0,33	- 0,33	- 0,37	- 0,35	- 0,35	- 0,34	- 0,35	- 0,35	- 0,35
III	c - c	0	+ 0,52	+ 0,09	+ 0,22	- 0,58	- 0,56	- 0,52	- 0,43	- 0,46	- 0,48
	c - c	45	+ 0,40	- 0,32	- 0,18	- 0,42	- 0,43	- 0,49	- 0,17	- 0,06	- 0,04
	c - c	90	- 0,28	- 0,27	- 0,28	- 0,35	- 0,32	- 0,32	0,32	- 0,32	- 0,35
	a - a	90	- 1,02	- 1,17	- 1,16	- 1,27	- 1,30	- 1,11	1,11	- 1,30	- 1,27
	b - b	90	- 0,37	- 0,35	- 0,35	- 0,34	- 0,32	- 0,30	- 0,30	- 0,32	- 0,34
IV	c - c	0	+ 0,50	- 0,20	- 0,42	- 0,27	-	-	-	-	-
	c - c	45	+ 0,14	- 0,48	- 0,74	- 0,46	-	-	-	-	-
	c - c	90	- 0,20	- 0,2	- 0,2	- 0,2	-	-	-	-	-
	a - a	90	- 0,79	- 1,02	- 1,02	- 0,79	-	-	-	-	-
	b - b	90	- 0,27	- 0,30	- 0,30	- 0,27	-	-	-	-	-



HỆ SỐ SỨC CẢN  $\xi$  VÀ HỆ SỐ LƯU LƯỢNG  $\mu$   
CỦA CÁC LOẠI CỬA NHÀ CÔNG NGHIỆP

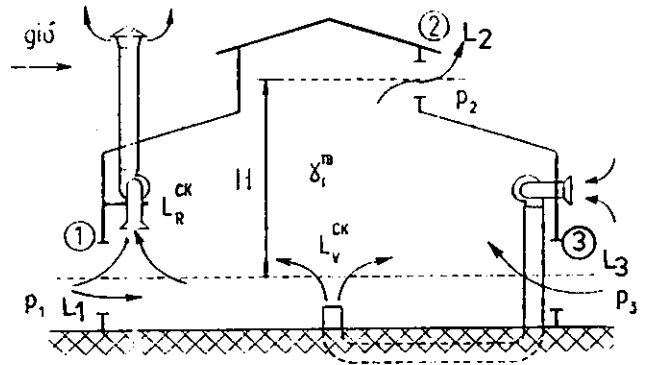
Cấu tạo cánh cửa	Góc mở $\alpha^\circ$	$b/l = 1 : 1$		$b/l = 1 : 2$		$b/l = 1 : \infty$	
		$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$
Cánh đơn - bản lề trên 	15°	16,0	0,25	20,6	0,22	30,8	0,18
	30°	5,65	0,42	6,90	0,38	9,15	0,33
	45°	3,68	0,52	4,00	0,50	5,15	0,44
	60°	3,07	0,57	3,18	0,56	3,54	0,53
	90°	2,59	0,62	2,59	0,62	2,59	0,62
Cánh đơn - bản lề trên 	15°	11,1	0,30	17,3	0,24	30,8	0,18
	30°	4,90	0,45	6,9	0,38	8,60	0,34
	45°	3,18	0,56	4,0	0,50	4,70	0,46
	60°	2,51	0,63	3,07	0,57	3,30	0,55
	90°	2,22	0,67	2,51	0,63	2,51	0,63
Cánh đơn - bản lề giữa 	15°	45,3	0,15	-	-	59,0	0,13
	30°	11,1	0,30	-	-	13,6	0,27
	45°	5,15	0,44	-	-	6,55	0,39
	60°	3,18	0,56	-	-	3,18	0,56
	90°	2,43	0,64	-	-	2,68	0,61
Cánh kép - bản lề trên 	15°	14,8	0,26	30,8	0,18	-	-
	30°	4,90	0,45	9,75	0,32	-	-
	45°	3,83	0,51	5,15	0,44	-	-
	60°	2,96	0,58	3,54	0,53	-	-
	90°	2,37	0,65	2,37	0,65	-	-
Cánh kép - bản lề trên và dưới 	15°	18,8	0,23	45,3	0,15	59,0	0,13
	30°	6,25	0,40	11,1	0,30	17,3	0,24
	45°	3,83	0,51	5,90	0,41	8,6	0,34
	60°	3,07	0,57	4,00	0,50	5,40	0,43
	90°	2,37	0,65	2,77	0,60	2,77	0,60

Ghi chú : 1.  $l$  - chiều dài của băng cửa  
 2.  $\xi$  và  $\mu$  ứng với vận tốc không khí đi qua toàn diện tích cấu tạo  $b \times l$  của cửa;  $\xi = \mu^{-2}$

## 8.8. THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN KẾT HỢP VỚI CƠ KHÍ

Ví dụ ta có phân xưởng với các cửa 1, 2 và 3 (hình 8.19)

Khoảng cách giữa các tâm cửa dưới và cửa mái là  $H$ . Phân xưởng chịu tác dụng của sức gió với vận tốc  $v_g$  m/s. Bên trong xưởng có nhiệt thừa, đồng thời có hệ thống thông gió cơ khí thổi vào với lưu lượng là  $L_V^{CK}$  và hệ thống hút ra bằng cơ khí lưu lượng là  $L_R^{CK}$  m<sup>3</sup>/h. Ta sẽ nghiên cứu xem trong trường hợp này việc trao đổi không khí bằng thông gió tự nhiên sẽ xảy ra như thế nào ?



Hình 8.19 : Sơ đồ thông gió tự nhiên kết hợp với thông gió cơ khí thổi hút chung và cục bộ

Giả sử lượng không khí thổi vào bằng cơ khí không lớn lắm nên ta có thể cho rằng cửa 1 và cửa 3 là cửa gió vào và cửa 2 là cửa gió ra.

Giả định trên sẽ được chứng tỏ là đúng hay sai trong tính toán sau này. Ta có phương trình cân bằng lưu lượng :

$$L_1 + L_3 + L_V^{CK} = L_2 + L_R^{CK}$$

Áp suất thừa bên trong trên mặt phẳng chuẩn đi qua tâm các cửa dưới là  $p_x$ . Trong trường hợp này  $p_x$  trở thành ẩn số chưa biết. Ta có phương trình cân bằng lưu lượng dưới dạng khai triển :

$$\begin{aligned} & \mu_1 F_1 \sqrt{2g\gamma_N(p_1 - p_x)} + \mu_3 F_3 \sqrt{2g\gamma_N(p_3 - p_x)} + L_V^{CK} \\ &= \mu_2 F_2 \sqrt{2g\gamma_R(p_x - p_2^{qu})} + L_R^{CK} \\ &= \mu_2 F_2 \sqrt{2g\gamma_R\{p_x - [p_2 - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB})]\}} + L_R^{CK} \\ &= \mu_2 F_2 \sqrt{2g\gamma_R\{p_x - [p_2 - \frac{H}{2}(\gamma_N - \gamma_R)]\}} + L_R^{CK} \text{ vì } \gamma_T^{TB} \approx \frac{\gamma_N + \gamma_R}{2} \end{aligned}$$

Trong phương trình trên, 2 ẩn số chưa biết là  $p_x$  và  $\gamma_R$  (trong trường hợp diện tích cửa đã biết). Muốn giải phương trình ấy ta giả thiết  $t_R$  (tức là  $\gamma_R$ ) rồi dùng phương pháp dẫn đến trị số gần đúng để tìm ra trị số  $p_x$ . Khi đã xác định được  $p_x$  thì việc tìm các lượng không khí qua các cửa không có gì khó khăn.

Cuối cùng ta có thể dùng phương trình cân bằng nhiệt để kiểm tra lại kết quả tính toán :

$$\begin{aligned} & \sum L_V^{TN} C_p t_N + L_V^{CK} C_p t_N + Q_{th} \\ &= \sum L_R^{TN} C_p t_R + L_R^{CK} C_p t_{vv} \end{aligned}$$

Trong đó :

$\sum L_V^{TN}$ ,  $\sum L_R^{TN}$  - Lưu lượng không khí vào (V) và ra (R) bằng thông gió tự nhiên (TN), kg/h.

$L_V^{CK}, L_R^{CK}$  - Lưu lượng không khí vào và ra bằng thông gió cơ khí (CK), kg/h.

$Q_{th}$  - Lượng nhiệt thừa trong phòng, kcal/h.

Trong phương trình cân bằng nhiệt nêu trên ta nhận rằng tất cả không khí bị hút ra ngoài bởi các hệ thống hút cục bộ bằng cơ khí đều có nhiệt độ như nhau và bằng nhiệt độ vùng làm việc.

## 8.9. CỬA MÁI KHÔNG ĐÓN GIÓ

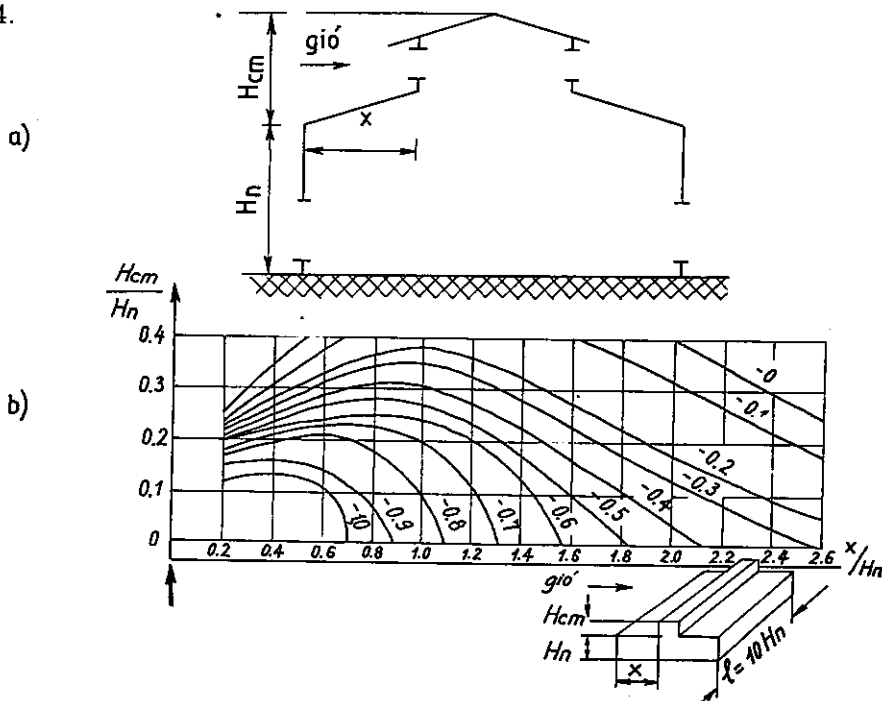
### 8.9.1. Biện pháp tạo áp suất gió âm trên cửa mái

Nếu nhà công nghiệp có cửa mái thì áp suất do gió gây ra trên cửa mái khác hẳn với áp suất do gió gây ra trên tường nhà cùng phía. Ở phía khuất gió của cửa mái ta luôn luôn có áp suất gió âm, còn ở phía đón gió áp suất gió trên cửa mái phụ thuộc rất nhiều yếu tố hình học khác nhau.

Trong trường hợp chung, khi hướng gió trực giao với trục của mái (tức góc giữa chiều gió và trục của mái là  $\alpha = 90^\circ$ ) thì ở phía khuất gió áp suất âm còn ở phía đón gió áp suất dương.

Tuy nhiên nếu cửa mái nằm trong vùng gió bị hút lên bởi rìa trên của tường, tức nằm trong vùng bóng khí động, trên mặt đón gió của nó ta vẫn có áp suất âm.

Thực nghiệm cho thấy rằng với các tỉ số giữa các độ cao  $H_n, H_{cm}$  và khoảng cách  $x$  trên mặt cắt phân xưởng (hình 8.20a) cho ở bảng 8-6 khi gió thổi trực giao với trục của mái ta sẽ có áp suất âm ở phía đón gió của cửa mái và hệ số khí động thấp nhất có thể đạt được là  $k = -0,4$ .



Hình 8.20 : Hệ số khí động trên mặt trước (phía đón gió) của cửa mái.  
a) Mặt cắt phân xưởng ; b) Biểu đồ hệ số khí động  $K$  trên phía đón gió của cửa mái.

TỈ SỐ KÍCH THƯỚC CỦA MÁI ĐẢM BẢO HỆ SỐ KHÍ ĐỘNG ÂM Ở PHÍA ĐÓN GIÓ CỦA CỬA MÁI

$\frac{H_{cm}}{H_n}$	$\frac{x}{H_n}$	$\frac{x}{H_{cm}}$	Chú thích
0,1	0,2 ÷ 1,8	2 ÷ 18	Mặt đón gió của cửa mái nằm trong vùng bóng khí động và hệ số khí động thấp nhất là $k = -0,4$ .
0,2	0,2 ÷ 1,5	1 ÷ 7,5	
0,3	0,7 ÷ 1,0	2,3 ÷ 3,3	

Trường hợp này không khí nóng trong nhà sẽ qua cửa mái mà thoát ra ngoài ở cả 2 phía của nó.

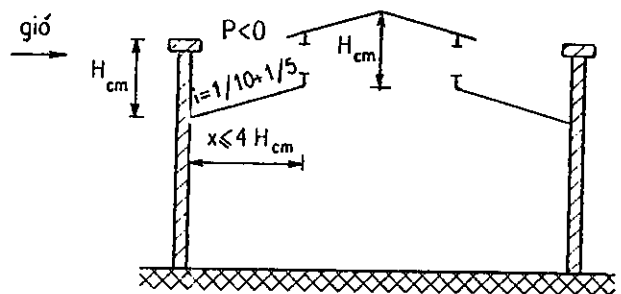
Trường hợp chung hệ số khí động ở phía đón gió của cửa mái có thể tra theo biểu đồ (hình 8.20b).

Nếu phía đón gió của cửa mái chịu áp suất dương thì tốt nhất là cửa ở phía ấy phải đóng lại, nếu không gió sẽ ùa vào nhà cản đường đối với luồng khí nóng và ô nhiễm trong nhà bốc lên, đồng thời có thể làm cho luồng không khí ấy chảy ngược trở lại gây ảnh hưởng xấu đến điều kiện vệ sinh ở vùng làm việc.

Để đảm bảo một cách chắc chắn áp suất âm ở phía đón gió của cửa mái, người ta dùng biện pháp chắn gió trước cửa mái ở cả 2 phía.

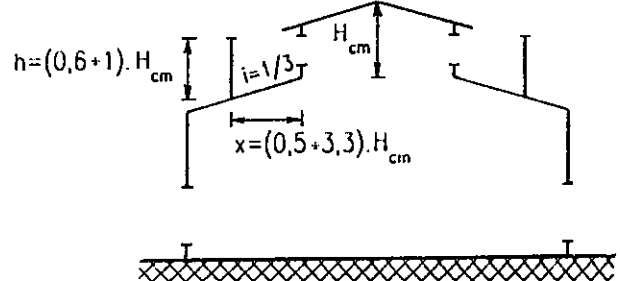
**Chắn gió bằng tường vượt mái :** Nếu mái có độ nghiêng  $i = \frac{1}{10} \div \frac{1}{5}$  và khoảng cách  $x$  từ

trục đứng của tường đến trục đứng của mặt cửa mái nhỏ hơn hoặc bằng 4 lần chiều cao của mái  $x \leq 4H_{cm}$  (hình 8.21) thì chiều cao của đoạn tường vượt mái bằng chiều cao của mái có thể đảm bảo được áp suất âm trên phía đón gió của cửa mái.



Hình 8.21 : Nhà công nghiệp với tường vượt mái để chắn gió

**Tấm chắn gió :** Nếu khoảng cách  $x$  quá lớn ta không lợi dụng được đoạn tường vượt mái để chắn gió vì lúc đó chiều cao của đoạn vượt mái phải rất cao, không phù hợp về mặt kinh tế cũng như kiến trúc. Trường hợp này người ta dùng tấm chắn đặt trên mái để chắn gió.



Hình 8.22 : Tấm chắn gió tạo áp suất âm trên cửa mái

- Khi mái có độ nghiêng  $i = \frac{1}{3}$  thì

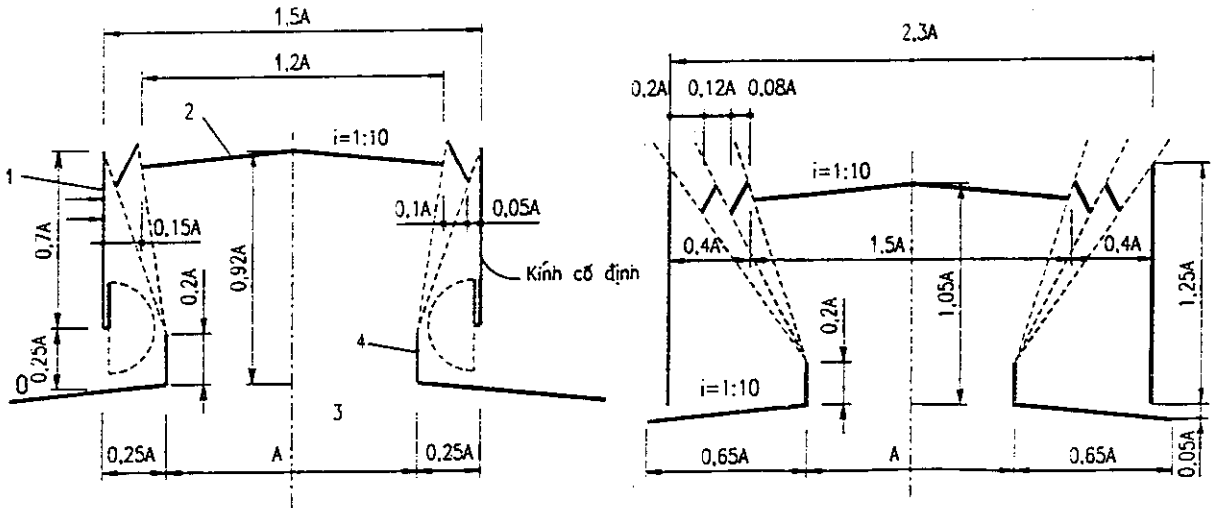
bề cao của tấm chắn  $h = (0,6 \div 1)H_{cm}$  đặt ở khoảng cách  $x = (0,5 \div 3,3)H_{cm}$  cho ta áp suất gió âm ở phía đón gió trước cửa mái. Trường hợp này nếu góc gió thổi  $\alpha = 30^\circ$  hoặc  $60^\circ$  thì  $K = -0,5$  (hình 8.22).

- Khi  $i = \frac{2}{3}$ ;  $h = H_{cm}$  đặt ở khoảng cách  $x = 3,5H_{cm}$  và góc gió thổi  $\alpha = 90^\circ$  cũng sẽ có bóng khí động bao trùm lên cửa mái, tức áp suất âm ở cả 2 mặt cửa mái.

Một phương pháp quy mô hơn để tổ chức thông gió tự nhiên trong các nhà công nghiệp là sử dụng cửa mái hút gió, còn gọi là cửa mái không đón gió hoặc cửa mái thông gió.

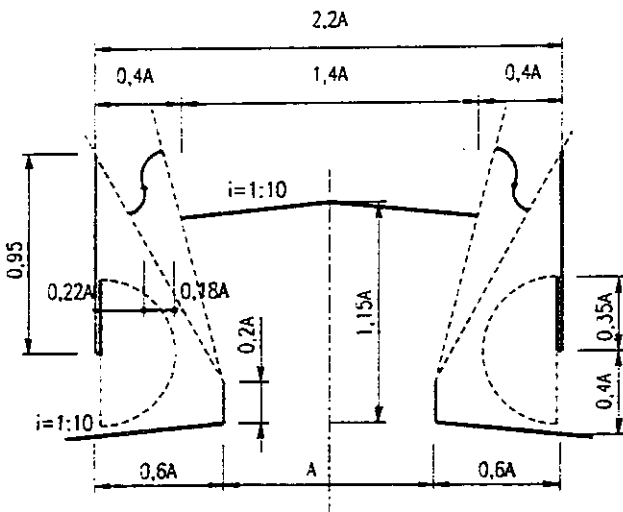
**Cấu tạo cửa mái hút gió :**

Có nhiều loại cấu tạo khác nhau của cửa mái hút gió. Sau đây chỉ nêu ra một số loại cửa mái hút gió phổ biến nhất (hình 8.23).



1- cửa mái MIOT №1

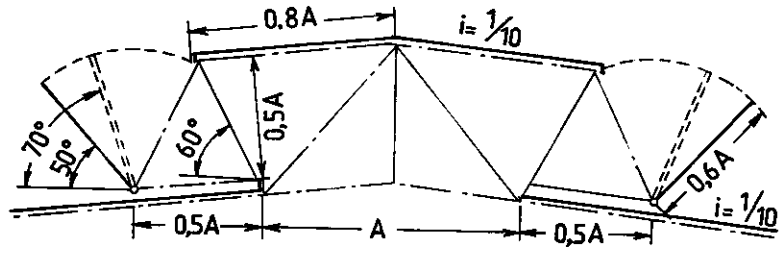
3- cửa mái MIOT №3



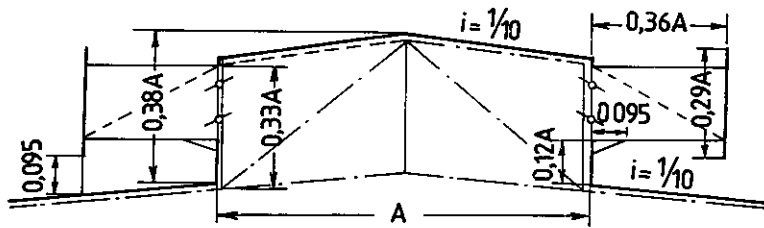
2- cửa mái MIOT №2

- 1- Tấm chân gió
- 2- Mái
- 3- Đáy cửa mái
- 4- Cốt cửa mái

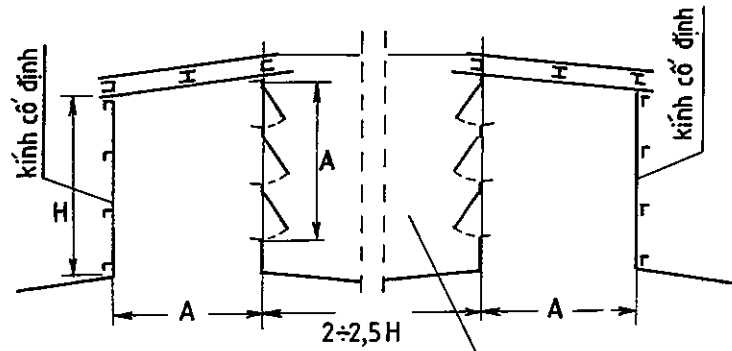
Hình 8.23 : Sơ đồ cấu tạo một số loại cửa mái hút gió phổ biến



4- cửa mái KTIS

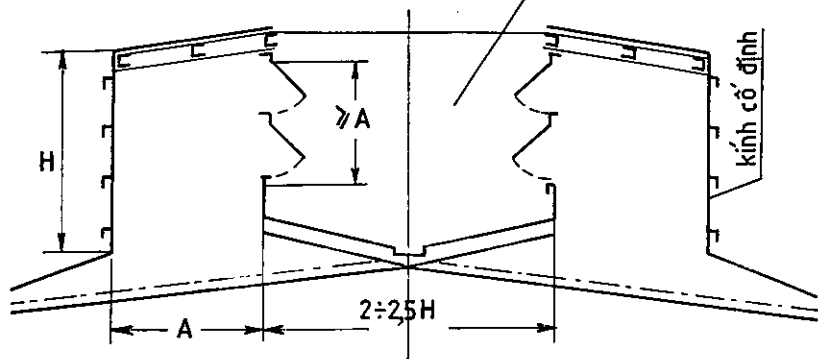


5- cửa mái Len PSP



6- cửa mái Baturin

đầu hồi có tấm chắn

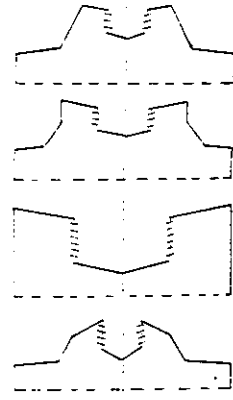


Hình 8.23 : (tiếp theo)

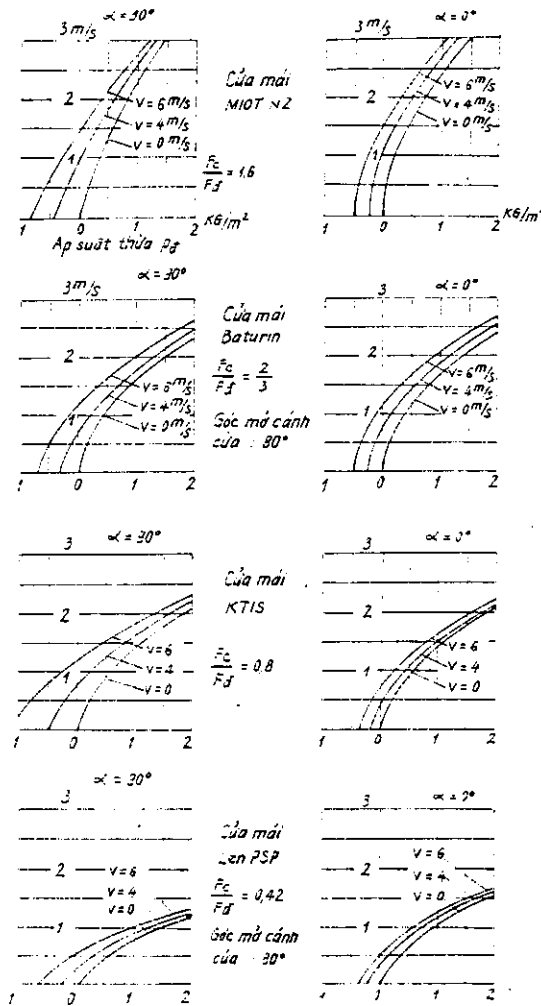
## 8.9.2. Tính toán thông gió tự nhiên cho nhà công nghiệp có cửa mái không đón gió

### 1. Biểu đồ đặc tính của cửa mái không đón gió

Mỗi một cửa mái có cấu tạo nhất định được mô hình hoá và nghiên cứu tính chất khí động của nó (dùng ống khí động để thổi và đo áp suất tại các điểm khác nhau của cửa mái). Kết quả nghiên cứu thực nghiệm được thể hiện thành những biểu đồ gọi là biểu đồ đặc tính: Trên trục hoành và trục tung của biểu đồ lần lượt là áp suất thừa  $P_d$  và vận tốc hút gió  $v_d$  ở đáy cửa mái. Biểu đồ lập cho các góc độ gió khác nhau ( $\alpha = 90^\circ$ : gió thổi trực giao với trục của mái). Mỗi một đường biểu diễn (đường đặc tính) ứng với một trị số vận tốc gió ngoài trời  $v = 0 \div 8 \text{ m/s}$  (hình 8-24).



Hình 8.23 : (tiếp theo)  
7. Một số kiểu biến dạng của cửa mái Baturin



Hình 8.24 : Biểu đồ đặc tính của một số cửa mái hút gió

2. Phương pháp tính toán (sơ đồ tính toán hình 8.25)

Áp suất thừa bên trong ở mặt phẳng đáy cửa mái có thể viết :

$$P_d = P_x + H(\gamma_N - \gamma_T^{TB}), \text{ kG/m}^2 \quad (8-48)$$

Trong đó :

H - Khoảng cách đứng từ mặt phẳng chuẩn đến mặt phẳng cửa mái, m.

$P_x$  : Áp suất thừa bên trong trên mặt phẳng chuẩn,  $\text{kG/m}^2$ .

Nhiệm vụ tính toán : Xác định diện tích  $F_d$  cần thiết của đáy cửa mái và diện tích mở cửa mái  $F_c$ .

Muốn xác định diện tích đáy  $F_d$  và diện tích mở cửa  $F_c$  để đảm bảo lưu lượng trao đổi không khí cần thiết L đã cho, cần giả thiết áp suất thừa trên mặt phẳng chuẩn đi qua tâm các cửa dưới  $p_x$  ( $p_x$  nằm trong khoảng từ  $p_1$  đến  $p_2$ ) hoặc vận tốc gió vào  $v_v$  hay là diện tích cửa gió vào  $F_v = F_{1,2}$ .

Nếu giả thiết diện tích cửa gió vào  $F_v = F_1$  thì áp suất thừa bên trong  $p_x$  có thể xác định từ phương trình :

$$\Delta p_1 = p_1 - P_x = \frac{L_1^2}{\mu_1^2 F_1^2 2g\gamma_N}$$

Từ đó :

$$P_x = p_1 - \frac{L_1^2}{\mu_1^2 F_1^2 2g\gamma_N}, \quad \text{kG/m}^2$$

Trong đó  $p_1$  là áp suất gió ở cửa 1 :

$$p_1 = K_1 \frac{v_g^2}{2g} \gamma_N, \quad \text{kG/m}^2$$

$K_1$  : Hệ số khí động ở cửa 1.

$v_g$  : Vận tốc gió ngoài trời, m/s.

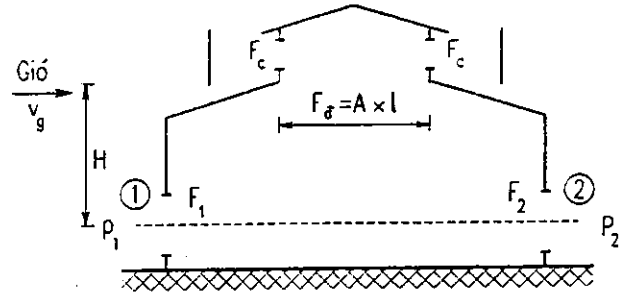
Khi đã biết  $p_x$  ta xác định được áp suất thừa bên trong ở mặt phẳng đáy cửa mái  $p_d$  theo công thức (8-48).

Chọn kiểu cửa mái, dùng biểu đồ đặc tính của nó ứng với vận tốc gió ngoài trời và  $p_d$  đã biết, tra được vận tốc hút gió ở đáy cửa mái  $v_d$ , m/s.

Diện tích cần thiết của đáy cửa mái xác định theo công thức :

$$F_d = \frac{L}{\gamma_R v_d}, \quad \text{m}^2 \quad (8-49)$$

Nếu chiều dài của cửa mái  $l$  đã biết thì bề rộng A của đáy cửa mái xác định được theo công thức :



Hình 8.25 : Sơ đồ nhà công nghiệp với cửa mái không đón gió



$$A = \frac{F_d}{l}, \quad m \quad (8-50)$$

Biết được bề rộng A, ta suy được tất cả các kích thước khác của cửa mái.

Ví dụ : Tính toán thông gió tự nhiên cho nhà công nghiệp (sơ đồ hình 8.25) với các số liệu ban đầu như sau :

$$\begin{aligned} Q_{th} &= 1,5 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}; & H &= 12 \text{ m}; & K_1 &= 0,58; & K_2 &= -0,25; & v_g &= 4 \text{ m/s}; \\ t_N &= 22^\circ\text{C}; & t_{viv} &= 27^\circ\text{C}; & t_R &= 42^\circ\text{C}; & P_{kq} &= 745 \text{ mmHg}; \\ \gamma_N &= 1,173 \text{ kg/m}^3; & \gamma_R &= 1,099 \text{ kg/m}^3; & \gamma_T^{TB} &= 1,125 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

Bề dài cửa mái và cửa gió vào  $l = 50\text{m}$ . Góc gió thổi  $\alpha = 90^\circ$ .

Giải

Xác định lượng không khí trao đổi cần thiết :

$$L = \frac{Q_{th}}{C_p(t_R - t_N)} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{0,24(42 - 22)} = 312500 \text{ kg/h} = 86,8 \text{ kg/s}$$

Tính áp suất gió tác dụng ở các cửa 1 và 2 :

$$p_1 = K_1 \frac{v_g^2}{2g} \gamma_N = +0,58 \cdot \frac{4^2}{19,62} \cdot 1,173 = 0,555 \text{ kG/m}^2$$

$$p_2 = K_2 \frac{v_g^2}{2g} \gamma_N = -0,25 \cdot \frac{4^2}{19,62} \cdot 1,173 = -0,239 \text{ kG/m}^2$$

Giả thiết áp suất thừa bên trong ở mặt phẳng đi qua tâm các cửa dưới là  $p_x = -0,3 \text{ kG/m}^2$

Trong trường hợp này cả 2 cửa 1 và 2 đều là cửa gió vào, đó là sơ đồ lưu thông không khí tốt nhất.

Xác định áp suất thừa ở đáy cửa mái  $p_d$  :

$$p_d = p_x + H(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = -0,3 + 12(1,173 - 1,125) = -0,25 \text{ kG/m}^2.$$

Chọn cửa mái MIOT N<sup>o</sup>2, dùng biểu đồ đặc tính ứng với góc gió  $\alpha = 90^\circ$ ;  $v_g = 4\text{m/s}$ . Khi  $p_d = -0,25 \text{ kG/m}^2$  ta tìm được vận tốc hút gió ở đáy cửa mái là :  $v_d = 0,5 \text{ m/s}$ .

Diện tích của đáy cửa mái :

$$F_d = \frac{L}{\mu v_d \gamma_R} = \frac{86,8}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 1,099} = 263 \text{ m}^2$$

Nếu bề dài của cửa mái là  $l = 50\text{m}$  thì bề rộng A của đáy cửa mái là :

$$A = \frac{F_d}{l} = \frac{263}{50} = 5,3 \text{ m}$$

Biết được kích thước A của cửa mái ta suy được tất cả các kích thước khác của nó.

Bây giờ ta xác định diện tích các cửa 1 và 2 để đảm bảo được áp suất thừa  $p_x = -0,3 \text{ kG/m}^2$  đã giả thiết.

$$\Delta p_1 = p_1 - p_x = 0,555 - (-0,3) = +0,855 \text{ kG/m}^2$$

$$\Delta p_2 = p_2 - p_x = -0,239 - (-0,3) = +0,061 \text{ kG/m}^2$$

Ta cho rằng không khí phân bố đều ở 2 cửa 1 và 2, tức là :

$$L_1 = L_2 = \frac{L}{2} = \frac{86,8}{2} = 43,4 \text{ kg/s.}$$

Diện tích cửa 2 (cửa cánh quay theo trục ngang ở giữa, lúc mở hoàn toàn  $\mu = 0,64$ ).

$$F_2 = \frac{L_2}{\mu_2 \sqrt{2g \Delta p_2 \gamma_N}} = \frac{43,4}{0,64 \sqrt{19,62 \cdot 0,061 \cdot 1,173}} = 57 \text{ m}^2$$

Chiều cao cửa 2 khi bề dài là  $l = 50 \text{ m}$  :

$$h = \frac{F_2}{l} = \frac{57}{50} = 1,14 \text{ m}$$

Để phòng khi gió đổi chiều, ta lấy chiều cao của cửa 1 cũng bằng chiều cao cửa 2 :  $h_1 = h_2 = 1,14 \text{ m}$ , tức  $F_1 = F_2 = 57 \text{ m}^2$ .

Diện tích của cửa 1 cần thiết để đảm bảo lưu lượng  $L = 43,4 \text{ kg/s}$  là (có kể đến hệ số lưu lượng) :

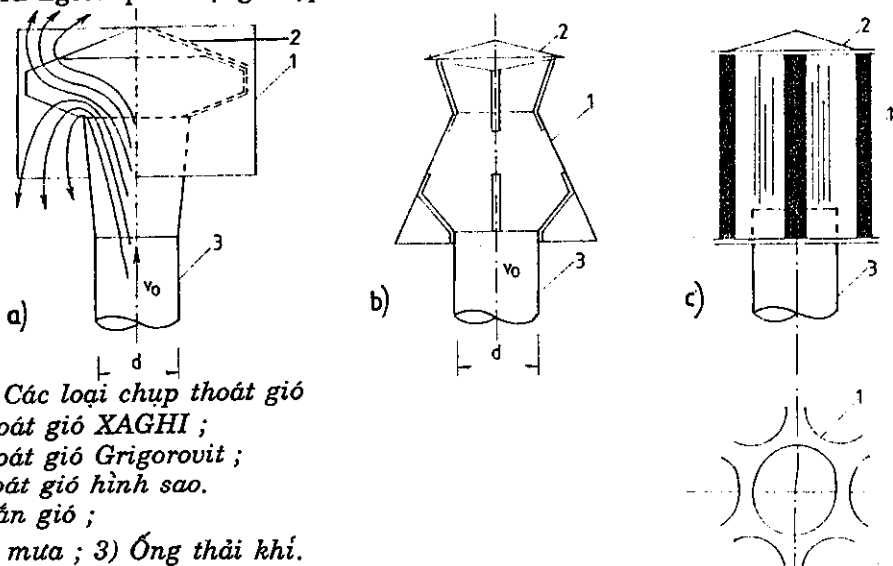
$$\mu_1 F_1 = \frac{L_1}{\sqrt{2g \Delta p_1 \gamma_N}} = \frac{43,4}{\sqrt{19,62 \cdot 0,855 \cdot 1,173}} = 9,8 \text{ m}^2 \rightarrow \mu_1 = \frac{9,8}{57} = 0,172$$

Như vậy ta chỉ cần mở các cánh cửa 1 dưới một góc khoảng  $20^\circ$  (xem bảng 8-5).

## 8.10. CHỤP THOÁT GIÓ

Chụp thoát gió cũng là một loại thiết bị dùng để thực hiện thông gió tự nhiên trong trường hợp nhà không có cửa mái.

Đặc điểm cấu tạo của chụp thoát gió là miệng thải gió của chụp được bao bọc xung quanh bằng một vành hình trụ hoặc hình chóp cụt 1. Vành này có tác dụng như tấm chắn gió, khi gió thổi đập vào vành luồng gió bị hất lên trên hoặc xuống dưới và tạo được bóng khí động ở miệng thải của chụp, nhờ đó áp suất gió ở miệng thải có giá trị âm và không khí bên trong bị hút thải ra ngoài qua miệng chụp (hình 8.26).



Hình 8.26 : Các loại chụp thoát gió

a) Chụp thoát gió XAGHI ;

b) Chụp thoát gió Grigorovit ;

c) Chụp thoát gió hình sao.

1) Vành chắn gió ;

2) Nón khe mưa ; 3) Ống thải khí.

Người ta đặt chụp thoát gió trên mái nhà, lắp trên một ống nối đứng như ống khói.

Áp suất thừa trong chụp thoát gió dưới tác dụng của nhiệt thừa trong phòng :

$$P_{nh} = P_{th} + H_{ch}(\gamma_N - \gamma_{ch}), \quad \text{kG/m}^2 \quad (8-51)$$

Trong đó :

$P_{th}$  : Áp suất thừa bên trong ở miệng vào dưới cùng của ống nối vào chụp,  $\text{kG/m}^2$ .

$H_{ch}$  : Chiều cao của chụp kể cả chiều cao của ống nối đứng, m.

$\gamma_N$  và  $\gamma_{ch}$  : Trọng lượng đơn vị của không khí ngoài trời và không khí trong chụp,  $\text{kg/m}^3$ .

Ngoài sức hút do nhiệt thừa tạo ra, còn có sức hút do gió nữa :

$$P_g = K \frac{v_g^2}{2g} \gamma_N, \quad \text{kG/m}^2 \quad (8-52)$$

Sức cản thủy lực của chụp thoát gió gồm có :

- 1 - Ở miệng vào của ống dẫn đến chụp
- 2 - Tổn thất ma sát trong ống nối đứng
- 3 - Tổn thất trong chụp thoát gió

Tất cả tổn thất trên có thể biểu diễn theo áp suất động ứng với vận tốc trong ống nối đứng  $v_o$ .

$$\Delta p = \left( \xi_v + \lambda \frac{h}{d} + \xi_{ch} \right) \frac{v_o^2}{2g} \gamma_{ch}, \quad \text{kG/m}^2 \quad (8-53)$$

Trong đó :

$\xi_v, \xi_{ch}$  - Hệ số sức cản cục bộ chỗ miệng vào của ống nối và của bản thân chụp thoát gió.

$h, d$  : Chiều cao và đường kính của đoạn ống nối đứng, m.

Ta phải có điều kiện :

$$P_{nh} + P_g = \left( \xi_v + \lambda \frac{h}{d} + \xi_{ch} \right) \frac{v_o^2}{2g} \gamma_{ch} \quad (8-54)$$

Từ đó ta rút được vận tốc gió trong ống nối đến chụp thoát gió.

$$v_o = 4,43 \sqrt{\frac{P_{nh} + P_g}{\gamma_{ch} \left( \xi_v + \lambda \frac{h}{d} + \xi_{ch} \right)}} \quad (8-55)$$

Biểu đồ đặc tính không thứ nguyên của chụp thoát gió (hình 8.27) :

Trục hoành :  $\bar{v} = \frac{v_o}{v_g}$

Trục tung :  $\bar{p} = \frac{\Delta p}{\frac{v_g^2}{2g} \gamma}$

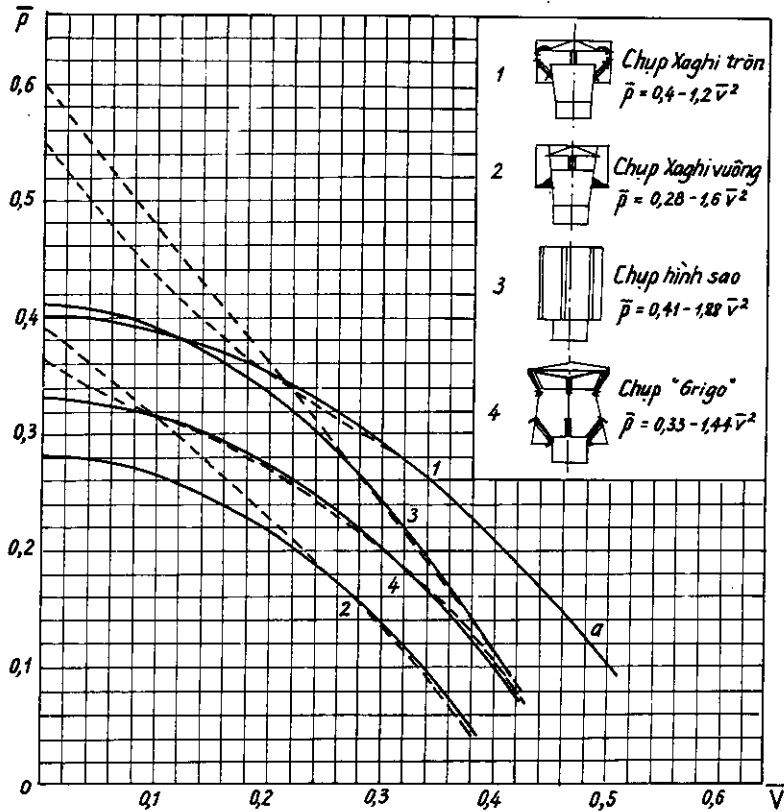
Chụp thoát gió được thực nghiệm trong các ống khí động. Kết quả thực nghiệm cho ta các số liệu sau :

- Đối với chụp thoát gió tiết diện tròn kiểu XAGHI :

$$K = 0,4 \text{ và } \xi_{ch} = 1,2$$

- Đối với chụp thoát gió tiết diện vuông kiểu XAGHI :

$$K = 0,28 \text{ và } \xi_{ch} = 1,6$$



Hình 8.27 : Biểu đồ đặc tính của chụp thoát gió thông dụng

Ví dụ 1 : Xác định đường kính của chụp thoát gió kiểu XAGHI tròn ; cho biết lượng không khí cần thải ra ngoài :  $L = 1800 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $v_g = 3,6 \text{ m/s}$  ;  $t_R = 30^\circ\text{C}$  ;  $t_N = 20^\circ\text{C}$  ;  $P_{kq} = 760 \text{ mmHg}$ .

Chụp thoát gió đặt ngay trên mái nhà. Áp suất thừa bên trong trước chụp không đáng kể ( $p_{th} = 0$ ).

$$\text{Áp suất động của gió : } \frac{v_g^2}{2g} \gamma_N = \frac{3,6^2}{19,62} \cdot 1,205 = 0,795 \text{ kG/m}^2$$

Chiều cao của ống nối không đáng kể nên sức cản của ống nối  $\approx 0$ , ta chỉ kể đến tổn thất ở miệng vào, tức là  $\xi_v = 0,5$ .

Áp dụng công thức (8-55) ta có :

$$v_o = 4,43 \sqrt{\frac{0,4 \cdot 0,795}{1,165(0,5 + 1,2)}} = 1,77 \text{ m/s}$$

Ghi chú :  $\gamma_{ch} = \gamma_{30^\circ} = 1,165 \text{ kg/m}^3$

Diện tích tiết diện ngang của ống nối đứng :

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v_o} = \frac{1800}{3600 \cdot 1,77} = 0,282 \text{ m}^2 \rightarrow d = 600 \text{ mm}$$

Ví dụ 2 : Cũng như trên nhưng chiều cao của ống nối đứng  $h = 4 \text{ m}$ , áp suất thừa bên trong ở tại miệng vào của ống nối :  $p_{th} = + 0,4 \text{ kG/m}^2$ .

Trường hợp này chưa biết đường kính ống nối nên không thể dùng công thức để tính ra  $v_o$  ngay được. Phải dùng phương pháp dẫn đến trị số gần đúng.

Giả thiết  $d' = 600 \text{ mm}$ , lúc bấy giờ :

$$\begin{aligned} P_{nh} &= P_{th} + K(\gamma_N - \gamma_{ch}) \\ &= + 0,4 + 4(1,205 - 1,165) \\ &= 0,4 + 0,16 = 0,56 \text{ kG/m}^2 \end{aligned}$$

Nhận  $\lambda = 0,02$ , lúc đó :

$$v'_o = 4,43 \sqrt{\frac{0,56 + 0,4 \cdot 0,795}{1,165 \left( 0,5 + 0,02 \frac{4}{0,6} + 1,2 \right)}} = 2,83 \text{ m/s}$$

Diện tích tiết diện ống nối :

$$F = \frac{1800}{3600 \cdot 2,83} = 0,176 \text{ m}^2 \rightarrow d = 475 < 600 \text{ mm}$$

Nếu nhận  $d = 475 \text{ mm}$ , ta có :

$$v_o = 4,43 \sqrt{\frac{0,56 + 0,4 \cdot 0,795}{1,165 \left( 0,5 + 0,02 \frac{4}{0,475} + 1,2 \right)}} = 2,80 \text{ m/s}$$

nhỏ hơn trị số  $v'_o$  tính được ở trên khoảng 1%, do đó đường kính  $d = 475 \text{ mm}$  thỏa mãn được yêu cầu.

## 8.11. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN BẰNG BIỂU ĐỒ

### 8.11.1. Thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió

Phương pháp tính toán thông gió tự nhiên bằng biểu đồ do GS. E. I. Retter và S. I. Strijenov đề xuất dựa trên cơ sở lý thuyết tính toán thông gió tự nhiên cho nhà công nghiệp một khẩu độ dưới tác dụng của gió [33].

#### 1. Trường hợp nhà có 2 cửa diện tích bằng nhau

Trường hợp đơn giản nhất là khi nhà có 2 cửa 1 và 2 theo sơ đồ mặt cắt hình 8.8. Từ mục 8.3.2 ta đã biết lưu lượng gió vào và gió ra qua cửa 1 và 2 được biểu diễn bằng các biểu thức sau đây :

$$L_1 = \mu_1 F_1 \sqrt{2g\gamma (p_1 - p_x)} , \text{ kg/s}$$

và

$$L_2 = \mu_2 F_2 \sqrt{2g\gamma (p_x - p_2)} , \text{ kg/s}$$

Nếu biểu diễn  $p_x$  thông qua áp suất động của gió  $p_d^g = \frac{v_g^2}{2g} \gamma$  giống như áp suất do gió gây ra tại các điểm trên mặt ngoài của nhà, ta sẽ có :

$$p_1 = K_1 \cdot p_d^g, \quad \text{kG/m}^2$$

$$p_2 = K_2 \cdot p_d^g, \quad \text{kG/m}^2$$

$$p_x = K_x \cdot p_d^g, \quad \text{kG/m}^2$$

(8-56)

Trong đó  $K_1$  và  $K_2$  như đã biết là hệ số khí động của gió tại tâm các cửa tương ứng 1 và 2. Còn  $K_x$  - một cách quy ước được xem là hệ số khí động ứng với áp suất thừa bên trong nhà  $p_x$ .

Vì chỉ có gió, không có nhiệt thừa nên  $\gamma_N = \gamma_T = \gamma \text{ kg/m}^3$ .

Thay các giá trị của  $p_1$ ,  $p_2$  và  $p_x$  vào biểu thức lưu lượng nêu trên, đồng thời xem rằng diện tích các cửa cũng như hệ số lưu lượng bằng nhau :  $F_1 = F_2 = F$  và  $\mu_1 = \mu_2 = 0,65$ , từ điều kiện cân bằng lưu lượng  $L_1 = L_2 = L$ , ta sẽ có :

$$\frac{L}{v_g \gamma F} = 0,65 \sqrt{K_1 - K_x} \quad (8-57)$$

$$\text{và } \frac{L}{v_g \gamma F} = 0,65 \sqrt{K_x - K_2} \quad (8-58)$$

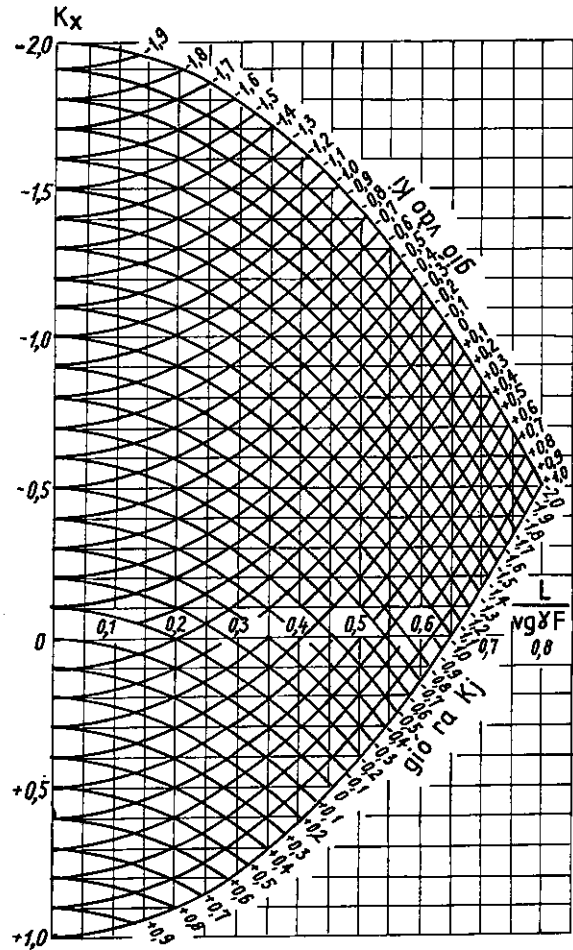
Trên cơ sở các công thức này ta có thể lập biểu đồ mà trục hoành là giá trị  $\frac{L}{v_g \gamma F}$  và trục tung là  $K_x$  (hình 8.28).

Bằng cách lần lượt cho  $K_1 = K_1$  những giá trị khác nhau, theo (8-57) ta vẽ được hệ thống đường cong gọi là đường cong "gió vào". Cũng tương tự như vậy từ công thức (8-58) ta sẽ có hệ thống đường cong "gió ra" ứng với các giá trị  $K_2 = K_2$  khác nhau.

Điều kiện cân bằng lưu lượng có thể viết lại như sau :

$$0,65 \sqrt{K_1 - K_x} = 0,65 \sqrt{K_x - K_2} \quad (8-59)$$

Từ kết quả thu được trên đây, ta có thể phát biểu như sau : Phương trình (8-59) sẽ được thỏa mãn trong trường hợp đường cong "gió vào"  $K_1$  cắt đường cong "gió ra"  $K_2$  tại một



Hình 8.28 : Biểu đồ tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió 2.

điểm. Tung độ của điểm giao nhau cho ta "hệ số khí động" bên trong nhà  $K_x$  còn hoành độ cho ta trị số  $x = \frac{L}{v_g \gamma F}$ , từ đó ta xác định được lưu lượng thông gió :

$$L = x v_g \gamma F, \quad \text{kg/s} \quad (8-60)$$

Để tính toán trong trường hợp này cần biết trước vận tốc gió  $v_g$  và diện tích cửa  $F$ .

Ví dụ : cho biết  $K_1 = +0,6$ ,  $K_2 = -1,1$ ,  $v_g = 3 \text{ m/s}$ ,  $F = 50 \text{ m}^2$ ,  $\gamma = 1,2 \text{ kg/m}^3$ . Tại điểm cắt nhau của 2 đường cong  $K_1 = +0,6$  và  $K_2 = -1,1$  ta đọc được :

$$K_x = -0,25 \text{ và } x = 0,6$$

$$\text{Vậy } L = 0,6.3.1,2.50 = 108 \text{ kg/s} = 388800 \text{ kg/h}$$

Kết quả tính toán thu được trên đây là ứng với trường hợp khi hệ số lưu lượng  $\mu = 0,65$  - giá trị dùng để lập biểu đồ. Khi góc mở  $\alpha$  của cửa thay đổi bất kì thì hệ số lưu lượng sẽ là  $\mu_\alpha$  và lúc đó ta cần đưa vào hệ số hiệu chỉnh  $\frac{\mu_\alpha}{0,65}$  để tính lưu lượng thông gió, ví dụ đối với cửa gió vào ta có :

$$L_1 = \frac{\mu_\alpha}{0,65} v_g \gamma F \sqrt{K_1 - K_x}, \quad \text{kg/s} \quad (8-61)$$

2. Trường hợp nhà có 3 cửa diện tích bằng nhau :

Giả sử cửa 1 là cửa gió vào và 2 cửa kia là cửa gió ra, ta có :

$$L_1 = L_2 + L_3$$

chia cả 2 vế của đẳng thức cho  $v_g \gamma F$  ta thu được :

$$\frac{L_1}{v_g \gamma F} = \frac{L_2}{v_g \gamma F} + \frac{L_3}{v_g \gamma F} \quad (8-62)$$

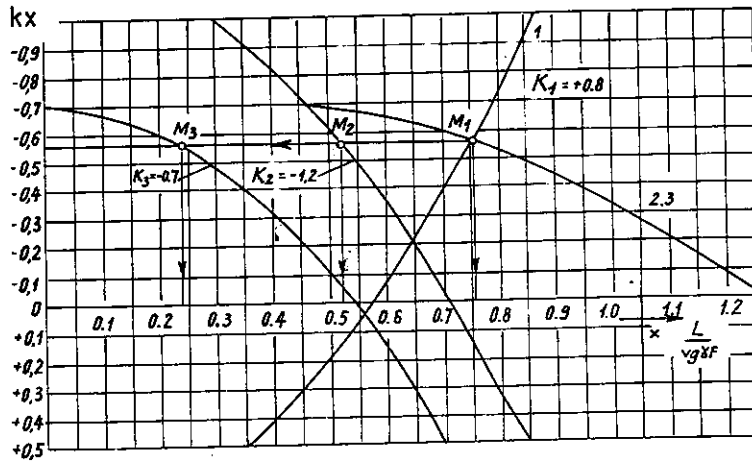
Vế trái của đẳng thức (8-62) là trị số hoành độ của đường cong "gió vào" ứng với cửa 1 còn vế phải là hoành độ của 2 đường cong "gió ra" thuộc 2 cửa 2 và 3.

Điều kiện cân bằng lưu lượng sẽ được thỏa mãn khi hoành độ của đường cong "gió vào" bằng tổng hoành độ của 2 đường cong "gió ra". Từ đó ta rút ra phương pháp giải bằng biểu đồ bài toán thông gió tự nhiên cho nhà có nhiều cửa như sau : Cộng hoành độ của các cửa gió vào/cửa gió ra ta được đường cong tổng "gió vào"/"gió ra", điểm giao nhau của 2 đường cong tổng cho ta kết quả tính toán.

Trên hình 8.29 là ví dụ minh họa cho phương pháp vừa nêu trên : cửa 1 - gió vào, cửa 2 và 3 - gió ra. Hệ số khí động tại tâm các cửa :  $K_1 = +0,8$  ;  $K_2 = -1,2$  ;  $K_3 = -0,7$ . Các đường cong ứng với các giá trị  $K_1$  và  $K_2$  được trích ra từ biểu đồ gốc hình 8.28. Cộng hoành độ của 2 đường  $K_1 = K_2$  và  $K_3$ , ta được đường cong tổng "gió ra". Đường này cắt đường cong "gió vào"  $K_1$  tại  $M_1$  với tọa độ  $K_x = -0,56$  và  $x_1 = 0,76$ . Từ đó ta tính được :  $L_1 = 0,76 v_g \gamma F \text{ kg/s}$ . Lưu lượng không khí ra của từng cửa 2 và 3 cũng có thể xác định bằng biểu đồ : Từ điểm  $M_1$  ta dựng ngang sẽ được các điểm  $M_2$  và  $M_3$  trên các đường  $K_2$  và  $K_3$ , hoành độ của chúng là :  $x_2 = 0,52$  và  $x_3 = 0,24$ . Từ đó ta xác định được :  $L_2 = 0,52 v_g \gamma F$  và  $L_3 = 0,24 v_g \gamma F \text{ kg/s}$ .

3. Trường hợp nhà có 2 cửa diện tích khác nhau :

Giả thiết nhà có 2 cửa  $F_1$  và  $F_2$  mà  $F_1 = \beta F_2$ . Đặt  $F_2 = F$ , do đó  $F_1 = \beta F$ .



Hình 8.29 : Tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió bằng biểu đồ cho trường hợp nhà có 3 cửa diện tích bằng nhau

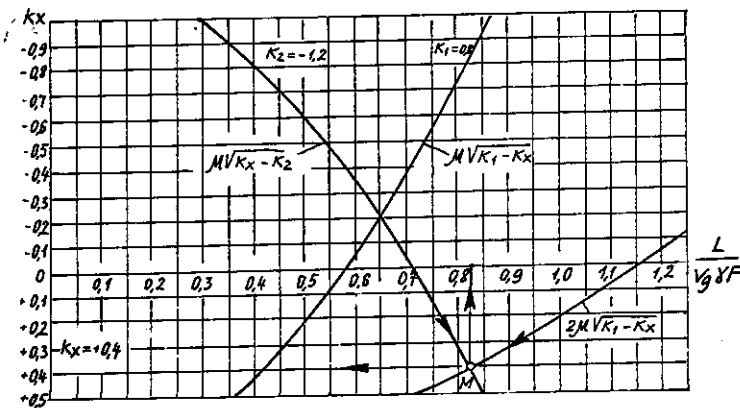
Thay các trị số diện tích cửa vào các công thức (8-57) và (8-58) ta có :

$$\frac{L}{\beta v_g \gamma F} = 0,65 \sqrt{K_1 - K_x} \quad (8-63)$$

và

$$\frac{L}{v_g \gamma F} = 0,65 \sqrt{K_x - K_2} \quad (8-64)$$

Để được cụ thể và đơn giản, ta xem xét trường hợp  $\beta = 2$ , lúc đó vế trái của phương trình (8-63) bằng một nửa vế trái của phương trình (8-64). Muốn cân bằng 2 vế trái của 2 phương trình trên ta cần nhân hoành độ của đường cong "gió vào"  $K_1$  lên  $\beta = 2$  lần, kết quả ta sẽ được đường cong chính thức của cửa gió vào  $F_1$ . Giao điểm của 2 đường cong "gió vào" và "gió ra" cho ta lời giải của bài toán. Trên hình 8.30 là ví dụ khi  $K_1 = +0,8$  ;  $K_2 = -1,2$  và  $F_1 = 2F_2$ . Tọa độ của giao điểm M cho biết :  $K_x = +0,4$  và  $x = \frac{L}{v_g \gamma F} = 0,825$ . Vậy  $L_1 = L_2 = L = 0,825 v_g \gamma F = 0,825 v_g \gamma F_2$  kg/s.



Hình 8.30 : Biểu đồ tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió cho nhà có 2 cửa diện tích khác nhau  $F_1 = 2F_2$



Bằng lập luận trình bày trên đây ta có thể mở rộng bài toán cho trường hợp số cửa gió vào và gió ra bất kì và diện tích của chúng cũng có thể bằng nhau hoặc khác biệt nhau.

### 8.11.2. Thiết lập biểu đồ tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa

Ta có thể vận dụng lập luận về tính toán thông gió tự nhiên bằng biểu đồ khi chỉ có gió vào và trường hợp chỉ có nhiệt thừa.

Đối với nhà có 2 cửa như thể hiện ở hình 8.3, từ các biểu thức (a), (b) và (d) trong mục 8.2.2, ta có thể viết :

$$L_1 = \mu_1 F_1 \gamma_N \sqrt{2g \frac{\gamma_N - \gamma_T^{TB}}{\gamma_N} H_1} , \quad \text{kg/s} \quad (8-65)$$

và

$$L_2 = \mu_2 F_2 \gamma_R \sqrt{2g \frac{\gamma_N - \gamma_T^{TB}}{\gamma_R} H_2} , \quad \text{kg/s} \quad (8-66)$$

Các quan hệ của trọng lượng không khí nằm dưới cân của các biểu thức trên có thể được biến đổi như sau :

Trong biểu thức (8-65) :

$$1 - \frac{\gamma_T^{TB}}{\gamma_N} = 1 - \frac{T_N}{T_T^{TB}} = \frac{T_T^{TB} - T_N}{T_T^{TB}} = \frac{\Delta T}{T_N} \cdot \frac{T_N}{T_T^{TB}} \quad (8-67)$$

Trong biểu thức (8-66) :

Một cách gần đúng có thể xem  $\gamma_R \approx \gamma_T^{TB}$ , lúc đó :

$$\frac{\gamma_N - \gamma_T^{TB}}{\gamma_R} \approx \frac{\gamma_N}{\gamma_T^{TB}} - 1 = \frac{T_T^{TB}}{T_N} - 1 = \frac{T_T^{TB} - T_N}{T_N} = \frac{\Delta T}{T_N} \quad (8-68)$$

Trong đó :

$T_N, T_T^{TB}$  - lần lượt là nhiệt độ tuyệt đối của không khí bên ngoài và không khí trong nhà, °K.

Vì tỉ số  $\frac{T_N}{T_T^{TB}} \approx 1$ , nên ta có thể viết :

$$1 - \frac{\gamma_T^{TB}}{\gamma_N} \approx \frac{\gamma_N}{\gamma_T^{TB}} - 1 = \frac{\Delta T}{T_N} \quad (8-69)$$

Thay giá trị vừa tìm được vào (8-65) và (8-66) đồng thời xem  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ , ta thu được :

$$L_1 = \mu F_1 \gamma_N \sqrt{2g \frac{\Delta T}{T_N} \sqrt{H_1}} \quad (8-70)$$

$$L_2 = \mu F_2 \gamma_R \sqrt{2g \frac{\Delta T}{T_N} \sqrt{H_2}} \quad (8-71)$$

Nếu ký hiệu  $Z_0, Z_1$  và  $Z_2$  lần lượt là độ cao của mặt phẳng trung hòa, tâm cửa 1 và tâm cửa 2 so với mặt nền (xem hình 8.3) ; tiếp theo một cách gần đúng ta nhận  $\gamma_N \approx \gamma_R = \gamma$ , ta sẽ có :

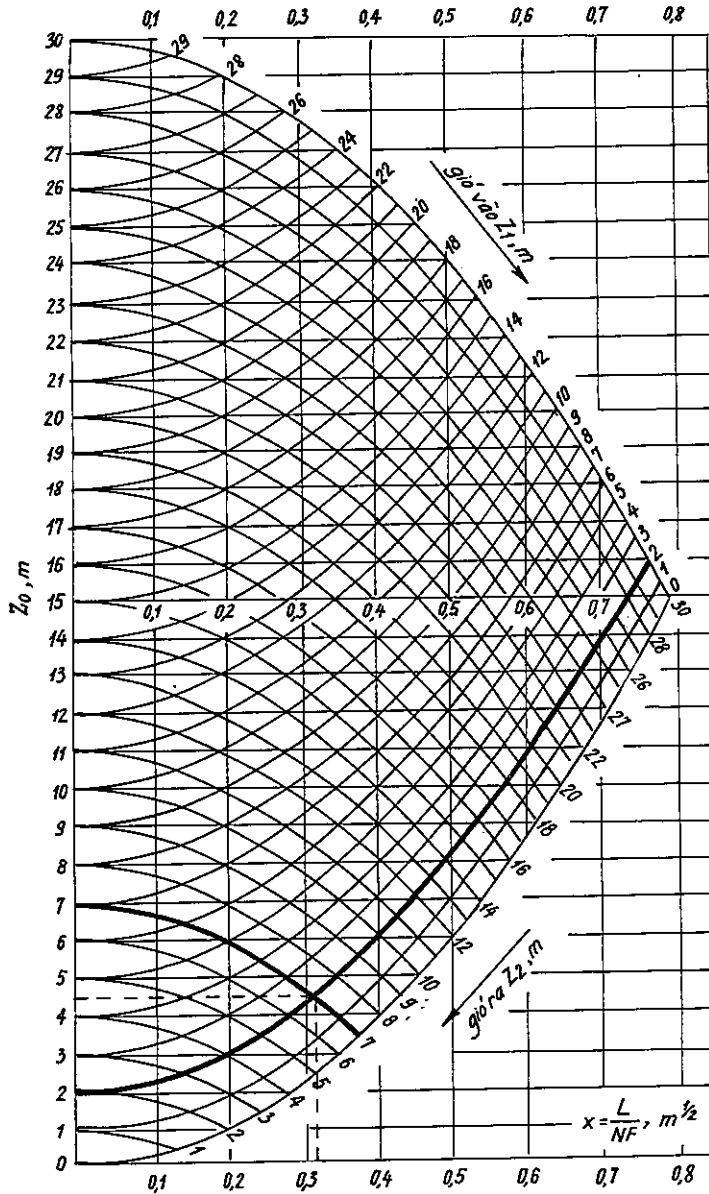
$$\frac{L_1}{N \cdot F_1} = \mu \sqrt{Z_0 - Z_1} \quad (8-72)$$

và

$$\frac{L_2}{N \cdot F_2} = \mu \sqrt{Z_2 - Z_0} \quad (8-73)$$

với

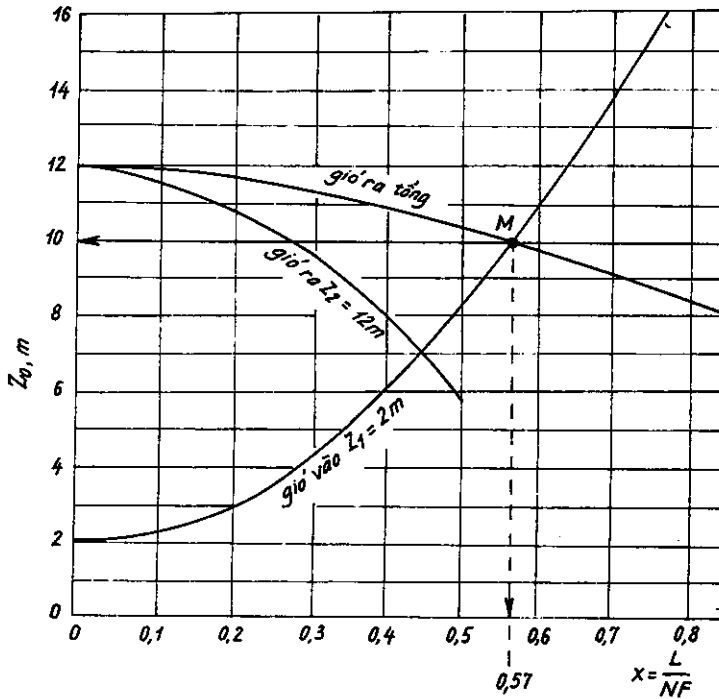
$$N = \gamma \sqrt{2g \frac{\Delta T}{T_N}} \quad (8-74)$$



Hình 8.31 : Biểu đồ xác định cao của mặt phẳng trung hòa và lưu lượng thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa.  
(Biểu đồ được lập với  $\mu = 0,2$ )

Đối chiếu 2 phương trình (8-72) và (8-73) với (8-57) và (8-58), ta thấy chúng hoàn toàn tương tự nhau, do đó ta có thể lập biểu đồ có dạng tương tự như biểu đồ hình 8.28. Điều khác biệt ở đây là trục hoành của biểu đồ sẽ là  $x = \frac{L}{NF}$ , còn trục tung là độ cao  $Z_0$  của mặt phẳng trung hòa kể từ mặt nền. Các đường cong ứng với các giá trị  $Z_1$  và  $Z_2$  khác nhau một cách tương ứng là đường cong "gió vào" và "gió ra" (hình 8.31).

Ví dụ 1 : Tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa cho nhà công nghiệp với các số liệu ban đầu cho ở ví dụ 2 mục 8.2.2.



Hình 8.32 : Tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa cho nhà có 2 cửa diện tích khác nhau.

Giải : Nếu  $Z_1 = 2\text{m}$ , ta có :  $Z_2 = 12\text{m}$ . Trên hình 8.32 ta có 2 đường cong trích ra từ biểu đồ gốc 8.31 : đường "gió vào" ứng với  $Z_1 = 2\text{m}$  và đường "gió ra" ứng với  $Z_2 = 12\text{m}$ .

Vì  $F_2 = 2F_1$ , theo nguyên tắc đã rút ra được ở điểm 3 mục 8.11.1, ta cần nhân hoành độ của đường "gió ra" lên 2 lần, kết quả ta được đường cong "gió ra" tổng. Đường này cắt đường "gió vào" tại M. Ta đọc được :  $x = 0,57$  và  $Z_0 = 10\text{m}$ .

Trị số N :

$$N = 1,2 \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{(29 - 20)}{2 \cdot 73 + 20}} = 0,93$$

$$L'_1 = L'_2 = xNF_1 = 0,57 \cdot 0,93 \cdot 10 = 5,3 \text{ kg/s}$$

Ứng với  $\mu = 0,65$ , kết quả sẽ là :

$$L_1 = \frac{0,65}{0,2} \cdot L' = \frac{0,65}{0,2} \cdot 5,3 = 17,22 \text{ kg/s}$$

Khoảng cách từ tâm cửa 1 và cửa 2 đến mặt phẳng trung hòa :

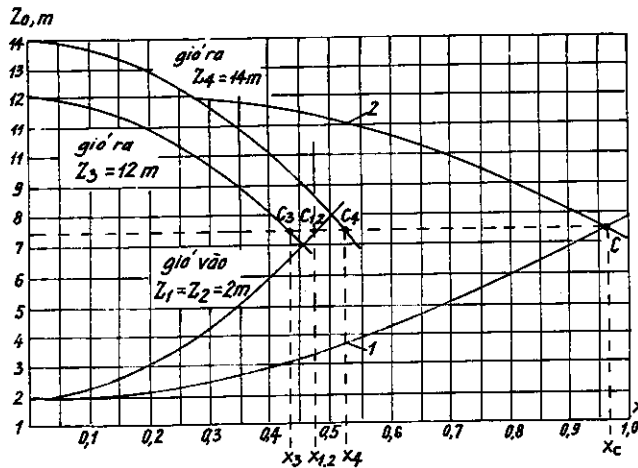
$$H_1 = Z_0 - Z_1 = 10 - 2 = 8 \text{ m}$$

$$H_2 = 10 - H_1 = 10 - 8 = 2 \text{ m}$$

So sánh với kết quả tính được ở ví dụ đối chứng (ví dụ 2, mục 8.2.2), ta thấy sai số nằm trong phạm vi cho phép (sai số về lưu lượng < 5%, về vị trí mặt phẳng trung hòa < 1%).

Ví dụ 2 : Nhà có 4 cửa, diện tích đều bằng  $20\text{m}^2$ . Nhiệt độ không khí  $t_N = 22^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{TB}} = 31^\circ\text{C}$ . Độ cao từ mặt nền đến tâm các cửa :  $Z_1 = Z_2 = 2\text{m}$ ,  $Z_3 = 12\text{m}$ ,  $Z_4 = 14\text{m}$ .

Giải : Trên hình 8.33, ta có hai đường cong "gió vào" trùng nhau ứng với  $Z = 2\text{m}$  và 2 đường cong "gió ra"  $Z_3 = 12\text{m}$ ,  $Z_4 = 14\text{m}$ . Ta nhân hoành độ của đường cong gió vào  $Z_1 = 2\text{m}$  lên 2 lần sẽ được đường cong "gió vào" tổng cộng ( $Z_1$  và  $Z_2$ ).



Hình 8.33 : Biểu đồ tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa cho nhà có 4 cửa.

Cộng hoành độ của 2 đường "gió ra"  $Z_3 = 12\text{m}$  và  $Z_4 = 14\text{m}$  ta được đường cong "gió ra" tổng cộng.

Điểm giao nhau của 2 đường cong tổng cho ta kết quả :  $x = 0,965$  và  $Z_0 = 7,4 \text{ m}$ .

Trị số 
$$N = 1,197 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \frac{31 - 22}{273 + 22}} = 0,93$$

Vậy 
$$L_v = \frac{0,65}{0,2} 0,93 \cdot 20 \cdot 0,965 = 58,3 \text{ kg/s}$$

Vì cửa 1 và 2 cùng nằm trên một độ cao nên  $L_1 = L_2 = \frac{L_v}{2} = 58,3 : 2 = 29,15 \text{ kg/s}$ .

Điểm cắt nhau của đường nằm ngang  $Z_0 = 7,4\text{m}$  với các đường cong "gió ra" thành phần cho ta trị số lưu lượng của mỗi cửa gió ra :

$$L_3 = \frac{\mu_3}{\mu_0} N F x_3 = \frac{0,65}{0,2} \cdot 0,93 \cdot 20 \cdot 0,44 = 26,6 \text{ kg/s}$$

$$L_4 = \text{---} x_4 = \text{---} 0,52 = 31,4 \text{ kg/s}$$

$$L_R = L_3 + L_4 = 27,2 + 32,6 = 58 \text{ kg/s.}$$

So sánh 2 lượng không khí  $L_v$  và  $L_R$  ta thấy sai số nằm trong phạm vi cho phép.

### 8.11.3. Tính toán thông gió tự nhiên bằng biểu đồ cho trường hợp tác dụng tổng hợp của gió và nhiệt thừa

Bằng cách biến đổi tương tự như ở mục 8.11.1 tức là tất cả các trị số áp suất đều biểu diễn thông qua áp suất động của gió  $p_g^2 = \frac{v_g^2}{2g} \gamma$  với hệ số khí động  $K_1$  mà thực chất là hệ số tỉ lệ, ta có thể đưa các phương trình 8-23 về dạng :

$$L_1 = \mu_1 F_1 \gamma_N v_g \sqrt{K_1 - K_x} \quad (8-75)$$

và 
$$L_2 = \mu_2 F_2 \gamma_N v_g \sqrt{K_x - K_2^u} \quad (8-76)$$

(khi xem rằng  $\gamma_R \gamma_N \approx \gamma_N^2$  ở phương trình 8-76).

Ta xét trường hợp nhà chỉ có 2 cửa diện tích bằng nhau  $F_1 = F_2 = F$  và do đó  $L_1 = L_2 = L$ . Đồng thời cũng nhận một cách gần đúng là  $\gamma_N \approx \gamma_R = \gamma$  và  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ , từ (8-75) và (8-76) ta thu được :

$$\frac{L}{v_g \gamma F} = \mu \sqrt{K_1 - K_x} \quad (8-77)$$

và 
$$\frac{L}{v_g \gamma F} = \mu \sqrt{K_x - K_2^u} \quad (8-78)$$

Trong đó :

$$K_2^u \frac{v_g^2}{2g} \gamma = p_2^u = p_2 - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = K_2 \frac{v_g^2}{2g} \gamma - H(\gamma_N - \gamma_T^{TB})$$

Do đó : 
$$K_2^u = K_2 - \frac{H(\gamma_N - \gamma_T^{TB})}{p_g^2} \quad (8-79)$$

Các phương trình (8-77) và (8-78) về cơ cấu hoàn toàn giống với các phương trình (8-57) và (8-58). Điều đó có nghĩa là ta đã đưa được trường hợp tác dụng tổng hợp của gió và nhiệt thừa về giống như trường hợp chỉ có gió. Như vậy ta có thể dùng biểu đồ 8.26 đã lập ở mục 8.11.1 để tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng tổng hợp của nhiệt thừa và gió. Điều khác biệt duy nhất là thay vì cho hệ số khí động  $K_2$  ta đưa vào hệ số khí động quy ước  $K_2^u$  có kể đến ảnh hưởng của chênh lệch trọng lượng đơn vị của không khí do nhiệt thừa gây ra (công thức 8-79).

Ví dụ : Tính toán thông gió tự nhiên bằng biểu đồ cho nhà công nghiệp có 2 cửa diện tích bằng nhau  $F_1 = F_2 = 50m^2$ . Khoảng cách đứng giữa tâm của dưới và cửa trên  $H = 10m$ . Hệ số khí động của các cửa 1 và 2 là  $K_1 = 0,6$  ;  $K_2 = -0,4$ . Trong nhà có nhiệt thừa cho nên nhiệt độ không khí ra là  $t_R = 33,8^\circ C$  trong lúc nhiệt độ ngoài trời  $t_N = 20^\circ C$ . Vận tốc gió ngoài nhà  $v_g = 4$  m/s.

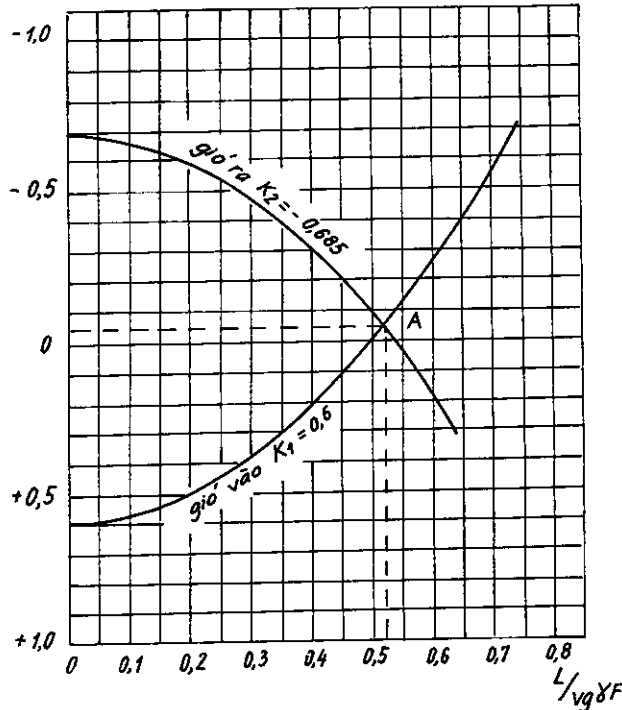
Giải : 
$$\begin{aligned} \gamma_N &= 1,205 \text{ kg/m}^3 \\ \gamma_R &= 1,15 \text{ kg/m}^3 \\ \gamma_T^{TB} &= 1,177 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Áp dụng công thức (8-79) ta có :

$$K_2^{g^u} = -0,4 - \frac{10(1,205 - 1,177)}{4^2} = -0,685$$

$$\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1,205}{}$$

Từ biểu đồ gốc hình 8.28 ta trích ra 2 đường cong : Đường thứ 1 là đường "gió vào" ứng với hệ số  $K_1 = K_1 = 0,6$  và đường thứ 2 là đường "gió ra" ứng với hệ số  $K_2 = K_2^{g^u} = -0,685 \approx -0,7$ . Hai đường cắt nhau tại điểm A (hình 8.34). Tại đó ta đọc được :



Hình 8.34 : Tính toán thông gió tự nhiên bằng biểu đồ cho trường hợp tác dụng tổng hợp của nhiệt và gió

$$K_x = -0,05 \quad \text{và} \quad \frac{L}{v_g \delta F} = 0,525.$$

Lưu lượng thông gió :

$$L = 0,525 \cdot 4 \cdot 1,205 \cdot 50 = 126,5 \text{ kg/s}$$

Áp suất thừa bên trong nhà :

$$P_x = K_x \cdot P_d^g = -0,05 \cdot \frac{4^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,205 \approx -0,05 \text{ kG/m}^2$$

Kiểm tra lại kết quả theo phương pháp tính bằng công thức :

Ta có : 
$$\eta = \frac{\mu_2}{\mu_1} = 1 ; \alpha = \frac{L_2}{L_1} = 1 \text{ và } \beta = \frac{F_2}{F_1} = 1.$$

$$p_2^{qu} = -0,4 \cdot 1 - 10(1,205 - 1,177) = -0,685$$

Thay các trị số trên vào công thức (8-27) :

$$P_x = \frac{1 \cdot 0,6 + 1 \cdot (-0,685)}{1 + 1} = -0,043 \text{ kG/m}^2$$

Theo công thức 8-23a ta tính được lưu lượng thông gió :

$$L_1 = 0,65 \cdot 50 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,205 (0,6 + 0,043)} = 126,72 \text{ kg/s}$$

Như vậy kết quả tính theo 2 phương pháp biểu đồ và công thức rất khớp nhau. Điều đó chứng tỏ phương pháp tính toán thông gió tự nhiên bằng biểu đồ có nhiều ưu việt và cho kết quả rất đáng tin cậy.

## Chương 9

# LỌC SẠCH BỤI TRONG KHÔNG KHÍ

### 9.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ BỤI

Bụi là những phần tử vật chất có kích thước rất nhỏ bé phân tán trong môi trường khí. Khi những hạt bụi lơ lửng trong không khí người ta gọi là aërozôn, còn khi chúng đã lắng đọng lại trên bề mặt vật thể – gọi là aërođen.

Những phân tử bé nhỏ của vật chất lơ lửng trong không khí có đặc tính rất khác biệt so với loại vật chất ấy ở dạng nguyên khối của nó. Sở dĩ có sự khác biệt đó là do bề mặt tiếp xúc ở dạng hạt vụn tăng lên gấp nhiều lần so với bề mặt nguyên khối. Điều đó làm xuất hiện một lượng vô cùng lớn các phân tử bề mặt của vật chất và chính những phân tử này có hoạt tính rất mạnh về mặt vật lý cũng như hóa học.

Một khối vuông có cạnh là 1 cm thì bề mặt xung quanh là 6 cm<sup>2</sup>, nếu nghiền nhỏ khối vuông đó thành hạt mịn kích thước 1 micron (10<sup>-3</sup> mm) thì diện tích tổng cộng sẽ là 6m<sup>2</sup>.

Bụi trong không khí được đánh giá bằng nồng độ – trọng lượng bụi trong 1 đơn vị thể tích của không khí, mg/l hoặc mg/m<sup>3</sup>. Ngoài ra người ta còn đánh giá bằng số lượng hạt bụi cũng như sự phân bố kích thước của chúng trong 1 đơn vị thể tích không khí.

Về nguồn gốc, bụi được phân biệt thành bụi hữu cơ (nguồn gốc động vật, thực vật), bụi vô cơ (bụi kim loại và khoáng chất) và bụi hỗn hợp.

Trong công nghiệp bụi thường được phát sinh ra từ các quá trình công nghệ như nghiền, sàng, cắt, gọt, mài, cưa, bào, trộn, vật chuyển các loại vật liệu rời dạng hạt vụn. Về kích thước hạt bụi có thể từ dưới 1 μ (micron) đến 100 μ hoặc lớn hơn. Về hình dáng có thể phân biệt thành 3 dạng chính là : dạng mảnh (mỏng), dạng sợi và dạng khối.

Các thông số vật lý có ý nghĩa quan trọng nhất của bụi là hình dạng và kích thước hạt, trọng lượng đơn vị và độ tích điện. Các thông số này sẽ quyết định sự lựa chọn phương pháp xử lý bụi cũng như thiết bị lọc bụi.

Bụi có rất nhiều tác hại, đặc biệt có tác hại rất lớn đối với sức khỏe con người. Cỡ hạt bụi có kích thước từ 0,5 ÷ 10 μ có thể thâm nhập vào sâu trong đường hô hấp – gọi là bụi hô hấp. Chính loại cỡ hạt này là nguy hiểm nhất đối với sức khỏe.

Bụi có thể gây ra nhiều loại bệnh như :

- Bệnh dị ứng, viêm niêm mạc, nổi ban ( bụi bông, gai, phân hoá học)
- Bệnh gây nhiễm độc chung ( chì, thủy ngân, bengen v.v...)
- Bệnh nhiễm trùng ( bụi bông, tóc, vi khuẩn)
- Bệnh xơ phổi – còn gọi là bệnh xilicos ( bụi oxyt silic SiO<sub>2</sub>, bụi amiăng)
- Bệnh ung thư ( bụi quặng phóng xạ, hợp chất crôm v.v...)

Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy trong các phân xưởng sản xuất cỡ hạt bụi trong không khí phần lớn là < 10 μ, trong đó bụi < 2 μ chiếm từ 40 ÷ 90%.

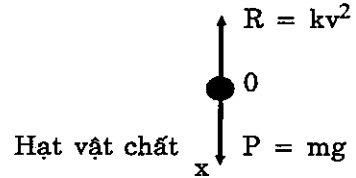


Những phần tử bụi có kích thước dưới  $0,1 \mu$  có chuyển động brao trong không khí, hầu như không lắng đọng và có tính chất khuếch tán theo mọi phương hướng.

Sự phân cấp cỡ hạt của bụi trong không khí không tồn tại một cách cố định mà có thể thay đổi theo thời gian. Dưới ảnh hưởng của nhiều nguyên nhân khác nhau, các hạt có thể dính kết với nhau và lắng chìm nhanh hơn.

Trong lĩnh vực thông gió hút bụi cũng như sự khuếch tán bụi trong môi trường khí, người ta rất quan tâm đến vận tốc rơi của hạt bụi.

Sau đây ta nghiên cứu sự rơi của hạt vật chất trong không khí tĩnh : Hạt có khối lượng  $m$  kg rơi tự do (không có lực tác dụng ban đầu ngoài trọng lượng bản thân) từ điểm 0 theo phương thẳng đứng ( hình 9-1).



Khi vật rơi, môi trường không khí sẽ sinh ra một lực cản tỷ lệ với bình phương vận tốc :

Hình 9.1 : Hạt rơi tự do trong không khí

$$R = K v^2 \quad (9-1)$$

Trong đó :  $K$  - Hệ số tỷ lệ.

Từ khí động lực học, ta có thể viết phương trình vi phân :

$$m \frac{dv}{d\tau} = mg - K v^2 \quad (9-2)$$

Trong đó :

$\tau$  - Thời gian, s

$m$  - Khối lượng, kg

$g$  - Gia tốc trọng trường,  $m/s^2$

Nếu khối lượng của hạt vật chất vô cùng bé, tích phân phương trình trên ta có :

$$\tau + \text{const} = \int \frac{m dv}{mg - K v^2} \quad (9-3)$$

Để dàng nhận thấy rằng khi thời gian  $\tau$  kéo dài dần đến  $\infty$  thì :

$$K v^2 = mg \quad (9-4)$$

Tức là cùng với thời gian, vận tốc rơi của hạt sẽ đạt tới giá trị không đổi xác định bởi đẳng thức (9-4). Từ đó :

$$v = \sqrt{\frac{mg}{K}} \quad (9-5)$$

Vận tốc rơi không đổi nói trên trong kỹ thuật thông gió gọi là " vận tốc treo", tức là nếu hạt bụi nằm trong dòng không khí có vận tốc thẳng đứng từ dưới lên trên là  $v = \sqrt{\frac{mg}{K}}$  thì nó sẽ không rơi nữa mà đứng yên như treo lơ lửng trong dòng không khí đó.

Có thể chứng minh được rằng sau một thời gian  $\tau \approx 0,3v$  thì vận tốc rơi thực tế của hạt đạt được 95% vận tốc "tới hạn" tức vận tốc rơi không đổi và đoạn đường rơi được của hạt là :

$$h \approx 0,21 \frac{mg}{K} \approx 0,21 v^2$$

Cụ thể là đối với bụi có trọng lượng đơn vị  $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$  nếu hạt có đường kính  $50 \mu$  ( $50.10^{-6} \text{ m}$ ) thì vận tốc rơi tới hạn của nó trong môi trường không khí ở  $20^\circ\text{C}$  sẽ bằng  $0,152 \text{ m/s}$ . Sau  $0,05$  giây kể từ lúc bắt đầu rơi, vận tốc rơi của nó sẽ đạt  $95\%$  vận tốc tới hạn và đoạn đường rơi được của hạt bụi sẽ là  $h \approx 5 \text{ mm}$ .

Như vậy có thể nói sau một thời gian rất ngắn và đoạn đường cũng rất ngắn mà vé mặt kỹ thuật hoàn toàn có thể bỏ qua, vận tốc rơi của hạt bụi đạt ngay được giá trị tới hạn - tức là vận tốc không đổi.

Theo khí động học, lực cản R được biểu diễn bằng công thức :

$$R = C F \frac{\rho_k}{2} v^2, \quad \text{kG} \quad (9-6)$$

Trong đó :

C - Hệ số tỷ lệ, còn gọi là hệ số sức cản, là hàm số của chuẩn số Re.

F- Tiết diện trực đối của hạt bụi tức hình chiếu của hạt bụi trên mặt phẳng trực giao với véc tơ vận tốc,  $\text{m}^2$ .

$\rho_k$  - Mật độ của không khí,  $\text{kg s}^2/\text{m}^4$ .

v - Vận tốc rơi,  $\text{m/s}$ .

Đối với hạt hình cầu bán kính r, trọng lượng đơn vị  $\gamma_m$ , ta sẽ có :

$$v = \sqrt{\frac{8 r \gamma_m}{3 C \rho_k}}, \quad \text{m/s} \quad (9-7)$$

Ở điều kiện bình thường có thể lấy  $\rho_k \approx 0,12 \text{ kgs}^2/\text{m}^4$  công thức trên sẽ trở thành :

$$v = 3,3 \sqrt{\frac{d \gamma_m}{C}}, \quad \text{m/s} \quad (9-8)$$

Theo lý thuyết của Stocks, khi  $Re < 1$  :

$$C \approx \frac{24}{Re} \quad (9-9)$$

Từ những công thức trên, cuối cùng ta có :

$$R_{(\text{khi } Re < 1)} = 6 \pi r \mu v \quad (9-10)$$

$$v_{(\text{khi } Re < 1)} = \frac{2 r^2 \gamma_m}{9 \mu} \quad (9-11)$$

Trong đó :

$\mu$  - Hệ số nhớt của không khí,  $\text{kg.s/m}^2$ . Đối với không khí ở  $20^\circ\text{C}$ ;  $\mu = 1,83 \cdot 10^{-6} \text{ kgs/m}^2$ .

Khi  $Re \geq 1$  các công thức (9-10) và (9-11) không còn chính xác nữa và bằng thực nghiệm người ta đã lập được công thức tính hệ số sức cản C đối với  $Re = 1 \div 800$  như sau :

$$C = \frac{24}{Re} (1 + 0,15 Re^{0,687}) \quad (9-12)$$

Trong trường hợp này, muốn xác định vận tốc rơi của hạt, cần phải tính hệ số C, mà hệ số C lại phụ thuộc vào Re trong đó có chứa v theo (9-12)– rất khó giải để tìm nghiệm. Tuy nhiên, bằng phương pháp sau đây ta có thể quyết được vấn đề đặt ra một cách dễ dàng.

Cho Re những giá trị khác nhau từ 1 ÷ 800 và tính ra C theo công thức (9-12).

Tiếp theo, từ (9-1), (9-4) và (9-6) ta rút ra được :

$$C = \frac{4}{3} \cdot \frac{d \gamma_m}{\rho_k v^2} \quad (9-13)$$

và do đó :

$$C Re^2 = \frac{4d^3 \gamma_m}{3 \rho_k v^2} \quad (9-14)$$

$$\frac{C}{Re} = \frac{4 \gamma_m \nu g}{3 \gamma_k v^3} \quad (9-15)$$

Trong đó :

$\gamma_m, \gamma_k$  - Lần lượt là trọng lượng đơn vị của vật liệu ( hạt bụi ) và của không khí, kg/m<sup>3</sup>.

$\nu = \mu/\rho_k$ - Hệ số nhớt động học của không khí, m<sup>2</sup>/s.

Ở bảng 9-1 là các trị số C Re<sup>2</sup> và  $\frac{C}{Re}$  phụ thuộc vào Re.

Bằng bảng số đã lập, khi biết d,  $\gamma_m, \rho_k$  và  $\nu$  ta tính C.Re<sup>2</sup> theo công thức (9-14) và tra được Re, Biết Re ta dễ dàng tính ra vận tốc v :

$$v = \frac{Re \nu}{d}, \quad \text{m/s} \quad (9-16)$$

Công thức (9-15) cho phép ta xác định đường kính d của hạt vật liệu mà trọng lượng đơn vị của nó là  $\gamma_m$  sao cho khi rơi trong không khí ( $\gamma_k$  và  $\nu$ ) sẽ có vận tốc v cho trước.

**Bảng 9-1**

CÁC GIÁ TRỊ SỐ C Re<sup>2</sup> và  $\frac{C}{Re}$  PHỤ THUỘC VÀO Re

Re	C Re <sup>2</sup>	$\frac{C}{Re}$	Re	C Re <sup>2</sup>	$\frac{C}{Re}$
0,1	2,410	2410,0	5	173,0	1,38
0,2	4,8	600,0	6	218,0	1,01
0,3	7,2	266,0	7	265,0	0,77
0,5	12,4	52,0	8	313,0	0,61
0,6	15,92	73,7	10	410,0	0,41
0,7	17,90	99,0	20	1020,0	0,127
1,0	27,6	27,6	30	1800,0	0,066
2,0	57,6	7,45	50	3750,0	0,03
3,0	93,7	3,47	70	6230,0	0,018
4,0	133,3	2,08	100	10700,0	0,00046

Ví dụ : Xác định vận tốc rơi tới hạn (không đổi) của hạt bụi hình cầu đường kính  $d = 100\mu = 10^{-4} \text{ m}$ , cho biết  $\gamma_m = 2000 \text{ kg/m}^3$ ,  $t = 15^\circ \text{ C}$ ,  $P_{kq} = 760 \text{ mmHg}$ .

Ở nhiệt độ và áp suất khí quyển đã cho, ta có  $\rho_k = 0,125 \text{ kgs}^2/\text{m}^4$  và  $\nu = 14,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .  
 Áp dụng công thức (9-14) :

$$C Re^2 = \frac{4 \cdot 10^{-12} \cdot 2000 \cdot 10^{12}}{3 \cdot 0,125 \cdot 14,5^2} \approx 101,5$$

Ứng với  $C Re^2 \approx 101,5$  theo bảng 9-1 ta tra được  $Re \approx 3$ .

Từ đó :

$$v = \frac{3 \cdot 14,5 \cdot 10^6}{10^{-4}} = 0,435 \text{ m/s.}$$

Đối với hạt bụi hình dáng khác với hình cầu, ta có thể dùng đường kính tương đương theo thể tích làm kích thước đặc trưng :

$$d = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} V} = 1,24 \sqrt[3]{V} \quad , \quad \text{m} \quad (9-17)$$

Trong đó  $V$  - Thể tích của hạt bụi,  $\text{m}^3$ .

## 9.2. PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC BỤI

Trong các hệ thống hút cục bộ từ các thiết bị công nghệ cơ toả bụi, nồng độ bụi trong không khí của hệ thống có thể lên đến hàng mấy gam trong  $1\text{m}^3$  không khí. Để bảo vệ môi trường, giữ gìn độ trong sạch của bầu khí quyển, theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5939 - 1995 nồng độ các loại bụi thông thường (không độc) trong khí thải không được vượt quá  $600 \text{ mg/m}^3$  đối với các cơ sở sản xuất đã có từ trước ngày ban hành Tiêu chuẩn và  $400 \text{ mg/m}^3$  đối với các cơ sở sản xuất đi vào hoạt động sau ngày ban hành Tiêu chuẩn. Vì vậy nếu nồng độ bụi trong khí thải từ các hệ thống hút cục bộ vượt quá giới hạn nêu trên cần phải tiến hành lọc bụi trước khi thải ra khí quyển.

Để lọc bụi người ta sử dụng nhiều loại thiết bị lọc bụi khác nhau và tùy thuộc bản chất các lực tác dụng bên trong thiết bị, người ta phân chia chúng thành các nhóm chính sau đây :

- 1 - Buồng lắng bụi : Quá trình lắng xảy ra dưới tác dụng của trọng lực.
- 2 - Thiết bị lọc bụi kiểu quán tính : Lợi dụng lực quán tính khi thay đổi chiều hướng chuyển động để tách bụi ra khỏi dòng không khí .
- 3 - Thiết bị lọc bụi kiểu ly tâm - xiclon : Dùng lực ly tâm để đẩy các hạt bụi ra xa tâm quay rồi chạm vào thành thiết bị, hạt bụi bị mất động năng và rơi xuống dưới đáy.
- 4 - Lưới lọc bằng vải, lưới thép, giấy, vật liệu rỗng bằng khâu sứ, khâu kim loại v.v... Trong thiết bị lọc bụi loại này các lực quán tính, lực trọng trường và cả lực khuếch tán nữa đều phát huy tác dụng.
- 5 - Thiết bị lọc bụi bằng điện : Dưới tác dụng của điện trường với điện áp cao, các hạt bụi được tích điện và bị hút vào các bản cực khác dấu.

Các nhóm thiết bị lọc bụi nêu trên đều có 2 loại : khô và ướt.

Chất lỏng để làm ướt thiết bị lọc bụi chủ yếu là nước - dùng trong xyclon màng nước, vật liệu rỗng tưới nước. Ngoài ra người ta còn dùng dầu công nghiệp để tẩm ướt các loại lưới lọc làm bằng sợi thép, lưới thép.

Khi một loại thiết bị lọc chưa đáp ứng được yêu cầu lọc tức không đảm bảo được mức độ lọc sạch cần thiết, người ta dùng tổ hợp nhiều loại thiết bị lọc trong cùng một hệ thống, ví dụ buồng lắng bụi đặt trước xyclon hoặc xyclon khô đặt trước lưới lọc bằng vải chẳng hạn.

Để nâng cao hiệu quả lọc bụi, người ta còn áp dụng biện pháp làm dính kết các hạt bụi trước khi đưa vào thiết bị lọc, nhờ đó lượng bụi giữ lại trong thiết bị lọc sẽ được nhiều hơn. Biện pháp làm dính kết tiên tiến nhất là dùng siêu âm. Sóng siêu âm lan truyền trong môi trường khí có lẫn bụi có tác dụng làm cho các hạt bụi chuyển động và va chạm vào nhau rồi dính kết với nhau thành hạt kích thước lớn hơn. Ngoài siêu âm ra, người ta còn có thể tạo điều kiện cho bụi dính kết bằng cách thổi không khí mang bụi với vận tốc lớn ( $\approx 80\text{m/s}$ ) qua màng nước hoặc dùng hơi nước để phun vào buồng lắng bụi.

Các thông số kỹ thuật quan trọng của thiết bị hoặc hệ thống lọc bụi là :

- 1- Mức độ lọc sạch hoặc còn gọi là hiệu quả lọc
- 2- Năng suất của hệ thống tức là lưu lượng không khí đi qua bộ lọc,  $\text{m}^3/\text{h}$
- 3- Sức cản thủy lực,  $\text{kG/m}^2$
- 4- Điện năng tiêu hao cho một thể tích không khí cần lọc  $\text{kW}/1000\text{m}^3$  không khí
- 5- Giá thành thiết bị và chi phí cho đơn vị sản phẩm ( $1000 \text{ m}^3$  không khí được lọc chẳng hạn).

Mức độ lọc sạch hoặc hiệu quả lọc của thiết bị lọc bụi được biểu diễn bằng công thức sau :

$$\eta = \frac{y_1 - y_2}{y_1} \cdot 100\% \quad (9-18)$$

Trong đó :

$y_1, y_2$  - Lần lượt là nồng độ bụi trong không khí trước và sau bộ lọc,  $\text{mg/m}^3$ .

Hiệu quả lọc  $\eta$  phụ thuộc vào loại thiết bị lọc, dạng bụi và thành phần cỡ hạt, lưu lượng không khí mang bụi v.v... Đặc biệt là thành phần cỡ hạt của bụi có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả lọc.

Cỡ hạt bé chiếm tỷ lệ càng lớn bao nhiêu thì hiệu quả lọc của thiết bị càng thấp bấy nhiêu.

Khi so sánh hiệu quả lọc của 2 loại thiết bị lọc khác nhau cùng dùng để lọc một loại bụi nào đấy, ngoài hệ số hiệu quả  $\eta$  người ta còn quan tâm đến chỉ số  $\varepsilon = 1 - \eta$ . Đó là chỉ số thể hiện phần bụi còn sót lại trong khí thải và chính đại lượng này có ảnh hưởng nhiều hay ít đến độ trong sạch của bầu khí quyển.

Ví dụ : Thiết bị lọc bụi thứ nhất có hiệu quả là  $\eta_1 = 85\%$  thiết bị thứ hai  $\eta_2 = 95\%$ . Nếu so sánh theo  $\eta$  thì thiết bị thứ hai hơn thiết bị thứ nhất chỉ có 10 %, nhưng so sánh theo  $\varepsilon = 1 - \eta$  thì thiết bị thứ hai tốt hơn gấp 3 lần thiết bị thứ nhất :

$$\frac{1 - \eta_1}{1 - \eta_2} = \frac{15}{5} = 3$$

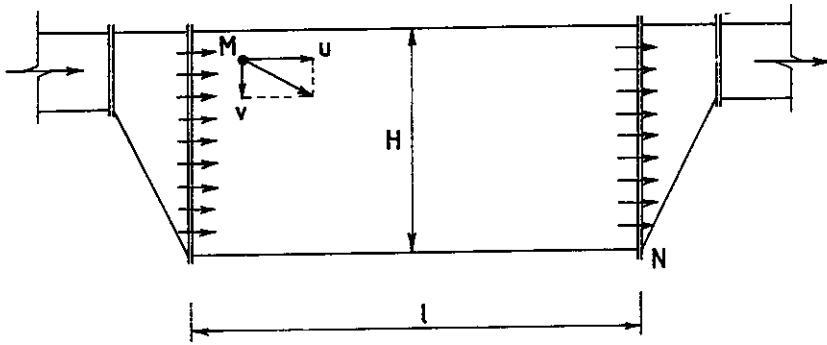
Về cỡ hạt bụi ta có thể quy ước gọi là bụi mịn khi kích thước hạt dưới  $100\mu$ , bụi trung bình  $100 \div 200\mu$  và bụi thô  $> 200\mu$ .

### 9.3. BUỒNG LẮNG BỤI

Buồng lắng bụi là loại thiết bị lọc đơn giản nhất. Người ta sử dụng buồng lắng bụi để tách bụi có kích thước lớn (bụi thô) ra khỏi không khí. Tổ hợp với các loại thiết bị lọc bụi khác, buồng lắng bụi đóng vai trò như cấp lọc thô ban đầu.

Buồng lắng bụi có cấu tạo hình hộp kéo dài, không khí chứa bụi được thổi vào buồng từ phía đầu này và thoát ra ngoài từ phía đầu kia của buồng. Trên tiết diện ngang của buồng vận tốc dòng không khí giảm nhỏ và hạt bụi chịu tác dụng của hai vectơ vận tốc : vận tốc ngang theo chiều chuyển động của không khí và vận tốc rơi thẳng đứng, kết quả là hạt sẽ chạm xuống đáy buồng lắng và bị giữ lại trong buồng.

Trên hình 9.2 thể hiện mặt cắt dọc của buồng lắng bụi có chiều dài  $l$ , chiều cao  $H$ .



Hình 9.2

Ta xem xét một hạt bụi nằm ở vị trí  $M$  của buồng lắng. Hạt bụi chịu tác dụng của chuyển động ngang với vận tốc  $u$  bằng vận tốc dòng không khí và chuyển động thẳng đứng với vận tốc rơi  $v$  của hạt.

Giả thiết rằng không khí thổi vào buồng lắng được phân bố đều đặn trên toàn tiết diện ngang của buồng và sự phân bố đều ấy được đảm bảo đến cuối buồng, tức là vận tốc  $u$  của dòng không khí là hằng số ở mọi điểm trong buồng lắng.

Thời gian để hạt bụi chạm đáy buồng lắng là :

$$\tau_1 = \frac{H}{v}$$

và thời gian để hạt bụi đi đến cuối buồng lắng là :

$$\tau_2 = \frac{l}{u}$$

Một cách quy ước, điều kiện để hạt bụi bị giữ lại trong buồng lắng là hạt bụi phải chạm đáy trước điểm  $N$ , tức là  $\tau_1 \leq \tau_2$ . Từ đó ta rút ra được độ dài cần thiết của buồng lắng :

$$l \geq \frac{u}{v} H$$

(9-19)

Một cách gần đúng ta có thể thừa nhận vận tốc rơi của hạt theo công thức Stocks (9-11), từ đó ta xác định độ dài tối thiểu của buồng lắng cần có để giữ được hạt bụi kích thước  $d$  cho trước theo công thức sau :

$$l_{\min} = \frac{18 \mu L}{\gamma_m d^2 B} \quad (9-20)$$

Trong đó (ngoài các ký hiệu đã biết) :

$L$  : Lưu lượng thể tích của không khí đi vào buồng lắng,  $m^3/s$

$B$  - Bề rộng của buồng lắng,  $m$

$d$  - Đường kính hạt bụi,  $m$ .

Ngược lại, khi kích thước buồng lắng cho trước, đường kính bé nhất của hạt bụi mà buồng lắng có thể giữ lại được là :

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{18 \mu L}{\gamma_m B l}}, \quad m \quad (9-21)$$

Điều đáng lưu ý là trong các công thức (9-20) và (9-21) không có thành phần chiều cao  $H$  của buồng lắng, tức là  $l_{\min}$  và  $d_{\min}$  đều không phụ thuộc vào chiều cao  $H$ . Thật vậy, ứng với lưu lượng  $L$  và bề rộng  $B$  đã cho, chiều cao  $H$  càng lớn thì vận tốc  $u$  càng bé và do đó thời gian để hạt bụi đường kính  $d$  rơi xuống chạm đáy cũng sẽ cân bằng với thời gian đi hết chiều dài  $l$  của buồng lắng.

Tuy nhiên, nếu suy luận theo chiều ngược lại khi chiều cao  $H$  càng bé thì vấn đề nêu trên không còn nghiệm đúng nữa. Vì rằng lúc đó vận tốc  $u$  sẽ tăng, chế độ chuyển động của dòng không khí trong buồng lắng có thể sẽ chuyển sang chế độ chảy rối và công thức Stocks sẽ không còn áp dụng được.

Thông thường vận tốc  $u$  của không khí trong buồng lắng càng bé càng tốt và không nên vượt quá  $0,3 \text{ m/s}$ .

Ví dụ :

Cho biết  $L = 2000 \text{ m}^3/h$  (tức  $0,556 \text{ m}^3/s$ ),  $H = 2 \text{ m}$ ,  $B = 1 \text{ m}$ ,  $l = 2 \text{ m}$ . Bụi của loại vật liệu có  $\gamma_m = 1500 \text{ kg/m}^3$ . Nhiệt độ không khí  $t_K = 30^\circ\text{C}$ , áp suất khí quyển  $P_{kq} = 760 \text{ mmHg}$ . Xác định đường kính bé nhất của hạt bụi có thể bị giữ lại trong buồng lắng.

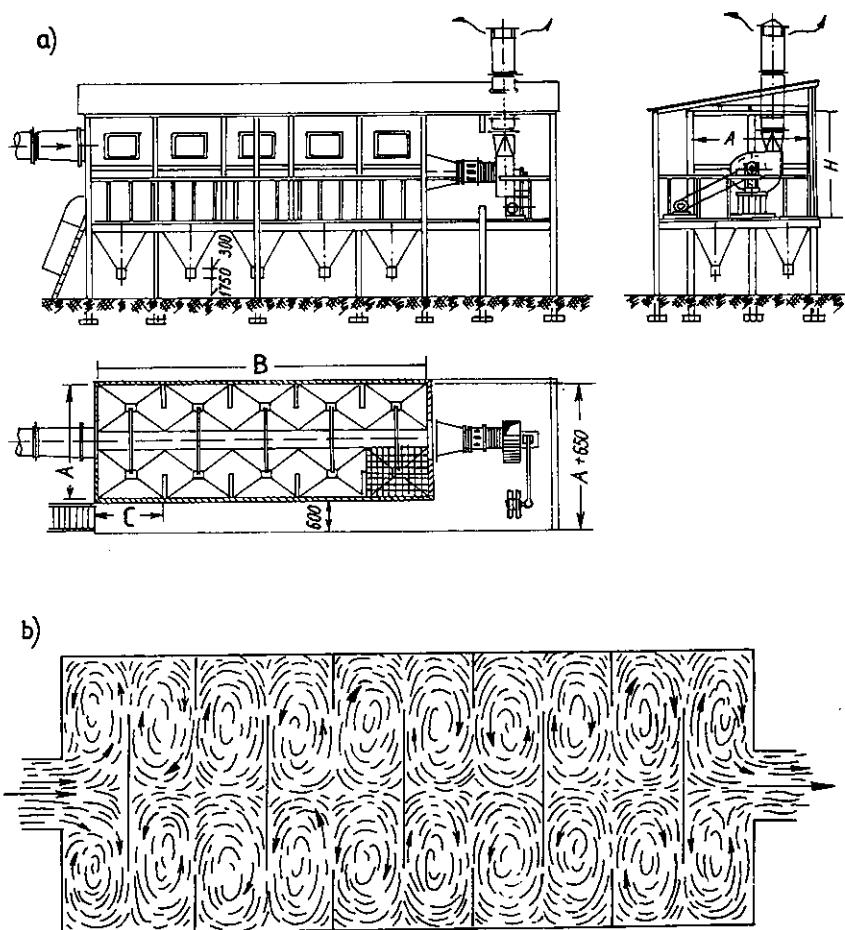
Giải

Ứng với nhiệt độ và áp suất khí quyển đã cho ta tra được  $\mu = 1,89 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s/m}^2$ .

Áp dụng công thức (9-21) ta tính được :

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{18 \cdot 1,89 \cdot 10^{-6} \cdot 0,556}{1500 \cdot 1 \cdot 2}} = 0,08 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 80 \text{ micron}$$

Trong thực tế việc áp dụng buồng lắng bụi theo nguyên lý rơi tự do của hạt trong chế độ chuyển động chảy tầng của dòng không khí là có nhiều hạn chế do kích thước buồng lắng lớn và lưu lượng không khí cần lọc không được nhiều. Để khắc phục nhược điểm nói trên, Giáo sư V. V. Baturin đã đề xuất loại buồng lắng có tấm chắn thành nhiều ngăn (hình 9.3). Dòng không khí chuyển động ở đây theo đường dích dắc từ ngăn này sang ngăn khác, do đó hạt bụi không những rơi dưới tác dụng của sức hút trọng trường mà còn bị va đập vào



Hình 9.3. a) Sơ đồ cấu tạo của buồng lắng bụi nhiều ngăn của GS. V.V.Baturin  
 b) Chuyển động của không khí trong buồng lắng bụi nhiều ngăn

các tấm chắn do lực quán tính gây ra, nhờ đó kích thước của buồng lắng có thể giảm nhỏ và hiệu quả lọc tăng cao.

Ở bảng 9-2 là hiệu quả lọc của buồng lắng bụi nhiều ngăn phụ thuộc vào tỷ lệ cỡ hạt từ  $0 \div 90 \mu$  của bụi.

**Bảng 9-2**

**HIỆU QUẢ LỌC TÍNH THEO % CỦA BUỒNG LẮNG NHIỀU NGĂN PHỤ THUỘC VÀO TỶ LỆ CỠ HẠT BÉ HƠN  $90 \mu$  CHỨA TRONG BỤI.**

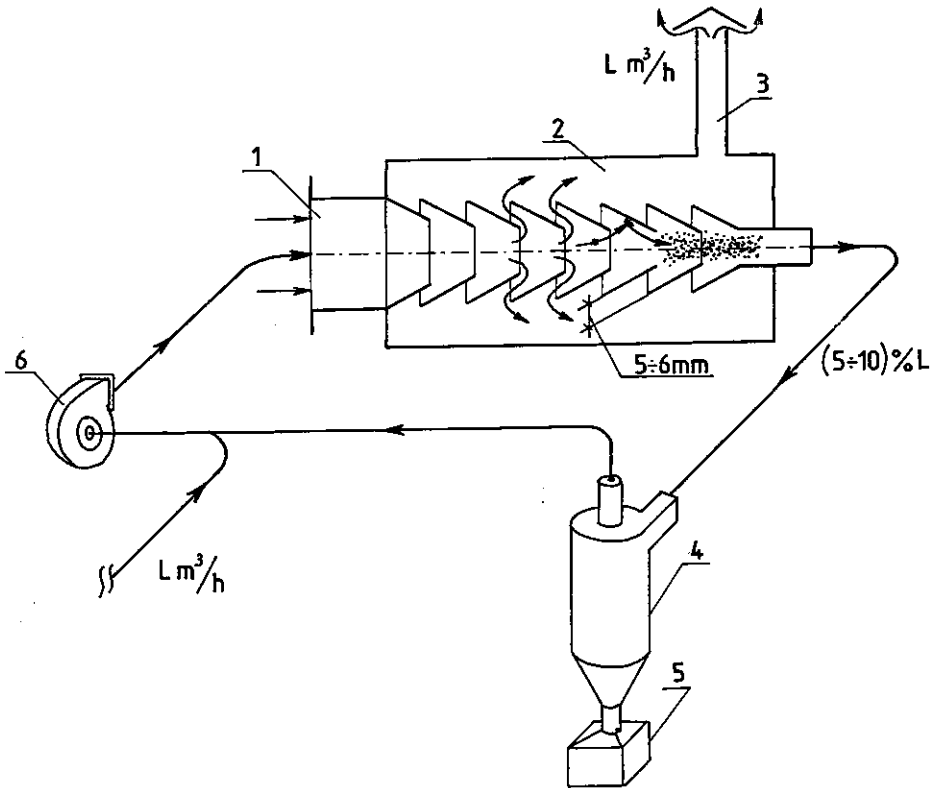
Nguồn gốc của bụi	Tỷ lệ % của cỡ hạt dưới $90 \mu$ chứa trong bụi		
	100	60	20
Bụi từ máy phun cát	70 ÷ 65	80 ÷ 72	95 ÷ 85
Bụi từ bàn dõ khuôn đúc	75 ÷ 67	97 ÷ 90	98 ÷ 96



#### 9.4. THIẾT BỊ LỌC BỤI LỌC KIỂU QUÁN TÍNH

Nguyên lý làm việc của loại thiết bị này là dựa vào lực quán tính của các hạt bụi khi thay đổi chiều chuyển động một cách đột ngột.

Thiết bị gồm nhiều khoan ống hình chóp cắt đường kính tuân tự giảm dần xếp chồng lên nhau với khoảng cách giữa các vành từ  $5 \div 6$  mm (hình 9.4).



Hình 9.4 : Thiết bị lọc bụi kiểu quán tính kết hợp với xyclon.

Không khí mang bụi được đưa vào thiết bị lọc qua miệng ống 1, không khí dễ dàng thay đổi chiều chuyển động và đi qua các khe hở giữa các vành chóp cắt để vào không gian 2 của thiết bị rồi từ đó sẽ thoát ra ngoài qua ống 3. Còn các hạt bụi có kích thước tương đối lớn do quán tính sẽ đập vào các vành chóp cắt và tích tụ một cách đậm đặc ở cuối thiết bị. Phần không khí đậm đặc bụi này được dẫn vào xyclon 4, tại đó một phần bụi sẽ được tách ra khỏi không khí và rơi xuống thùng chứa 5. Không khí cùng với phần bụi còn sót lại từ xyclon 4 được quạt 6 hút trộn chung với lượng không khí chính cần lọc  $L$  để đưa trở lại vào bộ lọc quán tính.

Hiệu quả lọc của loại thiết bị này đạt từ  $80 \div 98\%$ . Hệ số sức cản cục bộ của hệ thống  $\xi = 3,6$ .

## 9.5. XICLON

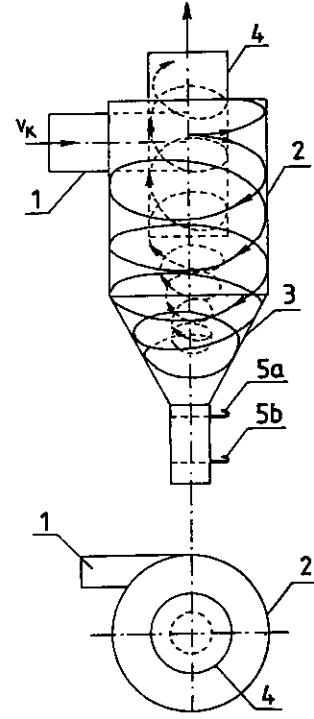
### 9.5.1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Xyclon là thiết bị lọc bụi trong đó hình thành lực ly tâm để tách bụi ra khỏi không khí.

Trên hình 9.5 là sơ đồ cấu tạo của loại xyclon thông dụng nhất.

Không khí mang bụi được đưa vào phần trên của xyclon bằng ống 1 lắp theo phương tiếp tuyến với vỏ ngoài hình trụ 2 của xyclon.

Nhờ thế dòng không khí sẽ có chuyển động xoắn ốc bên trong vỏ hình trụ và hạ dần về phía dưới. Khi gặp phần đáy hình phễu 3 dòng không khí bị đẩy ngược trở lên, trong khi đó nó vẫn giữ chuyển động xoắn ốc và thoát ra ngoài qua ống 4. Trong quá trình chuyển động xoắn ốc, các hạt bụi chịu tác dụng của lực ly tâm làm cho chúng có xu hướng tiến dần về phía vỏ hình trụ hoặc đáy hình phễu rồi chạm vào thành thiết bị và rơi xuống dưới. Ở đáy phễu của xyclon người ta có lắp van 5 để xả bụi vào thùng chứa. Thông thường ở đáy phễu có áp suất âm (áp suất tương đối), do đó khi mở van 5 không khí bên ngoài sẽ bị hút vào xyclon từ dưới lên trên và có thể làm cho bụi đã lắng đọng ở đáy phễu bay ngược lên và theo không khí thoát ra ngoài qua ống 4 làm mất tác dụng của việc lọc bụi. Để tránh tình trạng trên người ta dùng van kép, trước khi xả bụi ta đóng kín van 5a rồi mới mở van dưới 5b.



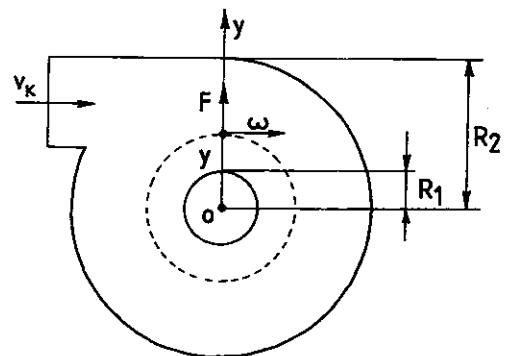
Hình 9.5 : Sơ đồ cấu tạo của xyclon

### 9.5.2. Tính toán xyclon

Để tính toán một số kích thước và thông số chính của xyclon, người ta nhận các giả thiết sau đây :

- 1 - Hạt bụi có dạng hình cầu.
- 2 - Lực ly tâm tác dụng lên hạt bụi theo hướng bán kính của xyclon và bỏ qua tác dụng của trọng lực.
- 3 - Hạt bụi xem như được tách ra khỏi không khí sau khi chạm vào thành xyclon.

Lý thuyết tính toán xyclon được dựa trên cơ sở cân bằng giữa lực ly tâm tác dụng lên hạt bụi do chuyển động quay gây ra với lực



Hình 9.6 : Sơ đồ tính toán chuyển động của hạt bụi trong xyclon

cán của môi trường không khí đối với chuyển động của hạt bụi theo phương tác dụng của lực ly tâm.

Trên hình 9.6 là mặt cắt ngang trên cùng của xiclon. Giả thiết vận tốc không khí ở miệng vào của xiclon là  $v_k$ , bán kính ống thoát là  $R_1$  và bán kính vỏ hình trụ của xiclon là  $R_2$ .

Ta xét một hạt bụi nằm cách trục 0 của xiclon là  $y$ . Hạt bụi có vận tốc chuyển động theo phương tiếp tuyến là  $\omega$ . Lực ly tâm tác dụng lên hạt bụi :

$$F = \frac{m \omega^2}{y} \quad (9-22)$$

Trong đó :

$m$  = Khối lượng của hạt bụi.

Gọi  $\Omega$  là vận tốc góc của hạt bụi, ta sẽ có :

$$\Omega = \frac{\omega}{y}, \quad s^{-1} \quad (9-23)$$

Nếu hạt bụi có đường kính  $d$ , mật độ  $\rho_m$  thì  $m = \frac{\pi d^3}{6} \rho_m$  và lực ly tâm sẽ là :

$$F = \frac{\pi d^3}{6} \rho_m \Omega^2 y \quad (9-24)$$

Dưới tác dụng của lực ly tâm  $F$ , hạt bụi chuyển động theo phương  $y$  với vận tốc là  $u$  mà :

$$u = \frac{dy}{d\tau} \quad (9-25)$$

$\tau$  là thời gian, s.

Ứng với vận tốc  $u$ , môi trường không khí sẽ tác dụng lên hạt bụi một lực cản  $R$ . Theo công thức Stocks (9-10) ta có :

$$R = 3 \pi \mu d u = 3 \pi \mu d \frac{dy}{d\tau} \quad (9-26)$$

Cân bằng lực ly tâm  $F$  từ phương trình (9-24) với lực cản  $R$  từ (9 - 26) và sau khi biến đổi ta thu được :

$$d\tau = \frac{18 \nu}{\Omega^2 d^2} \cdot \frac{\gamma_k}{\gamma_m} \cdot \frac{dy}{y} \quad (9-27)$$

Tích phân phương trình (9-27) với giới hạn của  $y$  từ  $R_1$  đến  $R_2$  ta sẽ có :

$$\tau = \frac{18 \nu}{\Omega^2 d^2} \cdot \frac{\gamma_k}{\gamma_m} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}, \quad s \quad (9-28)$$

Trong đó :

$\tau$  : Thời gian để hạt bụi nằm ở vị trí ban đầu bất lợi nhất (sát với ống xả, tức cách tâm 0 một khoảng cách là  $R_1$ ) bị đẩy ra ngoài cho đến lúc chạm với vỏ ngoài của xiclon (tức cách tâm 0 là  $R_2$ )

$\nu$  : Hệ số nhớt động học của không khí,  $m^2/s$ .

$\gamma_k, \gamma_m$  : Lần lượt là trọng lượng đơn vị của không khí và của vật liệu bụi,  $kg/m^3$ .

Nếu xem  $\omega$  là vận tốc trung bình của dòng không khí trong xyclon và trong thời gian  $\tau$  hạt bụi thực hiện được  $n$  vòng mà bán kính trung bình của mỗi vòng là :

$$R_o = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (9-29)$$

Ta sẽ có chiều dài của đoạn đường đi của hạt bụi theo đường xoắn ốc trong xyclon là :

$$2\pi R_o n = \omega \tau$$

Từ đó ta rút ra được :

$$\tau = \frac{2\pi R_o n}{\omega} = \frac{2\pi n}{\Omega} \quad (9-30)$$

Cân bằng về phải của hai biểu thức (9-28) và (9-30) ta rút ra được đường kính bé nhất của hạt bụi bị giữ lại trong xyclon :

$$d = 3 \sqrt{\frac{\nu}{\pi n \Omega} \cdot \frac{\gamma_k}{\gamma_m} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}}, \quad m \quad (9-31)$$

Nhờ những công thức nêu trên, ta có thể tính toán được cỡ hạt bụi bé nhất có thể bị giữ lại trong xyclon cũng như trong thời gian chuyển động của bụi từ lúc vào xyclon đến lúc lắng đọng lại dưới đáy.

Cách áp dụng các công thức đã cho và trình tự tính toán có thể thấy rõ trong ví dụ sau đây.

Ví dụ :

Cho biết xyclon có bán kính vỏ hình trụ là  $R_2 = 800$  mm. Lưu lượng không khí cần lọc  $L = 12000$  m<sup>3</sup>/h. Bụi có trọng lượng đơn vị là  $\gamma_m = 2000$  kg/m<sup>3</sup>. Vận tốc không khí ở miệng vào của xyclon  $v_k = 16$  m/s. Nhiệt độ không khí  $t_K = 30^\circ\text{C}$ , áp suất khí quyển  $P_{kq} = 760$  mmHg. Hãy xác định đường kính bé nhất của hạt bụi có thể bị giữ lại trong xyclon và các kích thước khác của xyclon.

Giải :

1 - Vận tốc của không khí ở miệng ra (ống thoát) của xyclon thường lấy trong khoảng 6 m/s. Để bảo đảm vận tốc này, bán kính  $R_1$  của ống thoát sẽ là :

$$R_1 = \sqrt{\frac{L}{3600 \cdot \pi v_R}} = \sqrt{\frac{12000}{3600 \pi \cdot 6}} = 0,420 \text{ m} = 420 \text{ mm}$$

2 - Vận tốc tiếp tuyến trung bình  $\omega$  của hạt bụi trong xyclon có thể nhận bằng  $0,7 v_K$ .

$$\omega = 0,7 \cdot 16 = 11,2 \text{ m/s.}$$

3 - Bán kính trung bình của vòng chuyển động xoắn ốc của hạt bụi trong xyclon :

$$y_{TB} = R_o = \frac{R_1 + R_2}{2} = \frac{800 + 420}{2} = 610 \text{ mm}$$

4 - Vận tốc góc trung bình của hạt bụi :

$$\Omega = \frac{\omega}{y_{TB}} = \frac{\omega}{R_o} = \frac{11,2}{0,61} = 18,36 \text{ s}^{-1}$$

5 - Ứng với nhiệt độ  $t_K = 30^\circ\text{C}$  và áp suất khí quyển  $P_{kq} = 760$  mmHg ta tra được :

$$\gamma_K = 1,16 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{và } \nu = 15,95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

6 - Giả thiết đường kính bé nhất của bụi cần thu lại trong xyclon là  $d = 20\mu = 2.10^{-5} \text{ m}$ , áp dụng công thức (9-28) ta tính được :

$$\tau = \frac{18.15,95.10^{-6}}{18,36^2 \cdot (2.10^{-5})^2} \cdot \frac{1,16}{2000} \ln \frac{800}{420} = 0,796 \approx 0,8 \text{ s}$$

7 - Độ dài đoạn đường xoắn ốc  $l$  và số vòng quay  $n$  mà hạt bụi đi được trong thời gian  $\tau$  :

$$l = \omega \tau = 11,2.0,8 = 8,96 ; \quad n = \frac{l}{2\pi R_o} = \frac{8,96}{2\pi 0,61} = 2,34 \text{ vòng.}$$

8 - Kiểm tra lại đường kính hạt bụi theo công thức (9-31) :

$$d = 3 \sqrt{\frac{15,95.10^{-6}}{\pi \cdot 2,34 \cdot 18,36} \cdot \frac{1,16}{2000} \cdot \ln \frac{800}{420}} = 0,0199.10^{-3} \text{ m} = 19,9\mu \approx 20\mu$$

Đối chiếu với giả thiết dự kiến ở trên, kết quả rất khớp nhau. Như vậy đường kính hạt bụi bé nhất mà xyclon có thể giữ lại được là  $d = 20\mu$  với điều kiện hạt bụi phải quay được 2,34 vòng mới chạm vào điểm dưới cùng của vỏ hình trụ :

9 - Bằng cách lắp ống dẫn không khí vào xyclon với góc nghiêng nhất định sao cho mỗi đoạn vòng xoắn dòng không khí hạ thấp xuống một đoạn là  $a \text{ m}$ , ta có thể tính ra độ cao cần thiết của vỏ hình trụ :

$$H = n \cdot a, \quad \text{m} \quad (9-32)$$

Cụ thể trong trường hợp này, nếu nhận  $a = 0,5 \text{ m}$ , lúc đó :

$$H = 2,34 \cdot 0,5 = 1,17 \text{ m}$$

Để có thể dự trữ 20% ta lấy  $H = 1,2 \cdot 1,17 = 1,4 \text{ m}$ .

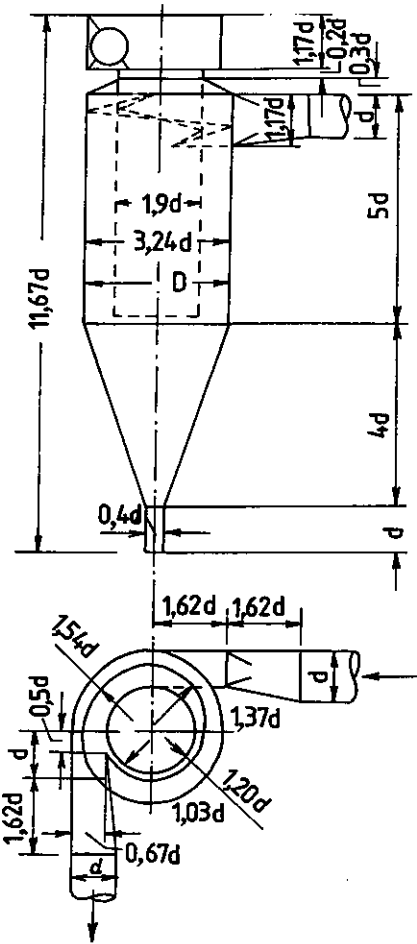
### 9.5.3. Các loại xyclon phổ biến

#### 1- Xyclon khô LIOT

Trong kĩ thuật thông gió xử lí bụi có nhiều loại xyclon khác nhau, nhưng loại xyclon LIOT do Viện nghiên cứu Kĩ thuật Bảo hộ lao động Leningrát - nay là Petecbua - Liên bang Nga đề xuất được áp dụng rất rộng rãi (hình 9.7).

Trên cơ sở nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình cũng như tại hiện trường, các thông số kĩ thuật hợp lí nhất của xyclon LIOT như sau :

- Vận tốc không khí ở miệng vào xyclon  $v_K$  nằm trong phạm vi  $10 \div 25 \text{ m/s}$ . Giới hạn dưới có dụng ý là đảm bảo cho bụi không bị đọng lại ở ống dẫn vào xyclon, còn giới hạn trên có ý nghĩa là khi vận tốc cao hơn giới hạn đó mặc dù hiệu quả lọc có tăng thêm ít nhiều nhưng không đáng kể trong lúc sức cản thủy lực của thiết bị sẽ tăng lên rất cao do tỉ lệ với bình phương vận tốc vào  $v_K$ .



Hình 9.7 : Xyclon Liot

- Đường kính ống thoát  $D_1$  được xác định từ điều kiện vận tốc ra hợp lý  $v_R$  của không khí "sạch". Thường  $v_R$  nằm trong khoảng  $6 \div 8$  m/s. Giảm đường kính ống thoát có tác dụng hạn chế hiện tượng không khí bên ngoài bị hút qua ống xả bụi vào xyclon.

Trong thiết kế định hình, người ta nhận tỉ số vận tốc vào và ra như sau :  $\frac{v_K}{v_R} = 3,6$ .

- Hệ số sức cản cục bộ của xyclon LIOT ứng với vận tốc vào  $v_K$  là  $\xi = 2,75$ .

- Chiều cao thân hình trụ của xyclon được tính toán sao cho dòng không khí thực hiện được 3 vòng xoắn ốc. Tầng chiều cao hơn nữa cũng có tác dụng tăng ít nhiều hiệu quả lọc, nhưng thiết bị sẽ cồng kềnh.

- Chuyển động xoắn ốc của dòng không khí vẫn giữ nguyên nếu bỏ hoàn toàn ống hình trụ bên trong xyclon (ống thoát). Lúc đó hiệu quả của thiết bị giảm mất  $4 \div 5\%$  nhưng sức cản cũng giảm khoảng 1,5 lần.

- Ống thoát bên trong xyclon cần ăn sâu xuống hết phần thân hình trụ, nếu ống thoát ngắn hơn sẽ giảm hiệu quả lọc.

- Góc mở của đáy phễu càng bé thì chiều cao của phễu càng lớn và hiệu quả lọc có tăng nhưng xyclon càng trở lên cồng kềnh. Xyclon LIOT có góc mở của đáy phễu khoảng  $40^\circ$ .

Ở bảng 9-3 là kích thước và một số thông số kĩ thuật chính của xyclon LIOT.

**Bảng 9-3**

**THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA XICLON LIOT.**

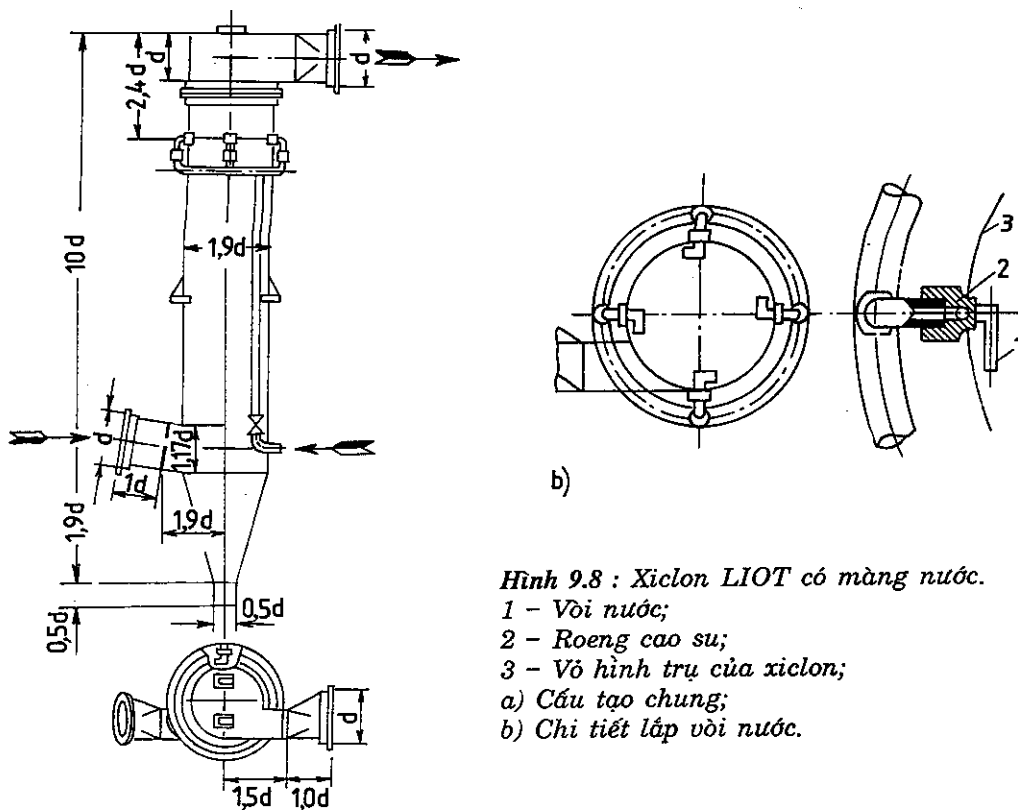
Số hiệu xyclon	D, mm	d, mm	Lưu lượng $m^3/h$	Vận tốc vào, $v_K$	Sức cản thủy lực $kG/m^2$	Hiệu quả lọc đối với bụi có kích thước $\geq 40 \mu$
2	765	245	2000 ÷ 3000	12 ÷ 18	22 ÷ 50	98 ÷ 99%
4	1115	345	4000 ÷ 6000	12 ÷ 18	22 ÷ 50	
6	1350	410	5760 ÷ 8500	12 ÷ 18	22 ÷ 50	

**2 - Xyclon LIOT có màng nước (xiclon ướt)**

Bên cạnh loại xyclon LIOT khô vừa giới thiệu trên đây còn có loại xyclon LIOT ướt. Trên hình 9.8 là sơ đồ cấu tạo của loại xyclon này.

Đặc điểm cấu tạo của xyclon LIOT có màng nước là ở phía trên của thân hình trụ có lắp các mũi phun nước. Nước được phun theo chiều thuận với chuyển động xoắn ốc của dòng không khí bên trong xyclon và phải tạo ra được màng nước mỏng chảy từ trên xuống dưới và láng khắp mặt trong của thân xyclon. Không khí đi vào xyclon từ dưới lên trên bằng ống dẫn vào. Ống thoát ra cũng như ống dẫn vào đều lắp theo phương tiếp tuyến với thân hình trụ. Nhờ thế dòng không khí vẫn đi theo đường xoắn ốc như trong xyclon khô, chỉ khác là : một khi bụi đã chạm vào thành xyclon, nó lập tức bị nước cuốn trôi xuống dưới rồi theo nước bắn thải ra ngoài. Khả năng hạt bụi sau khi đã chạm vào thành xyclon bị bắn trở lại vào dòng không khí như trong xyclon khô là ít xảy ra.





Hình 9.8 : Xyclon LIOT có màng nước.

- 1 - Vòi nước;
- 2 - Roeng cao su;
- 3 - Vỏ hình trụ của xyclon;
- a) Cấu tạo chung;
- b) Chi tiết lắp vòi nước.

Lượng nước phun quy về cho  $1\text{m}^3$  không khí của xyclon thay đổi trong khoảng từ  $0,13 \div 0,3\text{l/m}^3$  tùy theo cỡ đường kính của xyclon.

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đối với loại xyclon LIOT có màng nước đường kính  $D = 450\text{ mm}$  cho thấy khi vận tốc vào của không khí  $v_K = 20\text{ m/s}$  hiệu quả lọc đối với bụi cỡ đường kính  $\geq 20\mu$  đạt 100%.

### 3 - Xyclon tổ hợp.

Như đã biết, tác dụng tách bụi ra khỏi không khí trong xyclon là do lực li tâm gây ra. Lực li tâm càng lớn thì hiệu quả lọc càng cao và mới lọc được bụi có kích thước bé.

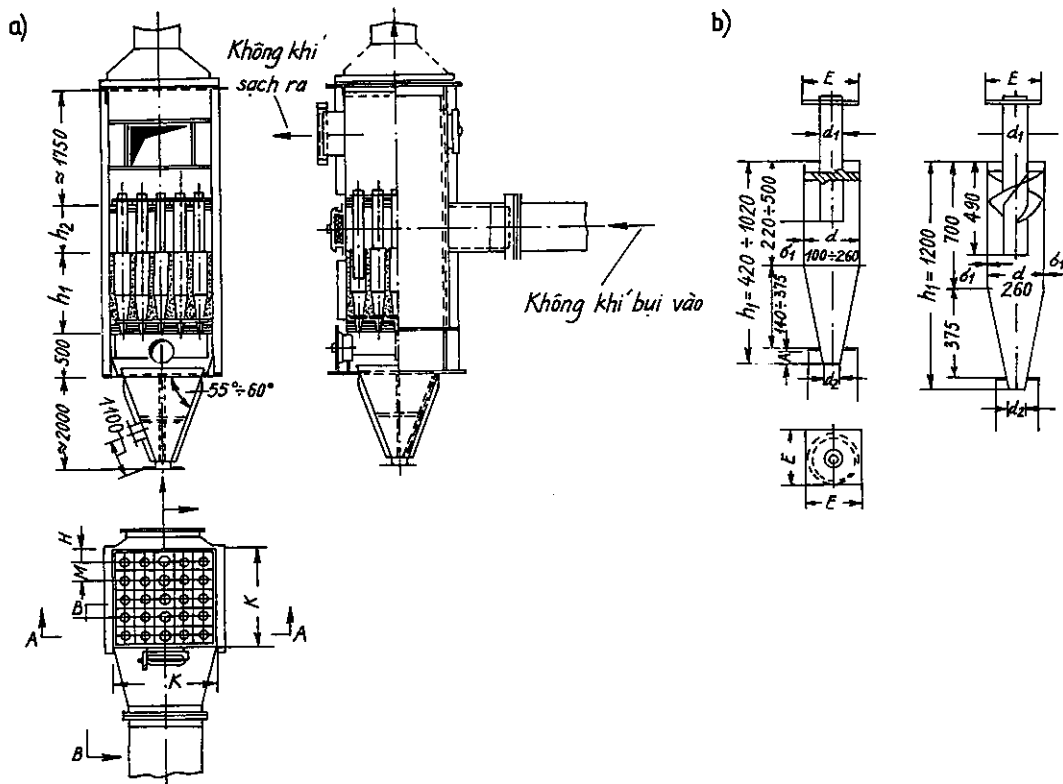
Theo công thức (9-22), lực li tâm tỉ lệ nghịch với bán kính quay.

Như vậy muốn tăng hiệu quả lọc hoặc muốn lọc được bụi có kích thước bé, cần giảm đường kính của xyclon. Nhưng khi giảm đường kính xyclon thì lưu lượng không khí đi qua bộ lọc phải giảm nhỏ không đáp ứng được yêu cầu thực tế. Để giải quyết mâu thuẫn nêu trên, người ta chế tạo ra loại xyclon tổ hợp - hoặc còn gọi là xyclon chùm (hình 9.9).

Trong một xyclon tổ hợp người ta có thể lắp từ vài chục đến hàng trăm xyclon con. Đường kính của xyclon con có thể là 100, 150 và 250 mm.

Trong mỗi xyclon con (hình 9.9b) không khí cần lọc được đưa vào từ trên xuống dưới qua tiết diện hình vành khăn giữa thân hình trụ và ống thoát, tại đó có lắp cánh hướng dòng hoặc trục vít để tạo chuyển động xoắn ốc đối với không khí.

Bụi đọng lại trong từng xyclon con rơi vào boong-ke của tổ hợp và định kì được xả ra ngoài. Không khí sạch theo ống thải của từng xyclon con tập trung vào hộp gộp ở phía trên của tổ hợp và sau đó theo ống thải chung thoát ra ngoài.



**Hình 9.9 : Xyclon tổ hợp**  
 a) Cấu tạo chung ; b) Cấu tạo của xyclon con.

Người ta thường dùng xyclon tổ hợp để lọc tro bụi (kích thước từ  $10 \mu$  trở lên) trong khí thải của lò hơi, lò nhiệt điện. v.v...

Xyclon tổ hợp có thể lắp đặt trên đường ống hút hoặc đường ống đẩy của hệ thống xử lý bụi.

## 9.6. THIẾT BỊ LỌC BỤI KIỂU TIẾP XÚC

### 9.6.1 Thiết bị lọc bụi túi vải (Thiết bị lọc ống tay áo)

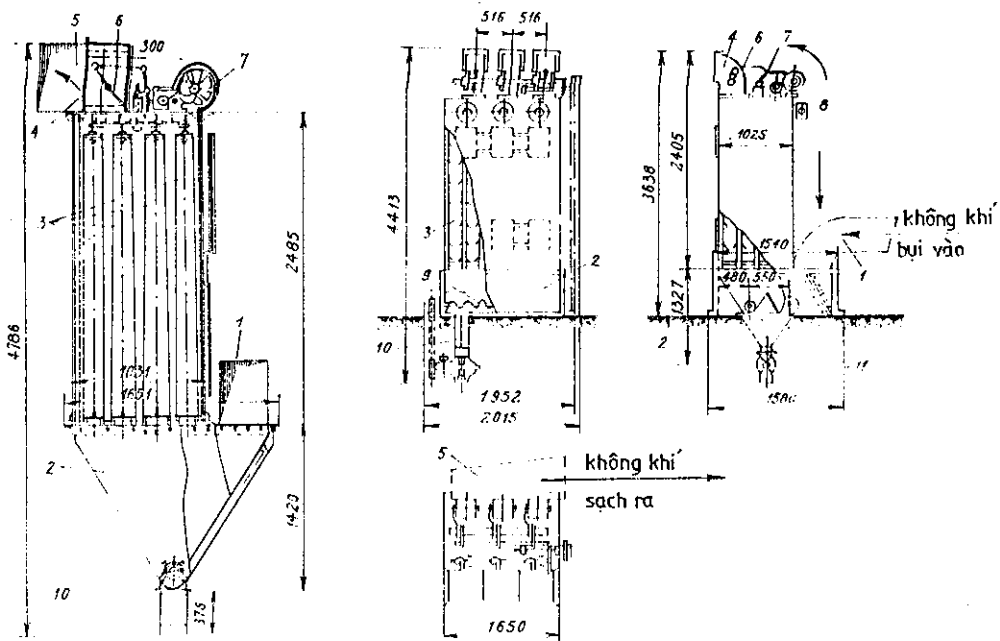
Dùng vải để lọc bụi là điều rất dễ nhận thấy tác dụng của nó. Khi cho không khí mang bụi đi qua lớp vải các hạt bụi có kích thước lớn hơn lỗ rỗng trên mặt vải sẽ bị cản lại. Dần dần lớp bụi đọng lại trên mặt vải cũng có tác dụng làm tăng khả năng giữ bụi của lớp vải lọc, nhưng sức cản thủy lực của nó sẽ tăng và năng suất lọc giảm xuống rõ rệt. Lúc đó người ta phải chải hoặc rũ lớp bụi bám trên mặt vải để sử dụng tiếp.

Vải dùng trong thiết bị lọc bụi này là loại vải thô, dày và nếu mặt vải được chải lông càng tốt.

Thiết bị lọc túi vải không áp dụng được đối với loại bụi dễ kết dính hoặc đóng cứng khi gặp ẩm.



Trên hình 9.10 là sơ đồ cấu tạo của bộ lọc bụi bằng túi vải. Bộ lọc gồm nhiều đơn nguyên, mỗi đơn nguyên có 8 túi vải được khâu thành dạng ống tay áo.



Hình 9.10 : Thiết bị lọc bụi túi vải

Các ống tay áo được căng ở đầu dưới vào nắp đục lỗ vừa bằng đường kính ống tay áo của boong ke, đầu trên của ống tay áo được bịt kín và căng vào hệ thống cánh tay đòn để phục vụ cho việc rũ bụi.

Không khí cần lọc được đưa vào thiết bị qua ống nối 1 vào boong ke 2 ; Không khí đi từ dưới lên trên và từ trong ra ngoài của từng ống tay áo 3 rồi từ khoảng trống giữa các ống tay áo, không khí sạch thoát ra ngoài qua ống thải 5 ở phía trên của thiết bị. Định kỳ người ta luân phiên cho từng đơn nguyên ngừng hoạt động để tiến hành khâu rũ bụi bằng tay hoặc bằng cơ giới qua hệ thống tay đòn và truyền động 7. Để rũ bụi được triệt để, người ta dùng hệ thống van để tạo dòng không khí đi theo chiều ngược lại với chiều lọc bụi, tức cho không khí đi từ mặt ngoài vào trong của các ống tay áo của đơn nguyên, nhờ đó bụi rời khỏi mặt trong của túi vải một cách dễ dàng và nhanh chóng hơn.

Năng suất lọc của thiết bị lọc bụi túi vải được tính trong khoảng  $150 \div 180 \text{ m}^3/\text{h}$  trên  $1\text{ m}^2$  diện tích bề mặt vải lọc.

Sức cản thủy lực của vải lọc thay đổi trong khoảng  $90 \div 105 \text{ kG/m}^2$  và sức cản của toàn bộ thiết bị bị nằm trong khoảng  $130 \div 140 \text{ kG/m}^2$ .

Hiệu quả lọc của thiết bị khi nồng độ ban đầu của bụi trong không khí là  $3,26 \div 8,34 \text{ g/m}^3$  đạt  $99,61 \div 99,74\%$ .

### 9.6.2. Lưới lọc bụi

Lưới lọc bụi là thiết bị lọc được chế tạo dưới dạng tấm từ một loại vật liệu hoặc nhiều loại vật liệu khác nhau để tạo ra lỗ rỗng và lối đi dích dắc bên trong bề dày của nó.

Cấu tạo đơn giản và phổ biến nhất của lưới lọc là loại tấm lọc gồm có khung làm bằng kim loại xung quanh, hai mặt được căng lưới thép và giữa hai lớp lưới thép là vật liệu đệm : khâu kim loại, khâu sứ, khâu nhựa, sợi thủy tinh, sợi nhựa, dây kim loại rối. v.v...

Kích thước vật liệu đệm càng bé thì lỗ rỗng của tấm lọc càng bé và lọc được bụi mịn, nhưng lúc đó sức cản thủy lực của tấm lọc sẽ cao.

Trên hình 9.11 là tấm lưới lọc với vật liệu đệm là khâu kim loại hoặc khâu sứ.

Kích thước thông thường của tấm lọc là  $500 \times 500 \times (75 \div 80)$  mm, khâu kim loại có kích thước  $13 \times 13 \times 1$  mm.

Tùy theo lưu lượng không khí cần lọc, các tấm lọc được ghép lại với nhau trên khung phẳng hoặc khung nhiều tầng để đảm bảo được diện tích bề mặt lưới lọc cần thiết (hình 9.12).

Để tăng cao hiệu quả lọc đối với bụi kích thước bé người ta dùng dầu công nghiệp để tẩm các tấm lưới lọc trước khi sử dụng, lúc đó ta gọi là "lưới lọc tẩm dầu".

Cách tẩm dầu được tiến hành như sau : nhúng tấm lưới lọc vào thùng dầu, vớt lên để ráo cho đến khi dầu hết nhỏ giọt mới đem sử dụng. Yêu cầu đối với dầu tẩm là : độ nhớt lớn, không mùi, lâu khô và khó ôxy hoá.

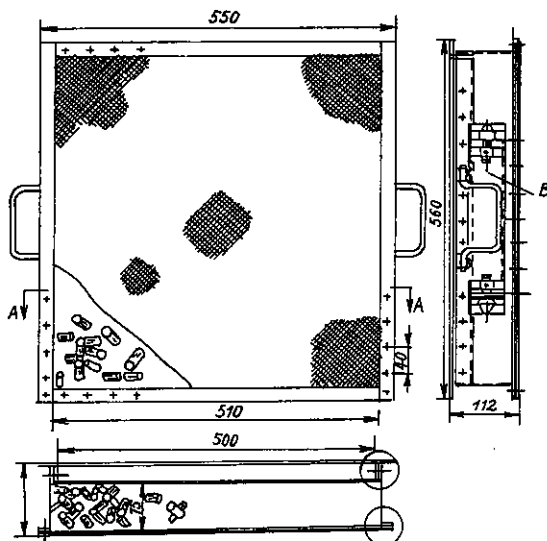
Khi không khí mang bụi đi qua tấm lưới lọc, chiều hướng chuyển động của nó thay đổi liên tục theo vô số lỗ rỗng dích dắc bên trong bề dày của tấm lọc, nhờ đó các hạt bụi sẽ bám lại trên thành của các khâu sứ hoặc kim loại.

Sau một thời gian sử dụng, bụi bám nhiều làm cho sức cản thủy lực của tấm lọc tăng và năng suất lọc giảm. Lúc đó người ta cần rửa tấm lọc cho sạch bụi bằng dung dịch xút nóng, phơi khô rồi tẩm lại dầu để sử dụng tiếp. Nếu nồng độ bụi ban đầu của không khí cần lọc từ  $10 \div 20 \text{ mg/m}^3$  chu kì làm việc của tấm lọc có thể kéo dài từ  $5 \div 10$  ngày. Nếu nồng độ bụi ban đầu là  $100 \text{ mg/m}^3$ , chu kì làm việc rút xuống còn khoảng  $10 \div 12$  giờ. Do đó loại lưới lọc tẩm dầu chỉ nên sử dụng như cấp lọc tinh sau một cấp lọc thô nào đó.

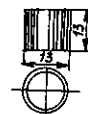
Hiệu quả lọc của lưới lọc với vật liệu đệm là khâu kim loại kích thước nêu trên đạt 99%, năng suất lọc  $4000 \div 5000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$  và sức cản tương ứng là  $8 \div 10 \text{ kg/m}^2$ . Nếu dùng khâu sứ thành dày kích thước  $15 \times 13 \times 2,5$  mm thì sức cản lên đến  $20 \div 25 \text{ kg/m}^2$ .

### 9.6.3. Lưới lọc bụi tự rửa

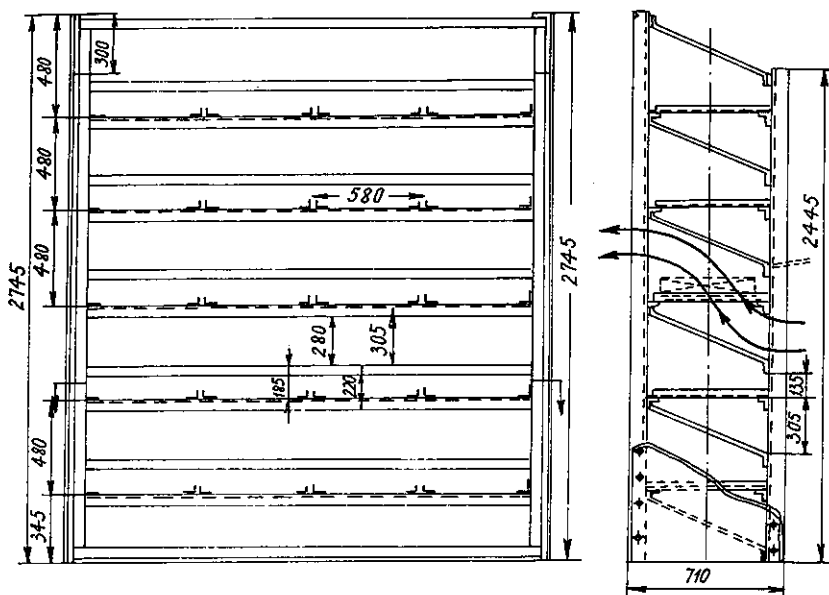
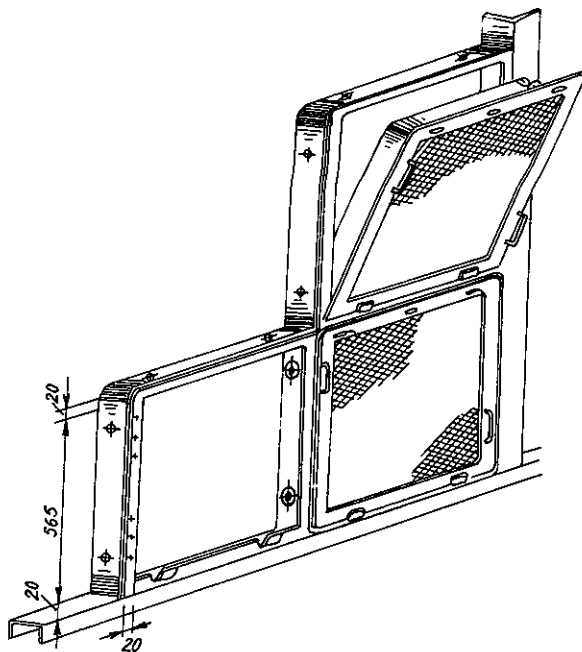
Về cấu tạo và nguyên lí làm việc cũng gần tương tự như lưới lọc tẩm dầu đã giới thiệu trên đây, nhưng loại lưới lọc tự rửa có đặc điểm là các tấm lọc được treo như "rèm cửa" trên một guồng quay liên tục bằng hệ thống truyền động từ động cơ qua hộp giảm tốc (hình 9.13).



Kích thước khâu Raschig bằng sứ hoặc kim loại



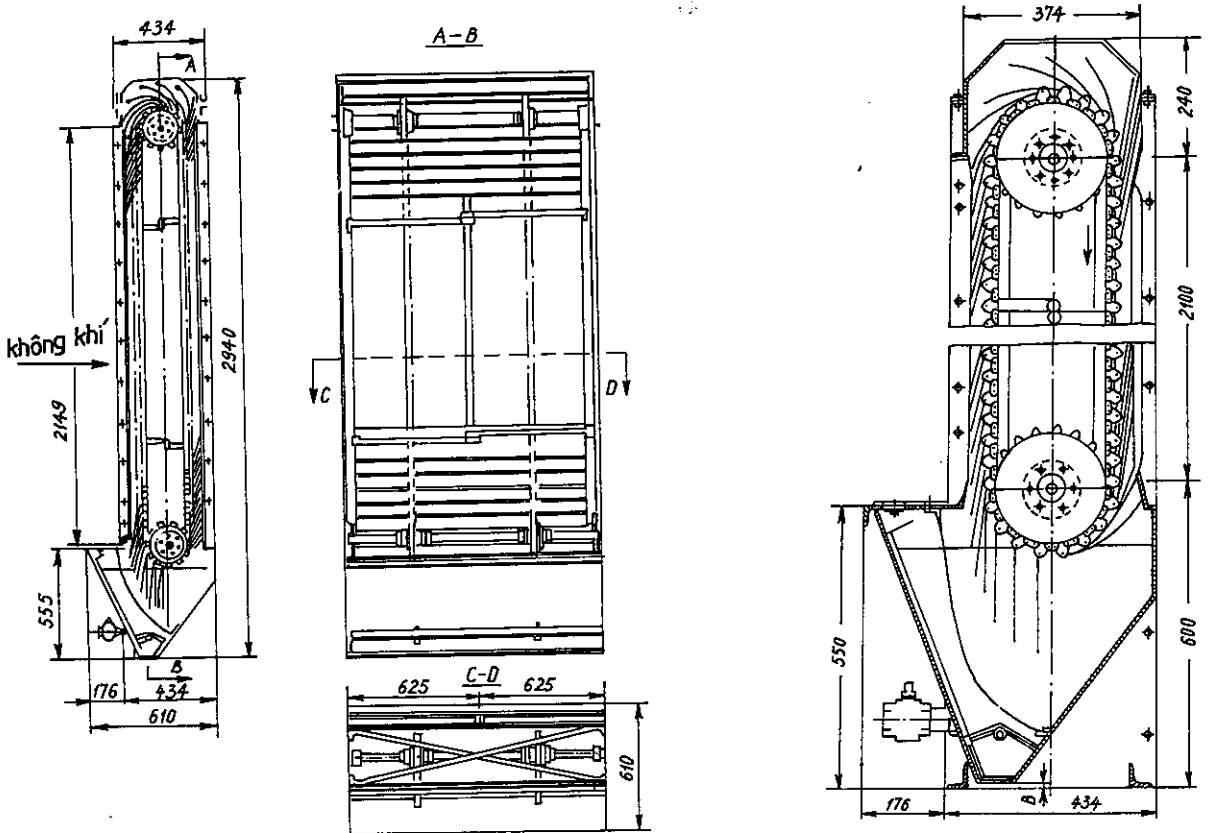
Hình 9.11 : Lưới lọc dạng tấm



Hình 9.12 : Khung lắp các tấm lưới lọc

Khi chuyển động, các tấm lọc nằm trong dòng không khí làm việc theo chu kì lọc bụi, còn các tấm lọc nằm ở vị trí dưới cùng của guồng được nhúng vào hộp đựng dầu, nhờ đó bụi bám trên tấm lọc sẽ rơi ra và lắng xuống đáy hộp dầu. Định kì người ta lọc cần bản trong dầu để dùng lại hoặc thay dầu mới.

Tấm lọc được làm từ lưới thép  $2 \times 2$  mm gấp đôi (tức hai lớp lưới thép) kích thước  $0,5 \times 0,7$  m và treo vào guồng sao cho lúc nào cũng có 4 tấm lọc xếp chồng lên nhau. Như



Hình 9.13 : Thiết bị lọc tự rửa

vây không khí cần lọc phải đi qua cả 2 mặt của guồng gồm 8 tấm lọc, tổng cộng là 16 lớp lưới thép. Tốc độ quay của guồng từ 1,8 ÷ 3,5 mm/phút. Năng suất lọc đạt từ 8000 ÷ 10000 m<sup>3</sup>/h . m<sup>2</sup>. Sức cản thủy lực : 10 kG/m<sup>2</sup>. Hiệu quả lọc đạt 96 ÷ 98%.

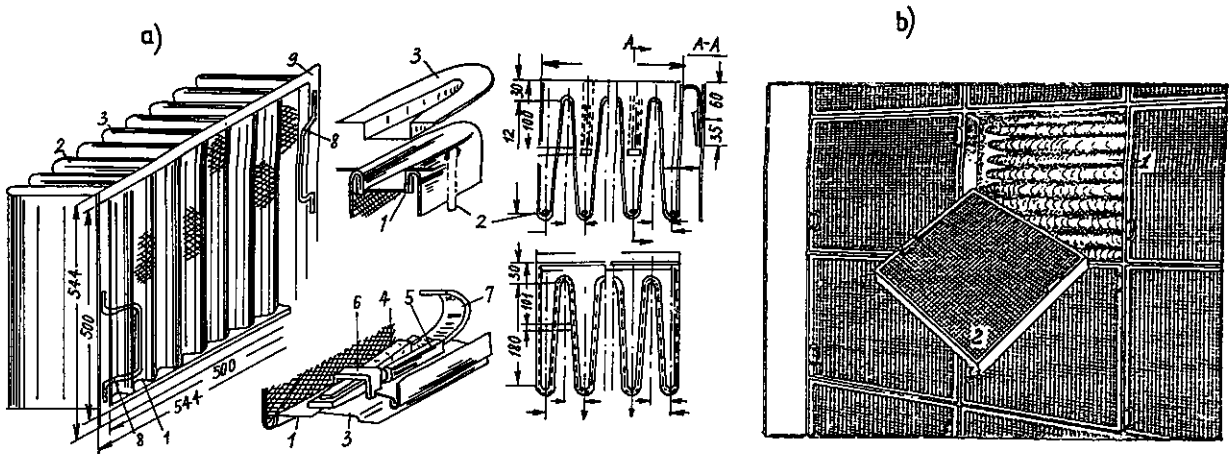
Thiết bị lọc tự rửa được chế tạo thành đơn nguyên, diện tích bề mặt làm việc khoảng 2 ÷ 2,5 m<sup>2</sup>. Để có diện tích bề mặt lọc cần thiết, ta có thể ghép nhiều đơn nguyên lại với nhau.

#### 9.6.4. Lưới lọc bụi bằng giấy

Vật liệu lọc ở đây là giấy xếp được xếp thành nhiều lớp trên một cái giá kim loại có căng lưới thép theo hình gấp khúc. Lớp lưới thép có tác dụng bảo vệ cho giấy lọc khỏi bị thủng rách khi chênh lệch áp suất gió 2 bên lớp lọc tăng cao (hình 9.14a).

#### 9.6.5. Lưới lọc thùng quay

Loại lưới lọc này thường được sử dụng trong công nghiệp sợi - dệt để lọc bụi bông trong không khí.



**Hình 9.14 : Lưới lọc bằng giấy**

*a - Chi tiết cấu tạo của lưới lọc bằng giấy;*

*b - Lưới lọc bằng giấy (1) kết hợp với lưới thép tấm đầu (2).*

Cấu tạo của lưới lọc gồm một khung hình trống quay xung quanh trục với vận tốc khoảng  $1 \div 2$  vòng/phút. Bề mặt xung quanh của khung được căng lưới thép. Không khí mang bụi được dẫn vào thiết bị lọc đi từ ngoài vào trong mặt lưới của trống, bụi bị cản trên bề mặt ngoài của lưới và không khí sạch theo hai đầu hở của trống để thoát ra ngoài. Khi trống quay, lớp bụi bám trên mặt lưới được gỡ ra và rơi xuống hộp chứa bụi bằng một trục quay có răng lược như kiểu bàn chải lắp ở phía dưới của trống (hình 9.15).

Sau đây là một số các thông số kĩ thuật của bộ lọc thùng quay có đường kính  $D = 750$  mm, dài 1375 mm, diện tích mặt lưới  $2,7 \text{ m}^2$ .

- Năng suất lọc (lưu lượng không khí) :  $7000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- Nếu nồng độ bụi ban đầu là  $50 \div 55 \text{ mg}/\text{m}^3$  thì nồng độ bụi còn lại trong không khí sau bộ lọc là  $12 \text{ mg}/\text{m}^3$  khi vận tốc quay là một vòng trong 54 phút và  $6 \text{ mg}/\text{m}^3$  khi vận tốc quay là một vòng trong 216 phút. Hiệu quả lọc đạt  $77 \div 89\%$ . Sức cản thủy lực tương ứng là  $4 \div 12 \text{ kG}/\text{m}^2$ .

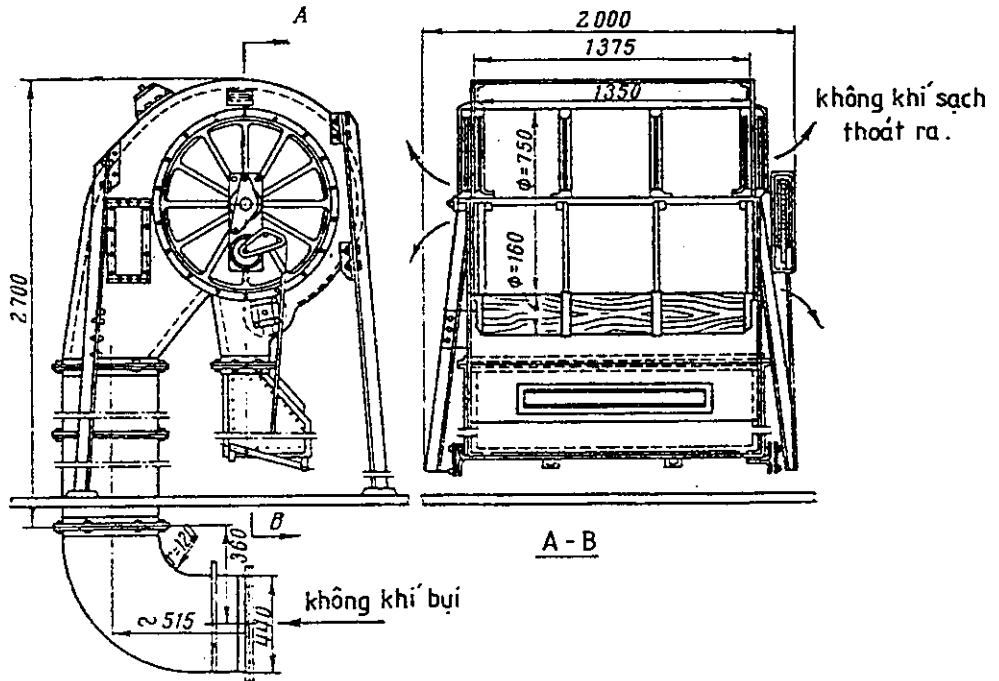
### 9.6.6. Một số dạng khác của thiết bị lọc bụi bằng lớp vật liệu rỗng

Tất cả những loại lưới lọc được giới thiệu trên đây đều dựa vào nguyên lý làm việc là bụi cản lại trong lớp vật liệu rỗng, xốp.

Cũng trên nguyên lý đó người ta có thể tạo ra nhiều dạng thiết bị lọc khác nhau dưới những tên gọi khác nhau.

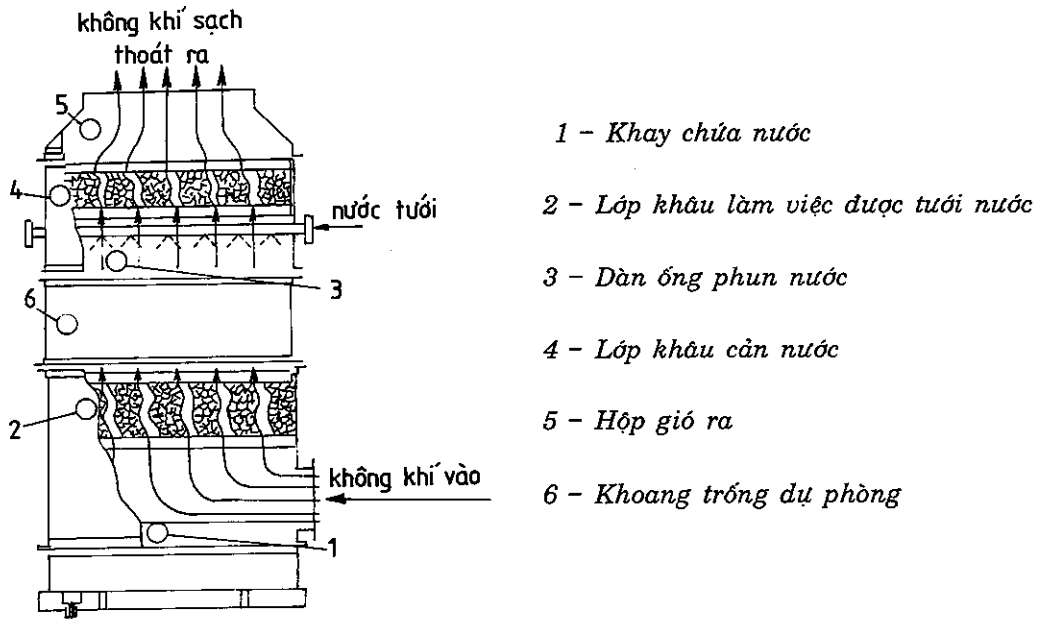
Ví dụ sau đây là một loại thiết bị lọc bằng lớp vật liệu rỗng có tưới nước mà các nước phương Tây thường gọi là air wascher hoặc scrubber.

Sơ đồ cấu tạo của thiết bị được thể hiện ở hình 9.16. Vật liệu rỗng là khâu nhựa. Lớp khâu nhựa bên dưới có tác dụng lọc bụi, còn lớp bên trên cũng có tác dụng lọc bụi nhưng chủ yếu là dùng để cản những giọt nước bay theo không khí.



Hình 9.15 : Lưới lọc thùng quay

Ngoài tác dụng lọc bụi, thiết bị lọc bằng vật liệu rỗng có tưới nước còn tác dụng hấp thụ (tức khử) các chất độc hại trong khí thải công nghiệp.



Hình 9.16 : Thiết bị lọc bằng vật liệu rỗng có tưới nước của hãng UNITED AIR SPECIALISTS, INC (Mỹ) [50]

Các thông số kỹ thuật chủ yếu của thiết bị lọc :

- Vận tốc không khí tính cho toàn tiết diện ngang của thiết bị :  $v = 1,8 \div 2 \text{ m/s}$
- Nồng độ ban đầu của bụi hoặc khí có hại trong không khí :  $200 \div 1000 \text{ ppm}$  (phần triệu)
- Kích thước bụi có thể lọc được :  $\geq 25 \mu$

Ở bảng 9-4 là hiệu quả lọc đối với một số chất khí độc hại trong khí thải của thiết bị nêu trên.

**Bảng 9-4**

**HIỆU QUẢ KHỬ KHÍ ĐỘC HẠI CỦA THIẾT BỊ LỌC  
SCRUBBER UNITED SPECIALISTS, INC. [50]**

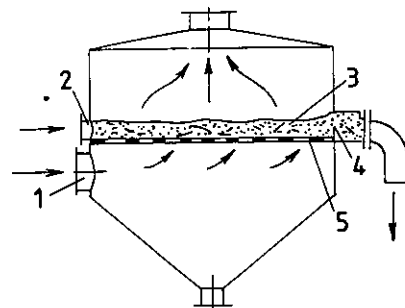
TT	Chất khí	Hiệu quả khử	Chất lỏng tưới trong thiết bị
1	Axít cromic	98 ÷ 99%	Nước
2	Axít axêtic	80 ÷ 90%	-
3	Alkaline	85 ÷ 90%	-
4	Xyanic	80 ÷ 85%	-
5	HCl	75 ÷ 85%	Dung dịch kiềm
6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , SO <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub>	95 ÷ 98%	-
7	NO, NO <sub>2</sub>	65 ÷ 85%	-
8	HNO <sub>3</sub>	80 ÷ 90%	-

**9.6.7. Thiết bị lọc kiểu sủi bọt**

Trên hình 9.17 là thiết bị lọc bụi kiểu sủi bọt.

Không khí mang bụi được đưa vào thiết bị qua ống 1. Khi đi qua lớp lưới lỗ nhỏ hoặc tấm thép đục lỗ 5 không khí lên qua lớp nước chảy ra từ ống 2 và làm nước sủi bọt. Bụi trong không khí bị giữ lại trong lớp bọt 3 không ngừng hình thành và tan rã rồi theo nước ra ngoài qua ống xả có gờ 4 cao từ 25 ÷ 50 mm.

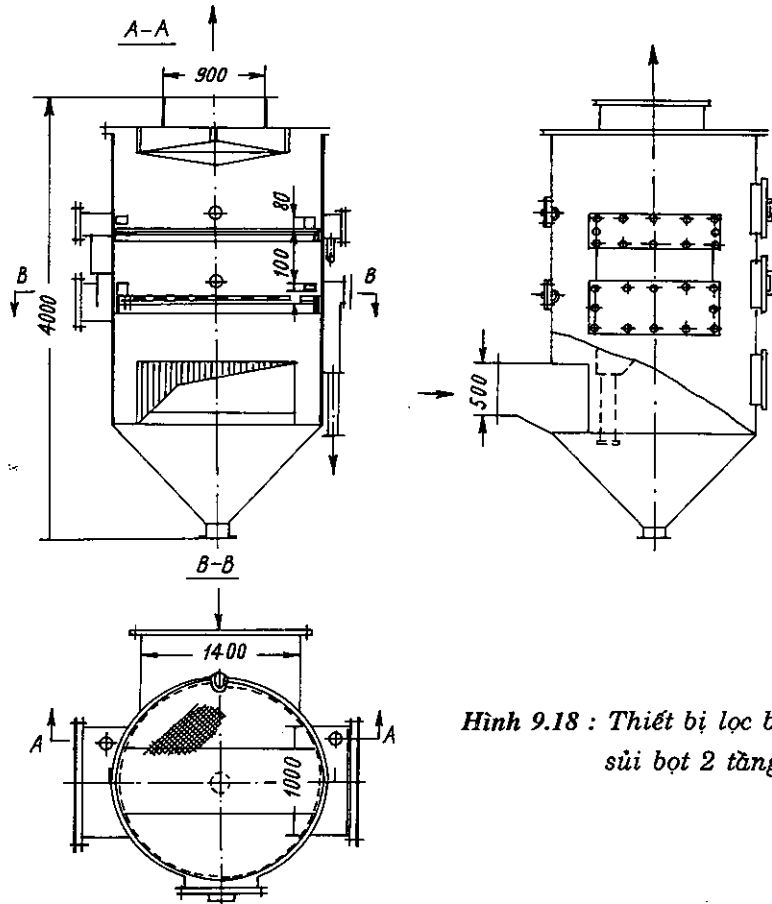
Hiệu quả lọc của thiết bị càng cao khi lớp bọt càng dày, nhưng lúc đó sức cản thủy lực của thiết bị tăng cao. Vì vậy bề dày của lớp bọt khoảng 80 ÷ 100 mm là tối ưu. Vận tốc tương ứng của không khí là 2 ÷ 2,5 m/s trên toàn tiết diện ngang của thiết bị. Nếu vận tốc không khí lớn hơn không những làm cho sức cản thủy lực tăng mà còn có nhiều giọt nước cuốn theo dòng không khí mang theo cả bụi đã bị giữ lại trong đó. Lưu lượng cấp nước khoảng 0,2 ÷ 0,3 lít cho 1 m<sup>3</sup> không khí.



*Hình 9.17 : Thiết bị lọc bụi kiểu sủi bọt*

Để giảm bớt lượng nước cấp, người ta chế tạo loại thiết bị lọc 2 tầng bọt (hình 9.18). Ở tầng thứ nhất tấm thép đục lỗ  $d = 6 \text{ mm}$ , bước lỗ 12 mm, diện tích sống chiếm  $\approx 23 \%$ ,

còn tầng thứ hai đục lỗ  $d = 8 \text{ mm}$ , bước  $16 \text{ mm}$ . Nước thoát ra từ tầng trên lại chảy xuống tầng dưới sau đó mới thải ra bể lắng bùn. Hiệu quả lọc của thiết bị đạt  $99,7\%$ , nồng độ bụi còn lại trong không khí sau khi lọc dưới  $12 \text{ mg/m}^3$ .



Hình 9.18 : Thiết bị lọc bụi kiểu túi bột 2 tầng

### 9.7. THIẾT BỊ LỌC BỤI BẰNG ĐIỆN

Trong thiết bị lọc bụi bằng điện các hạt bụi được tách ra khỏi môi trường khí nhờ có một điện trường mạnh.

Trên hình 9.19 là sơ đồ nguyên lý của thiết bị lọc bụi bằng điện

Dây kim loại nhẵn và tiết diện bé 1 được căng theo trục của ống kim loại 2 nhờ có đối trọng 3.

Dây kim loại được cách điện tại điểm 4 và được nạp điện một chiều từ cực âm của nguồn điện với điện thế cao, khoảng 50000 vôn. Đó là cực âm của thiết bị. Cực dương là ống kim loại bao bọc xung quanh cực âm và được nối đất 5.

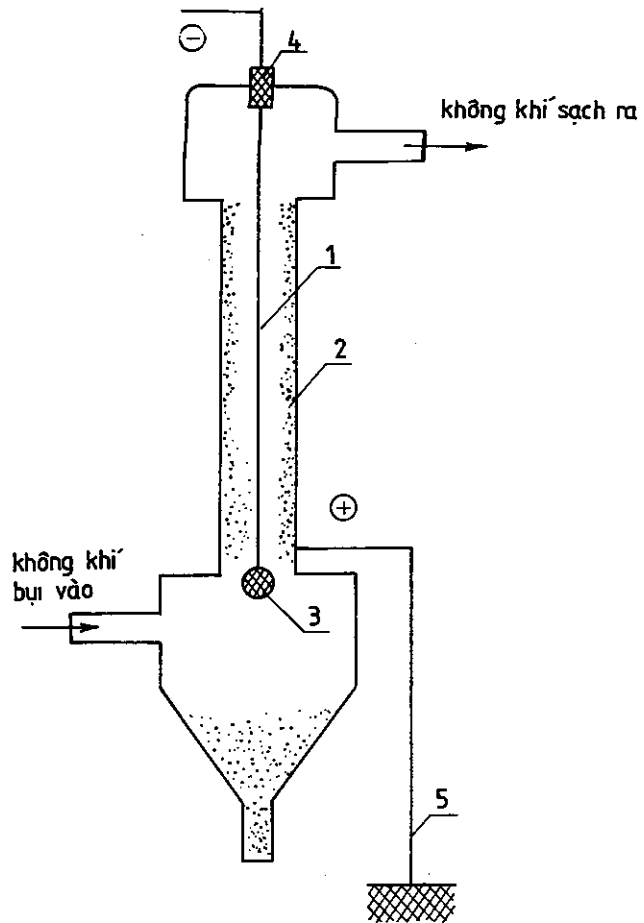
Khi dòng khí mang bụi đi qua ống kim loại, bụi trong không khí sẽ bị ion hoá và mang điện tích cùng dấu với dây kim loại, do đó bị dây kim loại đẩy về phía ống hình trụ rồi bị đọng lại trên bề mặt trong của ống, tại đó chúng hết tích điện và rơi xuống đáy phễu của hộp chứa bụi.



Những hạt bụi có kích thước bé (dưới  $0,1 \mu$ ) sẽ tích điện tối đa sau 1 giây trong phạm vi điện trường. Vì thế thời gian để dòng không khí cần lọc đi qua điện trường cần chọn có dự trữ là không dưới 2 giây.

Trên hình 9.20 là cấu tạo của thiết bị lọc bụi bằng điện kiểu đứng, một đơn nguyên UVP- 6,6 do hãng lọc khí Leningrat chế tạo.

Diện tích tiết diện làm việc của bộ lọc  $6,6 \text{ m}^2$ , vận tốc không khí trên tiết diện làm việc  $v = 0,82 \text{ m/s}$ , năng suất lọc (tức lưu lượng không khí)  $L=19500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Điện áp trên cực âm  $60 \text{ kV}$ , dòng điện trên cực âm  $0,1 \text{ ma/m}$ . Chiều cao của bộ lọc  $14930 \text{ mm}$ , kích thước mặt bằng  $3300 \times 2530 \text{ mm}$ . Bên trong vỏ 1 bằng bê tông cốt thép các cực âm 6 có độ dài làm việc tổng cộng là  $425 \text{ m}$  được cố định trên khung 5 và treo bằng dây 3. Bảy tấm cực dương hút bụi 8 được chế tạo theo kiểu túi (để chứa bụi) cho phép rũ bụi không cần cắt điện. Các cực hút bụi này được treo trên giá 2. Các cực âm và cực dương đều được rũ bụi bằng các cơ cấu truyền động 4 và 9.



Hình 9.19 : Sơ đồ nguyên lý của thiết bị lọc bụi bằng điện

Không khí cần lọc đi vào thiết bị được phân bố đều trên tiết diện ngang của nó bằng các cánh hướng dòng 7.

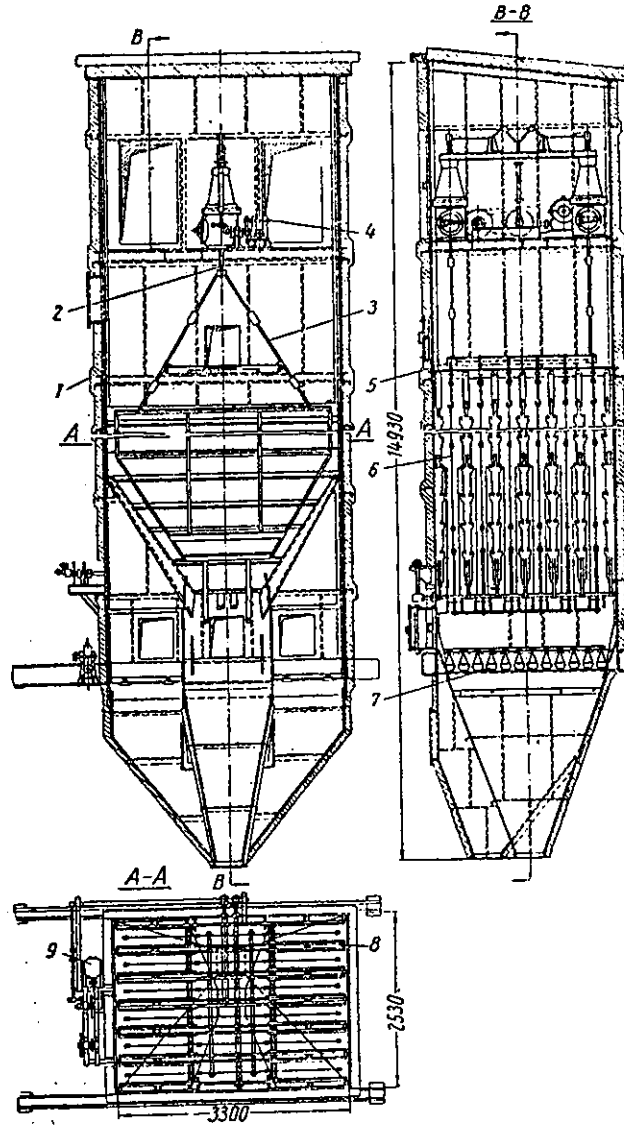
Thời gian dòng không khí lưu lại trong vùng tác dụng của điện trường là 6 giây. Khi nồng độ bụi ban đầu trong không khí là  $7 \text{ g/m}^3$ , hiệu quả lọc đạt  $99,8 \%$ .

Thông thường bộ lọc bằng điện được sử dụng như cấp lọc tinh sau bộ lọc xyclon tổ hợp (xiclon chùm).

Trên đây là loại thiết bị lọc bụi bằng điện một giai đoạn : ion hoá đồng thời với quá trình hút bụi. Ngoài loại ấy ra người ta còn chế tạo loại thiết bị lọc bụi bằng điện hai giai đoạn hoặc còn gọi là hai vùng , vùng ion hoá và vùng hút bụi (hình 9.21).

Đầu tiên không khí đi qua khung 1 với dây ống hướng dòng và nối đất. Giữa các ống là dây kim loại cách nhau khoảng  $30 \text{ mm}$  nối với cực âm của nguồn điện một chiều điện áp  $13 \text{ kV}$ . Đó là vùng ion hoá.

Tiếp theo không khí đi qua vùng hút bụi 2 gồm các bản cực dương và âm xen kẽ nhau với khoảng cách  $\approx 10 \text{ mm}$ . Cực dương nối với nguồn điện  $6,5 \text{ kV}$  còn cực âm nối đất. Bé dài



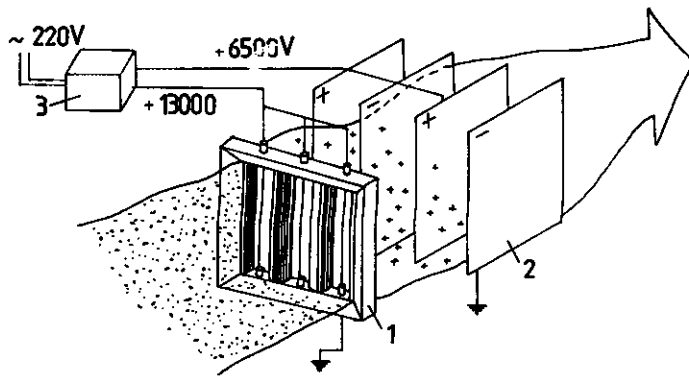
**Hình 9.20 : Cấu tạo của thiết bị lọc bụi bằng điện UVP - 6,6.**

các bản cực hút bụi được chọn một cách tương ứng với vận tốc của không khí đi qua bộ lọc sao cho thời gian lưu lại của không khí trong điện trường tối thiểu là 0,2 giây (trong thiết kế thực tế lấy 1 ÷ 2 giây).

Vận tốc của không khí :

- Đối với tro  $v = 2 \div 2,3 \text{ m/s.}$

- Mồ hống, muối khí  $v = 0,6 \text{ m/s}$



Hình 9.21 : Sơ đồ hệ thống lọc bụi bằng điện 2 giai đoạn.

- Bụi xi măng  $v \approx 3 \div 4 \text{ m/s}$

Sức cản thuỷ lực của thiết bị :  $10 \div 20 \text{ kG/m}^2$ . Điện năng tiêu hao khoảng  $0,2 \text{ kW}$  cho  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  không khí cần lọc.

Ưu điểm chính của loại thiết bị này là điện áp tương đối thấp so với loại một vùng ( $12 \div 13 \text{ kV}$ ), như vậy tránh được hiện tượng phát sinh ra các loại khí có hại như  $\text{NO}_x$ , Ozon v.v... mà ở điện áp  $80 \div 100 \text{ kV}$  luôn luôn xảy ra.

## Chương 10

# VẬN CHUYỂN VẬT LIỆU RỜI BẰNG ĐƯỜNG ỐNG

### 10.1. KHÁI NIỆM CHUNG

*Vận tốc lơ lửng (treo) và vận tốc làm việc.*

Bất kì hệ thống thông gió hút bụi nào cũng mang tính chất vận chuyển bụi trên đường ống từ nguồn phát sinh đến thiết bị xử lí.

Ngoài ra, trong công nghiệp người ta thường dùng hệ thống ống dẫn không khí để vận chuyển vật liệu rời như : bông, thuốc lá, sợi, chè, xi măng, dăm bào, mùn cưa v.v... từ vị trí này đến vị trí khác trong dây chuyền công nghệ.

Quá trình vận chuyển những hạt rắn lẫn trong dòng không khí gọi là *vận chuyển bằng đường ống* hoặc còn gọi là *vận chuyển bằng khí ép*. Phương pháp tính toán những hệ thống vận chuyển bằng khí ép có nhiều điểm khác với phương pháp tính hệ thống dẫn không khí thông thường.

Điều kiện cơ bản để các phần tử hạt rắn có thể lơ lửng trong dòng không khí là : lực tác dụng lên phần tử hạt rắn do dòng không khí chuyển động từ dưới lên trên gây ra phải bằng hoặc lớn hơn trọng lượng bản thân của hạt (hình 10.1).

Lực tác dụng lên phần tử hạt rắn gồm 2 phần :

- Lực tác dụng lên tiết diện ngang của hạt (còn gọi là tiết diện trực đối) trực giao với chiều chuyển động của dòng không khí :

$$P_1 = K_o \frac{v^2}{2g} \gamma F, \quad \text{kG}$$

- Lực tác dụng do ma sát giữa không khí và bề mặt xung quanh của hạt:

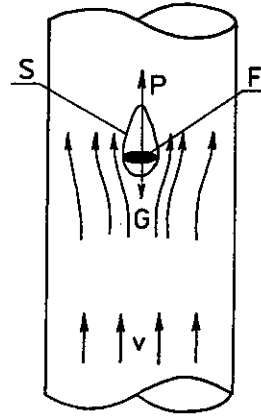
$$P_2 = \lambda \frac{v^2}{2g} \gamma S, \quad \text{kG}$$

Nếu gọi P là lực tác dụng lên hạt rắn từ dưới lên trên thì :

$$P = P_1 + P_2 = K_o \frac{v^2}{2g} \gamma F + \lambda \frac{v^2}{2g} \gamma S \quad (10-1)$$

$K_o$  - Hệ số tỉ lệ kể đến ảnh hưởng của sự chảy bọc quanh các hạt của dòng không khí. Hệ số này xác định bằng thực nghiệm phụ thuộc vào chuẩn số Re và kích thước của hạt lơ lửng.

Đối với hạt có hình thon  $K_o \approx 1$ . Đối với hạt hình cầu hệ số  $K_o$  thay đổi theo chuẩn số Re thể hiện ở biểu đồ hình 10.2.



Hình 10.1 : Lực tác dụng lên hạt vật chất trong dòng không khí.

$F$  : Tiết diện trục đối lớn nhất của hạt theo phương trục đối xứng,  $m^2$

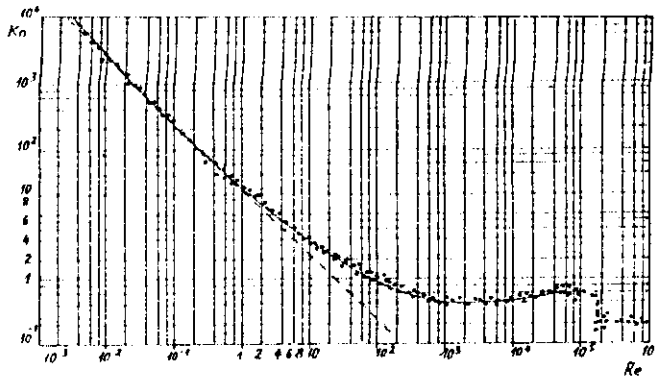
$v$  : Vận tốc của dòng không khí trong ống dẫn,  $m/s$

$\lambda$  : Hệ số ma sát

$S$  : Bề mặt xung quanh của hạt,  $m^2$

$\gamma$  : Trọng lượng đơn vị của không khí,  $kg/m^3$ .

Nếu tiết diện trục đối ứng với các trục đối xứng khác nhau của hạt không giống nhau thì lực tác dụng lên hạt sẽ phụ thuộc vào trục đối xứng nào của hạt trùng với chiều chuyển động của dòng không khí.



Hình 10.2

Rõ ràng lúc đó trường hợp bất lợi nhất là trường hợp tiết diện trục đối bé nhất.

Điều kiện để làm cho hạt rắn ở trạng thái lơ lửng trong dòng không khí là :

$$G = P = K_0 \frac{v^2}{2g} \gamma F + \lambda \frac{v^2}{2g} \gamma S \quad (10-2)$$

$G$  : Trọng lượng của hạt,  $kg$ .

Từ phương trình trên ta rút ra được trị số  $v$  và đó chính là vận tốc treo :

$$v_{\text{treo}} = \sqrt{\frac{G}{\frac{\gamma}{2g} (K_0 F + \lambda S)}}, \quad m/s \quad (10-3)$$

Đối với hạt thon  $K_0 = 1$  và khi không khí ở điều kiện tiêu chuẩn  $\gamma = 1,2 \text{ kg/m}^3$  ta có :

$$v_{\text{treo}} = \sqrt{\frac{G}{0,06 F + \beta S}} \quad (10-4)$$

Trong đó :  $\beta = \lambda \frac{\gamma}{2g}$  ;  $\beta = 2.10^{-4}$  đối với bề mặt nhẵn ;  $\beta = 5.10^{-4}$  đối với bề mặt nhám.

Đối với hạt hình cầu có đường kính  $d$ ,  $m$  và trọng lượng đơn vị  $\gamma_h$ ,  $kg/m^3$  :

$$P = K_0 \frac{v^2}{2g} \gamma F + \lambda \frac{v^2}{2g} \gamma S = G = \frac{\pi d^3}{6} \gamma_h \quad (10-5)$$

Thành phần của lực ma sát trong phương trình (10-5) không đáng kể, có thể bỏ qua, từ đó :

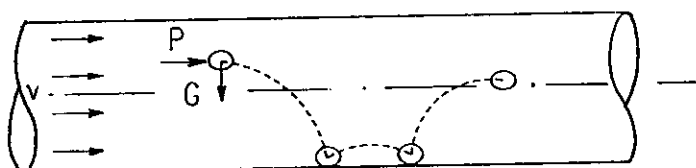
$$v_{\text{treo}} = 3,3 \sqrt{\frac{d \gamma_h}{K_0}}, \quad m/s \quad (10-6)$$

Thông thường, đối với hệ thống vận chuyển bằng khí ép  $Re = (0,5 \div 7) \cdot 10^5$  và ứng với trị số  $Re$  trong khoảng ấy ta có  $K_0 = 0,5$ .

Lúc đó :

$$v_{\text{treo}} = 4,7 \sqrt{d \gamma_h}, \quad \text{m/s} \quad (10-7)$$

Trường hợp nếu ống dẫn nằm ngang thì lực P sẽ tác dụng trực giao với phương của lực G, do đó hạt sẽ rơi xuống và lăn theo thành ống. Phần không khí bị cuốn theo các hạt sẽ gây ra một sức đẩy P' nào đó làm cho hạt lại được bốc trở lên, rồi lại rơi xuống, cứ thế mà hạt bị tải đi theo dòng không khí (hình 10.3).



Hình 10.3 : Chuyển động của hạt vật liệu trong ống nằm ngang

Để xác định vận tốc lơ lửng trong trường hợp ống ngang, giáo sư V.N. Lêvinxon [27] trên cơ sở lí thuyết đã đưa ra công thức sau đây dùng cho hạt rắn có hình kéo dài (hình lăng trụ).

$$v_{\text{treo}} = \sqrt{\frac{G}{\varphi (1 - \varphi) \pi d l \rho}} \quad (10-8)$$

Trong đó :

$\rho$  : Mật độ của không khí,  $\text{kg.s}^2/\text{m}^4$

$l$  : Bé dài của hạt hình lăng trụ, m

$d$  : Đường kính của hạt lăng trụ, m

$\varphi = \frac{v'}{v}$  : Tỷ số của vận tốc tịnh tiến của hạt và vận tốc của dòng không khí.

Theo số liệu thực nghiệm :  $\varphi = 0,66 \div 0,88$ .

Trong thực tế, vận tốc làm việc của hệ thống vận chuyển bằng khí ép phải lớn hơn vận tốc treo để dòng không khí có khả năng lôi cuốn được những hạt vật liệu đọng lại dưới lòng ống nằm ngang khi hệ thống làm việc trở lại sau một thời gian ngừng hoạt động.

Vận tốc làm việc của hệ thống phụ thuộc và hàm lượng  $\mu$  của vật liệu rời được vận chuyển theo dòng không khí.

$$\mu = \frac{G}{L} \quad (10-9)$$

Trong đó :

$G$  : Lượng vật liệu, kg/s

$L$  : Lưu lượng không khí sạch trên đường ống, kg/s.

Khi  $\mu \leq 1$  : vận tốc làm việc  $v_{\text{lv}} = (1,25 \div 1,3) v_{\text{treo}}$

$\mu = 2$  : vận tốc làm việc  $v_{lv} = (1,5) v_{treo}$ .

$\mu = 10 \div 15$  : vận tốc làm việc  $v_{lv} = (2 \div 2,5) v_{treo}$ .

Vận tốc làm việc cần thiết trong các ống dẫn của hệ thống hút bụi cho ở bảng 10-1.

**Bảng 10-1**

**VẬN TỐC LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG HÚT BỤI**

Tên vật liệu bụi	Vận tốc, m/s	
	Trong ống đứng	Trong đoạn ống ngang
Đất sét	13	16
Vật liệu chịu lửa	14	17
Than đá	11	13
Cát, đất làm khuôn đúc	17	20
Đất ẩm	15	18
Vụn (phoi) bằng gang hoặc thép	19	23
Bụi nhẹ và khô (từ các bàn mài), bụi gỗ	14 ÷ 16	16 ÷ 18
Mùn cưa, dăm bào (gỗ)	16 ÷ 18	18 ÷ 23
Bụi sơn và bụi bông sợi	14 ÷ 16	16 ÷ 18

Khi thiết kế hệ thống vận chuyển bằng khí ép lưu lượng không khí trong đường ống, hàm lượng vật liệu trong dòng không khí cũng như đường kính tối thiểu của đường ống đều có quy định cụ thể trong các sách tra cứu thiết kế tương ứng[35], [38].

Ví dụ đường kính tối thiểu để hút các dải thép xoắn (phoi bào, tiện) là 80mm.

Khi xác định vận tốc treo và vận tốc làm việc cho hệ thống vận chuyển những vật liệu có hình dải mỏng, người ta áp dụng khái niệm về đường kính tương đương. Đường kính tương đương xác định được xuất phát từ điều kiện : Thể tích của hình cầu tương đương bằng 1/2 thể tích của vật hình dải mỏng.

Ví dụ : Tìm vận tốc làm việc để hút loại vật liệu hình dải mỏng có các kích thước sau :  $l = 10 \text{ cm}$  ;  $b = 4 \text{ cm}$  ;  $\delta = 0,1 \text{ cm}$  ;  $\gamma_h = 600 \text{ kg/m}^3$

Giải

Đường kính tương đương :

$$\frac{\pi d^3}{6} = \frac{1}{2} l b \delta = 0,5.10.4.0,1 = 2 \text{ cm}^3$$

Từ đó :  $d_{td} = 1,56 \text{ cm} = 0,0156 \text{ m}$ .

Vận tốc treo của vật hình cầu có  $d = d_{td} = 0,0156 \text{ m}$ .

$$v_{treo} \approx 4,7 \sqrt{\gamma_h d_{td}} = 4,7 \sqrt{600.0,0156} = 14,38 \text{ m/s}$$

Vận tốc làm việc (vận tốc hút).

$$v_{lv} = 1,25 \cdot v_{treo} = 1,25 \cdot 14,38 = 18 \text{ m/s}.$$

## 10.2. YÊU CẦU VỀ CẤU TẠO ĐỐI VỚI HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN BẰNG KHÍ ÉP

Đối với hệ thống vận chuyển bằng khí ép hiện tượng không khí bên ngoài bị hút vào ống dẫn qua khe hở trên thành ống là rất bất lợi. Lúc đó công suất của máy quạt sẽ tăng do lưu lượng tăng trong khi đó lưu lượng hút ở những miệng thu bụi có thể giảm làm cho hệ thống làm việc kém hiệu quả hoặc mất tác dụng hoàn toàn.

- Để tránh hiện tượng ứ đọng vật liệu, tất cả các cút ngoặt cần được chế tạo với độ cong bé. Ví dụ đối với ngoặt thì bán kính cong phải là  $R = (3 \div 5)d$  ; Tất cả các chạc ba cần được chế tạo với góc rẽ không lớn quá  $25^\circ$ .

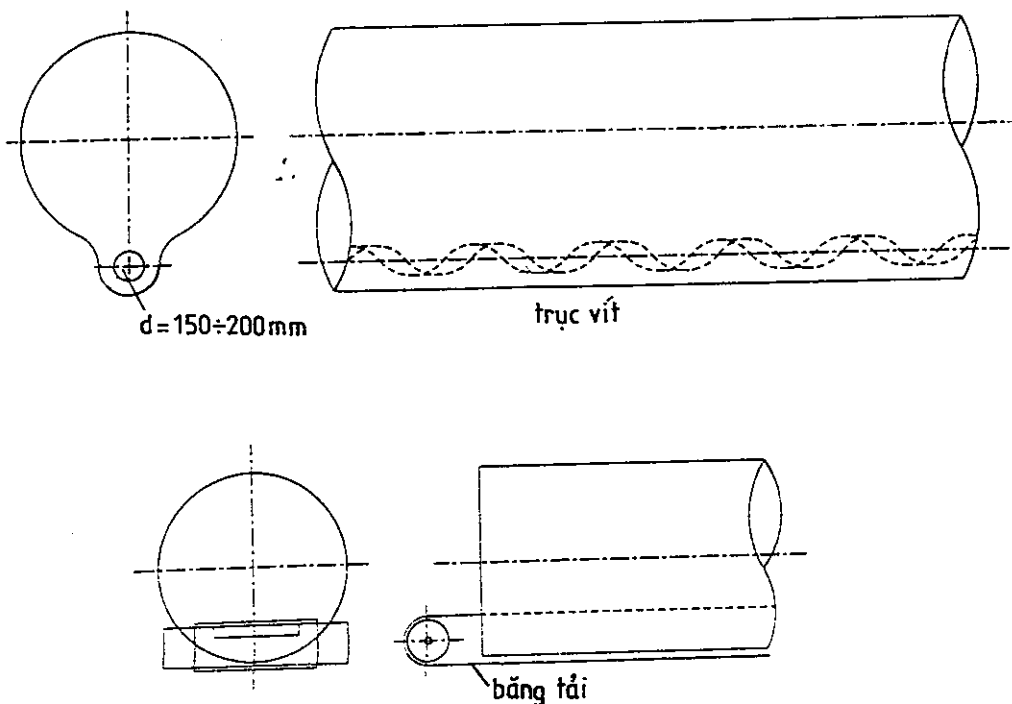
- Trên đường ống không nên lắp lá chắn, thay đổi tiết diện đột ngột.

- Trong trường hợp vận chuyển những vật liệu dễ kết dính như xi măng chẳng hạn thì hiện tượng bụi rơi và đọng lại trên thành ống là rất nguy hiểm, chúng có thể đóng thành lớp cứng trên thành ống gây khó khăn cho vận hành và sửa chữa. Để khắc phục hiện tượng trên, đường ống cần đặt nghiêng với góc  $50 \div 70^\circ$  hoặc là đặt ngang nhưng chế tạo với tiết diện thon có lòng máng ở dưới và đặt trục vít hoặc băng tải để vận chuyển vật liệu (hình 10.4).

Đường ống của hệ thống vận chuyển bằng khí ép không được đặt ngầm trong tường, sàn bởi vì khó quét dọn, sửa chữa và khó phát hiện những chỗ hở.

## 10.3. TÍNH TOÁN HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN BẰNG KHÍ ÉP

Tổn thất áp suất trong hệ thống vận chuyển vật liệu bằng khí ép cũng xác định giống như trường hợp hệ thống dẫn không khí sạch. Chỉ có khác ở chỗ là khí trong không khí có chứa những vật liệu vụn thể rắn thì tổn thất áp suất có 2 đặc điểm sau đây :



Hình 10.4



1- Nếu tổn thất áp suất trên đường ống dẫn không khí sạch là  $\Delta P$  thì trong trường hợp vận chuyển vật liệu sẽ là  $\Delta P_{vl}$  mà :

$$\Delta P_{vl} = \psi \Delta P \quad (10-10)$$

Trong đó :  $\psi = 1 + K \mu \quad (10-11)$

$\mu$  : Hàm lượng theo trọng lượng của vật liệu chiếm chỗ trong không khí, kg/kg

$K$  : Hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào tỉ số giữa vận tốc làm việc và vận tốc treo  $\frac{v_{lv}}{v_{treo}}$  và hàm lượng  $\mu$ .

**Bảng 10-2**

**TRỊ SỐ CHO PHÉP CỦA  $\mu$  VÀ HỆ SỐ K  
ĐỂ TÍNH TOÁN HỆ THỐNG VẬN CHUYỂN BẰNG KHÍ ÉP**

Tên vật liệu	Trọng lượng đơn vị $\gamma_h, T/m^3$	$\mu, \text{kg/kg}$	Hệ số K		
			Đoạn ống đứng và ngang	Miếng thu	Ngoặt với lá hướng dòng
Cát	2,6	0,8 ÷ 1,0	0,6	1	2,2
Đất sét nghiêng	2,4	0,8 ÷ 1,0	0,6	1	2,2
Đất nung vụn	2,4	0,8 ÷ 1,0	0,6	1	2,2
Mùn cưa, dăm bào	0,25 ÷ 0,3	0,1 ÷ 0,5	1,4		
Bông	0,25 ÷ 0,3	0,2 ÷ 0,5	1,5 ÷ 2,5		

Như vậy ta sẽ có :

$$\Delta P_{vl} = R_{vl} l = (1 + K \mu) R l = (1 + K \mu) \Delta P, \quad \text{kG/m}^2 \quad (10-12)$$

2- Ngoài tổn thất ma sát ra, trên những đoạn ống đứng còn có tổn thất áp suất để nâng vật liệu từ dưới lên trên.

Nếu ta gọi  $\mu$  là hàm lượng vật liệu trong không khí, lưu lượng thể tích của không khí sạch là  $V \text{ m}^3/\text{s}$  và tổn thất áp suất trên đoạn ống đứng có chiều cao  $h$  là  $\Delta P_n$ , ta sẽ có :

$$V \cdot \Delta P_n = G \cdot h, \quad \text{kG} \cdot \text{m}$$

Từ đó :

$$\Delta P_n = \frac{G}{V} h = \frac{\mu L}{V} h$$

hay :  $\Delta P_n = \gamma \mu h = \nu h \quad \text{kG/m}^2 \quad (10-13)$

Trong các phép biến đổi trên  $G, L$  là trọng lượng vật liệu và lưu lượng trọng lượng không khí lưu thông trên đường ống trong đơn vị thời gian, kg/s.

$\nu$  : Hàm lượng theo thể tích : trọng lượng vật liệu chuyên chở trong  $1 \text{ m}^3$  không khí sạch,  $\text{kg/m}^3$ .

Tóm lại, tổn thất áp suất trên đoạn ống dẫn hỗn hợp không khí với vật liệu vụn sẽ là :

$$\Delta P_{vl} = \Delta P (1 + K \mu) + h \nu, \quad \text{kG/m}^2. \quad (10-14)$$

Trong đó :

$\Delta P$  : Tổn thất áp suất trên đoạn ống đang xem xét nhưng dẫn không khí sạch, tức  $\mu = 0$ .

$h$  : Phần thẳng đứng của đoạn ống, m.

Ta có thể dùng phương pháp sức cản tương đương để tính toán thủy lực hệ thống vận chuyển bằng khí ép theo công thức sau :

$$\Delta P = (\xi_{td} + \sum \xi) \frac{v^2}{2g} \gamma \quad (10-15)$$

Trong đó :

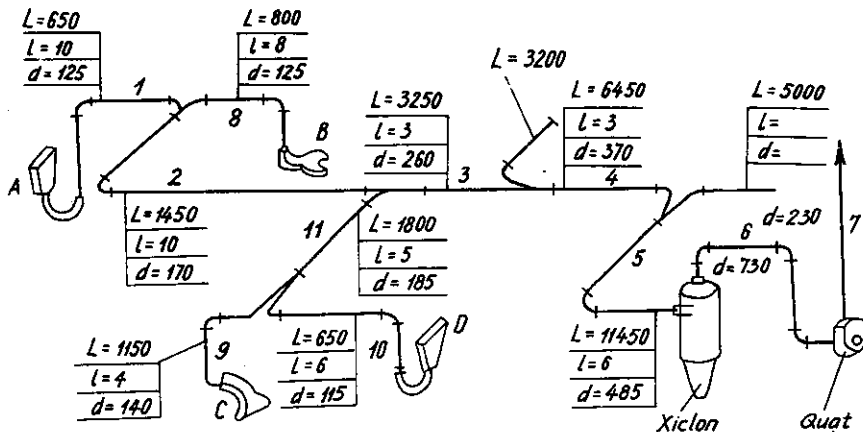
$$\xi_{td} = \lambda \frac{l}{d} \quad (10-16)$$

$\xi_{td}$  - Hệ số sức cản tương đương của đoạn ống thẳng

$\lambda$  : Hệ số ma sát

$l, d$  : Độ dài và đường kính đoạn ống, m.

Ví dụ : Tính toán hệ thống vận chuyển bằng khí ép - hút mùn cưa đảm bảo từ các máy gia công gỗ. Sơ đồ hệ thống được cho ở hình 10.5.



Hình 10.5 : Sơ đồ hệ thống vận chuyển bằng khí ép :  
Hút mùn cưa đảm bảo trong xưởng mộc.

Trên sơ đồ hệ thống, các miệng hút từ các thiết bị công nghệ được ký hiệu bằng các chữ cái A, B, C, D... Các đoạn ống trên tuyến ống chính được đánh số thứ tự từ 1, 2, 3,...7. Tiếp theo là số thứ tự của các nhánh phụ 8, 9 v. v... Trên sơ đồ còn ghi đầy đủ các số liệu : lưu lượng, độ dài và đường kính đoạn ống theo yêu cầu công nghệ cũng như cấu tạo.

Tính toán được tiến hành theo phương pháp hệ số sức cản cục bộ tương đương  $\xi_{td}$  và kết quả tính toán được ghi ở bảng 10-3.

Nếu hàm lượng vật liệu được vận chuyển trong dòng không khí  $\mu = 0,2$  (thường gặp đối với hệ thống hút cục bộ từ các máy gia công mộc), theo bảng 10-2 ta tra được  $K = 1,4$ .

Dự kiến lưu lượng không khí tăng thêm 10% phòng trường hợp đường ống không được kín tuyệt đối và lưu ý là tổn thất áp suất tỉ lệ bình phương vận tốc hoặc lưu lượng, tổn thất áp suất của toàn hệ thống vận chuyển khí ép đã cho sẽ là :

$$\Delta P_{vt} = (1 + 1,4 \cdot 0,2) \cdot 96,36 \cdot 1,1^2 = 149,2 \text{ kG/m}^2.$$

TÍNH TOÁN THỦY LỰC HỆ THỐNG HÚT MÙN CỦA ĐÀM BẢO CỦA PHÂN XƯƠNG MỘC

T.T Ký hiệu	Tên thiết bị hoặc đoạn ống	Các trị số theo yêu cầu		Các trị số làm việc thực tế			Sức cản cục bộ tương đương $\xi_{id} = \lambda \frac{l}{d}$	Tổng hệ số sức cản cục bộ trên đoạn ống $\Sigma \xi$	$\sum \xi = \xi_a + \xi_b + \xi_c$	$P_d = \frac{2\rho}{\pi} \sum \xi \cdot v^3 \cdot K \cdot \text{KG/m}^3$	$\Delta P = \xi \cdot v^3 \cdot P_a \cdot \text{KG/m}^3$	Giải trình các hệ số sức cản cục bộ trên đoạn ống	
		$L$ $\text{m}^3/\text{h}$	$v_{\min}$ $\text{m/s}$	$l$ $\text{m}$	$L$ $\text{m}^3/\text{h}$	$v_w$ $\text{m/s}$							$d$ $\text{mm}$
A	Máy cưa phẳng	650	14										
B	Máy phay	800	17										
C	Máy xoi rãnh	1150	17										
D	Máy cưa phẳng	650	14										
Tuyến ống chính													
1	Đoạn ống 1	650	14	10	662	15	125	0,138	1,38	2,7	4,08	56,3	2; 0,15 x 4; 0,1
2	Đoạn ống 2	1450	17	10	1470	18	170	0,094	0,94	0,18	1,12	20,0	0,15 ; 0,03
3	Đoạn ống 3	3250	17	3	3250	17	260	0,057	0,117	0,03	0,147	2,6	0,03
4	Đoạn ống 4	6450	17	3	6570	17	370	0,038	0,114	0,18	0,294	5,2	0,15 ; 0,03
5	Đoạn ống 5	11450	17	6	11600	17,5	485	0,027	0,162	0,15	0,312	5,8	0,15
6	Đoạn ống 6	11450	6 + 8	5	11600	7,6	730	0,019	0,095	0,6	0,695	2,46	0,14 x 4
7	Đoạn ống 7	11450	6 + 8	6	11600	7,6	730	0,019	0,114	1,0	1,114	4,0	1,0
Tuyến ống phụ										Tổng cộng :			$\Delta P_o = 96,36 \text{ KG/m}^2$
8	Đoạn ống 8	800	17	8	795	18	125	0,133	1,06	2,05	3,11	60	1,5; 0,15x3; 0,1
$\Delta P_8 = 60$ ; $\Delta P_1 = 56,3 \rightarrow \Delta < 10\%$ ; Đạt yêu cầu													
9	Đoạn ống 9	1150	17	4	1150	21	140	0,114	0,456	1,7	2,156	54,5	1,3; 0,15x2; 0,1
10	Đoạn ống 11	1800	17	5	1780	18,5	185	0,083	0,415	0,18	0,595	12,4	0,15; 0,03
Tổng cộng :											Cộng :		66,9

$\Delta P_{9+11} = 66,9$  ;  $\Delta P_{1+2} = 76,3 \rightarrow \Delta > 10\%$  : Cần điều chỉnh đường kính đoạn 9 xuống 1 cỡ hoặc khóa bớt van tại miệng hút máy C.  
 Các tuyến ống phụ khác cũng được tính toán một cách tương tự.

## Chương 11

# MÁY QUẠT

### 11.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY QUẠT

Máy quạt là bộ phận rất quan trọng của hệ thống thông gió cơ khí. Đó là loại máy dùng để tạo ra sự chuyển động của không khí trong không gian hoặc trên đường ống, nói cách khác là dùng để vận chuyển không khí từ vị trí này đến vị trí nọ. Ngoài ra, máy quạt còn được sử dụng rộng rãi như là một chi tiết máy móc trong một số thiết bị công nghệ.

Theo cấu tạo và nguyên tắc hoạt động, máy quạt được chia làm hai loại chính là quạt ly tâm và quạt hướng trục (gọi tắt là quạt trục).

Trong quạt ly tâm dòng không khí thay đổi hướng chuyển động từ dọc trục ở miệng vào sang ly tâm trong vỏ quạt trước khi thoát ra ngoài hoặc trước khi chuyển động tiếp trên đường ống. Còn trong quạt trục thì hướng chuyển động của dòng không khí dọc theo trục quạt không thay đổi.

Dù là quạt ly tâm hay quạt trục, áp suất tạo ra được là nhờ có tác dụng xoay và nén của bánh xe cánh quạt.

Theo môi trường làm việc, tức chất khí chuyển động qua quạt, máy quạt được chia làm 4 loại :

- Quạt thường : dùng để vận chuyển không khí hoặc chất khí nào đó nói chung có nhiệt độ dưới 50°C và không ăn mòn ; chất khí có thể chứa bụi và chất rắn dạng rời khác nhưng hàm lượng không quá 150 mg/m<sup>3</sup>

- Quạt chống ăn mòn : để vận chuyển môi trường có tính ăn mòn.

- Quạt chống nổ : để vận chuyển môi trường có thể gây nổ.

- Quạt bụi : khi môi trường làm việc có chứa bụi với hàm lượng lớn hơn 150 mg/m<sup>3</sup>.

Đối với quạt ly tâm, người ta còn phân loại chúng theo áp suất do quạt gây ra :

- Quạt áp suất thấp có áp suất toàn phần do quạt gây ra nhỏ hơn 100 kG/m<sup>2</sup>

- Quạt áp suất trung bình : áp suất toàn phần từ 100 ÷ 300 kG/m<sup>2</sup>

- Quạt áp suất cao : áp suất toàn phần lớn hơn 300 kG/m<sup>2</sup>.

Mỗi một loại quạt, ly tâm hoặc trục, đều được chế tạo theo xêri mang mã hiệu khác nhau. Mỗi một mã hiệu quạt được thiết kế và tính toán theo một sơ đồ khí động và kích thước hình học riêng biệt và do đó nó có những tính năng kỹ thuật đặc trưng của riêng mình. Trong từng mã hiệu quạt người ta lại chế tạo ra nhiều cỡ quạt lớn nhỏ khác nhau nhưng hoàn toàn đồng dạng với nhau về kích thước hình học.

Để đặc trưng cho quạt cùng một xêri (mã hiệu) nhưng số cỡ quạt khác nhau, người ta đưa ra một thông số - gọi là chỉ số vận tốc hoặc "số vòng quay riêng"  $n_y$  xác định theo biểu thức sau :

$$n_y = \frac{L^{1/2} n}{p^{3/4}} \quad (11-1)$$

Trong đó :

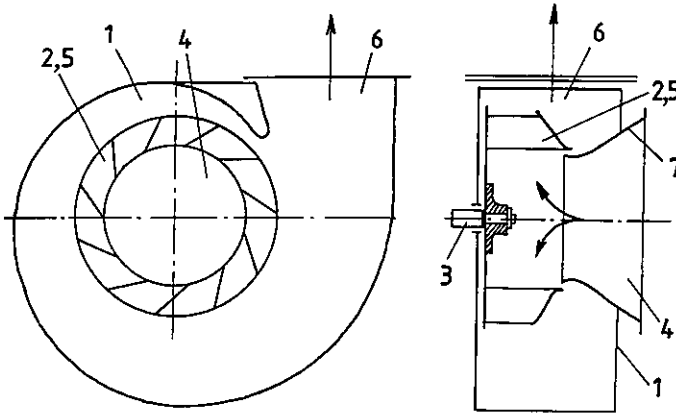
$n$  - Số vòng quay làm việc của quạt , vòng /phút (v/ph).

$L$  và  $p$  - Lần lượt là lưu lượng thể tích  $m^3/s$  và hiệu số áp suất  $kG/m^2$  do quạt gây ra khi làm việc với số vòng quay  $n$  đã cho.

Tất cả các quạt khác số cỡ nhưng cùng một mã hiệu - tức cùng một sơ đồ khí động và cấu trúc hình học sẽ có cùng một chỉ số vận tốc  $n_y$ . Do đó chỉ số  $n_y$  cũng có thể được sử dụng để phân loại và đánh giá chất lượng quạt.

## 11.2. QUẠT LY TÂM

Cấu tạo quạt ly tâm gồm có : Vỏ quạt hình xoắn ốc 1, bên trong có bánh xe cánh quạt 2 quay chung quanh trục 3 theo chiều ngược với chiều xoắn ốc của vỏ quạt ( hình 11.1).



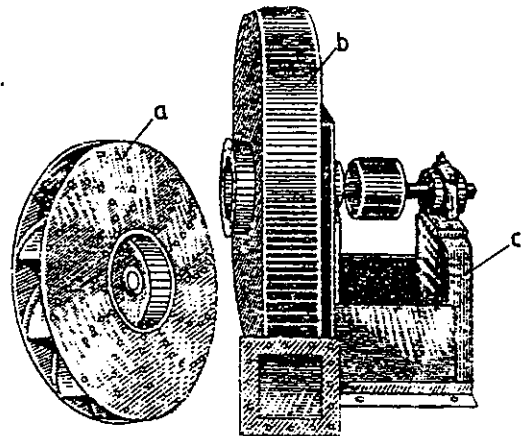
Hình 11.1 : Sơ đồ cấu tạo của quạt ly tâm.

Khi bánh xe cánh quạt (còn gọi là gương cánh quạt) quay, không khí sẽ đi vào quạt qua miệng hút 4 rồi lọt vào các rãnh 5 giữa các cánh quạt. Dưới tác dụng của lực ly tâm do bánh xe cánh quạt tạo ra, không khí bị đẩy qua các rãnh ấy rồi bị dồn nén trong vỏ xoắn ốc để rồi cuối cùng thoát ra phía miệng thổi 6 của quạt.

Bánh xe cánh quạt gồm có đĩa trước, đĩa sau và các cánh quạt được cố định ở giữa các đĩa bằng đinh tán hoặc hàn. Đĩa trước của bánh xe cánh quạt có dạng hình vành khăn phẳng hoặc hình chóp cụt với đường kính trong lớn hơn một ít so với đường kính của ống phễu 7 ở miệng hút của quạt.

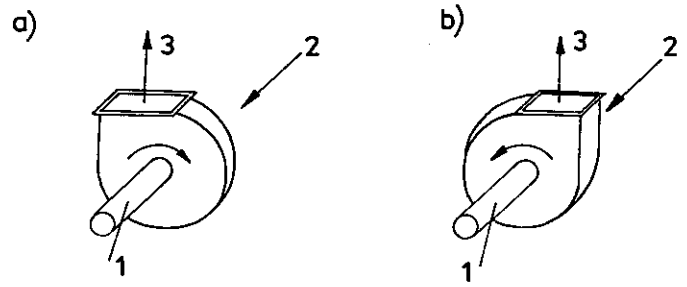
Trên hình 11.2 là hình vẽ phối cảnh quạt ly tâm với đầy đủ bộ đỡ và puli truyền động.

Chiều quay đúng của bánh xe cánh quạt trong quạt ly tâm là ngược với chiều xoắn của



Hình 11.2 : Quạt ly tâm  
a - Bánh xe cánh quạt ;  
b - Vỏ quạt ; c - Bộ đỡ (chân quạt).

vỏ. Khi bánh xe quay theo chiều ngược lại, lưu lượng của quạt sẽ giảm rất nhiều nhưng chiều chuyển động của không khí vẫn là không đổi. Để thuận tiện cho công tác thiết kế và lắp đặt hệ thống thông gió, người ta chế tạo mỗi một số (cỡ) quạt đều có 2 kiểu vỏ đối xứng nhau và do đó chiều quay đúng của bánh xe cánh quạt sẽ trái ngược nhau: quạt quay phải và quạt quay trái (hình 11.3). Chiều quay phải hay trái được qui định như sau :  
 Đúng nhìn từ phía puli truyền động, nếu chiều quay đúng của bánh xe cánh quạt thuận kim đồng hồ , ta có quạt quay phải và ngược lại, ta có quạt quay trái.



**Hình 11.3 :**

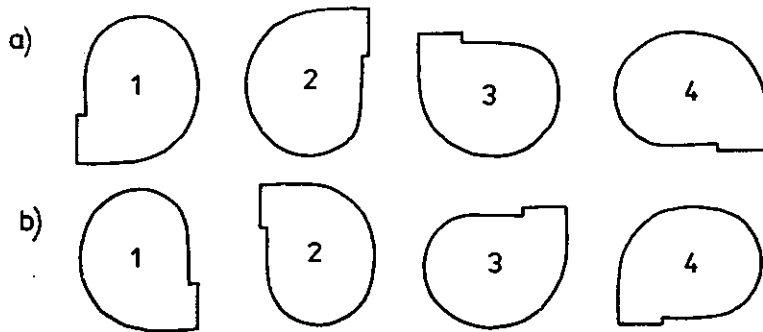
1 - Trục truyền động; 2 - Không khí vào quạt;  
 3 - Không khí từ quạt đi ra  
 a - Quạt quay phải; b - Quạt quay trái

Về tư thế lắp đặt quạt, ta có 4 tư thế chính khác nhau cho quạt quay phải cũng như quạt quay trái (hình 11.4).

Đối với quạt quay phải : 1,2,3,4 - Tuần tự là hướng trái, hướng phải, hướng lên (trên) và hướng xuống dưới.

Đối với quạt quay trái : 1,2,3,4 - Tuần tự là hướng phải, hướng trái, hướng lên và hướng xuống.

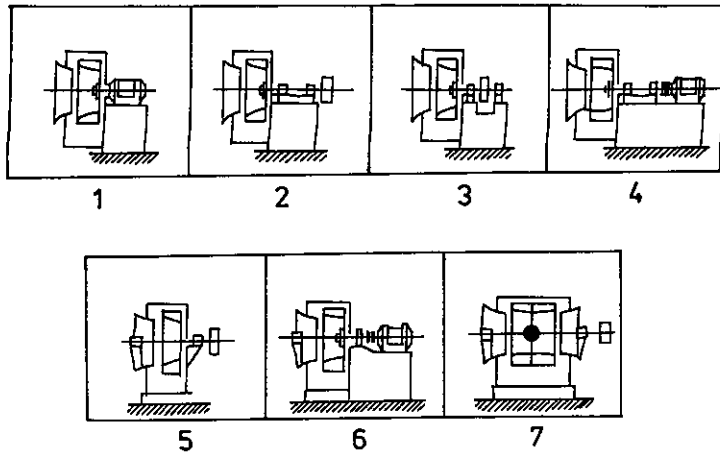
Ngoài các tư thế trên ta cũng có thể đặt quạt theo một số tư thế nghiêng  $45^\circ$  về bên phải hoặc bên trái.



**Hình 11.4 : Các tư thế lắp quạt ly tâm.**

a) Quạt quay phải; b) Quạt quay trái

Về cách truyền động, ta có thể phân biệt thành loại quạt lắp cùng trục với động cơ, trong đó có lắp cùng trục một cách trực tiếp ( bánh xe cánh quạt lắp vào trục của động cơ) - hình 11.5 (1) hoặc lắp cùng trục nhưng qua khớp nối - hình 11.5 (4 và 6). Khi truyền động bằng đai truyền thì trên trục quạt được lắp sẵn puli - hình 11.5 (2,3,5,7).



Hình 11.5 : Các phương án truyền động của quạt ly tâm

Theo qui phạm của Liên xô cũ - nay là Liên bang Nga - quạt ly tâm được chế tạo với bánh xe cánh quạt có đường kính ( kể đến mép ngoài của cánh quạt ) như sau ( tính theo mm ) : 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500, 560, 630, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2500, 2800, 3200, 3600, 4000, 4500, 5000, trong đó các số in nghiêng là phổ biến nhất.

Quạt ly tâm được đánh số cỡ theo đường kính miệng hút của nó lấy theo đơn vị dm. Ví dụ : Quạt số 4 có đường kính miệng hút là 400 mm. Cũng theo qui định của Liên xô cũ, quạt ly tâm được đặt tên và ký hiệu như sau :

- 1 - Nhóm quạt : Áp suất thấp, áp suất cao
- 2 - Loại quạt : Quạt ly tâm được ký hiệu là II
- 3 - Hệ số áp suất ở chế độ làm việc tối ưu nhân lên 10 lần và qui tròn thành số nguyên
- 4 - Chỉ số vận tốc - tức là số vòng quay riêng  $n_y$
- 5- Số cỡ quạt.

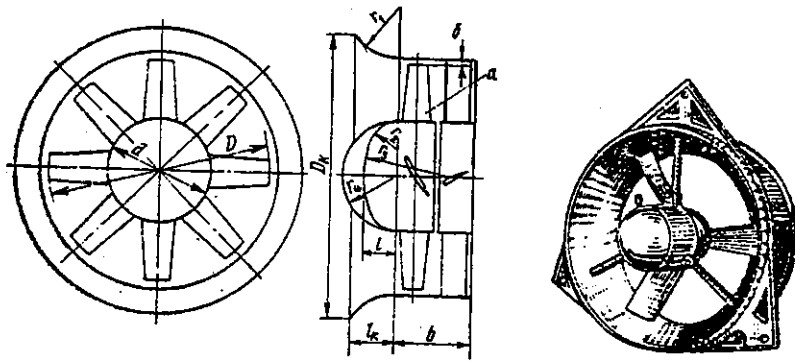
Ví dụ : Quạt có ký hiệu II 4-70 số 6 là quạt ly tâm có hệ số áp suất  $K = 0,4$ , chỉ số vận tốc  $n_y = 70$  và cỡ quạt số 6 (Đường kính miệng hút là  $D = 600$  mm)

### 11.3. QUẠT TRỰC

Cũng như quạt ly tâm, các bộ phận chính của quạt trực là cánh quạt và vỏ quạt, nhưng cánh quạt ở đây có nhiều khác biệt so với quạt ly tâm. Cánh quạt trực đều hướng theo đường bán kính từ tâm quạt ra ngoài và nghiêng so với trục quạt một góc nhất định. Vỏ quạt trực có dạng hình trụ miệng loe ở phía không khí vào (hình 11.6).

Quạt trực được chế tạo với cánh quạt có đường kính : 320, 360, 400, 450, 500, 560, 630, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000 mm và các đường kính in nghiêng là phổ biến hơn cả.

Quạt trực cũng được đánh số cỡ quạt theo đường kính bánh xe cánh quạt tính bằng dm.



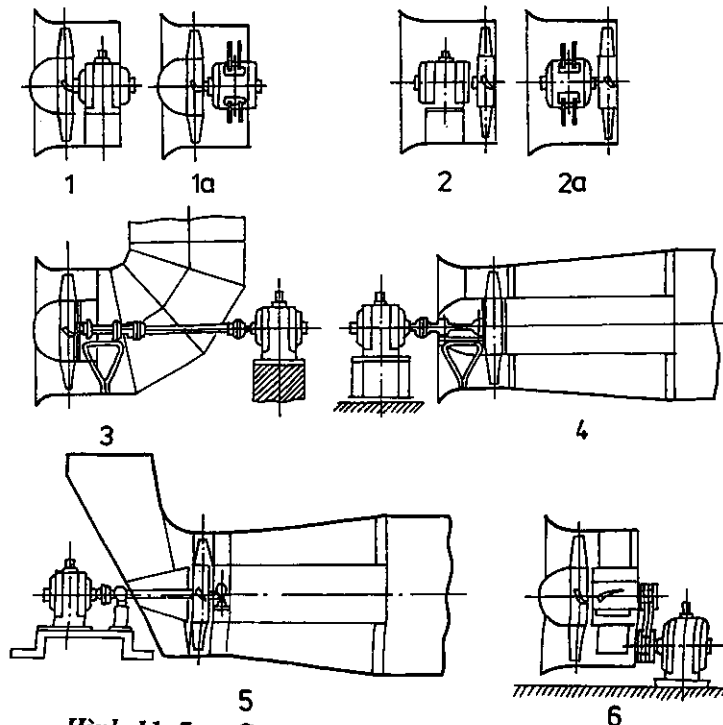
Hình 11.6 : Quạt trục

Điều quan trọng khi chế tạo quạt trục là đảm bảo khe hở giữa vỏ quạt và bánh xe cánh quạt không vượt quá 1,5% bề dài cánh quạt ( $\delta \leq 0,015 \frac{D-d}{2}$ ). Nếu khe hở lớn hơn chất lượng khí động của quạt sẽ giảm rõ rệt.

Các kích thước của quạt trục được tính theo tỷ lệ với đường kính D của cánh quạt, cụ thể là (theo hình 11.6) :

$d = (0,3 \div 0,55) D$ ;  $D_K \geq 1,2D$ ;  $l_k = 0,2D$ ;  $l = 0,25D$ ;  $r_1 = 0,26D$ ;  $r_2 = 0,75l$ ;  $r_3 = 4l$ ;  $r_4 = 0,5d$ . Kích thước b được chọn theo dãy số : 20, 25, 30, 35, 40, 50 và 60 % của D.

Trên hình 11-7a thể hiện các phương án lắp đặt quạt trục khác nhau.



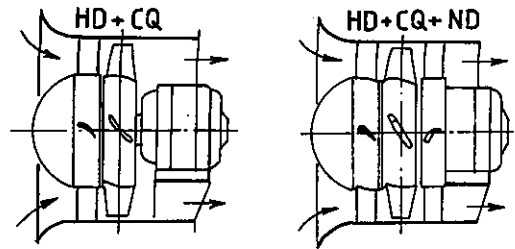
Hình 11-7a : Các phương án lắp đặt quạt trục



Đối với quạt trục cỡ lớn và hiện đại, ngoài cánh quạt ra người ta còn lắp ở phía miệng vào trước cánh quạt lá hướng dòng để tạo góc xoáy thích hợp cho dòng không khí trước khi vào cánh quạt. Đồng thời ở phía sau cánh quạt là lá nắn dòng để trả lại cho dòng không khí trường vận tốc song song với trục quạt (hình 11.7b).

Đặc điểm của quạt trục là lưu lượng không khí của quạt khá lớn nhưng áp suất do quạt tạo ra bé hơn nhiều so với quạt ly tâm.

Có thể dùng chỉ số vận tốc  $n_y$  để phân biệt một cách tương đối giới hạn sử dụng của quạt trục và quạt ly tâm. Khi  $n_y > 100$  cần phải chọn quạt trục, còn khi  $n_y < 100$  - nên dùng quạt ly tâm.

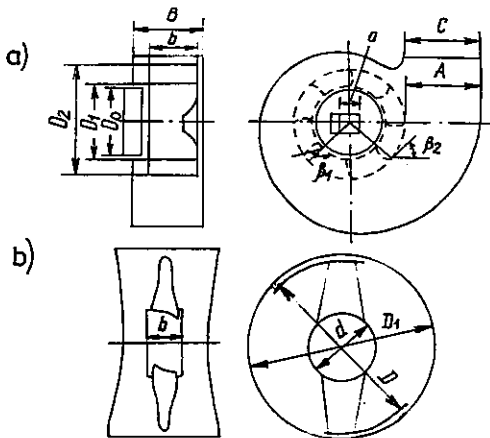


Hình 11.7b : Lắp lá hướng dòng và nắn dòng trong quạt trục

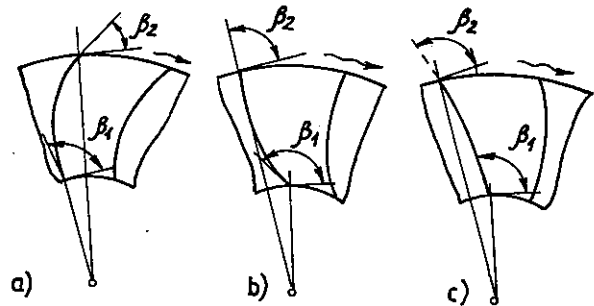
#### 11.4. XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC CHỦ YẾU CỦA QUẠT LY TÂM

Quạt ly tâm có cấu tạo tương đối đơn giản, do đó trong nhiều trường hợp thực tế khi không có quạt do Nhà máy chuyên dụng sản xuất, ta có thể chế tạo tại chỗ. Trong trường hợp đó ta cần biết các kích thước chủ yếu của quạt. Phương pháp sau đây do GS M.P.Kalinushkin [18] đề xuất trên cơ sở phân tích số liệu thực nghiệm của hàng loạt quạt ly tâm cho phép ta giải quyết được vấn đề nêu trên.

Các kích thước chính của quạt ly tâm loại đơn giản được thể hiện ở hình 11.8 và 11.9.



Hình 11.8. Ký hiệu kích thước của quạt  
a) Quạt ly tâm b) Quạt trục



Hình 11.9. Các loại cánh quạt ly tâm.  
a) Cánh quạt uốn cong ra trước  
b) Cánh quạt theo hướng bán kính  
c) Cánh quạt uốn cong ra sau

Số liệu ban đầu cần biết : Lưu lượng  $L$ ,  $m^3/s$  ; Áp suất toàn phần  $p$ ,  $kg/m^2$  ứng với  $\gamma$  không khí bằng  $1,2 kg/m^3$  và số vòng quay  $n$  v/ph.

Trình tự tính toán :

1- Trên cơ sở số liệu ban đầu đã cho, trước tiên cần xác định chỉ số vận tốc  $n_y$  theo công thức (11-1).

2 - Đường kính miệng hút của quạt được xác định từ điều kiện bảo đảm tổn thất năng lượng ít nhất trong bánh xe cánh quạt :

$$D_o = 3,5 \sqrt[3]{\frac{L}{n}} \quad (11-2)$$

3 - Đường kính trong của bánh xe cánh quạt có thể nhận từ điều kiện cấu tạo đơn giản :

$$D_1 = D_o$$

4 - Đối với bánh xe cánh quạt có bề rộng không đổi  $b = \text{const}$  và cánh quạt uốn cong ra trước khi  $\beta_2 < 90^\circ$  ta có :

$$D_2 = D_o \frac{60}{n_y} \quad (11-3)$$

5 - Bề dày B của vỏ quạt có thể xác định được xuất phát từ điều kiện miệng thổi của quạt có tiết diện vuông và diện tích bằng diện tích miệng hút :  $B^2 = \frac{\pi D_o^2}{4}$

Từ đó : 
$$B = 0,885 D_o \quad (11-4)$$

6 - Bề rộng bánh xe cánh quạt được xác định theo công thức :

$$b = (1,2 \div 2,5) \frac{D_o}{4} = (0,3 \div 0,6) D_o \quad (11-5)$$

7 - Kích thước mở rộng A của vỏ quạt :

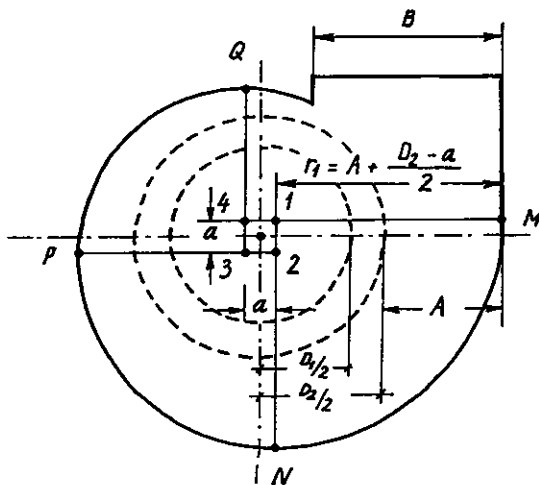
$$A = D_2 \frac{n_y}{90}$$

Thay giá trị của  $D_2$  từ công thức (11-3) ta có :

$$A = \frac{2}{3} D_o \quad (11-6)$$

8 - Kích thước hình vuông cấu tạo của vỏ quạt:

$$a = \frac{1}{4} A \quad (11-7)$$



Từ đó, vỏ quạt và bánh xe cánh quạt được vẽ theo cách thể hiện ở hình 11.10.

Hình 11.10. Cách khai triển vỏ quạt xoắn ốc từ hình vuông cấu tạo a.

- Dùng điểm 1 làm tâm vẽ  $\frac{1}{4}$  đường tròn MN với bán kính là :

$$r_1 = \frac{D_2 - a}{2} + A \quad (11-8)$$

- Lấy đoạn thẳng  $\overline{2N}$  làm bán kính vẽ tiếp  $\frac{1}{4}$  đường tròn NP với tâm là điểm 2.

- Lấy đoạn thẳng  $\overline{3P}$  làm bán kính vẽ tiếp  $\frac{1}{4}$  đường tròn PQ với tâm là điểm 3.

9 - Số lượng cánh quạt :

$$Z = \pi \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \quad (11-9)$$

Sau khi được qui tròn cho bằng bội số của 4 hoặc 6.

10 - Góc vào và ra của không khí trong rãnh giữa 2 cánh quạt được lấy trong phạm vi :

$$\beta_1 = 100 \div 140^\circ \quad \text{và} \quad \beta_2 = 20 \div 45^\circ.$$

Quạt ly tâm với kích thước được xác định theo phương pháp nêu trên đảm bảo hiệu suất  $\eta = 0,55 \div 0,6$ .

11 - Công suất điện tiêu thụ của quạt :

$$N = \frac{Lp}{102\eta}, \quad \text{kW} \quad (11-10)$$

Ví dụ : Xác định kích thước chính của quạt ly tâm, cho biết :  $L = 2000 \text{ m}^3/\text{h} = 0,555 \text{ m}^3/\text{s}$ , áp suất  $p = 255 \text{ kg/m}^2$  ( $\gamma = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ),  $n = 2900 \text{ v/ph}$ .

Giải.

$$\begin{aligned} 1 - \quad n_y &= \frac{0,555^{1/2} \cdot 2900}{225^{3/4}} = 37 \\ 2 - \quad D_o &= 3,5 \sqrt[3]{\frac{0,555}{2900}} = 0,20 \text{ m} \\ 3 - \quad D_1 &= D_o = 0,20 \text{ m} \\ 4 - \quad D_2 &= 0,2 \cdot \frac{60}{37} = 0,32 \text{ m} \\ 5 - \quad B &= 0,885 \cdot 0,2 = 0,18 \text{ m} \\ 6 - \quad b &= 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ m} \\ 7 - \quad A &= \frac{2}{3} \cdot 0,2 = 0,133 \text{ m} \\ 8 - \quad a &= \frac{0,133}{4} = 0,033 \text{ m} \\ 9 - \quad Z &= \frac{3,14 (0,32 + 0,2)}{0,32 - 0,2} = 13,61 \text{ lấy tròn theo bội số của 4 hoặc 6 là} \end{aligned}$$

12 hoặc 18

$$10 - \beta_1 = 100^\circ ; \beta_2 = 45^\circ.$$

$$11 - N = \frac{0,555 \cdot 225}{102 \cdot 0,55} = 2,2 \text{ kW}$$

### 11.5. BIỂU ĐỒ ĐẶC TÍNH CỦA QUẠT VÀ PHÉP TÍNH ĐỐI CÁC ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH

Biểu đồ đặc tính của quạt là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa các thông số kĩ thuật chủ yếu của quạt khi hoạt động.

Biểu đồ được thiết lập trên hệ trục vuông góc, trục hoành là lưu lượng  $L$ , trục tung gồm có 3 trục riêng biệt, mỗi trục biểu diễn một trong ba đại lượng : Áp suất  $p$ , hiệu suất quạt  $\eta$  và công suất điện tiêu thụ  $N$ .

Trên biểu đồ có 3 đường cong biểu diễn các hàm số sau :

$p-L$ ,  $\eta-L$  và  $N-L$  : được gọi là đường đặc tính áp suất - lưu lượng, hiệu suất - lưu lượng và công suất - lưu lượng. Đó là biểu đồ đặc tính toàn phần của quạt ứng với số vòng quay  $n$  cho trước (hình 11.11).

Biểu đồ đặc tính của quạt được xác định chủ yếu bằng thực nghiệm.

Đối với các cỡ quạt trong cùng một xêri (cùng mã hiệu) kích thước hình học của chúng đồng dạng nhau, lúc đó ta có thể tính đối các đường đặc tính.

Cụ thể ta có hai trường hợp sau đây :

1. Nếu ta biết được các đường đặc tính của một quạt, ta có thể suy ra được các đường đặc tính của bản thân quạt ấy khi các yếu tố khác như trọng lượng đơn vị  $\gamma$  của không khí và số vòng quay  $n$  thay đổi.

a) Khi  $D = \text{const}$  và  $n = \text{const}$ , nếu trọng lượng đơn vị  $\gamma$  thay đổi thì vận tốc quay không bị ảnh hưởng mà lưu lượng thể tích chỉ phụ thuộc vào vận tốc và diện tích tiết diện, do đó nó không thay đổi :

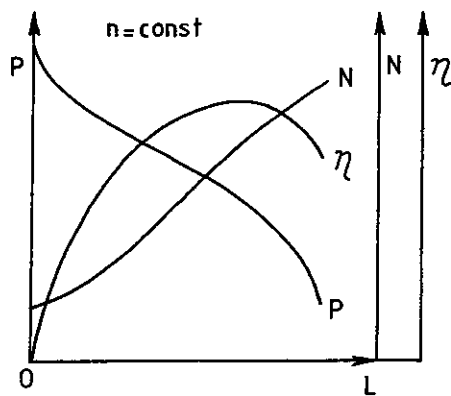
$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right)^0 \rightarrow L_1 = L_2 \quad (11-11)$$

Áp suất tỉ lệ với trọng lượng đơn vị :

$$p = \Psi \frac{u^2}{2g} \gamma, \quad \text{do đó : } \frac{p_1}{p_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \quad (11-12)$$

Về công suất, ta có :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{L_1 p_1}{L_2 p_2} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \quad (11-13)$$



Hình 11.11 : Biểu đồ đặc tính toàn phần của quạt

b) Khi  $D = \text{const}$  và  $\gamma = \text{const}$ , nếu  $n$  thay đổi thì các loại vận tốc bên trong quạt : vận tốc góc, vận tốc quay, vận tốc tiếp tuyến đều thay đổi theo tỉ lệ bậc nhất với  $n$ , do đó ta có :

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (11-14)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\Psi \frac{u_1^2}{2g} \gamma}{\Psi \frac{u_2^2}{2g} \gamma} = \left( \frac{u_1}{u_2} \right)^2 = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (11-15)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\frac{L_1 P_1}{102 \eta}}{\frac{L_2 P_2}{102 \eta}} = \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (11-16)$$

2 - Trường hợp cỡ quạt thay đổi tức  $D$  thay đổi, lúc đó nếu  $\gamma$  và  $n = \text{const}$  ta sẽ có : vận tốc góc  $\omega$ , vận tốc tiếp tuyến  $u$  và vận tốc trung bình  $C_o$  ở miệng vào của quạt đều thay đổi theo tỉ lệ bậc nhất với đường kính  $D$ .

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{C_{\alpha(1)}}{C_{\alpha(2)}} \quad (11-17)$$

Do đó :

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{C_{\alpha(1)} \frac{\pi D_1^2}{4}}{C_{\alpha(2)} \frac{\pi D_2^2}{4}} = \frac{C_{\alpha(1)}}{C_{\alpha(2)}} \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^3 \quad (11-18)$$

về áp suất :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\Psi \frac{u_1^2}{2g} \gamma}{\Psi \frac{u_2^2}{2g} \gamma} = \left( \frac{u_1}{u_2} \right)^2 = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \quad (11-19)$$

về công suất :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\frac{L_1 P_1}{102 \eta}}{\frac{L_2 P_2}{102 \eta}} = \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^5 \quad (11-20)$$

Một cách tổng quát, khi đồng thời thay đổi các thông số làm việc ( $\gamma, n$ ) và cả cỡ quạt tức đường kính  $D$  (trong cùng xêri), ta sẽ có :

$$\frac{L_1}{L_2} = \left( \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right)^0 \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^1 \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^3 \quad (11-21)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right)^1 \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (11-22)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right)^1 \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5 \quad (11-23)$$

Trên đây là các công thức tính đối đường đặc tính của quạt này ra quạt khác trong cùng xêri khi thừa nhận một cách gần đúng rằng hệ số áp suất  $\Psi$  và hiệu suất  $\eta$  của quạt không thay đổi.

Từ các công thức nêu trên, ta có thể nghiệm thấy ý nghĩa của "chỉ số vận tốc"  $n_y$  khi môi trường làm việc (tức  $\gamma$ ) không thay đổi :

$$\begin{aligned} n_{y(1)} &= \frac{L_1^{1/2} n_1}{P_1^{3/4}} = \frac{\left[\frac{n_1}{n_2} \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 L_2\right]^{1/2} \frac{n_1}{n_2} n_2}{\left[\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 P_2\right]^{3/4}} \\ &= \frac{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^{3/2} \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{3/2} L_2^{1/2} n_2}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^{3/2} \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{3/2} P_2^{3/4}} = \frac{L_2^{1/2} n_2}{P_2^{3/4}} = n_{y(2)} \end{aligned}$$

Điều đó chứng tỏ rằng đối với quạt cùng xêri, mặc dù đường kính (tức cỡ quạt) và các thông số làm việc (số vòng quay) thay đổi nhưng chỉ số  $n_y$  vẫn không thay đổi :

$$n_{y(1)} = n_{y(2)} = \dots = \text{idem.}$$

Do đó người ta lấy trị số  $n_y$  làm thông số đặc trưng cho quạt cùng xêri và gọi là "chỉ số vận tốc" hoặc "số vòng quay riêng".

## 11.6. CHỌN QUẠT VÀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN

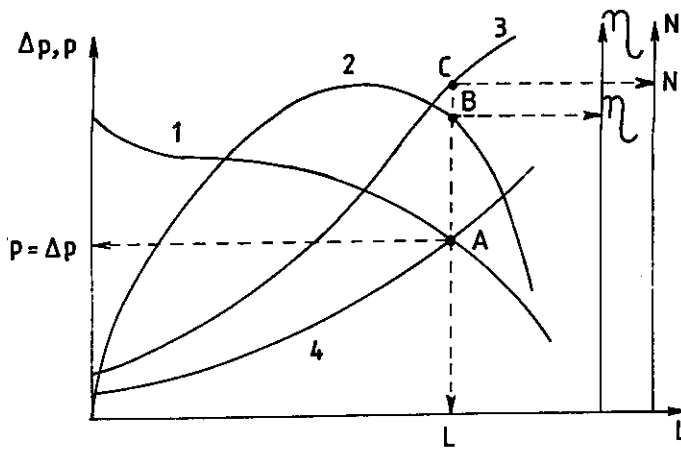
Biểu đồ đặc tính của quạt được sử dụng để chọn quạt thích hợp lắp vào hệ thống thông gió.

Từ tính toán thủy lực hệ thống thông gió ta biết : tổn thất áp suất trên đường ống tỉ lệ với bình phương của vận tốc không khí đi trong ống - cũng tức là tỉ lệ với bình phương của lưu lượng không khí. Như vậy trong hệ trục  $\Delta P$  và  $L$ , mối quan hệ giữa tổn thất áp suất (sức cản thủy lực) và lưu lượng của hệ thống đường ống là một đường cong có dạng parabol (đường cong bậc 2). Người ta gọi đường cong này là đường đặc tính của mạng lưới đường ống (hình 11.12).

Thực chất của việc chọn quạt là chấp 2 biểu đồ đặc tính của quạt và của mạng lưới thành một và tìm điểm cắt nhau của đường  $p - L$  của quạt với đường  $\Delta P - L$  của mạng lưới (điểm A, hình 11.12).

Từ điểm A ta đọc được lưu lượng  $L$  và áp suất do quạt gây ra cũng tức là sức cản thủy lực của mạng đường ống  $p = \Delta P$ .

Từ điểm A ta dóng thẳng đứng lên gặp các đường đặc tính  $\eta - L$  tại B và  $N - L$  tại C : ta đọc được các trị số hiệu suất  $\eta$  và công suất điện  $N$  của quạt ở điều kiện làm việc đã cho.

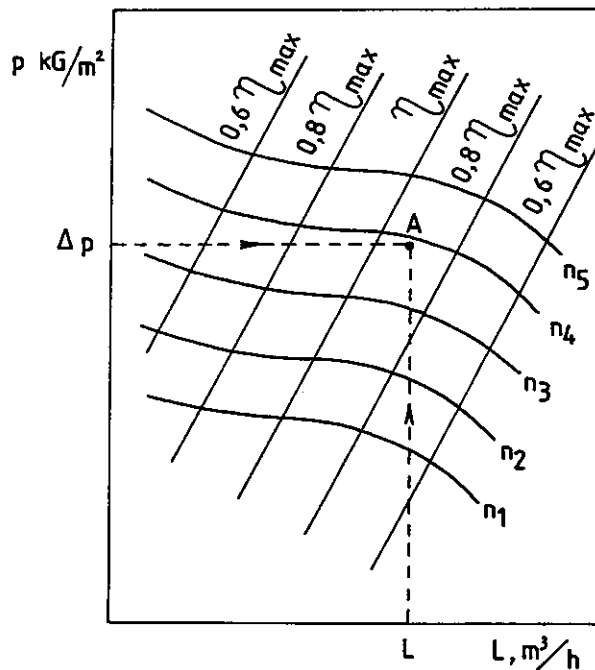


Hình 11.12. Chế độ làm việc của quạt ứng với số vòng quay cho trước trong mạng lưới đường ống.  
 1,2,3 : Đường đặc tính  $p - L$ ,  $\eta - L$  và  $N - L$  của quạt ;  
 4 : Đường đặc tính của mạng lưới đường ống.

Để được thuận tiện cho việc chọn quạt, trong các sổ tay tra cứu thiết kế thông gió, người ta lập biểu đồ đặc tính của từng số quạt ứng với nhiều số vòng quay khác nhau trong hệ trục logarit. Trên biểu đồ còn thể hiện các đường đẳng hiệu suất  $\eta$ . Đường đẳng hiệu suất  $\eta_{max}$  nằm ở giữa và 2 bên là các đường đẳng hiệu suất với giá trị thấp dần. Trong hệ tọa độ logarit các đường đẳng hiệu suất  $\eta$  có dạng đường thẳng.

Cách chọn quạt cũng được đơn giản hoá, tức là không cần biết toàn bộ đường đặc tính của mạng lưới đường ống mà chỉ cần biết điểm làm việc cụ thể A ứng với lưu lượng L và tổn thất áp suất  $\Delta p$  của hệ thống đường ống đã tính toán được (hình 11.13).

Tại điểm A ta chọn số vòng quay gần nhất về phía trên. Nếu số vòng quay nằm trong giới hạn cho phép, đồng thời điểm A nằm trong phạm vi có hiệu suất  $\eta = (0,8 \div 1) \eta_{max}$  là đạt yêu cầu, nếu không ta phải tìm biểu đồ đặc tính của cỡ quạt khác hoặc loại quạt khác để chọn lại.



Hình 11.13. Sử dụng biểu đồ đặc tính nhiều số vòng quay để chọn quạt.

Ở phụ lục 5 có cho biểu đồ đặc tính của một số kiểu quạt li tâm và quạt trục thông dụng nhất trong thông gió công nghiệp do Liên Xô (cũ) chế tạo.

Sau khi chọn được quạt thích hợp cho hệ thống thông gió ta cần tính toán công suất và chọn động cơ điện.

Công suất điện tiêu thụ trên bánh xe cánh quạt được xác định theo công thức (11-10).

Tùy thuộc vào phương pháp truyền động từ động cơ sang quạt, cần phải tính các tiêu hao công suất bổ sung của quạt.

Công suất điện tiêu thụ trên trục quạt khi kể đến tổn thất trong ổ trục, ổ bi :

$$N_{\text{trục}} = \frac{L p}{102 \eta \eta_{\text{trục}}}, \quad \text{kW} \quad (11-24)$$

Trong đó :  $\eta_{\text{trục}} = 0,95 \div 0,97$  tùy theo chủng loại, số lượng và tình trạng ổ trục, ổ bi.

Cuối cùng, công suất của động cơ điện được xác định theo công thức :

$$N_{d/c} = \frac{L p}{102 \eta \eta_{\text{trục}} \eta_{\text{trđ}}}, \quad \text{kW} \quad (11-25)$$

Trong đó :

$\eta_{\text{trđ}}$  - Hệ số truyền động giữa động cơ và quạt.

Khi truyền động bằng puli và đai truyền tiết diện hình thang  $\eta_{\text{trđ}} = 0,9 \div 0,95$ .

Nếu bánh xe cánh quạt lắp trực tiếp trên trục động cơ ta có :

$$\eta_{\text{trục}} = 1 \quad \text{và} \quad \eta_{\text{trđ}} = 1$$

Nếu quạt và động cơ lắp cùng trục nhưng qua khớp nối :  $\eta_{\text{tr}} = 1$

Trong thực tế, ngoài các tổn thất đã nêu còn có nhiều tổn thất khác không thể nào kể đến một cách đầy đủ cả, do đó công suất tính toán để chọn động cơ cần có hệ số dự trữ K :

$$N_{\text{tt}} = \frac{K L p}{102 \eta \eta_{\text{trục}} \eta_{\text{trđ}}}, \quad \text{kW} \quad (11-26)$$

Đối với quạt li tâm có cánh uốn cong ra trước có thể lấy  $K = 1,1 \div 1,15$

Đối với quạt li tâm có cánh uốn cong ra sau và quạt trục :  $K = 1,05 \div 1,1$

Sau khi xác định được công suất tính toán  $N_{\text{tt}}$ , ta tiến hành chọn động cơ có công suất gần nhất về phía lớn hơn so với công suất tính toán.

## 11.7. TÍNH TOÁN TRUYỀN ĐỘNG

Khi truyền động giữa động cơ điện và quạt bằng đai truyền, ta phân biệt hai loại đai truyền : đai truyền phẳng và đai truyền tiết diện hình thang.

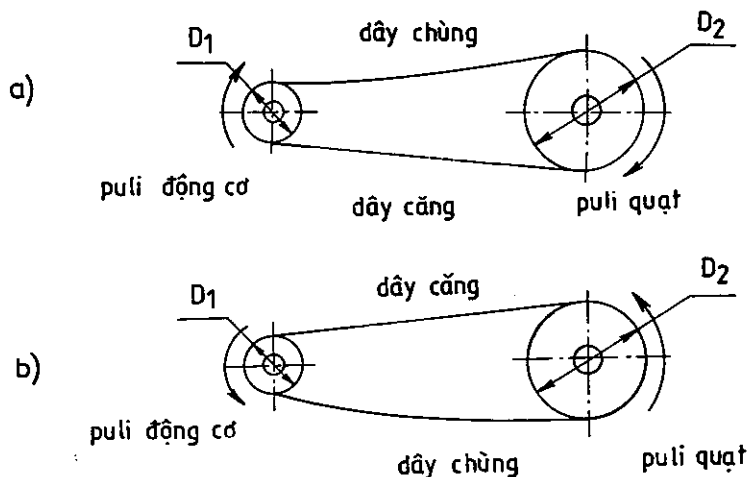
Đai truyền phẳng được sử dụng khi khoảng cách giữa 2 trục của quạt và động cơ tương đối lớn (hình 11.14).

Đường kính puli động cơ và quạt liên hệ với nhau bằng biểu thức :

$$D_1 = 1,05 D_2 \frac{n_2}{n_1} \quad (11-27)$$

Trong đó :  $D_1, D_2$  - lần lượt là đường kính puli động cơ và puli quạt.





Hình 11.14 : Sơ đồ lắp đai truyền.

a) Lắp đặt hợp quy cách; b) Lắp đặt không hợp quy cách.

$n_1, n_2$  - Số vòng quay của puli động cơ và puli quạt.

1,05 - Hệ số kể đến sự trượt của đai truyền.

Chiều dài của đai truyền phẳng có thể xác định theo công thức :

$$l = 1,57(D_1 + D_2) + \frac{1}{b} \left( \frac{D_2 - D_1}{2} \right)^2 + 2b, \quad \text{m} \quad (11-28)$$

Trong đó :  $b$  - Khoảng cách giữa 2 trục puli, m.

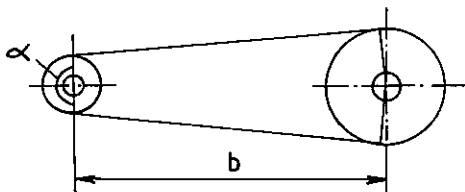
Góc ôm của đai truyền trên puli nhỏ - tức puli của động cơ (hình 11.15) :

$$\alpha = 180 - \frac{57(D_2 - D_1)}{b}, \quad \text{độ} \quad (11-29)$$

Đối với đai truyền phẳng, góc ôm  $\alpha$  không được dưới  $150^\circ$ .

Khi khoảng cách giữa 2 trục puli bé, người ta dùng đai truyền tiết diện hình thang. Khoảng cách bé nhất có thể cho phép giữa 2 trục puli trong trường hợp này là bằng đường kính puli lớn.

Tính toán đai truyền tiết diện hình thang bao gồm các nội dung : chọn loại đai truyền, xác định đường kính puli, độ dài và số lượng đai truyền. Chọn nhiều đai với tiết diện bé bảo đảm hơn so với chọn ít đai nhưng tiết diện lớn. Tính toán và chọn đai truyền tiết diện hình thang có thể tham khảo ở các sổ tay tra cứu tương ứng [35].



Hình 11.15 : Góc ôm của đai truyền trên puli kéo.

## Chương 12

# THỬ NGHIỆM VÀ HIỆU CHỈNH HỆ THỐNG THÔNG GIÓ

### 12.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM VÀ HIỆU CHỈNH CHỦ YẾU

Khi tính toán thiết kế và lắp đặt hệ thống thông gió có thể có những sai lệch làm hệ thống không đảm bảo được các thông số cần thiết, cụ thể là lưu lượng và vận tốc gió, nhiệt độ và độ ẩm v.v... trong các phòng được thông gió không đạt được các giá trị mong muốn như nhiệm vụ thiết kế ban đầu đã cho.

Để khắc phục những sai lệch nêu trên cần phải tiến hành thử nghiệm và hiệu chỉnh hệ thống thông gió sau khi lắp đặt xong.

Nhiệm vụ chủ yếu của công tác thử nghiệm và hiệu chỉnh thường là làm thế nào để lưu lượng không khí tại các miệng thổi, miệng hút cũng như trên các nhánh ống của hệ thống đạt được trị số thiết kế. Ngoài ra, mục đích của thử nghiệm và hiệu chỉnh còn để kiểm tra các thông số làm việc của máy quạt, động cơ điện, bộ sấy, bộ lọc bụi v.v... và đối chiếu với thông số tính toán ban đầu.

Thử nghiệm và hiệu chỉnh lưu lượng của hệ thống thông gió thường được tiến hành theo hai phương pháp cơ bản sau đây :

1- Thay đổi đường đặc tính của mạng lưới đường ống bằng cách tăng hoặc giảm sức cản thủy lực của hệ thống. Để thực hiện cách điều chỉnh này ta có thể đóng hẹp hoặc mở rộng các van điều chỉnh, lá chắn, lá chớp v.v...

2- Thay đổi đường đặc tính của bản thân máy quạt bằng cách tăng hoặc giảm số vòng quay hoặc bằng cánh hướng dòng để thay đổi góc xoáy của không khí vào quạt.

Cần lưu ý rằng phương pháp thứ 1 không kinh tế nhưng lại được áp dụng phổ biến nhất do đơn giản, dễ thực hiện. Còn phương pháp thứ 2 ngày nay người ta đã thực hiện được rất hữu hiệu bằng cách điều chỉnh tần số cấp điện.

Hiệu chỉnh hệ thống thông gió được bắt đầu từ máy quạt : áp suất và lưu lượng gió của quạt.

Hiệu chỉnh hệ thống đường ống được bắt đầu từ các nhánh ống rẽ gần máy quạt nhất. Nhờ có van, lá điều chỉnh trên nhánh ống ta có thể tăng hoặc giảm sức cản cục bộ sao cho lưu lượng trên nhánh ống phù hợp với thiết kế. Quá trình hiệu chỉnh được xem là đạt yêu cầu và kết thúc nếu lưu lượng ở các miệng thổi, miệng hút cũng như trên từng đoạn ống sai lệch không quá  $\pm 10\%$  so với thiết kế.

Lưu lượng không khí được xác định bằng cách đo vận tốc trung bình của không khí  $v_{TB}$ , m/s và diện tích tiết diện  $F$ ,  $m^2$  rồi tính tích số của hai đại lượng ấy :  $v_{TB} \cdot F, m^3/s$ .

Vận tốc của luồng không khí ở các miệng thổi, miệng hút được đo bằng các loại vận tốc kế thích hợp : vận tốc kế hình gáo, vận tốc kế cánh quạt hoặc vận tốc kế nhiệt điện - điện tử. Các loại vận tốc kế này đã được giới thiệu trong chương 1. Còn vận tốc của không khí trong đường ống - dùng ống đo áp suất gọi là ống pitô và vi áp kế kèm theo. Ống pitô đi kèm với vi áp kế cho phép ta đo được áp suất toàn phần, áp suất tĩnh và áp suất động của không khí trên tiết diện ngang của đường ống.

## 12.2. DỤNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO ÁP SUẤT, VẬN TỐC VÀ LƯU LƯỢNG KHÔNG KHÍ TRÊN ĐƯỜNG ỐNG.

### 12.2.1. Ống đo áp suất

Như đã nói ở trên, áp suất và vận tốc không khí trong đường ống được đo bằng ống đo áp suất - ống pitô.

Ống đo áp suất được phân biệt thành ống đo áp suất toàn phần và ống đo áp suất tĩnh.

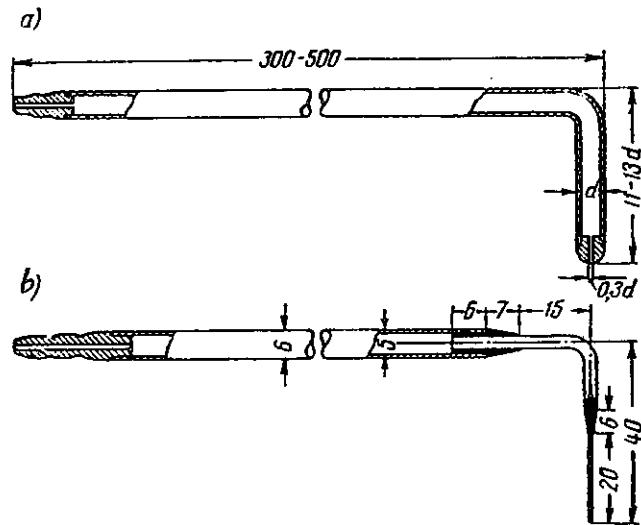
Cấu tạo đơn giản nhất của ống đo áp suất toàn phần là ống có đường kính  $d=6-10\text{mm}$  được uốn cong một góc  $90^\circ$ , mũi ống được đập tròn và mài nhẵn hoặc dưới dạng ống kim tiêm đặt trực diện vào dòng không khí cần đo và đầu kia nối vào áp kế chữ U hoặc vi áp kế qua ống nối mềm bằng cao su (hình 12.1).

Ống đo áp suất tĩnh có mũi ống được bịt kín nhưng trên thành ống ở khoảng cách bằng 3 lần đường kính ống ( $3d$ ) kể từ mũi ống có khoan 2-4 lỗ nhỏ đường kính  $0,5-0,6\text{mm}$ . Khi đo, mũi ống cũng được đặt trực diện với dòng không khí.

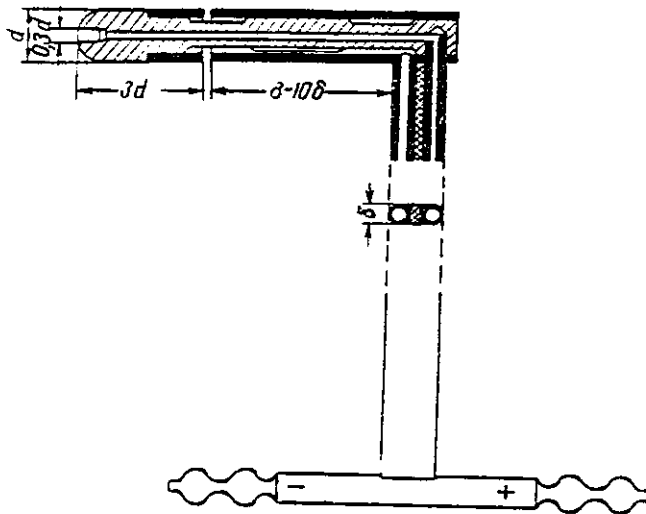
Ngoài ra, áp suất tĩnh của không khí trên đường ống tại một tiết diện nào đó cũng có thể đo được bằng cách hàn sẵn trên thành ống dẫn không khí tại tiết diện cần đo một mẫu ống con để lắp ống nối mềm dẫn đến áp kế chữ U hoặc vi áp kế.

Để kết hợp đo được cả 3 loại áp suất : toàn phần, tĩnh và động người ta gắn liền 2 loại ống đo áp suất toàn phần và áp suất tĩnh lại với nhau thành một ống thống nhất có thể gọi là ống đo áp suất tổng hợp, trên ống đo này ta quy ước gọi đầu dương là đầu nối với vi áp kế để đo áp suất toàn phần (thông với mũi ống đo) và đầu âm - đo áp suất tĩnh (thông với các lỗ trên thành ống đo) (hình 12.2).

Khi dùng ống đo áp suất tổng hợp, tùy theo cách nối ống mềm giữa ống đo và áp kế chữ U (hoặc vi áp kế) mà ta có thể đo được 3 loại áp suất khác nhau : toàn phần, tĩnh và động.

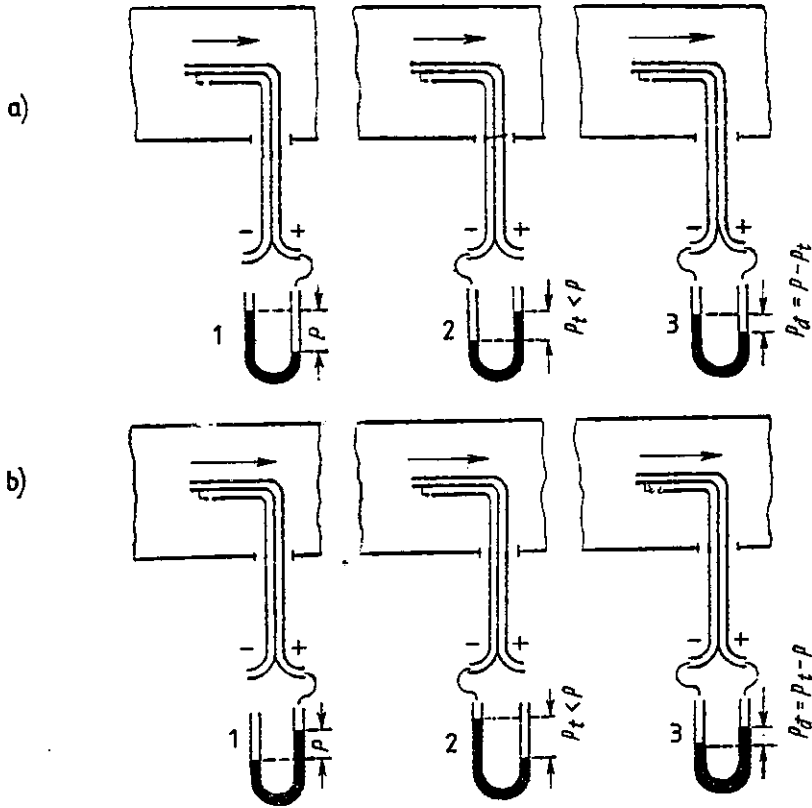


Hình 12.1 : Ống đo áp suất toàn phần



Hình 12.2. Ống đo áp suất tổng hợp

Trên hình 12.3 là sơ đồ đo các loại áp suất khác nhau của không khí trong đường ống (không khí chuyển động trong đường ống theo chiều từ trái sang phải).



Hình 12.3 : Sơ đồ đo áp suất không khí trong đường ống.

a) Đường ống đẩy ; b) Đường ống hút.

1- Áp suất toàn phần ; 2- Áp suất tĩnh ; 3- Áp suất động.

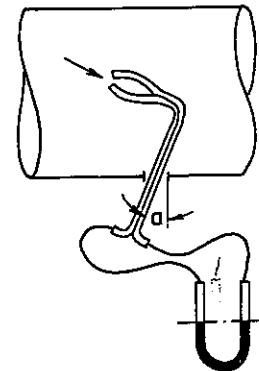
Từ trị số áp suất động đo được ở sơ đồ nối a-3 và b-3, ta tính ra vận tốc không khí theo công thức rất quen thuộc :

$$v = \sqrt{\frac{2g}{\gamma} P_d} \quad \text{m/s} \quad (12-1)$$

Trong đó :

$P_d$  chính là độ cao thẳng đứng của chênh lệch cột nước ( $H_2O$ ) trên áp kế chữ U tính theo mm (cũng tức là  $kG/m^2$ ).

Trong nhiều trường hợp, ngoài việc đo vận tốc còn cần phải biết chiều hướng chuyển động của dòng không khí, lúc đó người ta sử dụng đầu đo có dạng cho ở hình 12.4. Đó là 2 ống đo áp suất toàn phần được ghép một cách đối xứng lại với nhau. Bằng cách thay đổi góc  $\alpha$  sao cho mực nước trong áp kế chữ U cân bằng nhau, từ đó ta suy ra được chiều chuyển động của không khí.



Hình 12.4. Xác định chiều chuyển động của dòng không khí.

Khi đo lưu lượng không khí (thông qua vận tốc) trong ống tiết diện chữ nhật kích thước  $A \times B$ , ta chia nhỏ tiết diện ống thành những hình chữ nhật con  $a \times b$  mà  $a$  và  $b$  càng gần bằng nhau càng tốt, số lượng hình chữ nhật con không dưới 9 và diện tích không quá  $0,05m^2$  rồi tiến hành đo vận tốc tại tâm điểm của các hình chữ nhật con (hình 12.5b). Tính giá trị lưu lượng đi qua từng hình chữ nhật con rồi tổng cộng lại :

$$L = \sum_1^n v_i \cdot F_i, \quad m^3/s \quad (12-2)$$

Trong đó :

$v_i, F_i$  - Lần lượt là vận tốc và diện tích của từng hình chữ nhật con, m/s và  $m^2$ .

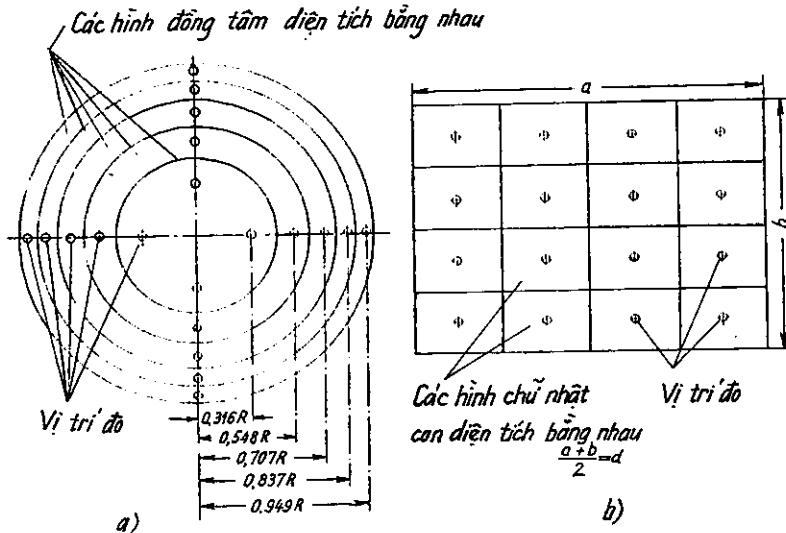
Nếu tất cả các diện tích hình chữ nhật con đều bằng nhau thì lưu lượng  $L$  có thể xác định theo công thức ;

$$L = v_{TB} \cdot F, \quad m^3/s \quad (12-3)$$

Trong đó :

$v_{TB} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n}$  - Vận tốc trung bình của không khí trong đường ống, m/s.

$F$ - Diện tích toàn bộ tiết diện ngang của ống,  $m^2$ .



Hình 12.5 : Chia nhỏ tiết diện ống để đo vận tốc.  
a) Tiết diện tròn; b) Tiết diện chữ nhật.

Đối với ống tiết diện tròn cần chia tiết diện ngang của ống thành nhiều hình vành khăn đồng tâm có diện tích bằng nhau. Trên mỗi hình vành khăn cần đo vận tốc ở 4 điểm theo 2 đường kính trực giao (hình 12.5a).

Số lượng hình vành khăn cần chia là :

3	đối với ống có đường kính	< 200 mm
4	"	< 400 mm
5	"	< 700 mm
5 ÷ 6	"	> 700 mm

### 12.2.2. Vi áp kế

Dụng cụ đo đi kèm theo ống đo áp suất là vi áp kế.

Về tính chất, nguyên lý làm việc, vi áp kế hoàn toàn không khác gì so với áp kế chữ U.

Thường áp suất trong đường ống dẫn không khí có trị số khá bé. Nếu dùng áp kế chữ U với ống thẳng đứng thì độ chênh lệch mực nước trong 2 nhánh ống của áp kế khó nhận thấy hoặc khó đọc được một cách chính xác. Để khắc phục nhược điểm đó người ta chế tạo dụng cụ đo áp suất với ống nghiêng một góc  $\alpha$  so với mặt phẳng nằm ngang. Góc  $\alpha$  có thể thay đổi được tùy theo trị số áp suất cần đo sao cho độ dài cột nước dâng lên trên áp kế được rõ nhất. Trên hình 12.6 là vi áp kế kiểu XAGHI.

Trị số áp suất được xác định theo công thức :

$$P = (h - h_0) \gamma \sin \alpha, \quad \text{kG/m}^2 \quad (12-4)$$

Trong đó :

$h$  - Trị số cột chất lỏng dọc được trên thang đo của vi áp kế, mm

$h_0$  - Mốc ban đầu của cột chất lỏng, mm

$\gamma$  - Trọng lượng đơn vị của loại chất lỏng dùng trong vi áp kế,  $\text{g/cm}^3$ . Thường người ta dùng rượu trộn màu với  $\gamma = 0,8 - 0,82 \text{ g/cm}^3$ .

$\alpha$  - Góc nghiêng của ống đo so với mặt phẳng ngang.

Ghi chú trên hình vẽ :

1- Bầu đựng chất lỏng

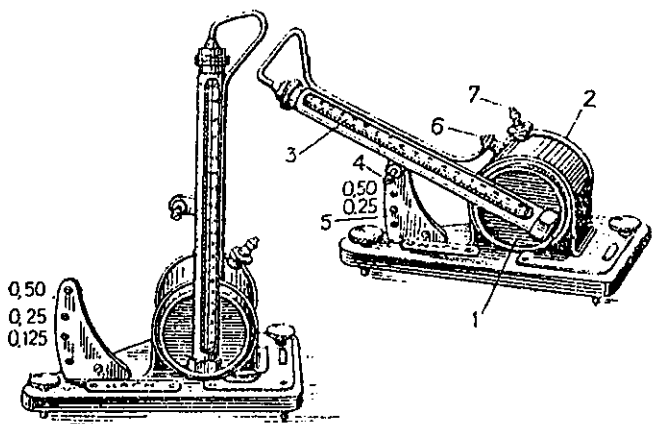
2- Hộp bảo vệ

3- Ống đo chia mm

4- Chốt cố định góc nghiêng của ống đo

5- Bảng có đục lỗ để định vị ống đo

6 và 7- Đầu cắm ống nối mềm để nối với ống đo áp suất (tương đương như 2 đầu ống của áp kế chữ U).



Hình 12.6 : Vi áp kế "XAGHI"

### 12.2.3. Đo vận tốc theo chênh lệch áp suất tĩnh

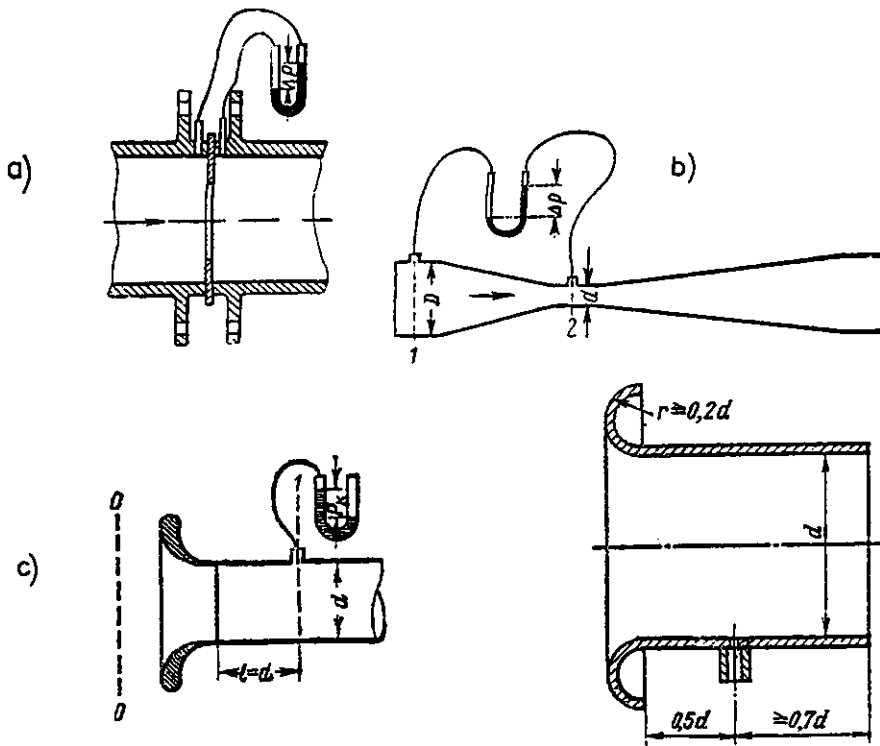
Có thể dùng tấm chắn đục lỗ (diaphrag), ống thất dòng Venturi hoặc đầu ống hút vành hình loa (ống thu - collector) để tạo chênh lệch áp suất tĩnh trên đường ống và qua đó ta đo được vận tốc của không khí (hình 12.7).

Theo chênh lệch cột áp  $\Delta P$  đo được trên áp kế chữ U ta có thể tính vận tốc trung bình trên tiết diện chính của ống (đường kính  $D$ ) theo công thức :

$$v_{TB} = K \sqrt{\Delta P}, \quad \text{m/s} \quad (12-5)$$

Trong đó :

$\Delta P$  - Chênh lệch áp suất đọc được trên áp kế chữ U (chất lỏng là nước  $\gamma = 1 \text{ g/cm}^3$ ), mm  $\text{H}_2\text{O}$  hoặc  $\text{kG/m}^2$



Hình 12.7 : Đo vận tốc bằng chênh lệch áp suất tĩnh.

a) Tấm chân đục lỗ (diaphragm) ; b) Ống venturi ;

c) Ống hút vành hình loa (để tránh tổn thất).

K- Hệ số tỷ lệ.

a) Đối với tấm chắn diaphragm, hệ số K cần phải xác định bằng thực nghiệm và lập đường đặc tính cho tấm diaphragm ứng với kích thước cụ thể của nó.

b) Đối với ống venturi từ phương trình Becnuly, bằng biến đổi lý thuyết với mức độ đủ chính xác có thể xem rằng tổn thất áp suất từ tiết diện lớn D đến tiết diện thu hẹp d của ống venturi là không đáng kể, ta thu được :

$$K = \frac{4,43}{D^2} \sqrt{\frac{1}{\gamma_k \left( \frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4} \right)}} \quad (12-6)$$

$\gamma_k$ - Trọng lượng đơn vị của không khí,  $\text{kg/m}^3$

c) Đối với ống thu vành hình loa :

$$K = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_k} \cdot \frac{1}{1 + \xi_{cb} + \xi_{ms}}} \quad (12-7)$$

Trong đó :

$\xi_{cb}$ ,  $\xi_{ms}$ - Hệ số sức cản cục bộ và ma sát tương đương của ống thu.

Với cấu tạo miệng loa của ống thu thể hiện trên hình 12.7c, có thể lấy  $\xi_{cb} = \xi_{ms} = 0,02$  và khi  $\gamma_k = 1,2 \text{ kg/m}^3$ , ta sẽ có :

$$v_{tb} = 3,965 \sqrt{\Delta P} \quad , \quad \text{m/s} \quad (12-8)$$

### 12.3. THỬ NGHIỆM QUẠT

Thử nghiệm quạt được phân biệt thành thử nghiệm toàn phần và thử nghiệm từng phần. Thử nghiệm toàn phần được tiến hành trong phòng thí nghiệm để xác định lưu lượng, áp suất, công suất và hiệu suất ứng với nhiều chế độ làm việc khác nhau của quạt. Trên cơ sở đó ta xây dựng đường đặc tính của quạt. Nhiệm vụ này thuộc các cơ sở chế tạo quạt.

Thử nghiệm từng phần được tiến hành tại hiện trường nơi quạt đã được lắp đặt trong hệ thống thông gió với mục đích xác định chênh lệch áp suất cũng như lưu lượng thực tế để đối chiếu với số liệu tính toán thiết kế.

Để xác định áp suất và lưu lượng quạt cần tiến hành đo áp suất toàn phần cũng như áp suất động ở miệng hút và miệng thổi của quạt.

Sơ đồ nối ống đo áp suất và vị trí áp kế trên đường ống được thể hiện ở hình 12.8.

Đo áp suất toàn phần trên đoạn ống trước miệng hút của quạt được thực hiện theo sơ đồ A, còn trên đoạn ống sau miệng thổi của quạt - theo sơ đồ B.

Áp suất tĩnh ở trước quạt có trị số âm (áp suất tương đối) do đó ống pitô và vị trí áp kế được nối theo sơ đồ C, còn trên đường ống dẫn sau quạt - trị số dương - theo sơ đồ D.

Áp suất động trên ống hút được đo theo sơ đồ E và trên ống dẫn theo sơ đồ G. Cần lưu ý rằng vận tốc không khí trên đoạn ống hút trước quạt ổn định và phân bố đều đặn hơn so với trên ống dẫn sau quạt.

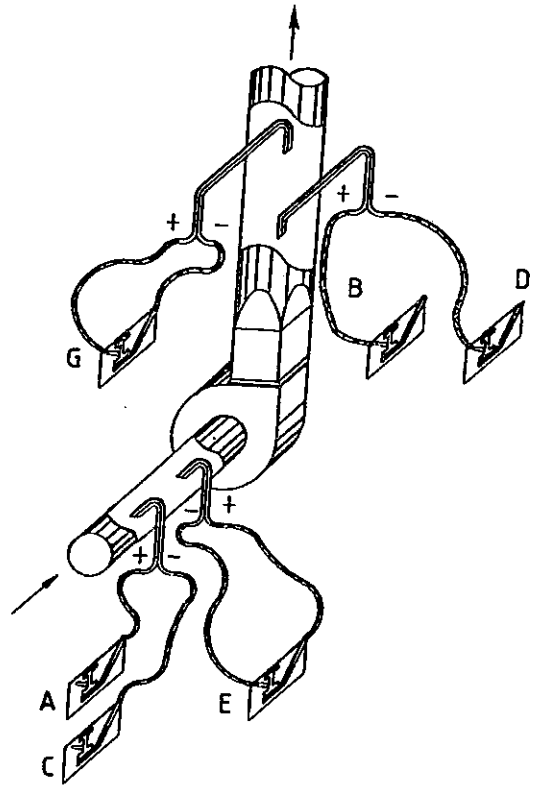
Lưu lượng không khí của quạt được tính toán theo vận tốc đo được trên ống hút và ống dẫn. Nếu chênh lệch giữa lưu lượng trên ống hút và ống dẫn không quá 5% coi như kết quả đo đạt yêu cầu. Lưu lượng thực tế của quạt là trị số trung bình của lưu lượng tính được trên ống hút (1) và ống dẫn (2):

$$L_q = \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (12-9)$$

Áp suất toàn phần do quạt gây ra :

$$P_{tp(q)} = P_{tp(2)} - P_{tp(1)} \quad (12-10)$$

Áp suất tĩnh do quạt gây ra được xác định theo công thức :



Hình 12.8. Sơ đồ nối dụng cụ đo để thử nghiệm quạt



$$P_{t(q)} = P_{tp(q)} - P_{d(2)} = P_{t(2)} - P_{tp(1)} \quad (12-11)$$

Trong các công thức trên :

$P_{tp}$ ,  $P_t$ ,  $P_d$  -áp suất tràn phân, áp suất tĩnh và áp suất động.

Các ký hiệu : q- quạt ; 1- trên ống hút ; 2- trên ống đẩy.

Các trị số  $P_{tp(1)}$  và  $P_{t(1)}$  là áp suất tương đối nên có giá trị âm.

*Những điều cần chú ý khi thử nghiệm quạt :*

1- Trong thời gian đo đặc, vận tốc quay của quạt phải ổn định.

2- Đầu đo áp suất trên ống hút cần phải đặt ở vị trí cách miệng hút của quạt 1,5 lần đường kính ống, còn trên ống đẩy - 2,5D.

3- Khi so sánh áp suất và lưu lượng tính được sau khi đo với số liệu Katalo nếu chênh lệch nhiều (30-50%) cần kiểm tra chiều quay của guồng cánh quạt và khe hở giữa đĩa trước của guồng cánh với ống hình trụ hoặc hình côn của miệng hút. Khe hở này phải đảm bảo không vượt quá 1% đường kính guồng cánh quạt.

4- Vi áp kế cần được đặt trên mặt phẳng nằm ngang (chỉnh theo ống bọt nước).

5- Khi tiến hành đo cần đảm bảo cho ống nối mềm giữa đầu đo và vi áp kế được kín khí, không bị gấp tắc, hoàn toàn khô ráo và thông suốt bên trong ruột ống. Nếu ống có chứa nước, nước có thể tràn vào vi áp kế làm sai lệch số đo.

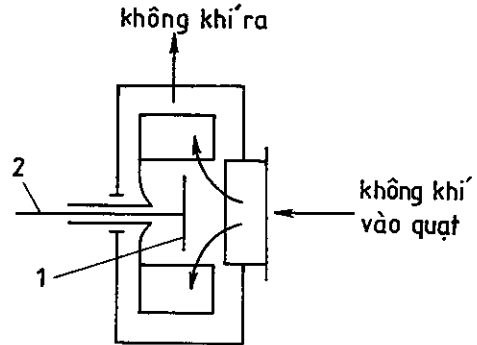
Hiệu chỉnh đường đặc tính của quạt có thể thực hiện được bằng nhiều biện pháp khác nhau :

- Thay đổi số vòng quay của quạt bằng cách thay đổi đường kính puli khi quạt và động cơ nối qua đai truyền động. Trường hợp quạt và động cơ nối cùng trục, người ta dùng khớp nối thủy lực hoặc khớp nối điện từ để điều chỉnh số vòng quay. Ngày nay với tiến bộ khoa học kỹ thuật người ta có thể thay đổi số vòng quay của quạt bằng cách điều chỉnh tần số cấp điện vào động cơ.

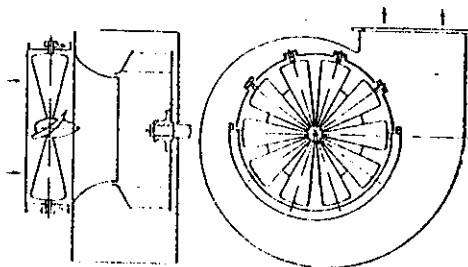
- Đối với quạt trục : thay đổi góc nghiêng của cánh quạt hoặc thay đổi số cánh quạt.

- Đối với quạt ly tâm : thay đổi bề rộng làm việc của guồng cánh quạt bằng cách điều chỉnh vị trí của đĩa 1 ở phía đáy guồng cánh quạt (hình 12.9).

Phương pháp ưu việt nhất để thay đổi đường đặc tính của quạt ly tâm là dùng cánh hướng dòng ở miệng hút của quạt để thay đổi góc xoáy của không khí đi vào guồng cánh quạt (hình 12.10).



*Hình 12.9 : Phương pháp điều chỉnh đặc tính quạt ly tâm bằng đĩa guồng cánh*  
1- Đĩa điều chỉnh;  
2- Trục điều chỉnh.



*Hình 12.10 : Điều chỉnh đặc tính quạt ly tâm bằng cánh hướng dòng.*

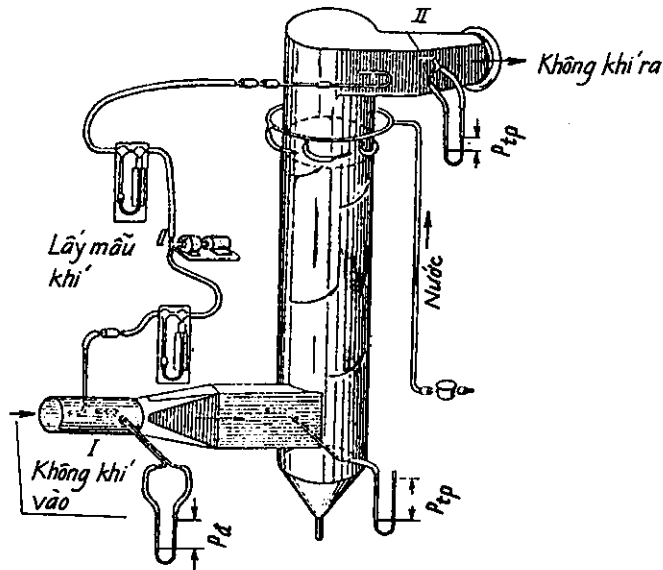
## 12.4. THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ LỌC BỤI

Khi thử nghiệm thiết bị lọc bụi cần phải tiến hành đo :

- 1- Lưu lượng không khí qua bộ lọc
- 2- Khả năng giữ bụi - tức hiệu suất lọc của thiết bị
- 3- Sức cản thuỷ lực của thiết bị
- 4- Sự thay đổi sức cản thuỷ lực theo mức tích tụ bụi trong bộ lọc
- 5- Mức chứa bụi tối đa của thiết bị.

Áp suất, lưu lượng và nồng độ bụi trong không khí cần được đo trên các đoạn ống trước và sau thiết bị lọc. Nồng độ bụi trong không khí ở trước và sau bộ lọc có thể xác định được theo mẫu khí lấy ở các tiết diện tương ứng bằng các máy hút lấy mẫu.

Trên hình 12.11 là sơ đồ nối các dụng cụ đo để thử nghiệm bộ lọc bụi xyclon ướt.



Hình 12.11 : Sơ đồ thử nghiệm bộ lọc bụi xyclon ướt

Tổn thất áp suất trong thiết bị lọc được xác định theo công thức :

$$\Delta P = P_{tp(1)} - P_{tp(2)} , \quad \text{kG/m}^2 \quad (12-12)$$

Hiệu suất của bộ lọc :

$$\eta = \frac{y_1 - y_2}{y_1} \cdot 100\% \quad (12-13)$$

Trong đó :

$y_1, y_2$  - Nồng độ bụi đo được ở tiết diện 1 và 2 của hệ thống,  $\text{mg/m}^3$ .

# PHẦN PHỤ LỤC

## PHỤ LỤC 1

### SỐ LIỆU NHIỆT ĐỘ VÀ ĐỘ ẨM TƯƠNG ĐỐI CỦA KHÔNG KHÍ BÊN NGOÀI

Nhiệt độ trung bình của không khí (°C)

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Lai Châu	17,2	18,8	21,8	24,7	26,4	26,5	26,5	26,6	26,0	23,8	20,5	17,3	23,0
2	Điện Biên	15,7	17,6	20,7	23,6	25,3	25,9	25,7	25,4	24,6	22,4	19,1	15,8	21,8
3	Sơn La	14,6	16,5	20,0	22,8	24,7	25,1	25,0	24,6	23,7	21,7	18,2	15,0	21,0
4	Lào Cai	16,0	16,8	20,6	24,0	26,8	27,6	27,7	27,3	26,3	23,8	20,2	17,3	22,9
5	Sa Pa	8,5	9,9	13,9	17,0	18,3	19,6	19,8	19,5	18,1	15,6	12,4	9,5	15,2
6	Yên Bái	15,3	16,5	19,7	23,3	26,7	27,8	28,0	27,5	26,4	23,9	20,4	17,0	22,7
7	Hà Giang	15,4	16,6	20,3	23,4	26,7	27,6	27,8	27,6	26,5	23,7	20,2	16,7	22,7
8	Tuyên Quang	15,5	16,9	19,9	23,6	27,1	28,0	28,1	27,6	26,5	23,8	20,3	17,2	22,9
9	Cao Bằng	14,0	14,9	19,0	22,9	26,0	27,0	27,3	26,8	25,5	22,7	18,7	15,0	21,6
10	Lạng Sơn	13,3	14,3	18,2	22,1	25,5	26,9	27,0	26,6	25,2	22,2	18,3	14,8	21,2
11	Bắc Cạn	14,4	16,0	19,2	23,0	26,2	27,2	27,4	27,0	25,8	23,0	19,3	15,8	22,0
12	Thái Nguyên	15,5	16,8	19,8	23,5	27,1	28,3	28,5	27,9	26,9	24,3	20,6	17,3	23,0
13	Tam Đảo	10,8	12,2	15,1	18,6	21,6	23,0	23,1	22,6	21,6	19,0	15,7	12,7	18,0
14	Việt Trì	15,9	16,9	20,0	23,7	27,3	28,5	28,9	28,1	27,2	24,7	21,2	17,7	23,3
15	Vĩnh Yên	16,3	17,4	20,6	24,0	27,7	28,9	29,2	28,5	27,5	25,0	21,5	18,0	23,7
16	Uông Bí	16,4	17,2	20,0	23,5	27,1	28,4	28,8	28,0	27,0	24,7	21,2	17,8	23,3
17	Cửa Ông	15,0	15,9	18,8	22,8	26,7	28,3	28,6	27,6	26,7	24,1	20,4	16,9	22,6
18	Hồng Gai	15,8	16,3	19,2	22,9	26,7	28,0	20,5	27,7	26,8	24,5	21,1	17,5	22,9
19	Bắc Giang	15,9	17,1	19,9	23,6	27,3	28,7	29,0	28,3	27,3	24,5	21,1	17,7	23,4
20	Hà Nội	16,4	17,0	20,2	23,7	27,3	28,8	28,9	28,2	27,2	24,6	21,4	18,2	23,5
21	Hà Đông	15,7	16,2	19,8	23,5	26,8	28,5	29,1	28,3	27,0	24,4	20,8	17,4	23,1
22	Sơn Tây	15,9	17,1	20,1	23,7	27,1	28,6	28,8	28,2	27,1	24,6	21,1	17,6	23,3
22	Ba Vì	15,4	17,1	19,9	23,6	27,0	28,6	28,7	28,0	26,9	24,3	20,6	17,2	23,1
24	Hòa Bình	16,1	17,4	20,7	24,4	27,1	28,2	20,3	27,7	26,5	24,0	20,7	17,5	23,2
25	Hải Dương	16,0	16,9	19,9	23,4	27,1	28,7	29,2	28,4	27,3	24,6	21,2	17,7	23,4
26	Hưng Yên	16,0	16,8	19,7	23,4	27,1	28,5	28,7	28,1	27,1	24,4	21,1	17,7	23,2
27	Phù Liễn	16,3	16,7	19,1	22,6	26,4	28,0	28,2	27,7	26,8	24,5	21,3	18,1	23,0
28	Thái Bình	16,1	16,8	19,5	23,2	27,0	28,6	29,2	28,3	27,0	24,4	21,4	17,7	23,3
29	Nam Định	16,7	17,3	19,8	23,5	27,3	29,0	29,3	28,6	27,5	24,9	21,8	18,4	23,7
30	Ninh Bình	16,3	17,0	19,7	23,4	27,3	28,2	29,2	28,4	27,2	24,8	21,5	17,4	23,2
31	Thanh Hóa	17,0	17,3	19,8	23,5	27,2	28,9	29,0	28,2	26,4	24,5	22,4	18,6	23,6
32	Vinh	17,6	17,9	20,3	24,1	27,7	29,2	29,6	28,7	26,4	24,4	21,6	18,9	23,9
33	Hà Tĩnh	17,3	18,0	20,7	24,3	27,8	29,1	29,3	28,5	26,8	24,2	21,2	18,9	23,8



THƯ VIỆN  
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

## Nhiệt độ trung bình của không khí (°C)

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
34	Đông Hới	19,0	19,3	21,7	24,9	28,0	29,7	29,7	29,1	26,5	24,8	22,4	19,9	22,1
35	Đông Hà	19,2	19,8	22,5	25,6	28,2	29,3	29,6	28,8	27,0	25,1	22,5	19,9	26,6
36	Huế	20,0	20,9	23,1	26,0	28,3	29,3	29,4	28,9	27,1	25,1	23,1	20,8	25,2
37	Hoàng Sa	23,2	23,9	25,7	27,6	29,2	29,3	28,9	28,7	28,0	26,9	25,7	24,8	26,8
38	Đà Nẵng	21,3	22,4	24,1	26,2	28,2	29,2	29,1	28,8	27,3	25,7	24,0	21,9	25,7
39	Quảng Ngãi	21,7	22,6	24,4	26,7	28,4	29,0	29,0	28,8	27,3	25,7	24,2	22,4	25,8
40	Quy Nhơn	23,0	23,8	25,3	27,2	28,8	29,6	29,7	29,8	28,2	26,6	25,3	23,7	26,8
41	Tuy Hòa	23,0	23,8	25,4	27,2	28,7	29,2	29,0	28,8	27,6	26,3	25,2	23,8	26,5
42	Nha Trang	23,8	24,5	25,8	27,3	28,3	28,4	28,3	28,2	27,5	26,4	25,0	23,9	26,4
43	Cam Ranh	24,0	25,0	26,6	28,0	28,0	28,7	28,6	28,8	27,5	26,4	25,4	24,2	26,8
44	Trường Sa	26,0	26,7	27,8	28,8	29,3	28,4	28,0	27,9	27,8	27,9	27,4	26,4	27,7
45	Kon Tum	20,4	22,4	24,6	25,6	25,2	24,6	24,3	24,1	23,8	23,4	22,1	20,6	23,4
46	PlâyCu	19,0	20,7	22,7	24,0	24,0	23,0	22,4	22,2	22,3	21,7	20,7	19,3	21,8
47	Buôn Ma thuật	21,1	22,7	24,7	26,1	25,8	24,8	24,3	24,2	23,9	23,5	22,5	21,2	23,7
48	Đà Lạt	16,4	17,4	18,3	19,2	19,7	19,4	18,9	18,9	18,8	18,4	17,6	16,7	18,3
49	Phan Thiết	24,7	25,2	26,5	27,9	28,3	27,7	26,9	27,0	26,8	26,7	26,0	25,3	26,6
50	Biên Hòa	25,2	26,9	28,4	29,0	28,6	27,2	26,9	26,8	26,8	26,7	26,4	25,2	27,0
51	Phước Long	23,6	25,4	26,8	27,4	26,9	25,7	25,4	25,1	25,0	24,8	24,3	23,3	25,1
52	Tây Ninh	25,4	26,9	28,2	28,8	28,2	27,2	26,8	26,8	26,7	26,4	26,1	25,2	26,9
53	Tân Sơn Nhất	25,8	26,7	27,9	28,9	28,3	27,5	27,1	27,1	26,8	26,7	26,4	25,7	27,1
54	Vũng Tàu	25,6	26,3	27,8	28,9	28,9	28,0	27,4	27,4	27,2	27,1	26,9	25,5	27,2
55	Côn Đảo	25,2	25,6	26,9	28,1	28,3	27,8	27,5	27,5	27,2	26,9	26,6	25,7	26,9
56	Mộc Hóa	25,8	26,5	27,7	28,7	28,5	27,7	27,4	27,4	27,7	27,7	27,2	26,0	27,4
57	Càng Long	25,2	26,0	27,3	28,3	28,2	27,2	26,9	26,7	26,9	26,7	26,4	25,3	26,8
58	Mỹ Tho	25,0	26,2	27,6	28,8	28,5	27,4	27,0	26,8	27,6	26,8	26,6	24,9	26,9
59	Cần Thơ	25,3	26,1	27,3	28,5	27,8	27,1	26,8	26,7	26,8	26,8	26,8	25,6	26,8
60	Sóc Trăng	25,1	25,9	27,2	28,4	28,0	27,3	27,1	27,0	26,9	26,8	26,4	25,6	26,8
61	Cao Lãnh	25,4	26,3	27,7	28,8	28,3	27,5	27,4	27,4	27,2	27,5	27,1	26,6	27,2
62	Phước Quốc	25,6	26,7	27,8	28,6	28,6	27,8	27,4	27,4	27,1	26,8	26,6	26,9	27,2
63	Rạch Giá	26,0	27,0	28,2	29,0	28,9	28,2	28,1	27,8	27,8	27,7	27,1	25,9	27,6
64	Châu Đốc	25,6	26,2	27,6	28,5	28,3	27,6	27,6	27,5	27,8	27,7	27,3	25,8	27,3
65	Cà Mau	25,1	25,8	26,8	27,9	27,7	27,3	27,1	27,0	26,9	26,7	26,3	25,5	26,7

## Nhiệt độ cao nhất trung bình của không khí (°C)

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Lai Châu	23,3	25,5	29,8	32,4	32,8	31,7	31,3	31,9	31,9	29,7	26,5	23,5	29,2
2	Điện Biên	23,4	25,6	29,1	31,1	31,5	31,1	30,4	30,2	30,2	28,8	26,2	23,2	28,4
3	Sơn La	20,6	22,8	26,9	29,7	30,6	29,9	29,7	29,4	28,9	26,9	23,8	21,2	26,7
4	Lào Cai	20,0	31,3	25,3	28,9	32,2	32,7	32,6	32,4	31,3	28,5	25,0	22,0	27,7
5	Sa Pa	12,1	13,8	18,3	21,2	22,5	22,9	23,1	23,0	21,5	18,9	15,8	13,2	18,9
6	Yên Bái	18,8	19,7	23,0	26,9	31,3	32,4	32,5	32,3	31,3	28,7	25,1	21,4	27,0
7	Hà Giang	19,1	20,6	24,2	27,9	31,3	32,1	32,4	32,4	31,5	28,7	24,9	21,2	27,2
8	Tuyên Quang	19,4	20,3	23,7	27,7	31,9	32,8	33,1	32,3	31,4	28,8	25,2	21,6	27,4
9	Cao Bằng	18,3	19,3	23,2	27,5	31,2	31,9	32,3	31,9	31,0	28,2	24,2	20,5	26,6
10	Lạng Sơn	17,4	18,1	21,8	26,2	30,3	31,3	31,7	31,1	29,9	27,3	23,4	19,7	25,7
11	Bắc Cạn	18,8	19,9	23,2	27,2	31,2	32,2	32,5	32,2	31,3	28,6	24,9	21,3	26,9
12	Thái Nguyên	19,4	20,2	22,9	26,9	31,4	32,6	32,8	32,2	31,4	29,1	25,5	21,8	27,2
13	Tam Đảo	13,6	14,5	17,6	21,4	25,0	25,9	26,2	25,5	24,5	22,2	18,9	15,8	20,9
14	Việt Trì	19,0	19,8	23,0	27,1	31,5	32,5	32,8	31,9	31,0	28,7	25,1	21,5	27,0
15	Vinh Yên	19,6	20,3	23,4	27,3	31,9	32,9	33,1	32,2	31,4	29,1	25,6	21,9	27,4
16	Uông Bí	20,1	20,0	22,7	26,4	30,5	31,8	32,1	31,3	30,7	28,9	25,8	22,1	26,9
17	Cửa Ông	18,6	18,6	21,4	25,8	30,4	31,7	32,2	31,4	30,5	28,2	24,7	21,0	26,2
18	Hòn Gai	19,2	19,1	21,8	25,7	30,1	31,2	31,6	31,1	30,5	28,5	25,3	21,7	26,3
19	Bắc Giang	19,5	19,8	22,7	26,6	31,1	32,3	32,6	31,8	31,0	28,7	25,4	21,7	26,9
20	Hà Nội	19,3	19,9	22,8	27,0	31,5	32,6	32,9	31,9	30,9	28,6	25,2	21,8	27,0
21	Hà Đông	18,9	19,5	22,6	26,7	30,9	32,7	33,2	31,9	30,6	28,4	24,9	21,5	26,8
22	Sơn Tây	19,3	20,2	23,3	27,3	31,7	32,8	32,9	32,1	31,0	28,8	25,3	21,7	27,2
23	Ba Vì	18,7	20,1	23,0	27,2	31,5	32,7	32,9	32,1	30,9	27,9	24,8	21,4	26,9
24	Hòa Bình	20,2	21,1	24,7	29,1	32,8	33,6	33,7	32,7	31,3	28,9	25,7	22,5	28,0
25	Hải Dương	19,2	19,5	23,3	26,2	30,6	32,1	32,4	31,5	30,4	28,2	25,2	21,5	26,6
26	Hưng Yên	19,2	19,5	22,4	26,5	31,0	32,3	32,6	31,6	30,3	28,1	25,0	21,4	26,7
27	Phù Liễn	19,5	19,5	22,0	26,1	30,7	31,8	32,1	31,4	30,5	28,5	25,4	22,0	26,6
28	Thái Bình	19,1	19,2	22,0	26,1	30,6	32,1	32,5	31,5	30,1	28,0	24,9	21,3	26,4
29	Nam Định	19,2	19,5	22,3	26,5	31,0	32,4	32,7	31,6	30,3	28,0	24,9	21,5	26,7
30	Ninh Bình	19,3	19,6	22,2	26,5	31,0	32,4	32,7	31,6	30,1	27,9	24,5	21,2	26,6
31	Thanh Hóa	19,9	20,0	22,7	26,9	31,4	32,7	33,1	31,9	30,5	28,2	25,3	22,1	27,1
32	Vinh	20,2	20,3	23,3	27,8	32,2	33,6	34,1	32,8	30,2	27,6	24,7	21,9	27,4
33	Hà Tĩnh	20,3	20,7	23,7	28,1	32,2	33,6	34,2	33,0	30,4	27,6	24,4	21,7	27,5

## Nhiệt độ cao nhất trung bình của không khí (°C)

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
34	Đồng Hới	21,3	21,8	24,6	28,5	32,3	33,5	33,8	32,8	30,7	27,8	25,2	22,5	27,9
35	Đồng Hà	22,4	23,3	27,3	31,1	33,8	34,3	34,8	33,7	31,4	28,7	25,5	22,9	29,1
36	Huế	23,2	23,5	27,5	30,8	33,2	34,0	34,2	34,0	31,3	28,9	26,0	23,6	29,2
37	Hoàng Sa	25,6	26,5	28,5	30,4	31,9	31,6	31,2	30,8	30,3	29,0	27,7	26,2	29,1
38	Đà Nẵng	24,8	26,1	28,7	31,0	33,4	33,9	34,3	33,9	31,5	29,6	27,0	24,9	29,9
39	Quảng Ngãi	25,4	27,1	29,9	32,0	33,8	34,0	34,4	34,2	32,1	29,9	27,0	25,4	30,4
40	Quy Nhơn	26,5	27,9	29,6	31,2	33,2	33,6	34,5	34,9	32,9	30,7	28,2	26,7	30,8
41	Tuy Hòa	26,3	27,6	30,0	31,9	33,8	33,5	34,5	33,9	32,1	29,7	27,7	26,4	30,6
42	Nha Trang	26,5	27,5	29,2	30,8	32,0	32,0	32,2	32,3	31,1	29,6	28,0	28,6	29,8
43	Cam Ranh	27,7	29,6	31,1	32,4	33,0	32,9	33,0	33,5	31,6	29,8	28,3	27,3	30,8
44	Trường Sa	27,2	28,4	29,9	31,1	31,5	30,3	29,8	29,6	29,6	29,6	29,0	27,6	29,5
45	Kon Tum	27,9	30,6	33,2	33,3	31,7	29,3	28,9	28,2	29,8	29,0	27,7	27,0	29,7
46	Plâycu	26,4	28,8	31,1	31,1	29,3	27,1	26,8	25,6	26,6	26,9	26,0	25,6	27,6
47	Buôn Ma Thuột	27,8	30,5	33,3	33,9	32,0	29,4	29,0	28,6	28,8	28,6	27,6	26,6	29,7
48	Đà Lạt	22,6	24,3	25,6	25,6	24,6	23,0	22,9	22,4	22,8	22,6	21,7	21,6	23,2
49	Phan Thiết	29,0	29,4	30,5	31,9	32,7	32,1	31,7	31,5	31,3	31,0	30,8	30,0	31,0
50	Biên Hòa	32,1	33,7	35,0	35,5	33,8	31,8	31,4	31,2	31,2	31,3	31,5	30,9	32,4
51	Phước Long	31,4	33,4	34,6	34,7	33,2	30,7	30,6	29,9	30,3	30,2	30,6	30,4	31,7
52	Tây Ninh	30,8	32,6	34,1	34,1	33,0	31,2	30,9	30,6	30,5	30,0	30,2	29,7	31,5
53	Tân Sơn Nhất	31,6	32,9	33,9	34,6	34,0	32,4	32,0	31,8	31,3	31,2	31,0	30,8	32,3
54	Vũng Tàu	28,6	29,1	30,5	31,7	32,1	31,3	30,7	30,6	30,4	30,2	30,2	29,3	30,1
55	Côn Đảo	27,6	28,5	30,5	31,7	31,7	30,6	30,2	30,2	30,1	29,9	29,1	27,7	29,8
56	Mộc Hóa	30,2	32,7	34,4	35,0	34,0	32,2	32,1	31,4	31,1	30,8	30,7	30,5	32,2
57	Ba Tri	30,0	29,6	30,9	32,1	32,3	31,3	30,9	30,5	30,5	29,9	29,2	28,5	20,4
58	Càng Long	31,1	30,0	31,8	33,0	32,6	31,1	30,7	30,1	30,3	30,0	29,7	29,0	30,6
59	Mỹ Tho	30,2	31,0	32,3	33,4	33,0	31,4	31,2	30,8	31,0	30,6	30,5	29,5	31,2
60	Cần Thơ	30,1	31,0	32,5	33,4	32,9	31,2	30,9	30,7	30,5	30,3	30,0	29,1	31,0
61	Sóc Trăng	30,0	31,0	32,5	33,7	32,6	31,4	31,0	30,6	30,5	30,5	30,2	29,5	31,1
62	Cao Lãnh	30,1	31,2	33,0	34,2	33,2	31,5	31,3	30,6	30,6	30,2	30,0	29,3	31,3
63	Phú Quốc	30,2	31,2	32,2	32,2	31,3	29,7	29,3	29,0	29,3	29,9	30,2	29,8	30,4
64	Rạch Giá	31,1	32,4	33,4	33,7	32,3	30,5	30,2	29,7	30,2	30,9	30,7	30,1	31,3
65	Châu Đốc	30,0	31,4	33,4	34,4	33,2	31,5	31,5	31,0	30,8	30,4	30,1	29,1	31,4
66	Cà Mau	30,2	31,3	32,9	33,9	32,9	31,4	31,0	30,7	30,6	30,5	30,1	29,6	31,3

## Nhiệt độ thấp nhất trung bình của không khí (°C)

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Lai Châu	13,3	14,2	16,7	19,8	22,3	23,7	23,8	23,6	22,6	20,3	17,2	13,8	19,3
2	Điện Biên	11,2	12,5	15,1	18,7	21,3	22,9	23,0	22,7	21,4	18,8	15,1	11,1	11,9
3	Sơn La	10,2	11,9	15,1	18,1	20,5	21,7	21,9	21,4	20,0	17,4	17,0	10,6	16,9
4	Lào Cai	12,9	14,3	17,7	20,9	23,4	24,4	24,6	24,2	23,1	20,7	17,4	14,1	19,8
5	Sa Pa	5,9	7,4	10,7	13,7	16,3	17,4	27,6	17,3	15,8	13,4	9,9	6,8	12,7
6	Yên Bái	13,1	14,6	17,7	21,0	23,6	24,7	25,0	24,6	13,5	21,0	17,7	14,4	20,1
7	Hà Giang	12,6	14,4	17,6	20,8	23,1	24,2	24,5	24,1	25,9	20,1	16,9	13,7	19,6
8	Tuyên Quang	13,1	14,9	18,1	21,2	23,8	25,0	25,2	24,8	23,7	21,1	17,5	14,2	20,6
9	Cao Bằng	10,4	12,1	16,0	19,6	22,2	23,5	23,9	23,3	21,8	18,9	15,2	11,3	18,2
10	Lạng Sơn	9,8	11,5	15,5	19,2	22,1	23,5	23,8	23,5	21,9	18,4	14,3	10,8	17,9
11	Bắc Cạn	11,6	13,5	16,9	20,1	22,6	23,9	24,2	23,9	22,4	19,5	15,8	12,5	18,9
12	Thái Nguyên	13,1	14,7	17,8	21,1	23,9	25,2	25,4	25,0	23,8	21,0	17,5	14,3	20,2
13	Tam Đảo	9,0	10,0	13,3	16,6	19,4	20,7	20,9	20,6	19,6	17,1	13,6	10,4	15,9
14	Việt Trì	13,7	15,0	18,0	21,4	24,2	25,7	25,8	25,4	24,4	21,9	18,4	15,1	20,8
15	Vĩnh Yên	14,0	15,4	18,4	21,6	24,5	25,8	26,1	25,6	24,6	22,0	18,5	15,2	21,0
16	Uông Bí	14,2	15,3	18,1	21,3	24,3	25,7	26,0	25,4	24,2	21,4	17,7	14,5	20,7
17	Cửa Ông	12,9	13,9	16,9	20,5	23,9	25,3	25,7	24,9	23,8	21,4	17,9	14,4	20,1
18	Hòn Gai	13,4	14,5	17,5	20,9	24,2	25,5	25,9	25,0	24,0	21,6	18,3	14,8	20,5
19	Bắc Giang	13,2	14,8	17,9	21,2	24,3	25,6	26,1	25,6	24,4	21,4	17,6	14,2	20,5
20	Hà Nội	13,7	15,0	18,1	21,4	24,3	25,8	26,1	25,7	24,7	21,9	18,5	15,3	20,9
21	Hà Đông	13,6	15,0	18,0	21,4	24,1	25,5	25,6	25,7	24,5	21,5	17,8	14,3	20,6
22	Sơn Tây	13,6	15,0	18,0	21,2	24,0	25,5	25,7	25,4	24,4	21,8	18,3	15,0	20,7
23	Ba Vì	13,1	15,1	17,7	21,1	23,9	25,4	25,4	25,1	24,1	21,3	17,4	14,0	20,3
24	Hòa Bình	13,1	14,8	18,2	21,4	23,5	24,8	25,0	24,8	23,5	20,8	17,5	14,2	20,1
25	Hải Dương	13,6	15,1	18,2	21,5	24,8	26,0	26,6	26,0	24,9	21,9	18,2	14,8	21,0
26	Hưng Yên	13,7	14,9	17,9	21,2	24,8	25,6	26,1	25,7	24,6	21,8	18,4	15,0	20,8
27	Phù Liễn	13,7	14,7	17,6	20,8	24,0	25,2	25,7	25,0	24,0	21,6	18,6	15,4	20,5
28	Thái Bình	13,8	15,1	17,9	21,3	24,5	26,0	26,6	25,9	24,6	21,7	18,3	14,9	20,9
29	Nam Định	14,0	15,3	17,8	21,4	24,5	26,0	26,5	26,0	25,0	22,3	18,9	15,5	21,1
30	Ninh Bình	14,3	15,2	18,0	21,7	24,5	25,9	26,4	25,9	24,8	22,4	19,6	15,8	21,2
31	Thanh Hóa	14,5	15,5	18,1	21,4	24,4	25,8	26,0	25,4	24,3	21,8	18,8	15,7	21,0
32	Vinh	15,1	15,9	18,6	21,7	24,6	26,0	26,1	25,6	24,2	22,3	19,2	16,4	21,8
33	Hà Tĩnh	15,2	16,3	18,8	21,8	24,4	25,8	25,8	25,3	24,1	21,9	19,4	16,4	21,3

Phụ lục 1 (tiếp)

Nhiệt độ thấp nhất trung bình của không khí (°C)

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
34	Đông Hới	16,0	17,1	19,4	22,1	24,6	25,2	26,2	25,6	24,0	22,1	19,8	17,3	21,6
35	Đông Hà	16,8	17,7	20,0	22,4	24,7	25,9	25,9	25,7	24,0	22,7	20,3	17,7	22,0
36	Huế	17,2	17,9	20,4	22,8	24,4	25,6	25,2	25,3	24,1	22,8	20,8	18,2	22,3
37	Hoàng Sa	21,2	22,2	24,2	25,8	27,3	27,5	27,2	26,9	26,2	25,3	24,4	24,0	25,2
38	Đà Nẵng	18,5	19,8	21,5	23,3	24,9	25,5	25,3	25,5	24,1	23,2	21,6	19,3	22,7
39	Quảng Ngãi	18,7	19,3	20,8	22,7	24,4	25,0	24,7	24,8	23,8	23,0	21,6	19,6	22,4
40	Quy Nhơn	20,6	21,3	22,8	24,6	26,0	26,4	26,5	26,8	25,4	24,5	23,2	21,5	24,1
41	Tuy Hòa	20,4	21,0	22,3	23,6	25,1	25,5	25,5	25,5	24,3	23,8	23,4	22,0	23,5
42	Nha Trang	20,8	21,6	22,8	24,4	25,4	25,5	25,2	25,5	24,5	23,9	23,1	21,8	23,7
43	Cam Ranh	21,4	22,1	23,4	24,9	25,6	25,6	25,2	25,5	24,4	23,8	23,1	22,0	23,9
44	Trường Sa	24,8	25,4	26,3	27,1	27,3	26,1	25,9	25,7	25,8	25,6	24,8	24,8	25,9
45	Kon Tum	13,4	15,8	18,2	20,6	21,5	21,7	21,3	21,4	20,6	19,0	16,9	11,4	18,7
46	Plâycu	13,3	14,9	17,2	19,4	20,3	20,6	19,8	20,0	19,5	18,3	16,6	11,2	17,6
47	Buôn Ma Thuột	17,1	18,1	19,7	21,4	22,0	21,7	21,2	21,3	20,9	20,1	19,1	17,6	20,0
48	Đà Lạt	11,0	11,5	12,4	14,5	16,1	16,4	16,0	16,3	15,7	15,0	14,2	12,6	14,3
49	Phan Thiết	20,4	21,5	23,0	25,0	25,5	24,9	24,5	24,4	24,3	23,8	23,1	21,5	23,5
50	Biên Hòa	19,9	21,5	23,6	25,1	25,2	24,4	24,0	23,8	24,0	23,6	22,8	20,6	23,2
51	Phước Long	17,8	19,4	20,9	22,5	23,1	22,8	22,6	22,6	22,3	21,6	20,0	18,2	21,2
52	Tây Ninh	20,5	22,1	23,4	25,4	25,2	24,2	24,1	24,1	24,0	23,6	22,9	20,9	23,4
53	Tân Sơn Nhất	21,1	22,5	24,4	25,8	25,2	24,6	24,3	24,3	24,4	23,9	22,8	21,4	23,7
54	Vũng Tàu	22,4	23,6	25,1	26,2	26,2	25,4	24,9	25,0	24,8	24,6	24,3	22,9	24,6
55	Côn Đảo	23,6	23,8	24,3	25,2	25,2	24,8	24,9	25,0	24,5	24,6	24,9	24,3	24,6
56	Mộc Hóa	21,6	22,3	23,1	24,5	25,1	24,8	24,5	24,7	25,1	25,2	24,3	22,2	24,0
57	Ba Tri	22,7	23,8	24,9	25,7	25,5	24,8	24,6	24,6	24,6	24,5	24,1	22,8	24,4
58	Càng Long	22,2	22,9	23,7	24,7	25,0	24,6	24,5	24,3	24,5	24,5	24,1	22,8	24,0
59	Mỹ Tho	21,2	22,6	24,0	25,3	25,3	24,7	24,5	24,2	23,8	24,2	23,7	21,9	23,8
60	Cần Thơ	21,6	22,7	23,5	24,6	24,9	24,4	24,3	24,2	24,2	24,3	24,0	22,4	23,8
61	Sóc Trăng	22,7	22,4	23,4	24,5	24,6	24,5	24,5	24,4	24,4	24,4	23,8	22,3	23,8
62	Cao Lãnh	21,8	22,5	23,5	24,7	25,1	24,8	24,7	24,7	25,0	25,1	24,7	22,6	24,1
63	Phú Quốc	21,9	23,5	24,4	25,3	25,6	25,1	24,8	24,7	24,6	24,1	23,8	22,7	24,2
64	Rạch Giá	22,0	22,7	24,0	25,4	26,0	25,7	25,8	25,5	25,5	25,2	24,4	22,8	24,6
65	Châu Đốc	22,4	22,8	23,7	25,0	25,6	25,3	25,4	25,4	25,9	25,6	25,5	23,2	24,6
66	Cà Mau	21,9	22,3	23,0	24,2	25,0	24,7	24,7	24,6	24,6	24,6	24,1	22,8	23,9





## Độ ẩm tương đối trung bình của không khí

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Lai Châu	81	77	75	76	80	87	88	87	85	84	84	84	82
2	Điện Biên	83	80	78	80	81	85	86	87	86	85	84	84	83
3	Sơn La	79	76	73	75	78	84	85	87	85	83	81	80	80
4	Lào Cai	86	85	84	84	83	86	86	87	86	86	87	86	86
5	Sa Pa	88	85	82	83	84	87	86	89	90	89	90	87	87
6	Yên Bái	88	89	90	89	84	85	86	87	86	85	85	86	87
7	Hà Giang	85	84	83	82	81	84	85	86	84	83	84	85	84
8	Tuyên Quang	84	84	85	84	81	83	84	86	85	83	83	82	84
9	Cao Bằng	79	79	80	80	79	82	84	86	83	81	81	80	81
10	Lạng Sơn	78	81	84	83	81	82	84	85	84	80	78	78	82
11	Bắc Cạn	82	82	83	84	82	84	86	86	85	83	83	82	84
12	Thái Nguyên	80	82	85	86	82	83	83	86	83	81	79	78	82
13	Tam Đảo	88	91	91	91	88	88	88	89	86	83	82	84	87
14	Việt Trì	84	85	86	86	82	82	81	85	84	82	81	81	83
15	Vĩnh Yên	80	82	84	84	80	80	81	84	82	80	79	78	81
16	Uông Bí	80	84	87	87	84	84	84	86	84	80	77	77	83
17	Cửa Ông	81	86	88	87	83	83	83	85	82	78	77	77	82
18	Hòn Gai	79	85	88	86	83	84	83	86	83	78	76	76	82
19	Bắc Giang	78	81	85	86	82	82	82	84	82	80	77	76	81
20	Hà Nội	83	85	87	87	84	83	84	86	85	82	81	81	84
21	Hà Đông	85	85	88	85	86	84	82	86	86	84	81	80	85
22	Sơn Tây	83	85	87	87	84	83	83	85	85	83	81	81	84
23	Ba Vì	84	85	86	86	83	81	82	85	84	82	80	80	83
24	Hòa Bình	84	85	85	84	82	83	84	86	86	82	84	83	84
25	Hải Dương	82	85	84	89	85	84	83	86	85	83	80	80	84
26	Hưng Yên	84	88	90	89	85	84	84	86	86	84	82	82	85
27	Phủ Liễn	83	88	91	90	87	86	86	88	85	80	78	79	85
28	Thái Bình	85	89	91	90	85	83	82	86	86	85	82	83	86
29	Nam Định	85	88	91	89	85	83	82	85	85	83	82	82	85
30	Ninh Bình	85	88	91	89	84	83	81	85	85	83	82	83	85
31	Thanh Hóa	86	88	90	88	84	82	81	85	86	84	83	83	85
32	Vinh	89	91	91	88	82	76	74	80	87	86	89	89	85
33	Hà Tĩnh	91	92	92	88	81	77	74	80	87	89	89	88	86

## Độ ẩm tương đối trung bình của không khí (tiếp)

STT	Trạm	Tháng												Năm
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
34	Đồng Hới	88	89	90	87	80	73	71	75	84	86	87	86	83
35	Đồng Hà	88	89	87	84	77	72	70	72	83	87	87	86	82
36	Huế	86	89	86	82	77	84	73	74	82	86	88	88	83
37	Hoàng Sa	81	82	82	82	82	85	85	85	85	85	83	81	83
38	Đà Nẵng	85	84	84	83	79	76	75	77	82	84	85	85	82
39	Quảng Ngãi	89	88	86	84	82	80	80	81	86	86	89	89	85
40	Quy Nhơn	81	82	83	83	80	75	71	72	76	83	84	83	76
41	Tuy Hòa	87	84	84	82	79	74	75	76	82	86	86	85	82
42	Nha Trang	78	79	80	81	80	79	78	78	82	83	82	79	80
43	Cam Ranh	78	77	77	78	76	73	75	74	81	82	81	78	78
44	Trường Sa	86	84	81	79	78	72	72	83	82	82	84	87	81
45	Kon Tum	71	68	67	73	80	85	86	87	87	82	77	74	78
46	Plây Cu	74	69	67	72	81	80	90	92	89	84	80	76	80
47	Buôn Ma Thuột	78	74	71	73	81	85	87	87	88	87	85	82	82
48	Đà Lạt	80	77	77	82	87	88	89	89	88	87	85	83	84
49	Phan Thiết	75	75	76	78	81	82	84	82	85	84	81	78	80
50	Biên Hòa	71	68	68	70	78	82	84	84	84	84	82	75	78
51	Phước Long	72	71	69	74	81	87	88	90	89	88	83	75	81
52	Tây Ninh	70	70	69	72	80	83	84	84	85	84	79	71	78
53	Tân Sơn Nhất	72	70	70	72	79	82	83	83	85	84	80	77	78
54	Vũng Tàu	75	76	74	75	77	80	82	81	83	82	79	76	78
55	Côn Đảo	77	79	80	79	80	80	80	80	82	83	82	80	80
56	Mộc Hóa	75	76	75	76	81	83	82	84	82	81	78	75	79
57	Ba Tri	78	79	78	79	82	85	85	86	87	87	85	82	83
58	Càng Lộng	80	76	78	78	84	87	86	87	88	87	84	82	83
59	Mỹ Tho	79	76	75	77	82	85	85	85	86	86	84	82	82
60	Cần Thơ	81	79	77	78	83	86	85	86	86	85	84	82	83
61	Sóc Trăng	78	77	75	77	84	87	86	88	88	87	85	81	83
62	Cao Lãnh	80	80	76	77	83	85	86	86	85	84	81	79	82
63	Phước Quốc	78	78	78	81	85	86	87	87	88	87	81	76	83
64	Rạch Giá	77	76	76	78	83	85	85	86	85	84	82	80	81
65	Châu Đốc	76	79	76	76	82	84	83	83	83	81	79	75	80
66	Cà Mau	81	80	79	80	85	87	87	87	88	88	87	84	84



**PHỤ LỤC 2**

**BẢNG THÔNG SỐ VẬT LÝ CỦA VẬT LIỆU XÂY DỰNG**

TT	Tên vật liệu	Trọng lượng đơn vị $\gamma$ , kg/m <sup>3</sup>	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda$ Kcal/m h °C	Tỷ nhiệt C, kcal/kg °C	Hệ số dẫn nhiệt $\alpha \cdot 10^3$ , m <sup>2</sup> /h	Hệ số hàm nhiệt (khi Z=24h) S, Kcal/m <sup>2</sup> h °C	Hệ số dẫn ẩm $\mu \cdot 10^2$ g/m.h.mmHg
<b>I. Vật liệu amiăng</b>							
1	Tấm và bản xi măng amiăng	1900	0,30	0,20	0,79	5,45	0,35
2	Tấm cách nhiệt xi măng amiăng	500	0,11	0,20	1,10	1,69	5,20
3	Tấm cách nhiệt xi măng amiăng	300	0,08	0,20	1,33	1,12	-
<b>II. Bê tông</b>							
4	Bê tông cốt thép	400	1,33	0,20	2,77	12,85	0,40*
5	Bê tông đá vôi và đá dăm	2200	1,10	0,29	2,50	11,20	0,60*
6	Bê tông gạch vỡ	1800	0,75	0,20	2,08	8,40	0,90
7	Bê tông nhẹ (bê tông xỉ)	1500	0,60	0,19	2,10	6,65	1,20
8	Bê tông nhẹ (bê tông xỉ)	1200	0,45	0,18	2,08	5,05	1,40
9	Bê tông nhẹ (bê tông xỉ)	1000	0,35	0,18	1,95	4,05	1,80
10	Bê tông bọt hấp hơi nóng	1000	0,34	0,20	1,70	4,20	1,00
11	Bê tông bọt hấp hơi nóng	800	0,25	0,20	1,56	3,22	1,00
12	Bê tông bọt hấp hơi nóng	600	0,18	0,20	1,50	2,37	1,70
13	Bê tông bọt hấp hơi nóng	400	0,13	0,20	1,62	1,65	2,70
14	Bê tông bọt xilicat hấp hơi nóng	800	0,25	0,20	1,56	3,22	2,45
15	Bê tông bọt xilicat hấp hơi nóng và không hấp hơi nóng	600	0,18	0,20	1,50	2,37	2,85
16	Bê tông bọt xilicat hấp hơi nóng	400	0,13	0,20	1,62	1,65	3,25
<b>III. Vật liệu thạch cao</b>							
17	Tấm thạch cao và miếng thạch cao nguyên chất	1000	0,35	0,20	1,59	4,45	1,40
18	Bê tông thạch cao xỉ lò	1000	0,32	0,19	1,68	4,00	2,00
<b>IV. Vật liệu đất nung, vật liệu đẽm, mảng gạch xây và lớp trát</b>							
19	Đất sét nén chặt và gạch đất sét	2000	0,08	0,20	2,00	9,10	1,30
20	Gạch mộc	1600	0,60	0,25	1,50	7,90	2,30
21	Đất mùn dưới vật kiến trúc	1800	1,00	0,20	2,78	9,70	-
22	Cát khô dùng làm vật liệu đẽm	1600	0,50	0,20	1,56	6,45	2,20
23	Vật liệu đẽm bằng đất mùn khô đã qua sàng lọc	1400	0,45	0,20	1,61	5,70	2,50
24	Đất xilicat dùng làm lớp đẽm	600	0,15	0,20	1,25	1,84	4,00
25	Gạch phổ thông xây với vữa nặng	1800	0,70	0,21	1,85	8,30	1,40
26	Xây với vữa nhẹ ( $\gamma = 1400$ )	1700	0,65	0,21	1,82	7,75	1,60
27	Gạch xilicat xây với vữa nặng	1900	0,75	0,20	1,97	8,60	1,40

TT	Tên vật liệu	Trọng lượng đơn vị $\gamma, \text{kg/m}^3$	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda$ $\text{Kcal/m h}^\circ\text{C}$	Tỷ nhiệt C, $\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$	Hệ số dẫn nhiệt $\text{độ a.}10^3, \text{m}^2/\text{h}$	Hệ số hàm nhiệt (khi $Z=24\text{h}$ ) $\text{S, Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$	Hệ số dẫn âm $\mu.10^2$ $\text{g/m.h.mmHg}$
28	Gạch nhiều lỗ ( $\gamma = 1300$ ) xây với vữa nhẹ ( $\gamma = 1400$ )	1350	0,50	0,21	1,76	6,05	2,00
29	Gạch nhiều lỗ (105 lỗ) xây với vữa nặng	1300	0,45	0,21	1,65	5,65	-
30	Gạch nhiều lỗ (60 lỗ) xây với vữa nặng	1300	0,50	0,21	1,83	6,00	-
31	Vữa xi măng và vữa trát xi măng	1800	0,80	0,20	2,22	8,65	1,20
32	Vữa tam hợp và vữa trát tam hợp	1700	0,75	0,20	2,21	8,15	1,30
33	Vữa vôi	1600	0,70	0,20	2,19	7,65	1,60
<b>V. Vật liệu than, xỉ</b>							
34	Tấm cách nhiệt bằng than bùn	225	0,06	0,40	0,67	1,20	2,50
35	Xỉ lò	1000	0,25	0,18	1,39	3,40	2,60
36	Xỉ lò	700	0,19	0,18	1,51	2,50	2,90
37	Xỉ lò cao ở trạng thái hạt	500	0,14	0,18	1,56	1,81	3,00
38	Gạch xỉ	1400	0,50	0,18	1,98	5,75	-
39	Vữa xỉ nhẹ	1400	0,55	0,18	2,18	6,00	1,50
40	Vữa xỉ nhẹ	1200	0,45	0,18	2,08	5,05	1,80
41	Vữa vôi trát mặt ngoài	1600	0,75	0,20	2,34	7,90	1,80
42	Vữa vôi trát mặt trong	1600	0,60	0,20	1,88	7,05	1,80
43	Vữa vôi trát mặt ngoài tấm nan gỗ	1400	0,60	0,25	1,71	7,40	1,60
44	Vữa vôi trát mặt trong tấm nan gỗ	1400	0,45	0,25	1,29	6,40	1,60
45	Vữa trát vôi trộn xỉ quặng	1200	0,40	0,19	1,76	4,85	1,80
46	Tấm ốp mặt bằng thạch cao	1000	0,20	0,24	0,83	3,50	0,72
47	Tấm sợi gỗ ép cứng ốp mặt	700	0,20	0,35	0,82	3,55	1,00
<b>VI. Vật liệu cuộn</b>							
48	Giấy các tông tốt	1000	0,20	0,35	0,57	4,25	-
49	Giấy các tông thường	700	0,15	0,35	0,61	3,10	-
50	Giấy các tông gọn sóng	150	0,055	0,35	1,05	0,87	-
51	Giấy tấm dầu thông, nhựa đường bi tum	600	0,15	0,35	0,71	2,85	-
<b>VII. Sản phẩm nông nghiệp</b>							
52	Trấu	250	0,18	0,448	1,59	7,21	-
53	Cây lác	400	0,12	0,35	0,86	2,09	-
54	Rơm.	320	0,08	0,36	0,69	1,55	-
55	Tấm ép bằng rơm	300	0,09	0,35	0,86	1,60	-
56	Tấm ép bằng cây lác	360	0,09	0,36	0,69	1,74	-

TT	Tên vật liệu	Trọng lượng đơn vị $\gamma, \text{kg/m}^3$	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda$ $\text{Kcal/mh}^\circ\text{C}$	Tỷ nhiệt C, $\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$	Hệ số dẫn nhiệt $\alpha \cdot 10^3, \text{m}^2/\text{h}$	Hệ số hàm nhiệt (khi Z=24h) $S, \text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$	Hệ số dẫn âm $\mu \cdot 10^2$ $\text{g/m.h.mmHg}$
<b>VIII. Vật liệu thủy tinh</b>							
57	Kính cửa sổ	2500	0,65	0,20	1,30	9,20	0
58	Sợi thủy tinh	200	0,05	0,20	1,25	0,72	6,50
59	Thủy tinh hơi và thủy tinh bọt	500	0,14	0,20	1,40	1,90	0,30
60	Thủy tinh hơi và thủy tinh bọt	300	0,10	0,20	1,67	1,25	0,30
<b>IX. Vật liệu gỗ, li-e</b>							
61	Gỗ thông và gỗ tùng (ngang thớ)	550	0,15	0,60	0,45	3,60	0,82**
62	Gỗ thông và gỗ tùng (dọc thớ)	550	0,30	0,60	0,91	5,05	4,30
63	Mùn cưa	250	0,08	0,60	0,53	1,75	3,40
64	Mùn cưa đã có thuốc chống mục	300	0,11	0,55	0,67	2,15	3,50
65	Mùn cưa trộn với nhựa thông	300	0,10	0,45	0,74	1,90	3,30
66	Gỗ dán	600	0,15	0,60	0,42	3,75	0,30
67	Tấm bằng sợi gỗ ép	600	0,14	0,60	0,39	3,60	1,50
68	- nt-	250	0,065	0,60	0,43	1,60	1,20
69	-nt-	150	0,05	0,60	0,56	1,10	4,50
70	Tấm gỗ mềm (gỗ li-e)	250	0,06	0,50	0,48	1,40	0,50
71	Tấm được chế tạo từ phế phẩm gỗ li-e	150	0,05	0,45	0,74	0,94	0,60
<b>X. Các vật liệu khác</b>							
72	Thảm dùng trong nhà (thảm lông)	150	0,05	0,45	0,74	0,94	4,50
73	Bông khoáng chất	200	0,06	0,18	0,67	0,75	6,50
74	Bông khoáng chất	250	0,065	0,18	1,44	0,85	6,00
75	Tấm xilicat bề mặt in hoa và tấm xi măng xilicat in hoa	600	0,20	0,55	0,61	4,15	1,40***
76	-nt-	400	0,14	0,55	0,64	3,83	1,40***
77	- nt-	250	0,10	0,55	0,73	1,89	1,40***

**Ghi chú :**

\* Trị số  $\mu = 0,40 \div 0,60, 10^{-2}$  là thuộc loại bê tông có độ đặc trung bình, đối với các bê tông có độ đặc cao hơn như bê tông đầm bằng máy chấn động thì trị số  $\mu$  nhỏ hơn, cần làm thí nghiệm xác định.

\*\* Đối với các lớp gỗ, tùy theo diện tích khe hở nhiều hay ít mà dùng các trị số khác nhau sau :

Khi diện tích khe hở chiếm tỷ lệ 1% :  $\mu = 0,90 \cdot 10^{-2}$

Khi diện tích khe hở chiếm tỷ lệ 3% :  $\mu = 1,20 \cdot 10^{-2}$

Khi diện tích khe hở chiếm tỷ lệ 5% :  $\mu = 1,50 \cdot 10^{-2}$

\*\*\* Đối với các tấm sợi trộn xi măng dùng  $\mu = 4,000 \cdot 10^{-2}$

**PHỤ LỤC 3**

**TỶ SỐ THẤT ÁP SUẤT MA SÁT ĐƠN VỊ TRÊN ỚNG DẪN KHÔNG KHÍ TIẾT DIỆN TRÒN**

( $t = 20^{\circ}\text{C}$  và  $K = 0.1 \text{ mm}$ )

$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
0,0006	0,1	2,8 0,0004	3,4 0,0003	4,42 0,0003	5,64 0,0003	7,2 0,0002	9,2 0,0002	11,3 0,0002	14,3 0,0001	18 0,0001	22 0,0001	28 0,0001	36 0,0001
0,0024	0,2	5,6 0,001	6,8 0,001	8,8 0,001	11,1 0,0008	14,5 0,0007	18,3 0,0006	22,6 0,0005	28,6 0,0005	35 0,0004	44 0,0004	56 0,0003	71 0,0003
0,0055	0,3	8,4 0,003	10,2 0,002	13,3 0,002	16,6 0,002	21,7 0,001	27,5 0,001	33,9 0,001	42,9 0,001	53 0,0008	66 0,0007	84 0,0006	107 0,0005
0,0098	0,4	11,3 0,004	13,7 0,004	17,7 0,003	22,1 0,003	28,9 0,002	36,6 0,002	45,2 0,002	57,2 0,002	71 0,001	89 0,001	112 0,001	142 0,0009
0,0153	0,5	14,1 0,006	17,1 0,006	22,1 0,005	27,7 0,004	36,2 0,004	45,8 0,003	56,5 0,003	71,5 0,002	88 0,002	111 0,002	140 0,002	178 0,001
0,022	0,6	16,9 0,009	20,5 0,008	26,5 0,007	33,2 0,006	43,4 0,005	54,9 0,004	67,8 0,004	85,8 0,003	106 0,003	133 0,002	168 0,002	214 0,002
0,03	0,7	19,8 0,012	23,9 0,01	30,9 0,009	38,8 0,008	50,6 0,006	64,1 0,006	79,1 0,005	100 0,004	124 0,004	155 0,003	196 0,003	249 0,002
0,0391	0,8	22,6 0,015	27,3 0,013	36,3 0,011	44,3 0,01	57,9 0,008	73,2 0,007	90,4 0,006	114 0,005	141 0,005	177 0,004	224 0,004	285 0,003
0,0495	0,9	25,4 0,018	30,8 0,016	39,7 0,014	49,8 0,012	65,1 0,01	82,4 0,009	102 0,008	129 0,007	159 0,006	199 0,005	252 0,004	321 0,004
0,0612	1	28,3 0,022	34,2 0,019	44,2 0,017	56,4 0,014	72,3 0,012	91,6 0,011	113 0,009	143 0,008	177 0,007	222 0,006	280 0,005	356 0,004
0,074	1,1	31,1 0,026	37,6 0,023	48,6 0,02	60,9 0,017	79,6 0,014	101 0,012	124 0,011	157 0,009	194 0,008	244 0,007	308 0,006	392 0,005
0,0881	1,2	33,9 0,03	41 0,027	53 0,023	66,5 0,02	86,8 0,017	110 0,015	136 0,013	172 0,011	212 0,01	266 0,008	336 0,007	427 0,006
0,103	1,3	36,7 0,035	44,4 0,031	57,4 0,026	72 0,023	94 0,019	119 0,017	147 0,015	186 0,013	230 0,011	288 0,01	365 0,008	453 0,007
0,12	1,4	39,6 0,04	47,9 0,035	61,8 0,03	77,5 0,026	101 0,022	128 0,019	158 0,017	200 0,014	247 0,013	310 0,011	393 0,009	499 0,008
0,138	1,5	42,4 0,045	51,3 0,04	66,2 0,034	83,1 0,03	109 0,025	137 0,022	170 0,019	215 0,016	265 0,014	332 0,012	421 0,011	534 0,009
0,157	1,6	45,2 0,051	54,7 0,045	70,6 0,038	88,6 0,033	116 0,028	147 0,024	181 0,021	229 0,018	283 0,016	354 0,014	449 0,012	570 0,01
0,177	1,7	48 0,056	58,1 0,05	75,1 0,043	94,2 0,037	123 0,031	156 0,027	192 0,024	243 0,02	300 0,018	377 0,016	477 0,013	605 0,012
0,198	1,8	50,9 0,062	61,5 0,055	79,5 0,047	99,7 0,041	130 0,035	165 0,030	204 0,026	268 0,023	318 0,02	399 0,017	505 0,015	641 0,013
0,221	1,9	53,7 0,069	65 0,061	83,9 0,052	105 0,045	137 0,028	174 0,025	215 0,022	272 0,02	336 0,018	421 0,016	533 0,013	677 0,011
0,245	2	56,5 0,075	68,4 0,067	88,3 0,057	111 0,049	145 0,042	183 0,036	226 0,032	286 0,027	353 0,024	443 0,021	561 0,018	712 0,015
0,27	2,1	59,3 0,082	71,8 0,073	92,7 0,062	116 0,054	162 0,046	192 0,039	237 0,034	300 0,03	371 0,026	465 0,023	589 0,02	748 0,017
0,296	2,2	62,2 0,089	76,2 0,079	97,1 0,068	122 0,059	169 0,05	201 0,043	249 0,037	315 0,032	389 0,028	487 0,025	617 0,021	734 0,018
0,324	2,3	65 0,097	78,6 0,086	101 0,073	127 0,063	172 0,054	211 0,046	260 0,041	329 0,035	406 0,031	510 0,027	645 0,023	819 0,02
0,352	2,4	67,8 0,104	82,1 0,093	106 0,079	134 0,068	174 0,058	220 0,05	271 0,044	343 0,038	424 0,033	532 0,029	673 0,025	865 0,021
0,382	2,5	70,6 0,112	85,5 0,1	110,4 0,085	139 0,074	181 0,062	229 0,054	282 0,047	358 0,041	442 0,036	554 0,031	701 0,027	890 0,023
0,413	2,6	73,5 0,12	88,9 0,107	115 0,091	144 0,079	188 0,067	238 0,058	294 0,05	372 0,044	459 0,038	576 0,033	729 0,029	926 0,025
0,446	2,7	76,3 0,129	92,3 0,114	119 0,098	150 0,085	195 0,072	247 0,062	305 0,054	386 0,047	477 0,041	598 0,036	757 0,031	962 0,026
0,48	2,8	79,1 0,138	95,7 0,122	124 0,104	155 0,09	203 0,076	256 0,066	316 0,057	401 0,05	495 0,044	620 0,038	785 0,033	997 0,028
0,514	2,9	81,9 0,147	99,2 0,130	128 0,111	161 0,096	210 0,081	266 0,07	328 0,061	415 0,053	512 0,047	643 0,04	813 0,035	1033 0,03
0,550	3	84,8 0,156	103 0,138	133 0,118	166 0,102	217 0,087	275 0,075	339 0,065	429 0,057	530 0,05	665 0,043	841 0,037	1068 0,032

v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kg/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
0,1	45 0,0001	57 0,0001	71 0,0001	89 —	112 —	142 —	181 —	229 —	283 —	364 —	442 —	554 —
0,2	90 0,0002	114 0,0002	141 0,0002	177 0,0001	224 0,0001	285 0,0001	362 0,0001	458 0,0001	565 0,0001	709 0,0001	883 0,0001	1108 —
0,3	136 0,0005	172 0,0004	212 0,0004	267 0,0003	336 0,0003	427 0,0002	543 0,0002	687 0,0002	848 0,0001	1063 0,0001	1325 0,0001	1662 0,0001
0,4	181 0,0008	229 0,0007	283 0,0006	354 0,0005	449 0,0004	570 0,0004	723 0,0003	916 0,0003	1130 0,0002	1418 0,0002	1766 0,0002	2216 0,0002
0,5	226 0,001	286 0,001	353 0,0009	443 0,0008	561 0,0006	712 0,0006	904 0,0005	1145 0,0004	1413 0,0004	1772 0,0003	2203 0,0003	2769 0,0002
0,6	271 0,001	343 0,001	424 0,001	532 0,001	673 0,0009	855 0,0008	1085 0,0007	1373 0,0006	1696 0,0005	2127 0,0004	2649 0,0004	3323 0,0003
0,7	317 0,002	401 0,002	495 0,002	620 0,001	785 0,001	997 0,001	1266 0,0009	1602 0,0007	1978 0,0007	2481 0,0006	3091 0,0005	3877 0,0004
0,8	362 0,003	458 0,002	565 0,002	709 0,002	897 0,001	1140 0,001	1447 0,001	1831 0,0009	2261 0,0008	2836 0,0007	3533 0,0006	4431 0,0005
0,9	407 0,003	515 0,003	636 0,002	798 0,002	1009 0,002	1282 0,002	1628 0,001	2060 0,001	2543 0,001	3190 0,0009	3974 0,0008	4985 0,0007
1	452 0,004	572 0,003	707 0,003	886 0,003	1122 0,002	1425 0,002	1809 0,002	2289 0,001	2826 0,001	3545 0,001	4416 0,0009	5539 0,0008
1,1	497 0,005	629 0,004	777 0,003	975 0,003	1254 0,003	1567 0,002	1990 0,002	2518 0,002	3109 0,001	3899 0,001	4857 0,001	6093 0,001
1,2	543 0,005	687 0,005	848 0,004	1063 0,004	1346 0,003	1710 0,003	2170 0,002	2747 0,002	3391 0,002	4254 0,001	5299 0,001	6647 0,001
1,3	588 0,006	744 0,005	918 0,005	1152 0,004	1458 0,003	1852 0,003	2351 0,002	2976 0,002	3674 0,002	4608 0,002	5740 0,001	7201 0,001
1,4	633 0,007	801 0,006	989 0,005	1241 0,005	1570 0,004	1994 0,003	2532 0,003	3205 0,003	3956 0,002	4963 0,002	6182 0,002	7755 0,001
1,5	678 0,008	858 0,007	1060 0,006	1329 0,005	1682 0,005	2137 0,004	2713 0,003	3434 0,003	4239 0,003	5317 0,002	6623 0,002	8308 0,002
1,6	723 0,009	916 0,008	1130 0,007	1418 0,006	1795 0,005	2279 0,004	2894 0,004	3662 0,003	4622 0,003	5672 0,002	7065 0,002	8862 0,002
1,7	768 0,01	973 0,009	1201 0,008	1507 0,007	1907 0,006	2422 0,005	3074 0,004	3891 0,004	4804 0,003	6026 0,003	7507 0,002	9416 0,002
1,8	814 0,011	1030 0,01	1272 0,008	1595 0,007	2019 0,006	2564 0,005	3256 0,005	4120 0,004	5087 0,004	6380 0,003	7948 0,003	9970 0,002
1,9	859 0,012	1087 0,01	1342 0,009	1684 0,008	2131 0,007	2707 0,006	3436 0,005	4349 0,004	5369 0,004	6735 0,003	8390 0,003	10524 0,003
2	904 0,013	1145 0,011	1413 0,01	1772 0,009	2243 0,008	2849 0,006	3617 0,006	4578 0,005	5652 0,004	7090 0,004	8831 0,003	11078 0,003
2,1	950 0,015	1202 0,013	1484 0,011	1861 0,01	2355 0,008	2992 0,007	3798 0,006	4807 0,005	5935 0,005	7444 0,004	9273 0,003	11632 0,003
2,2	995 0,016	1259 0,014	1554 0,012	1950 0,01	2468 0,009	3134 0,008	3979 0,007	5036 0,006	6217 0,005	7799 0,004	9714 0,004	12186 0,003
2,3	1040 0,017	1316 0,015	1625 0,013	2038 0,011	2580 0,01	3277 0,008	4160 0,007	5265 0,006	6500 0,005	8153 0,005	10156 0,004	12739 0,004
2,4	1085 0,018	1373 0,016	1696 0,014	2127 0,012	2692 0,01	3419 0,009	4341 0,008	5494 0,007	6782 0,006	8508 0,005	10598 0,004	13293 0,004
2,5	1170 0,02	1431 0,017	1766 0,015	2216 0,013	2804 0,011	3561 0,01	4522 0,008	5723 0,007	7065 0,006	8862 0,005	11039 0,005	13847 0,004
2,6	1176 0,021	1488 0,018	1837 0,016	2304 0,014	2916 0,012	3704 0,01	4702 0,009	5952 0,008	7348 0,007	9217 0,006	11481 0,005	14401 0,004
2,7	1221 0,023	1545 0,02	1908 0,017	2393 0,015	3028 0,013	3846 0,011	4883 0,01	6180 0,008	7630 0,007	9571 0,006	11922 0,005	14955 0,005
2,8	1266 0,024	1602 0,021	1978 0,018	2481 0,016	3141 0,014	3989 0,012	5064 0,01	6409 0,009	7913 0,008	9926 0,007	12364 0,006	15509 0,005
2,9	1311 0,026	1660 0,022	2049 0,02	2570 0,017	3253 0,015	4131 0,013	5245 0,011	6638 0,009	8195 0,008	10280 0,007	12805 0,006	16063 0,005
3	1356 0,028	1717 0,024	2120 0,021	2659 0,018	3365 0,016	4274 0,013	5426 0,012	6867 0,01	8478 0,009	10635 0,008	13247 0,007	16617 0,006

$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
		0,588	3,1	87,6 0,165	106 0,147	137 0,125	172 0,109	224 0,092	284 0,08	350 0,069	444 0,06	548 0,053	687 0,046
0,626	3,2	90,4 0,175	109 0,156	141 0,132	177 0,115	231 0,097	293 0,084	362 0,073	458 0,064	565 0,056	709 0,048	897 0,042	1140 0,036
0,666	3,3	93,3 0,185	113 0,164	146 0,14	183 0,122	239 0,103	302 0,039	373 0,078	472 0,067	583 0,059	731 0,051	925 0,044	1175 0,038
0,707	3,4	96,1 0,195	116 0,174	150 0,148	188 0,128	246 0,109	311 0,094	384 0,082	486 0,071	601 0,062	753 0,054	953 0,047	1211 0,04
0,749	3,5	98,9 0,206	120 0,183	154 0,156	194 0,135	253 0,114	321 0,099	396 0,086	501 0,075	618 0,066	775 0,057	981 0,049	1247 0,042
0,793	3,6	102 0,216	123 0,193	159 0,164	199 0,142	260 0,12	330 0,104	407 0,091	515 0,079	636 0,069	798 0,06	1009 0,052	1282 0,045
0,837	3,7	105 0,228	127 0,202	163 0,173	205 0,15	268 0,127	339 0,109	418 0,096	529 0,083	654 0,073	820 0,063	1038 0,054	1318 0,047
0,883	3,8	107 0,239	130 0,212	168 0,181	211 0,157	275 0,132	348 0,115	430 0,1	544 0,087	671 0,076	842 0,066	1066 0,057	1353 0,049
0,93	3,9	110 0,251	133 0,223	172 0,19	216 0,165	282 0,139	357 0,12	441 0,105	558 0,091	689 0,08	864 0,069	1094 0,06	1389 0,052
0,979	4	113 0,263	137 0,233	177 0,198	222 0,172	289 0,145	366 0,126	452 0,11	572 0,095	706 0,083	886 0,072	1122 0,062	1425 0,054
1,03	4,1	116 0,275	140 0,244	181 0,208	227 0,18	297 0,153	375 0,132	463 0,115	587 0,1	724 0,087	908 0,076	1150 0,065	1460 0,056
1,08	4,2	119 0,287	144 0,255	186 0,217	233 0,188	304 0,159	385 0,138	475 0,12	601 0,104	742 0,091	931 0,079	1178 0,068	1496 0,059
1,13	4,3	122 0,3	147 0,266	190 0,227	238 0,197	311 0,166	394 0,144	486 0,126	615 0,109	759 0,095	953 0,083	1208 0,071	1531 0,062
1,18	4,4	124 0,313	150 0,278	194 0,237	244 0,205	318 0,174	403 0,15	497 0,131	629 0,113	777 0,099	975 0,087	1234 0,075	1567 0,064
1,24	4,5	127 0,326	154 0,289	199 0,247	249 0,214	326 0,181	412 0,156	509 0,137	644 0,118	795 0,104	997 0,09	1262 0,078	1603 0,067
1,29	4,6	130 0,339	157 0,301	203 0,257	255 0,223	333 0,188	421 0,163	520 0,142	658 0,123	812 0,108	1019 0,094	1290 0,081	1638 0,07
1,35	4,7	133 0,353	161 0,313	208 0,267	260 0,232	340 0,196	430 0,169	531 0,148	672 0,128	830 0,112	1041 0,097	1318 0,084	1674 0,072
1,41	4,8	136 0,366	164 0,325	212 0,277	266 0,24	347 0,203	440 0,176	543 0,154	687 0,133	848 0,117	1063 0,101	1346 0,087	1710 0,075
1,47	4,9	139 0,381	168 0,338	216 0,288	271 0,25	355 0,211	449 0,183	554 0,16	701 0,138	865 0,121	1086 0,105	1374 0,091	1745 0,078
1,53	5	141 0,395	171 0,35	221 0,299	277 0,259	362 0,219	458 0,189	565 0,165	715 0,143	883 0,126	1108 0,109	1402 0,094	1781 0,081
1,59	5,1	144 0,409	174 0,364	225 0,31	283 0,269	369 0,227	467 0,197	577 0,172	730 0,149	901 0,13	1130 0,113	1430 0,098	1810 0,084
1,65	5,2	147 0,424	178 0,377	226 0,321	288 0,279	376 0,236	476 0,204	588 0,178	744 0,154	918 0,135	1152 0,117	1458 0,101	1854 0,087
1,72	5,3	150 0,44	181 0,39	234 0,333	294 0,289	383 0,244	485 0,211	599 0,184	758 0,159	936 0,14	1174 0,121	1486 0,105	1888 0,09
1,78	5,4	153 0,455	185 0,404	238 0,344	299 0,299	391 0,253	494 0,218	610 0,191	773 0,165	954 0,145	1196 0,126	1514 0,108	1923 0,093
1,85	5,5	155 0,470	188 0,418	243 0,356	305 0,309	398 0,261	503 0,226	622 0,197	787 0,171	971 0,15	1219 0,13	1542 0,112	1959 0,097
1,92	5,6	158 0,486	192 0,432	247 0,368	310 0,319	405 0,27	513 0,233	633 0,204	801 0,176	989 0,155	1241 0,134	1570 0,116	1994 0,1
1,99	5,7	161 0,502	195 0,446	252 0,38	316 0,33	412 0,279	522 0,241	644 0,21	815 0,182	1007 0,16	1263 0,139	1598 0,12	2030 0,103
2,06	5,8	164 0,519	198 0,46	256 0,392	321 0,341	420 0,288	531 0,249	656 0,217	830 0,188	1024 0,165	1285 0,143	1626 0,124	2066 0,107
2,13	5,9	167 0,535	202 0,475	261 0,405	327 0,351	427 0,297	540 0,257	667 0,224	844 0,194	1042 0,170	1307 0,148	1654 0,128	2101 0,11
2,2	6	170 0,552	205 0,49	265 0,418	332 0,362	434 0,306	549 0,265	678 0,231	858 0,2	1060 0,176	1329 0,152	1682 0,132	2137 0,113
2,28	6,1	172 0,569	209 0,505	269 0,43	337 0,373	441 0,316	559 0,273	690 0,238	873 0,206	1071 0,181	1352 0,157	1711 0,136	2172 0,117



v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
3.1	1402 0,03	1774 0,025	2190 0,022	2747 0,019	3477 0,017	4416 0,014	5607 0,012	7096 0,011	8761 0,009	10989 0,008	13688 0,007	17171 0,006
3.2	1447 0,031	1831 0,027	2261 0,023	2836 0,02	3589 0,018	4559 0,015	5788 0,013	7325 0,011	9043 0,01	11344 0,009	14130 0,007	17725 0,006
3.3	1492 0,033	1888 0,028	2331 0,025	2925 0,021	3701 0,019	4701 0,016	5969 0,014	7554 0,012	9326 0,01	11698 0,009	14572 0,008	18279 0,007
3.4	1537 0,035	1946 0,03	2402 0,026	3013 0,023	3814 0,02	4844 0,017	6149 0,015	7783 0,013	9608 0,011	12053 0,01	15013 0,008	18832 0,007
3.5	1583 0,036	2003 0,031	2473 0,028	3102 0,024	3926 0,021	4986 0,018	6330 0,015	8012 0,013	9891 0,012	12407 0,01	15455 0,009	19386 0,008
3.6	1628 0,038	2060 0,033	2543 0,029	3190 0,025	4038 0,022	5129 0,019	6511 0,016	8242 0,014	10174 0,012	12762 0,011	15896 0,009	19940 0,008
3.7	1673 0,04	2117 0,035	2614 0,031	3279 0,026	4150 0,023	5271 0,02	6692 0,017	8470 0,015	10456 0,013	13116 0,011	16338 0,01	20494 0,008
3.8	1718 0,042	2175 0,037	2685 0,032	3368 0,028	4262 0,024	5413 0,021	6873 0,018	8698 0,015	10739 0,013	13471 0,012	16779 0,01	21048 0,009
3.9	1763 0,044	2232 0,038	2755 0,034	3456 0,029	4374 0,025	5556 0,022	7054 0,019	8927 0,016	11021 0,014	13825 0,012	17221 0,011	21602 0,009
4	1809 0,046	2289 0,04	2826 0,035	3545 0,03	4481 0,026	5698 0,023	7235 0,019	9156 0,017	11304 0,015	14180 0,013	17662 0,011	22156 0,01
4.1	1854 0,049	2346 0,042	2897 0,037	3634 0,032	4599 0,028	5841 0,024	7415 0,02	9385 0,018	11587 0,015	14534 0,013	18104 0,012	22710 0,01
4.2	1899 0,051	2404 0,044	2967 0,038	3722 0,033	4711 0,029	5983 0,025	7596 0,021	9514 0,018	11869 0,016	14889 0,014	18546 0,012	23264 0,011
4.3	1944 0,053	2461 0,046	3038 0,04	3811 0,035	4825 0,03	6126 0,026	7777 0,022	9843 0,019	12152 0,017	15243 0,015	18987 0,013	23818 0,011
4.4	1990 0,055	2518 0,048	3109 0,042	3899 0,036	4935 0,031	6268 0,027	7958 0,023	10071 0,02	12434 0,018	15598 0,015	19429 0,013	24371 0,012
4.5	2035 0,058	2575 0,05	3179 0,044	3988 0,038	5047 0,033	6411 0,028	8139 0,024	10301 0,021	12717 0,018	15952 0,016	19870 0,014	24925 0,012
4.6	2080 0,06	2632 0,052	3250 0,045	4077 0,039	5160 0,034	6553 0,029	8320 0,025	10530 0,022	13000 0,019	16307 0,017	20312 0,014	25479 0,013
4.7	2125 0,062	2690 0,054	3321 0,047	4165 0,041	5272 0,035	6696 0,03	8501 0,026	10759 0,023	13282 0,02	16661 0,017	20753 0,015	26033 0,013
4.8	2170 0,065	2747 0,056	3391 0,049	4254 0,043	5384 0,037	6838 0,032	8681 0,027	10987 0,023	13565 0,021	17016 0,018	21195 0,016	26587 0,014
4.9	2216 0,067	2804 0,058	3462 0,051	4343 0,044	5496 0,038	6980 0,033	8862 0,028	11216 0,024	13847 0,021	17370 0,019	21637 0,016	27141 0,014
5	2261 0,07	2861 0,06	3532 0,053	4431 0,046	5608 0,04	7123 0,034	9043 0,029	11445 0,025	14130 0,022	17725 0,019	22078 0,017	27695 0,015
5.1	2306 0,072	2919 0,062	3603 0,055	4520 0,048	5720 0,041	7265 0,035	9224 0,03	11674 0,026	14413 0,023	18079 0,02	22520 0,017	28248 0,015
5.2	2351 0,075	2976 0,065	3674 0,057	4608 0,049	5833 0,043	7408 0,037	9405 0,032	11903 0,027	14695 0,024	18434 0,021	22961 0,018	28803 0,016
5.3	2396 0,078	3033 0,067	3744 0,059	4697 0,051	5945 0,044	7550 0,038	9586 0,033	12132 0,028	14978 0,025	18788 0,021	23403 0,019	29356 0,016
5.4	2442 0,08	3090 0,069	3815 0,061	4786 0,053	6057 0,046	7693 0,039	9767 0,034	12361 0,029	15260 0,026	19143 0,022	23844 0,019	29910 0,017
5.5	2487 0,083	3147 0,072	3886 0,063	4874 0,055	6169 0,047	7835 0,041	9948 0,035	12590 0,03	15543 0,026	19497 0,023	24286 0,02	30464 0,017
5.6	2535 0,086	3205 0,074	3956 0,065	4963 0,056	6281 0,049	7978 0,042	10128 0,036	12819 0,031	15826 0,027	19851 0,024	24727 0,021	31018 0,018
5.7	2577 0,089	3262 0,077	4027 0,067	5052 0,058	6393 0,05	8120 0,043	10309 0,037	13047 0,032	16108 0,028	20208 0,025	25169 0,021	31572 0,019
5.8	2623 0,092	3319 0,079	4098 0,069	5140 0,06	6506 0,052	8263 0,045	10490 0,039	13277 0,033	16391 0,029	20561 0,025	25611 0,022	32126 0,019
5.9	2668 0,095	3376 0,082	4168 0,072	5229 0,062	6618 0,054	8405 0,046	10671 0,04	13505 0,034	16673 0,03	20915 0,026	26052 0,023	32680 0,02
6	2713 0,098	3434 0,084	4239 0,074	5317 0,064	6730 0,055	8548 0,048	10852 0,041	13734 0,035	16956 0,031	21270 0,027	26494 0,023	33234 0,02
6.1	2758 0,101	3491 0,087	4310 0,076	5406 0,066	6842 0,057	8690 0,049	11033 0,042	13963 0,036	17239 0,032	21624 0,028	26935 0,024	33788 0,021

$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
2,35	6,2	175 0,587	212 0,521	274 0,444	343 0,385	449 0,326	568 0,282	701 0,246	887 0,213	1095 0,187	1374 0,162	1739 0,14	2208 0,12
2,43	6,3	178 0,604	215 0,536	278 0,457	349 0,396	456 0,335	577 0,29	712 0,253	901 0,219	1113 0,192	1396 0,167	1761 0,144	2244 0,124
2,51	6,4	181 0,622	219 0,552	283 0,47	355 0,408	463 0,345	586 0,298	724 0,261	916 0,226	1130 0,198	1418 0,172	1795 0,148	2279 0,128
2,58	6,5	184 0,64	222 0,568	287 0,484	360 0,42	470 0,355	595 0,307	735 0,268	930 0,232	1148 0,203	1440 0,177	1823 0,152	2315 0,131
2,66	6,6	187 0,658	226 0,584	291 0,498	366 0,432	478 0,365	604 0,316	746 0,276	944 0,239	1166 0,209	1462 0,182	1851 0,157	2351 0,135
2,75	6,7	189 0,677	229 0,6	296 0,512	371 0,444	485 0,376	614 0,325	757 0,284	959 0,245	1183 0,215	1484 0,187	1879 0,161	2386 0,139
2,83	6,8	193 0,696	233 0,617	300 0,526	377 0,457	492 0,386	623 0,334	769 0,292	973 0,252	1201 0,221	1501 0,192	1907 0,166	2422 0,143
2,91	6,9	195 0,714	236 0,634	305 0,54	382 0,469	499 0,396	632 0,343	780 0,299	987 0,259	1219 0,227	1529 0,197	1935 0,17	2457 0,147
3	7	198 0,734	239 0,651	309 0,555	388 0,482	506 0,407	641 0,352	791 0,308	1001 0,266	1236 0,233	1551 0,203	1963 0,175	2493 0,151
3,08	7,1	201 0,753	242 0,669	314 0,57	393 0,494	514 0,418	650 0,361	802 0,316	1015 0,273	1254 0,24	1573 0,208	1991 0,179	2529 0,155
3,17	7,2	204 0,773	246 0,686	318 0,585	399 0,508	521 0,429	659 0,371	814 0,324	1030 0,281	1272 0,246	1595 0,214	2019 0,184	2564 0,159
3,26	7,3	206 0,794	250 0,704	322 0,601	404 0,521	528 0,441	668 0,381	825 0,333	1044 0,288	1289 0,252	1617 0,219	2047 0,189	2600 0,163
3,35	7,4	209 0,814	253 0,722	327 0,616	410 0,534	535 0,452	678 0,39	837 0,341	1059 0,295	1307 0,259	1640 0,225	2075 0,194	2635 0,167
3,44	7,5	212 0,834	257 0,741	331 0,631	415 0,548	543 0,463	687 0,4	848 0,35	1073 0,303	1325 0,265	1662 0,23	2103 0,199	2671 0,171
3,53	7,6	215 0,855	260 0,759	336 0,647	421 0,561	550 0,475	696 0,41	859 0,358	1087 0,31	1342 0,272	1684 0,236	2131 0,204	2707 0,175
3,63	7,7	218 0,876	263 0,777	340 0,663	427 0,575	557 0,486	705 0,42	870 0,367	1102 0,318	1360 0,279	1706 0,242	2159 0,209	2742 0,18
3,72	7,8	220 0,897	267 0,796	344 0,678	432 0,589	564 0,498	714 0,43	882 0,376	1116 0,325	1378 0,285	1728 0,248	2187 0,214	2778 0,184
3,82	7,9	223 0,918	270 0,815	349 0,695	438 0,603	572 0,51	723 0,441	893 0,385	1130 0,333	1395 0,292	1750 0,254	2215 0,219	2814 0,189
3,91	8	226 0,94	274 0,834	353 0,711	443 0,617	579 0,522	733 0,451	904 0,394	1145 0,341	1413 0,299	1772 0,26	2243 0,224	2849 0,193
4,01	8,1	229 0,962	277 0,854	358 0,728	449 0,632	586 0,534	742 0,462	916 0,403	1159 0,349	1431 0,306	1795 0,266	2271 0,229	2885 0,197
4,11	8,2	232 0,984	280 0,874	362 0,745	454 0,646	593 0,547	751 0,472	927 0,413	1173 0,357	1448 0,313	1817 0,272	2299 0,235	2920 0,202
4,21	8,3	235 1,01	284 0,894	367 0,762	460 0,661	601 0,559	760 0,483	938 0,422	1187 0,365	1466 0,32	1839 0,278	2327 0,24	2956 0,207
4,32	8,4	237 1,03	287 0,914	371 0,779	465 0,676	608 0,572	769 0,494	949 0,432	1202 0,374	1484 0,327	1861 0,284	2355 0,245	2992 0,211
4,42	8,5	240 1,05	291 0,934	375 0,797	471 0,691	615 0,584	778 0,505	961 0,441	1216 0,382	1501 0,335	1885 0,291	2383 0,251	3027 0,216
4,52	8,6	243 1,08	294 0,955	380 0,814	476 0,706	622 0,597	782 0,516	972 0,451	1230 0,39	1519 0,342	1905 0,297	2412 0,256	3063 0,221
4,63	8,7	246 1,1	298 0,976	384 0,832	482 0,722	629 0,61	797 0,527	983 0,461	1245 0,399	1537 0,35	1928 0,303	2440 0,262	3098 0,226
4,74	8,8	249 1,12	301 0,996	389 0,85	487 0,737	637 0,623	806 0,539	995 0,471	1259 0,407	1554 0,357	1950 0,31	2468 0,268	3134 0,231
4,84	8,9	252 1,15	304 1,02	393 0,868	493 0,753	644 0,637	815 0,551	1006 0,481	1273 0,416	1572 0,365	1972 0,317	2496 0,273	3170 0,236
4,95	9	254 1,17	308 1,04	397 0,886	499 0,769	651 0,65	824 0,562	1017 0,491	1288 0,425	1590 0,373	1994 0,323	2524 0,279	3205 0,241
5,07	9,1	257 1,2	311 1,06	402 0,905	504 0,785	658 0,664	833 0,574	1029 0,501	1302 0,434	1607 0,38	2016 0,33	2552 0,285	3241 0,246
5,18	9,2	260 1,22	315 1,08	406 0,924	510 0,802	666 0,678	842 0,586	1040 0,512	1316 0,443	1625 0,388	2038 0,337	2580 0,291	3277 0,251

v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
6.2	2803 0,104	3548 0,090	4380 0,078	5495 0,068	6954 0,059	8832 0,051	11214 0,044	14191 0,038	17521 0,033	21979 0,029	27377 0,025	34342 0,022
6.3	2849 0,107	3605 0,092	4451 0,081	5583 0,07	7066 0,06	8975 0,052	11394 0,045	14421 0,039	17804 0,034	22333 0,029	27818 0,026	34895 0,022
6.4	2894 0,11	3662 0,095	4522 0,083	5672 0,072	7178 0,062	9117 0,054	11575 0,046	14650 0,04	18086 0,035	22688 0,03	28260 0,026	35449 0,023
6.5	2939 0,113	3720 0,098	4592 0,086	5761 0,074	7291 0,064	9260 0,055	11756 0,048	14879 0,041	18369 0,036	23042 0,031	28702 0,027	36003 0,024
6.6	2984 0,116	3777 0,100	4663 0,088	5849 0,076	7403 0,066	9402 0,057	11937 0,049	15108 0,042	18652 0,037	23397 0,032	29143 0,028	36557 0,024
6.7	3029 0,12	3834 0,103	4734 0,09	5938 0,079	7515 0,068	9545 0,058	12118 0,05	15337 0,043	18934 0,038	23751 0,033	29585 0,029	37111 0,025
6.8	3075 0,123	3892 0,106	4804 0,093	6026 0,081	7627 0,07	9687 0,06	12299 0,052	15566 0,045	19217 0,039	24106 0,034	30026 0,03	37665 0,026
6.9	3120 0,126	3949 0,109	4875 0,096	6115 0,083	7739 0,072	9830 0,062	12480 0,053	15795 0,046	19499 0,04	24460 0,035	30468 0,03	38219 0,026
7	3165 0,13	4006 0,112	4945 0,098	6204 0,085	7851 0,074	9972 0,063	12660 0,055	16023 0,047	19782 0,041	24815 0,036	30901 0,031	38773 0,027
7.1	3210 0,133	4063 0,115	5016 0,101	6292 0,087	7964 0,075	10115 0,065	12841 0,056	16252 0,048	20065 0,042	25169 0,037	31351 0,032	39327 0,028
7.2	3256 0,137	4120 0,118	5087 0,103	6381 0,09	8076 0,077	10265 0,067	13022 0,057	16481 0,05	20347 0,043	25524 0,038	31792 0,033	39881 0,029
7.3	3301 0,14	4178 0,121	5157 0,106	6470 0,092	8188 0,079	10405 0,068	13203 0,059	16710 0,051	20630 0,045	25878 0,039	32234 0,034	40434 0,029
7.4	3346 0,144	4235 0,124	5228 0,109	6558 0,094	8300 0,081	10545 0,07	13384 0,06	16939 0,052	20912 0,046	26233 0,04	32676 0,035	40988 0,03
7.5	3391 0,148	4292 0,127	5299 0,112	6647 0,097	8412 0,084	10685 0,072	13565 0,062	17168 0,053	21195 0,047	26687 0,041	33117 0,036	41542 0,031
7.6	3436 0,151	4349 0,130	5369 0,114	6735 0,099	8524 0,086	10830 0,074	13746 0,063	17397 0,055	21478 0,048	26942 0,042	33559 0,036	42096 0,032
7.7	3482 0,155	4406 0,134	5440 0,117	6824 0,102	8637 0,088	10969 0,076	13907 0,065	17626 0,056	21760 0,049	27296 0,043	34000 0,037	42650 0,032
7.8	3527 0,159	4464 0,137	5511 0,120	6913 0,104	8749 0,09	11112 0,077	14107 0,067	17854 0,057	22043 0,05	27690 0,044	34442 0,038	43204 0,033
7.9	3572 0,162	4521 0,14	5581 0,123	7001 0,107	8861 0,092	11254 0,079	14288 0,068	18084 0,059	22325 0,052	28005 0,045	34883 0,039	43758 0,034
8	3617 0,166	4578 0,143	5652 0,126	7090 0,109	8973 0,094	11397 0,081	14469 0,07	18312 0,06	22608 0,053	28359 0,046	35325 0,04	44312 0,035
8.1	3662 0,17	4635 0,147	5723 0,129	7178 0,112	9085 0,096	11539 0,083	14650 0,071	18541 0,062	22891 0,054	28714 0,047	35766 0,041	44856 0,036
8.2	3708 0,174	4693 0,15	5793 0,132	7267 0,114	9197 0,099	11682 0,085	14831 0,073	18770 0,063	23173 0,055	29068 0,048	36208 0,042	45419 0,036
8.3	3753 0,178	4750 0,154	5864 0,135	7356 0,117	9310 0,101	11824 0,087	15012 0,075	18999 0,065	23456 0,057	29423 0,049	36650 0,043	45973 0,037
8.4	3798 0,182	4807 0,157	5935 0,138	7444 0,119	9422 0,103	11967 0,089	15193 0,076	19228 0,066	23738 0,058	29777 0,05	37091 0,044	46527 0,038
8.5	3843 0,186	4864 0,161	6005 0,141	7533 0,122	9534 0,105	12109 0,091	15373 0,078	19457 0,067	24021 0,059	30132 0,051	37533 0,045	47081 0,039
8.6	3889 0,19	4921 0,164	6076 0,144	7622 0,125	9646 0,108	12251 0,093	15554 0,08	19686 0,069	24304 0,061	30486 0,053	37974 0,046	47635 0,04
8.7	3934 0,194	4979 0,168	6147 0,147	7710 0,128	9758 0,11	12394 0,095	15735 0,082	19915 0,07	24586 0,062	30841 0,054	38416 0,047	48189 0,041
8.8	3979 0,198	5036 0,171	6217 0,15	7799 0,13	9870 0,112	12536 0,097	15916 0,083	20144 0,072	24869 0,063	31195 0,055	38858 0,048	48743 0,041
8.9	4024 0,203	5093 0,175	6288 0,153	7887 0,133	9983 0,115	12679 0,099	16097 0,085	20373 0,074	25151 0,065	31550 0,056	39299 0,049	49297 0,042
9	4069 0,207	5150 0,179	6359 0,157	7976 0,136	10095 0,117	12821 0,101	16277 0,087	20602 0,075	25434 0,066	31904 0,057	39741 0,05	49851 0,043
9.1	4115 0,211	5208 0,182	6429 0,160	8065 0,139	10207 0,12	12964 0,103	16459 0,089	20830 0,077	25717 0,067	32259 0,058	40182 0,051	50405 0,044
9.2	4160 0,216	5265 0,186	6500 0,163	8153 0,142	10319 0,122	13106 0,105	16640 0,091	21059 0,078	25999 0,069	32613 0,06	40624 0,052	50958 0,045

$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
5,29	9,3	263 1,24	318 1,1	411 0,942	515 0,817	673 0,691	852 0,597	1051 0,522	1330 0,452	1643 0,396	2060 0,344	2608 0,296	3312 0,256
5,4	9,4	266 1,27	321 1,13	415 0,961	521 0,833	680 0,705	861 0,609	1063 0,532	1345 0,461	1660 0,404	2080 0,35	2636 0,302	3348 0,261
5,52	9,5	269 1,3	325 1,15	420 0,98	526 0,851	687 0,719	870 0,622	1074 0,543	1359 0,47	1678 0,412	2105 0,358	2664 0,309	3383 0,266
5,64	9,6	271 1,32	328 1,17	424 1	532 0,868	695 0,734	879 0,634	1085 0,554	1373 0,480	1696 0,42	2127 0,365	2692 0,315	3419 0,271
5,76	9,7	274 1,35	332 1,2	428 1,02	537 0,885	702 0,748	888 0,647	1097 0,565	1388 0,489	1713 0,429	2149 0,372	2720 0,321	3455 0,277
5,87	9,8	277 1,37	335 1,22	433 1,04	543 0,901	709 0,762	897 0,659	1108 0,576	1402 0,498	1731 0,437	2171 0,379	2748 0,327	3490 0,282
5,99	9,9	280 1,4	339 1,24	437 1,06	548 0,918	716 0,777	906 0,671	1119 0,586	1416 0,507	1749 0,445	2193 0,386	2776 0,333	3526 0,287
6,12	10	283 1,43	342 1,27	442 1,08	554 0,936	724 0,792	916 0,684	1130 0,598	1431 0,517	1766 0,454	2216 0,394	2804 0,34	3561 0,293
6,24	10,1	285 1,45	345 1,29	446 1,1	559 0,954	731 0,807	925 0,697	1142 0,609	1445 0,527	1784 0,462	2238 0,401	2832 0,346	3597 0,298
6,36 <sup>x</sup>	10,2	288 1,48	349 1,31	450 1,12	565 0,972	738 0,822	934 0,711	1153 0,621	1459 0,537	1802 0,471	2260 0,409	2860 0,353	3633 0,304
6,49	10,3	291 1,51	352 1,34	455 1,14	571 0,99	745 0,837	943 0,723	1164 0,632	1474 0,547	1819 0,48	2282 0,416	2888 0,359	3668 0,31
6,62	10,4	294 1,54	356 1,36	459 1,16	576 1,01	752 0,853	952 0,737	1176 0,644	1488 0,557	1837 0,488	2304 0,424	2916 0,366	3704 0,315
6,74	10,5	297 1,56	359 1,39	464 1,18	582 1,03	760 0,868	961 0,75	1187 0,655	1502 0,567	1855 0,497	2326 0,431	2944 0,372	3740 0,321
6,87	10,6	300 1,59	363 1,41	468 1,2	587 1,04	767 0,884	971 0,764	1198 0,677	1516 0,577	1872 0,506	2349 0,439	2972 0,379	3775 0,327
7	10,7	302 1,63	366 1,44	473 1,22	593 1,06	774 0,899	980 0,777	1209 0,679	1531 0,587	1890 0,515	2371 0,447	3000 0,386	3811 0,332
7,13	10,8	305 1,65	369 1,46	477 1,25	598 1,08	781 0,915	989 0,791	1221 0,691	1545 0,598	1908 0,524	2393 0,455	3028 0,393	3846 0,338
7,27	10,9	308 1,68	373 1,49	481 1,27	604 1,1	789 0,931	998 0,805	1232 0,703	1559 0,608	1925 0,533	2415 0,463	3056 0,4	3882 0,344
7,4	11	311 1,71	376 1,51	486 1,29	609 1,12	796 0,947	1007 0,818	1243 0,715	1574 0,619	1943 0,542	2437 0,471	3084 0,406	3918 0,35
7,54	11,1	314 1,73	380 1,54	490 1,31	615 1,14	803 0,963	1016 0,832	1255 0,727	1588 0,629	1961 0,552	2459 0,479	3113 0,413	3953 0,356
7,67	11,2	317 1,76	383 1,57	495 1,34	620 1,16	810 0,98	1026 0,847	1266 0,74	1602 0,64	1978 0,561	2481 0,487	3141 0,42	3989 0,362
7,81	11,3	319 1,79	386 1,59	498 1,36	626 1,18	817 0,996	1035 0,861	1277 0,752	1617 0,651	1996 0,57	2504 0,495	3169 0,427	4024 0,368
7,95	11,4	322 1,82	390 1,62	503 1,38	631 1,2	825 1,01	1045 0,875	1289 0,764	1631 0,662	2014 0,58	2526 0,503	3197 0,435	4060 0,374
8,09	11,5	325 1,85	393 1,65	508 1,4	637 1,22	832 1,03	1053 0,89	1300 0,777	1645 0,673	2031 0,59	2548 0,512	3225 0,442	4096 0,381
8,23	11,6	328 1,88	397 1,67	512 1,43	643 1,24	839 1,05	1062 0,904	1311 0,79	1660 0,684	2049 0,6	2570 0,52	3253 0,449	4131 0,387
8,37	11,7	331 1,92	400 1,7	517 1,45	648 1,26	846 1,06	1071 0,919	1323 0,803	1674 0,695	2067 0,609	2592 0,529	3281 0,457	4167 0,393
8,52	11,8	334 1,95	404 1,73	521 1,47	654 1,28	854 1,08	1080 0,934	1334 0,816	1688 0,706	2084 0,619	2614 0,537	3309 0,464	4203 0,399
8,66	11,9	336 1,98	407 1,76	526 1,5	659 1,3	861 1,1	1090 0,949	1345 0,829	1702 0,717	2102 0,629	2637 0,546	3337 0,471	4238 0,406
8,81	12	339 2,01	410 1,78	530 1,52	665 1,32	868 1,12	1099 0,964	1356 0,842	1717 0,729	2120 0,639	2659 0,555	3365 0,479	4274 0,412
8,95	12,1	342 2,04	414 1,81	534 1,54	670 1,34	875 1,13	1108 0,979	1368 0,855	1731 0,74	2137 0,649	2681 0,563	3393 0,486	4309 0,419
9,1	12,2	345 2,07	417 1,84	539 1,57	676 1,36	883 1,15	1117 0,995	1379 0,869	1745 0,752	2155 0,659	2703 0,572	3421 0,494	4345 0,426
9,25	12,3	348 2,10	421 1,87	543 1,59	681 1,38	890 1,17	1126 1,01	1390 0,882	1760 0,764	2172 0,669	2725 0,581	3449 0,502	4381 0,432

v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
9.3	4205 0,22	5322 0,19	6570 0,166	8242 0,144	10431 0,125	13242 0,107	16820 0,092	21288 0,08	26282 0,07	32968 0,061	41065 0,053	51512 0,046
9.4	4250 0,224	5379 0,194	6641 0,17	8331 0,147	10543 0,127	13391 0,109	17001 0,094	21517 0,081	26564 0,071	33322 0,062	41507 0,054	52066 0,047
9.5	4296 0,229	5437 0,198	6712 0,173	8419 0,15	10656 0,13	13534 0,112	17182 0,096	21846 0,083	26847 0,073	33677 0,063	41948 0,055	52620 0,048
9.6	4341 0,234	5494 0,202	6782 0,177	8508 0,153	10768 0,132	13676 0,114	17363 0,098	21975 0,085	27130 0,074	34031 0,065	42390 0,056	53174 0,049
9.7	4386 0,238	5551 0,206	6853 0,18	8596 0,156	10880 0,135	13818 0,116	17544 0,1	22204 0,086	27412 0,076	34386 0,066	42832 0,057	53728 0,05
9.8	4431 0,243	5608 0,209	6924 0,184	8685 0,159	10992 0,138	13961 0,118	17724 0,102	22433 0,088	27695 0,077	34740 0,067	43273 0,058	54282 0,051
9.9	4476 0,247	5665 0,213	6994 0,187	8774 0,162	11104 0,14	14103 0,121	17906 0,104	22662 0,09	27977 0,079	35095 0,068	43715 0,06	54896 0,052
10	4522 0,252	5723 0,218	7065 0,191	8862 0,165	11216 0,143	14246 0,123	18086 0,106	22890 0,091	28260 0,08	35449 0,07	44156 0,061	55389 0,053
10.1	4567 0,257	5780 0,222	7136 0,194	8951 0,169	11329 0,146	14388 0,125	18267 0,108	23120 0,093	28543 0,082	35804 0,071	44598 0,062	55943 0,054
10.2	4612 0,262	5837 0,226	7206 0,198	9040 0,172	11441 0,148	14531 0,128	18448 0,11	23348 0,095	28825 0,083	36158 0,072	45039 0,063	56497 0,055
10.3	4657 0,267	5894 0,23	7277 0,202	9128 0,175	11553 0,151	14673 0,13	18629 0,112	23577 0,097	29108 0,085	36513 0,074	45481 0,064	57051 0,056
10.4	4702 0,272	5952 0,234	7348 0,205	9217 0,178	11665 0,154	14816 0,132	18810 0,114	23806 0,098	29390 0,087	36867 0,075	45923 0,065	57605 0,057
10.5	4748 0,276	6009 0,238	7418 0,209	9305 0,181	11777 0,157	14958 0,135	18991 0,116	24035 0,1	29673 0,088	37222 0,076	46364 0,067	58159 0,058
10.6	4793 0,281	6066 0,243	7489 0,213	9394 0,185	11889 0,159	15101 0,137	19172 0,118	24264 0,102	29956 0,089	37576 0,078	46806 0,068	58713 0,059
10.7	4838 0,286	6123 0,247	7560 0,217	9483 0,188	12002 0,162	15243 0,14	19352 0,12	24493 0,104	30238 0,091	37931 0,079	47247 0,069	59267 0,06
10.8	4883 0,291	6180 0,251	7630 0,22	9571 0,191	12114 0,165	15386 0,142	19533 0,122	24722 0,106	30521 0,093	38285 0,08	47689 0,070	59821 0,061
10.9	4929 0,296	6238 0,256	7701 0,224	9660 0,195	12226 0,168	15528 0,145	19714 0,125	24951 0,108	30803 0,094	38640 0,082	48130 0,071	60375 0,062
11	4974 0,301	6295 0,26	7772 0,228	9749 0,198	12338 0,171	15670 0,147	19895 0,127	25180 0,109	31086 0,096	38994 0,083	48572 0,073	60929 0,063
11.1	5019 0,307	6352 0,265	7842 0,232	9837 0,201	12450 0,174	15813 0,15	20076 0,129	25409 0,111	31369 0,098	39349 0,085	49013 0,074	61482 0,064
11.2	5064 0,312	6409 0,269	7913 0,236	9926 0,205	12562 0,177	15955 0,152	20257 0,131	25647 0,113	31651 0,099	39703 0,086	49455 0,075	62036 0,065
11.3	5109 0,317	6467 0,274	7983 0,24	10014 0,208	12675 0,18	16098 0,155	20438 0,133	25866 0,115	31934 0,101	40058 0,088	49897 0,076	62590 0,066
11.4	5155 0,322	6524 0,278	8054 0,244	10103 0,212	12787 0,183	16240 0,157	20618 0,135	26095 0,117	32216 0,103	40412 0,089	50338 0,078	63144 0,067
11.5	5200 0,328	6581 0,283	8125 0,248	10192 0,215	12899 0,186	16383 0,16	20799 0,138	26324 0,119	32499 0,104	40767 0,091	50780 0,079	63698 0,068
11.6	5245 0,333	6638 0,288	8195 0,252	10280 0,219	13011 0,189	16525 0,163	20980 0,14	26553 0,121	32781 0,106	41121 0,092	51221 0,08	64252 0,07
11.7	5290 0,339	6696 0,292	8266 0,256	10369 0,222	13123 0,192	16668 0,165	21161 0,142	26782 0,123	33064 0,108	41476 0,094	51663 0,082	64806 0,071
11.8	5335 0,344	6753 0,297	8337 0,26	10458 0,226	13235 0,195	16810 0,168	21342 0,145	27011 0,125	33347 0,109	41830 0,095	52104 0,083	65360 0,072
11.9	5381 0,35	6810 0,302	8407 0,264	10546 0,229	13348 0,198	16953 0,171	21523 0,147	27240 0,127	33629 0,111	42185 0,097	52546 0,084	65914 0,073
12	5426 0,355	6867 0,306	8478 0,269	10635 0,233	13460 0,201	17095 0,173	21704 0,149	27469 0,129	33912 0,113	42539 0,098	52988 0,086	66468 0,074
12.1	5471 0,361	6924 0,311	8549 0,273	10723 0,237	13572 0,204	17237 0,176	21885 0,152	27698 0,131	34195 0,115	42894 0,1	53429 0,087	67021 0,075
12.2	5516 0,367	6982 0,316	8619 0,277	10812 0,241	13684 0,208	17380 0,179	22065 0,154	27927 0,133	34477 0,117	43248 0,101	53871 0,088	67575 0,077
12.3	5562 0,372	7039 0,321	8690 0,281	10900 0,244	13796 0,211	17522 0,182	22246 0,156	28155 0,135	34760 0,118	43603 0,103	54312 0,09	68129 0,078

$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	V m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
9,4	12,4	350 2,14	424 1,9	548 1,62	687 1,4	897 1,19	1135 1,03	1402 0,896	1774 0,776	2190 0,68	2747 0,59	3477 0,509	4416 0,439
9,56	12,5	353 2,17	427 1,93	552 1,64	692 1,42	904 1,2	1144 1,04	1413 0,909	1788 0,787	2208 0,69	2769 0,599	3505 0,517	4452 0,445
9,71	12,6	356 2,2	431 1,95	556 1,67	698 1,45	911 1,22	1154 1,06	1424 0,923	1803 0,799	2225 0,7	2792 0,608	3533 0,525	4487 0,452
9,86	12,7	359 2,24	434 1,98	561 1,69	703 1,47	919 1,24	1163 1,07	1436 0,937	1817 0,811	2243 0,711	2814 0,617	3561 0,533	4523 0,459
10,02	12,8	362 2,27	438 2,01	565 1,72	709 1,49	926 1,26	1172 1,09	1447 0,951	1831 0,823	2261 0,722	2836 0,626	3589 0,541	4559 0,466
10,18	12,9	364 2,3	441 2,04	570 1,74	714 1,51	933 1,28	1181 1,11	1458 0,966	1846 0,836	2278 0,733	2858 0,636	3617 0,549	4594 0,473
10,34	13	367 2,34	445 2,07	574 1,77	720 1,53	940 1,3	1190 1,12	1470 0,98	1860 0,848	2296 0,744	2880 0,645	3645 0,557	4630 0,48
10,5	13,1	370 2,37	448 2,11	578 1,8	726 1,56	948 1,32	1199 1,14	1481 0,995	1874 0,861	2314 0,755	2902 0,655	3673 0,565	4665 0,487
10,66	13,2	373 2,41	451 2,14	583 1,82	731 1,58	955 1,34	1209 1,15	1492 1,01	1888 0,873	2331 0,765	2925 0,664	3701 0,573	4701 0,494
10,82	13,3	376 2,44	456 2,17	587 1,85	737 1,6	962 1,36	1218 1,17	1503 1,02	1903 0,886	2349 0,776	2947 0,674	3729 0,582	4737 0,501
10,98	13,4	379 2,47	458 2,2	592 1,87	742 1,62	969 1,37	1227 1,19	1515 1,04	1917 0,898	2367 0,787	2969 0,683	3757 0,59	4772 0,508
11,15	13,5	381 2,51	462 2,23	596 1,9	748 1,65	977 1,39	1236 1,2	1526 1,05	1931 0,91	2384 0,798	2991 0,693	3786 0,598	4808 0,515
11,31	13,6	384 2,54	465 2,26	600 1,93	753 1,67	984 1,41	1245 1,22	1537 1,07	1946 0,923	2402 0,809	3013 0,703	3814 0,606	4844 0,522
11,48	13,7	387 2,58	468 2,29	605 1,95	759 1,69	991 1,43	1254 1,24	1549 1,08	1960 0,936	2420 0,821	3035 0,712	3842 0,615	4879 0,53
11,65	13,8	390 2,62	472 2,32	609 1,98	764 1,72	998 1,45	1264 1,25	1560 1,1	1974 0,949	2437 0,832	3058 0,722	3870 0,623	4915 0,537
11,82	13,9	393 2,65	475 2,36	614 2,01	770 1,74	1006 1,47	1273 1,27	1571 1,11	1989 0,963	2455 0,844	3080 0,733	3898 0,632	4950 0,545
11,99	14	396 2,69	479 2,39	618 2,04	775 1,77	1013 1,49	1282 1,29	1584 1,13	2003 0,976	2473 0,855	3102 0,743	3926 0,641	4986 0,552
12,16	14,1	398 2,73	482 2,42	623 2,06	781 1,79	1020 1,51	1291 1,31	1594 1,14	2017 0,989	2490 0,867	3124 0,753	3954 0,65	5022 0,56
12,33	14,2	401 2,76	486 2,45	627 2,09	786 1,81	1027 1,53	1300 1,33	1605 1,16	2032 1	2508 0,878	3146 0,763	3982 0,658	5057 0,567
12,51	14,3	404 2,8	489 2,48	631 2,12	792 1,84	1034 1,55	1309 1,34	1616 1,17	2046 1,02	2526 0,89	3168 0,773	4010 0,667	5093 0,575
12,68	14,4	407 2,83	492 2,52	636 2,14	798 1,86	1042 1,57	1319 1,36	1628 1,19	2060 1,03	2543 0,901	3190 0,783	4038 0,676	5129 0,582
12,86	14,5	410 2,87	496 2,55	640 2,17	803 1,89	1049 1,6	1328 1,38	1639 1,2	2074 1,04	2561 0,914	3213 0,793	4066 0,685	5164 0,59
13,04	14,6	413 2,91	499 2,58	645 2,2	809 1,91	1056 1,62	1337 1,4	1650 1,22	2089 1,06	2579 0,926	3235 0,804	4094 0,694	5200 0,598
13,22	14,7	415 2,95	503 2,62	649 2,23	814 1,94	1063 1,64	1346 1,42	1662 1,24	2103 1,07	2596 0,938	3257 0,814	4122 0,703	5235 0,606
13,4	14,8	418 2,99	506 2,65	653 2,26	820 1,96	1071 1,66	1355 1,43	1673 1,25	2117 1,08	2614 0,951	3279 0,825	4150 0,712	5271 0,614
13,58	14,9	421 3,03	509 2,69	658 2,29	825 1,99	1078 1,68	1364 1,45	1684 1,27	2132 1,1	2632 0,962	3302 0,835	4178 0,721	5307 0,621
13,76	15	424 3,07	513 2,72	662 2,32	831 2,01	1085 1,7	1373 1,47	1696 1,28	2146 1,11	2649 0,975	3323 0,846	4206 0,73	5342 0,629
13,95	15,1	427 3,11	516 2,76	667 2,35	836 2,04	1092 1,72	1386 1,49	1707 1,3	2160 1,13	2667 0,988	3346 0,858	4234 0,74	5378 0,638
14,13	15,2	429 3,14	520 2,79	671 2,38	842 2,06	1100 1,75	1392 1,51	1718 1,32	2175 1,14	2684 1	3368 0,868	4262 0,749	5413 0,646
14,32	15,3	432 3,18	523 2,82	676 2,41	847 2,09	1107 1,77	1401 1,53	1729 1,33	2189 1,15	2702 1,01	3390 0,879	4290 0,758	5449 0,653
14,5	15,4	435 3,22	527 2,86	680 2,44	853 2,11	1114 1,79	1410 1,54	1741 1,35	2203 1,17	2720 1,02	3412 0,889	4318 0,767	5485 0,661
14,69	15,5	438 3,26	530 2,89	684 2,47	858 2,14	1121 1,81	1419 1,56	1752 1,37	2218 1,18	2738 1,04	3434 0,9	4346 0,777	5520 0,669

v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát KG/m <sup>2</sup> trên 1m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
12,4	5607 0,378	7096 0,326	8761 0,286	10989 0,248	13908 0,214	17665 0,184	22427 0,159	28384 0,137	35042 0,120	43957 0,104	54754 0,091	68683 0,079
12,5	5652 0,383	7153 0,331	8831 0,29	11078 0,252	14020 0,217	17807 0,187	22608 0,161	28613 0,139	35325 0,122	44312 0,106	55195 0,092	69237 0,080
12,6	5697 0,389	7211 0,336	8902 0,295	11167 0,256	14133 0,221	17950 0,19	22789 0,164	28842 0,141	35607 0,124	44666 0,108	55637 0,094	69791 0,081
12,7	5742 0,395	7268 0,341	8973 0,299	11255 0,259	14245 0,224	18092 0,193	22970 0,166	29071 0,143	35890 0,126	45021 0,109	56078 0,095	70345 0,083
12,8	5788 0,401	7327 0,346	9043 0,303	11344 0,263	14357 0,227	18235 0,196	23151 0,169	29300 0,145	36173 0,128	45375 0,111	56520 0,097	70899 0,084
12,9	5833 0,407	7382 0,352	9114 0,308	11432 0,267	14469 0,231	18377 0,199	23331 0,171	29529 0,148	36455 0,13	45730 0,112	56962 0,098	71453 0,085
13	5878 0,413	7439 0,357	9185 0,313	11521 0,271	14581 0,234	18520 0,202	23512 0,174	29758 0,15	36738 0,131	46084 0,114	57403 0,1	72006 0,086
13,1	5923 0,419	7497 0,362	9255 0,317	11610 0,275	14693 0,238	18662 0,205	23693 0,176	29987 0,152	37021 0,133	46439 0,116	57845 0,101	72560 0,088
13,2	5969 0,425	7554 0,367	9326 0,322	11698 0,279	14806 0,241	18805 0,208	23874 0,179	30216 0,154	37303 0,135	46793 0,117	58286 0,102	73114 0,089
13,3	6014 0,431	7611 0,372	9396 0,326	11787 0,283	14918 0,244	18947 0,211	24055 0,181	30444 0,156	37586 0,137	47148 0,119	58728 0,104	73668 0,09
13,4	6059 0,437	7668 0,377	9467 0,331	11876 0,287	15030 0,248	19080 0,213	24236 0,184	30673 0,159	37868 0,139	47502 0,121	59169 0,105	74222 0,091
13,5	6104 0,444	7726 0,383	9538 0,336	11964 0,291	15142 0,251	19232 0,216	24417 0,186	30902 0,161	38151 0,141	47857 0,123	59611 0,107	74776 0,093
13,6	6149 0,45	7783 0,388	9608 0,34	12053 0,295	15254 0,255	19374 0,219	24598 0,189	31131 0,163	38434 0,143	48211 0,124	60053 0,108	75330 0,094
13,7	6195 0,456	7840 0,394	9679 0,345	12141 0,299	15366 0,258	19517 0,223	24778 0,192	31360 0,165	38716 0,145	48566 0,126	60494 0,11	75884 0,095
13,8	6240 0,462	7897 0,399	9750 0,35	12230 0,303	15479 0,262	19659 0,226	24959 0,194	31589 0,168	38991 0,147	48920 0,128	60936 0,111	76438 0,097
13,9	6285 0,469	7954 0,405	9820 0,355	12318 0,308	14491 0,266	19802 0,229	25140 0,197	31818 0,17	39281 0,149	49275 0,13	61377 0,113	76992 0,098
14	6330 0,475	8012 0,41	9891 0,36	12407 0,312	15703 0,269	19944 0,232	25321 0,2	32047 0,172	39564 0,151	49629 0,131	61819 0,114	77545 0,099
14,1	6375 0,482	8069 0,416	9962 0,365	12496 0,316	15815 0,273	20087 0,235	25502 0,203	32276 0,175	39847 0,153	49984 0,133	62260 0,116	78099 0,101
14,2	6421 0,488	8126 0,421	10032 0,369	12585 0,321	15927 0,277	20229 0,238	25683 0,205	32505 0,177	40129 0,155	50338 0,135	62702 0,118	78653 0,102
14,3	6466 0,495	8183 0,427	10103 0,374	12673 0,325	16039 0,28	20372 0,241	25864 0,208	32734 0,179	40412 0,157	50693 0,137	63143 0,119	79207 0,103
14,4	6511 0,501	8241 0,432	10174 0,379	12762 0,329	16152 0,284	20514 0,244	26044 0,211	32962 0,182	40694 0,159	51047 0,138	63585 0,121	79761 0,105
14,5	6556 0,508	8298 0,438	10244 0,384	12850 0,333	16264 0,288	20657 0,248	26225 0,213	33191 0,184	40977 0,162	51402 0,14	64027 0,122	80315 0,106
14,6	6602 0,515	8355 0,444	10315 0,39	12939 0,338	16376 0,292	20799 0,251	26406 0,216	33420 0,187	41260 0,164	51756 0,142	64468 0,124	80869 0,108
14,7	6647 0,521	8412 0,45	10386 0,395	13028 0,342	16488 0,295	20941 0,254	26587 0,219	33649 0,189	41542 0,166	52111 0,144	64910 0,126	81483 0,109
14,8	6692 0,528	8470 0,456	10456 0,4	13116 0,347	16600 0,299	21084 0,258	26768 0,222	33878 0,192	41825 0,188	52465 0,146	65351 0,127	81977 0,11
14,9	6737 0,535	8528 0,462	10527 0,405	13205 0,351	16712 0,303	21226 0,261	26939 0,225	34107 0,194	42107 0,17	52820 0,148	65793 0,129	82531 0,112
15	6782 0,542	8584 0,468	10598 0,41	13294 0,356	16825 0,307	21369 0,264	27130 0,228	34336 0,197	42390 0,172	53174 0,15	66234 0,13	83084 0,113
15,1	6828 0,549	8641 0,474	10668 0,415	13382 0,36	16937 0,311	21511 0,268	27310 0,231	34565 0,199	42673 0,175	53529 0,152	66676 0,132	83638 0,115
15,2	6873 0,556	8698 0,48	10739 0,42	13471 0,365	17049 0,315	21654 0,271	27491 0,233	34794 0,202	42955 0,177	53883 0,153	67118 0,134	84192 0,116
15,3	6918 0,563	8756 0,485	10809 0,426	13559 0,369	17161 0,319	21796 0,274	27672 0,236	35023 0,204	43238 0,179	54237 0,155	67559 0,135	84746 0,118
15,4	6963 0,569	8813 0,491	10880 0,431	13648 0,374	17273 0,323	21939 0,278	27853 0,239	35252 0,206	43520 0,181	54592 0,157	68001 0,137	85300 0,119
15,5	7001 0,576	8870 0,497	10951 0,436	13737 0,378	17385 0,327	22081 0,281	28034 0,242	35480 0,209	43803 0,183	54946 0,159	68442 0,139	85854 0,12

$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
		14,88	15,6	441 3,3	533 2,89	689 2,47	864 2,14	1129 1,81	1428 1,56	1763 1,37	2232 1,18	2755 1,04	3456 0,9
15,08	15,7	444 3,34	537 2,97	693 2,53	870 2,19	1136 1,86	1437 1,60	1775 1,4	2246 1,21	2773 1,06	3478 0,923	4402 0,797	5592 0,686
15,27	15,8	446 3,38	540 3	698 2,56	875 2,22	1143 1,88	1447 1,62	1786 1,42	2260 1,23	2791 1,08	3501 0,934	4430 0,806	5627 0,695
15,46	15,9	449 3,42	544 3,04	702 2,59	881 2,25	1150 1,9	1456 1,64	1797 1,44	2275 1,24	2808 1,09	3523 0,945	4459 0,816	5663 0,703
15,66	16	452 3,46	547 3,07	706 2,62	886 2,27	1157 1,92	1465 1,66	1809 1,45	2289 1,26	2826 1,1	3545 0,956	4487 0,826	5698 0,711
15,85	16,1	455 3,51	550 3,11	711 2,65	891 2,3	1165 1,95	1474 1,68	1820 1,47	2303 1,27	2844 1,12	3567 0,968	4515 0,836	5734 0,72
16,05	16,2	458 3,55	554 3,15	715 2,68	897 2,33	1172 1,97	1483 1,7	1831 1,49	2318 1,29	2861 1,13	3589 0,98	4543 0,846	5770 0,729
16,25	16,3	461 3,59	557 3,19	720 2,72	903 2,36	1179 1,99	1492 1,72	1842 1,5	2332 1,3	2879 1,14	3611 0,991	4571 0,855	5805 0,737
16,45	16,4	463 3,63	561 3,22	724 2,75	908 2,38	1186 2,02	1502 1,74	1854 1,52	2346 1,32	2897 1,16	3634 1	4599 0,866	5841 0,746
16,65	16,5	466 3,67	564 3,26	729 2,78	914 2,41	1194 2,04	1511 1,76	1865 1,54	2361 1,33	2914 1,17	3656 1,01	4627 0,875	5876 0,754
16,85	16,6	469 3,71	568 3,3	733 2,81	919 2,44	1201 2,06	1520 1,78	1876 1,56	2375 1,35	2932 1,18	3678 1,03	4655 0,885	5912 0,763
17,06	16,7	472 3,76	571 3,34	737 2,85	925 2,47	1208 2,09	1529 1,8	1888 1,58	2389 1,36	2950 1,2	3700 1,04	4683 0,896	5948 0,772
17,26	16,8	475 3,8	574 3,37	742 2,88	930 2,49	1215 2,11	1538 1,82	1899 1,59	2404 1,38	2967 1,21	3722 1,05	4711 0,906	5983 0,78
17,47	16,9	478 3,84	578 3,41	746 2,91	936 2,52	1223 2,13	1547 1,85	1910 1,61	2418 1,39	2985 1,22	3744 1,06	4739 0,916	6019 0,79
17,68	17	480 3,89	581 3,45	751 2,94	942 2,55	1230 2,16	1557 1,87	1922 1,63	2432 1,41	3003 1,24	3766 1,07	4767 0,927	6054 0,799
17,88	17,1	483 3,93	585 3,49	755 2,97	947 2,56	1237 2,18	1566 1,89	1933 1,65	2446 1,43	3020 1,25	3789 1,09	4795 0,937	6090 0,807
18,09	17,2	486 3,97	588 3,53	759 3,01	953 2,61	1244 2,21	1575 1,91	1944 1,67	2461 1,44	3038 1,26	3811 1,1	4823 0,947	6126 0,816
18,3	17,3	489 4,02	592 3,57	764 3,04	958 2,64	1252 2,23	1584 1,93	1956 1,69	2475 1,46	3056 1,28	3833 1,11	4851 0,958	6161 0,825
18,52	17,4	492 4,06	595 3,61	768 3,08	964 2,67	1259 2,26	1593 1,95	1967 1,7	2489 1,47	3073 1,29	3855 1,12	4879 0,969	6197 0,835
18,73	17,5	494 4,11	598 3,65	773 3,11	969 2,7	1266 2,28	1602 1,97	1978 1,72	2504 1,49	3091 1,31	3877 1,14	4907 0,98	6233 0,844
18,94	17,6	497 4,15	602 3,69	777 3,14	975 2,73	1273 2,31	1612 1,99	1990 1,74	2518 1,51	3109 1,32	3899 1,15	4935 0,99	6268 0,853
19,16	17,7	500 4,2	605 3,73	782 3,18	980 2,76	1281 2,33	1621 2,01	2001 1,76	2532 1,52	3126 1,34	3922 1,16	4963 1	6304 0,862
19,38	17,8	503 4,25	609 3,77	786 3,21	985 2,79	1288 2,36	1630 2,04	2012 1,78	2547 1,54	3144 1,35	3944 1,17	4991 1,01	6339 0,872
19,6	17,9	506 4,29	612 3,81	790 3,25	992 2,82	1295 2,38	1639 2,06	2023 1,8	2561 1,56	3162 1,36	3966 1,18	5019 1,02	6375 0,881
19,82	18	509 4,34	616 3,85	795 3,28	997 2,85	1302 2,41	1648 2,08	2035 1,82	2575 1,57	3179 1,38	3988 1,2	5047 1,03	6411 0,891
20,04	18,1	512 4,38	619 3,89	799 3,32	1008 2,88	1309 2,43	1657 2,1	2046 1,84	2589 1,59	3197 1,39	4010 1,21	5075 1,04	6446 0,9
20,26	18,2	514 4,43	622 3,93	804 3,35	1008 2,91	1317 2,46	1666 2,13	2057 1,86	2604 1,61	3215 1,41	4032 1,22	5108 1,06	6482 0,91
20,48	18,3	517 4,48	626 3,97	808 3,39	1014 2,94	1324 2,48	1676 2,15	2069 1,88	2618 1,62	3232 1,42	4055 1,24	5132 1,07	6517 0,919
20,71	18,4	520 4,52	629 4,02	813 3,42	1019 2,97	1331 2,51	1685 2,17	2080 1,9	2632 1,64	3250 1,44	4077 1,25	5160 1,08	6553 0,929
20,93	18,5	523 4,57	633 4,06	817 3,46	1025 3,00	1338 2,54	1694 2,19	2091 1,92	2647 1,66	3268 1,45	4099 1,26	5188 1,09	6583 0,938
21,16	18,6	527 4,62	636 4,1	821 3,49	1030 3,03	1346 2,56	1703 2,22	2103 1,94	2661 1,68	3285 1,47	4121 1,27	5216 1,1	6624 0,948
21,39	18,7	529 4,67	639 4,14	826 3,53	1036 3,06	1353 2,59	1712 2,24	2114 1,96	2675 1,69	3303 1,48	4143 1,29	5244 1,11	6660 0,958



v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
15.6	7054 0,583	8927 0,503	11021 0,441	13828 0,383	17498 0,331	22224 0,285	28215 0,245	35709 0,212	44086 0,186	55301 0,161	68884 0,14	86408 0,122
15.7	7099 0,591	8985 0,51	11092 0,447	13914 0,388	17610 0,335	22366 0,288	28395 0,248	35938 0,214	44368 0,188	55655 0,163	69325 0,142	86952 0,123
15.8	7144 0,598	9042 0,516	11163 0,453	14002 0,393	17722 0,339	22508 0,292	28576 0,251	36167 0,217	44651 0,190	56010 0,165	69717 0,144	87516 0,125
15.9	7189 0,605	9099 0,522	11233 0,458	14091 0,397	17834 0,343	22651 0,295	28757 0,254	36396 0,219	44933 0,193	56364 0,167	70208 0,146	88069 0,126
16	7235 0,612	9156 0,528	11304 0,463	14180 0,402	17946 0,347	22793 0,299	28938 0,257	36625 0,222	45216 0,195	56719 0,169	70650 0,147	88623 0,128
16.1	7280 0,62	9213 0,535	11373 0,469	14268 0,407	18058 0,351	22936 0,302	29119 0,261	36854 0,225	45499 0,197	57073 0,171	71092 0,149	89177 0,13
16.2	7325 0,627	9271 0,541	11445 0,475	14357 0,412	18175 0,355	23078 0,306	29300 0,264	37083 0,227	45781 0,200	57428 0,173	71533 0,151	89731 0,131
16.3	7370 0,635	9328 0,548	11516 0,48	14446 0,417	18283 0,359	23221 0,31	29481 0,267	37312 0,23	46064 0,202	57782 0,175	71975 0,153	90285 0,138
16.4	7415 0,642	9385 0,554	11587 0,486	14534 0,422	18395 0,364	23363 0,313	29662 0,27	37541 0,233	46306 0,204	58137 0,177	72416 0,155	90839 0,134
16.5	7461 0,649	9442 0,56	11657 0,491	14623 0,426	18507 0,368	23506 0,317	29843 0,273	37769 0,236	46629 0,207	58491 0,179	72858 0,156	91392 0,136
16.6	7506 0,657	9500 0,567	11728 0,497	14711 0,431	18619 0,372	23648 0,32	30023 0,276	37998 0,238	46912 0,209	58840 0,181	73299 0,158	91947 0,137
16.7	7551 0,665	9557 0,574	11799 0,503	14800 0,437	18731 0,377	23791 0,324	30204 0,279	38227 0,241	47194 0,212	59200 0,184	73741 0,16	92500 0,139
16.8	7596 0,672	9614 0,58	11869 0,508	14889 0,441	18844 0,381	23933 0,328	30385 0,282	38456 0,244	47477 0,214	59555 0,186	74183 0,162	93055 0,14
16.9	7642 0,679	9671 0,586	11940 0,514	14977 0,446	18956 0,385	24076 0,332	30566 0,286	38685 0,246	47759 0,216	59909 0,188	74624 0,164	93606 0,142
17	7687 0,688	9729 0,594	12011 0,52	15066 0,452	19068 0,39	24218 0,336	30747 0,289	38914 0,249	48042 0,219	60264 0,19	75066 0,166	94166 0,144
17.1	7732 0,695	9786 0,6	12081 0,526	15155 0,456	19180 0,394	24360 0,339	30928 0,292	39143 0,252	48325 0,221	60618 0,192	75507 0,167	94716 0,145
17.2	7777 0,703	9843 0,606	12152 0,532	15243 0,461	19292 0,398	24503 0,343	31109 0,295	39372 0,255	48607 0,224	60973 0,194	75949 0,169	95270 0,147
17.3	7822 0,711	9900 0,613	12222 0,538	15332 0,466	19404 0,403	24645 0,347	31289 0,299	39601 0,258	48890 0,226	61327 0,196	76390 0,171	95524 0,148
17.4	7868 0,719	9957 0,62	12293 0,544	15420 0,472	19517 0,407	24788 0,351	31470 0,302	39829 0,261	49172 0,229	61682 0,198	76832 0,173	96378 0,15
17.5	7913 0,727	10015 0,627	12364 0,55	15509 0,477	19629 0,412	24930 0,355	31651 0,305	40059 0,264	49455 0,231	62036 0,201	77273 0,175	96932 0,152
17.6	7958 0,734	10072 0,634	12434 0,555	15598 0,482	19741 0,416	25073 0,358	31832 0,308	40287 0,266	49738 0,234	62391 0,203	77715 0,177	97486 0,153
17.7	8003 0,742	10129 0,64	12505 0,561	15686 0,487	19853 0,42	25215 0,362	32013 0,312	40516 0,269	50020 0,236	62745 0,205	78157 0,179	98040 0,155
17.8	8048 0,751	10186 0,648	12576 0,568	15775 0,493	19965 0,425	25357 0,366	32194 0,315	40745 0,272	50303 0,239	63100 0,207	78598 0,181	98593 0,157
17.9	8094 0,758	10244 0,654	12646 0,574	15864 0,498	20077 0,43	25500 0,37	32375 0,319	40974 0,275	50585 0,241	63454 0,209	79040 0,183	99147 0,158
18	8139 0,767	10301 0,662	12717 0,58	15952 0,503	20190 0,435	25643 0,374	32556 0,322	41203 0,278	50868 0,244	63809 0,212	79481 0,185	99701 0,16
18.1	8184 0,775	10358 0,668	12788 0,586	16041 0,508	20302 0,439	25785 0,378	32736 0,325	41432 0,281	51151 0,246	64163 0,214	79923 0,187	100255 0,162
18.2	8229 0,783	10415 0,676	12858 0,593	16129 0,514	20414 0,444	25927 0,382	32917 0,329	41661 0,284	51433 0,249	64518 0,216	80364 0,189	100809 0,164
18.3	8275 0,791	10472 0,683	12929 0,599	16218 0,519	20526 0,448	26070 0,386	33098 0,332	41890 0,287	51716 0,252	64872 0,218	80806 0,191	101363 0,165
18.4	8320 0,8	10530 0,69	13000 0,605	16307 0,525	20638 0,453	26212 0,390	33279 0,336	42119 0,29	51998 0,254	65227 0,221	81248 0,193	101917 0,167
18.5	8365 0,808	10587 0,697	13070 0,611	16395 0,53	20750 0,458	26355 0,394	33460 0,339	42348 0,293	52281 0,257	65581 0,223	81689 0,195	102471 0,169
18.6	8410 0,816	10644 0,705	13141 0,618	16484 0,536	20862 0,463	26497 0,463	33641 0,343	42577 0,296	52564 0,26	65936 0,225	82131 0,197	103026 0,171
18.7	8455 0,825	10701 0,712	13211 0,624	16573 0,541	20975 0,467	26640 0,402	33822 0,347	42805 0,299	52846 0,262	66290 0,228	82572 0,199	103579 0,172

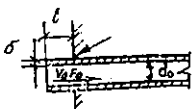
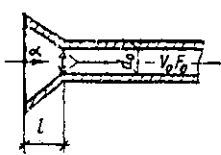
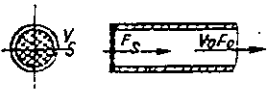
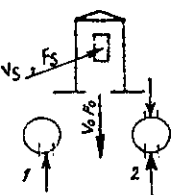
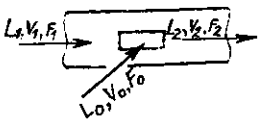
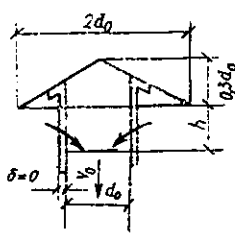
$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
21,62	18,8	531 4,72	643 4,19	830 3,57	1041 3,1	1361 2,62	1721 2,26	2125 1,98	2690 1,71	3321 1,5	4165 1,3	5272 1,12	6696 0,968
21,85	18,9	534 4,76	646 4,23	835 3,6	1047 3,13	1367 2,64	1731 2,28	2137 2	2704 1,73	3338 1,51	4187 1,31	5300 1,13	6731 0,978
22,08	19	537 4,81	650 4,27	839 3,64	1052 3,16	1375 2,67	1740 2,31	2148 2,02	2718 1,75	3356 1,53	4210 1,33	5328 1,15	6767 0,988
22,31	19,1	540 4,86	653 4,31	843 3,67	1058 3,19	1382 2,7	1749 2,33	2159 2,04	2733 1,76	3374 1,54	4232 1,34	5356 1,16	6802 0,997
22,55	19,2	543 4,91	657 4,35	848 3,71	1064 3,22	1389 2,72	1758 2,35	2170 2,06	2747 1,78	3391 1,56	4254 1,35	5384 1,17	6838 1,01
22,78	19,3	545 4,95	660 4,4	852 3,75	1069 3,25	1396 2,75	1767 2,38	2182 2,08	2761 1,8	3409 1,58	4276 1,37	5412 1,18	6874 1,02
23,02	19,4	548 5	663 4,44	857 3,79	1075 3,28	1404 2,78	1776 2,4	2193 2,1	2775 1,82	3427 1,59	4298 1,38	5440 1,19	6909 1,03
23,26	19,5	551 5,05	667 4,49	861 3,82	1080 3,32	1411 2,81	1786 2,43	2204 2,12	2790 1,83	3444 1,61	4320 1,4	5468 1,2	6945 1,04
23,5	19,6	554 5,1	670 4,53	866 3,86	1086 3,35	1418 2,83	1795 2,45	2216 2,14	2804 1,85	3462 1,62	4343 1,41	5496 1,22	6980 1,05
23,74	19,7	557 5,15	674 4,57	870 3,9	1091 3,38	1425 2,86	1804 2,47	2227 2,16	2818 1,87	3480 1,64	4365 1,42	5524 1,23	7016 1,06
23,98	19,8	560 5,2	677 4,62	874 3,94	1097 3,41	1432 2,89	1813 2,5	2238 2,18	2833 1,89	3497 1,65	4387 1,44	5552 1,24	7052 1,07
24,22	19,9	562 5,25	681 4,66	879 3,98	1102 3,45	1440 2,92	1822 2,52	2250 2,2	2847 1,91	3515 1,67	4409 1,45	5580 1,25	7087 1,08
24,46	20	565 5,31	684 4,71	883 4,02	1108 3,48	1447 2,95	1831 2,55	2261 2,22	2861 1,93	3533 1,69	4431 1,47	5608 1,26	7123 1,09
21,71	20,1	568 5,36	687 4,75	888 4,05	1113 3,52	1454 2,97	1840 2,57	2272 2,25	2876 1,94	3550 1,7	4453 1,48	5636 1,28	7159 1,1
24,96	20,2	571 5,41	691 4,8	892 4,09	1119 3,55	1461 3	1850 2,6	2283 2,27	2890 1,96	3568 1,72	4475 1,49	5664 1,29	7194 1,11
25,2	20,3	574 5,46	694 4,84	896 4,13	1124 3,58	1469 3,03	1859 2,62	2295 2,29	2904 1,98	3585 1,74	4498 1,51	5692 1,3	7230 1,12
25,45	20,4	577 5,51	698 4,89	901 4,17	1130 3,62	1477 3,06	1868 2,64	2306 2,31	2919 2	3603 1,75	4520 1,52	5720 1,31	7265 1,13
25,7	20,5	579 5,56	701 4,93	905 4,21	1135 3,65	1483 3,09	1877 2,67	2317 2,33	2933 2,02	3621 1,77	4542 1,53	5748 1,32	7301 1,14
25,95	20,6	582 5,61	704 4,98	910 4,25	1141 3,69	1490 3,12	1886 2,69	2329 2,35	2947 2,04	3638 1,79	4564 1,55	5776 1,34	7337 1,15
26,21	20,7	585 5,66	708 5,03	914 4,29	1147 3,72	1498 3,15	1895 2,72	2340 2,37	2961 2,06	3656 1,8	4586 1,56	5804 1,35	7372 1,16
26,46	20,8	588 5,72	711 5,08	918 4,33	1152 3,75	1505 3,18	1905 2,74	2351 2,4	2976 2,08	3674 1,82	4608 1,58	5833 1,36	7408 1,17
26,72	20,9	591 5,78	715 5,13	923 4,37	1158 3,79	1512 3,21	1914 2,77	2363 2,42	2990 2,1	3691 1,84	4631 1,59	5861 1,38	7443 1,19
26,97	21	594 5,82	718 5,17	927 4,41	1163 3,82	1519 3,23	1923 2,79	2374 2,44	3004 2,11	3709 1,85	4653 1,61	5889 1,39	7479 1,2
27,23	21,1	596 5,88	722 5,22	932 4,45	1169 3,86	1527 3,26	1932 2,82	2385 2,46	3019 2,13	3727 1,87	4675 1,62	5917 1,4	7515 1,21
27,49	21,2	599 5,93	725 5,26	936 4,49	1174 3,89	1534 3,29	1941 2,85	2396 2,49	3033 2,15	3744 1,89	4697 1,64	5945 1,41	7550 1,22
27,75	21,3	602 5,99	728 5,31	941 4,53	1180 3,93	1541 3,32	1950 2,87	2408 2,51	3047 2,17	3762 1,9	4719 1,65	5973 1,43	7586 1,23
28,01	21,4	605 6,04	732 5,36	945 4,57	1185 3,96	1548 3,35	1959 2,9	2419 2,53	3062 2,19	3780 1,92	4741 1,67	6001 1,44	7622 1,24
28,27	21,5	608 6,09	735 5,41	949 4,61	1191 4	1555 3,38	1969 2,92	2430 2,55	3076 2,21	3797 1,94	4764 1,68	6029 1,45	7657 1,25
28,53	21,6	610 6,15	739 5,46	954 4,65	1196 4,04	1563 3,41	1978 2,95	2442 2,58	3090 2,23	3815 1,96	4786 1,7	6057 1,47	7693 1,26
28,8	21,7	613 6,2	742 5,51	958 4,69	1202 4,07	1570 3,44	1987 2,98	2453 2,6	3105 2,25	3833 1,97	4808 1,71	6085 1,48	7728 1,27
29,07	21,8	616 6,26	745 5,56	963 4,74	1208 4,11	1577 3,47	1996 3	2464 2,62	3119 2,27	3850 1,99	4830 1,73	6113 1,49	7764 1,29
29,33	21,9	619 6,31	749 5,6	967 4,77	1213 4,14	1584 3,5	2005 3,03	2476 2,65	3133 2,29	3868 2,01	4852 1,74	6141 1,5	7800 1,3

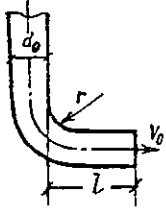
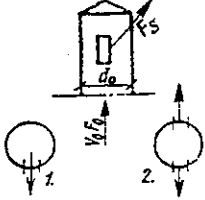
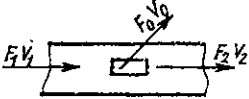
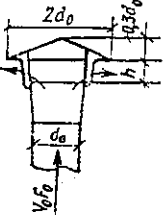
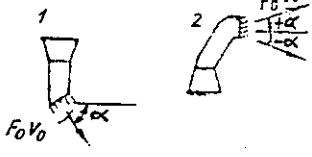
v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
18,8	8501 0,834	10759 0,719	13282 0,631	16661 0,547	21087 0,472	26782 0,407	34002 0,35	43034 0,302	53129 0,265	66645 0,23	83014 0,201	104132 0,174
18,9	8546 0,842	10816 0,726	13353 0,687	16750 0,553	21199 0,477	26925 0,411	34 183 0,354	43263 0,305	53411 0,268	66999 0,232	83455 0,203	104686 0,176
19	8591 0,851	10873 0,734	13424 0,644	16838 0,558	21311 0,482	27067 0,415	34364 0,357	43492 0,308	53694 0,271	67354 0,235	83897 0,205	105240 0,178
19,1	8636 0,859	10930 0,741	13494 0,65	16927 0,564	21423 0,485	27209 0,419	34545 0,361	43721 0,311	53977 0,273	67708 0,237	84338 0,207	105794 0,179
19,2	8681 0,867	10987 0,748	13565 0,656	17016 0,569	21535 0,491	27352 0,423	34726 0,364	43950 0,315	54259 0,276	68063 0,239	84700 0,209	106348 0,181
19,3	8727 0,876	11045 0,756	13635 0,663	17104 0,575	21648 0,496	27495 0,427	34907 0,368	44179 0,318	54542 0,279	68417 0,242	85222 0,211	106901 0,183
19,4	8772 0,885	11102 0,763	13706 0,669	17193 0,581	21760 0,501	27637 0,432	35088 0,372	44408 0,321	54824 0,281	68772 0,244	85663 0,213	107456 0,185
19,5	8817 0,894	11159 0,771	13776 0,676	17282 0,587	21872 0,506	27779 0,436	35268 0,375	44637 0,324	55107 0,284	69126 0,247	86105 0,215	108010 0,187
19,6	8862 0,902	11216 0,779	13847 0,683	17370 0,592	21984 0,511	27922 0,44	35449 0,379	44866 0,327	55490 0,287	69481 0,249	86546 0,217	108564 0,188
19,7	8908 0,911	11274 0,786	13918 0,689	17459 0,598	22096 0,516	28064 0,445	35630 0,383	45094 0,33	55672 0,29	69835 0,252	86988 0,219	109118 0,190
19,8	8953 0,919	11331 0,793	13989 0,696	17547 0,604	22208 0,521	28207 0,449	35811 0,386	45323 0,333	55955 0,292	70190 0,254	87429 0,221	109671 0,192
19,9	8998 0,929	11388 0,802	14059 0,703	17636 0,61	22321 0,526	28349 0,453	35992 0,39	45552 0,337	56237 0,295	70544 0,256	87871 0,224	110225 0,194
20	9043 0,938	11445 0,81	14130 0,71	17725 0,616	22433 0,531	28492 0,458	36173 0,394	45781 0,34	56520 0,298	70899 0,259	88313 0,226	110779 0,196
20,1	9088 0,947	11503 0,817	14201 0,716	17813 0,622	22545 0,536	28634 0,462	36334 0,398	46010 0,343	56803 0,301	71253 0,261	88754 0,228	111333 0,198
20,2	9134 0,956	11560 0,825	14271 0,723	17902 0,628	22657 0,542	28777 0,467	36535 0,402	46239 0,347	57085 0,304	71608 0,264	89196 0,230	111887 0,2
20,3	9179 0,965	11617 0,833	14342 0,73	17991 0,633	22769 0,547	28919 0,471	36715 0,405	46468 0,35	57368 0,307	71962 0,266	89637 0,232	112441 0,202
20,4	9224 0,974	11674 0,841	14413 0,737	18079 0,639	22881 0,552	29062 0,475	36896 0,409	46697 0,353	57650 0,31	72317 0,269	90079 0,235	112995 0,203
20,5	9269 0,983	11731 0,848	14483 0,744	18168 0,645	22994 0,557	29204 0,479	37077 0,413	46926 0,356	57933 0,313	72671 0,271	90520 0,237	113549 0,205
20,6	9314 0,992	11789 0,856	14554 0,751	18256 0,651	23106 0,562	29346 0,484	37258 0,417	47155 0,36	58216 0,316	73026 0,274	90962 0,239	114103 0,207
20,7	9360 1	11849 0,864	14625 0,758	18345 0,657	23218 0,567	29489 0,489	37439 0,421	47384 0,363	58498 0,319	73380 0,277	91403 0,241	114656 0,209
20,8	9405 1,01	11903 0,873	14695 0,765	18434 0,664	23330 0,573	29631 0,493	37620 0,425	47612 0,367	58731 0,322	73735 0,279	91845 0,243	115210 0,211
20,9	9450 1,02	11960 0,881	14766 0,773	18522 0,67	23442 0,578	29774 0,498	37801 0,429	47841 0,37	59063 0,325	74089 0,282	92287 0,246	115764 0,213
21	9495 1,03	12018 0,888	14837 0,779	18611 0,676	23554 0,583	29916 0,502	37981 0,433	48070 0,373	59346 0,327	74 443 0,284	92728 0,248	116318 0,215
21,1	9541 1,04	12075 0,897	14907 0,786	18700 0,682	23667 0,589	30059 0,507	38162 0,437	48299 0,377	59629 0,331	74798 0,287	93170 0,25	116872 0,217
21,2	9586 1,05	12132 0,905	14978 0,793	18788 0,688	23779 0,594	30201 0,511	38343 0,441	48528 0,38	59911 0,334	75153 0,289	93611 0,252	117426 0,219
21,3	9631 1,06	12189 0,913	15048 0,801	18877 0,695	23891 0,6	30343 0,516	38524 0,445	48757 0,384	60194 0,337	75507 0,292	94053 0,255	117980 0,221
21,4	9676 1,07	12246 0,921	15119 0,808	18965 0,701	24003 0,605	30486 0,521	38705 0,449	48986 0,387	60476 0,34	75862 0,295	94494 0,257	118534 0,223
21,5	9721 1,08	12304 0,93	15190 0,815	19054 0,707	24115 0,61	30629 0,526	38886 0,453	49215 0,391	60759 0,343	76216 0,297	94936 0,259	119088 0,225
21,6	9767 1,09	12361 0,938	15260 0,822	19143 0,714	24227 0,616	30771 0,53	39067 0,457	49444 0,394	61042 0,346	76571 0,3	95378 0,262	119642 0,227
21,7	9812 1,1	12418 0,946	15331 0,83	19231 0,72	24340 0,621	30914 0,535	39247 0,461	49673 0,398	61324 0,349	76925 0,303	95819 0,264	120195 0,229
21,8	9857 1,11	12475 0,955	15402 0,837	19320 0,727	24452 0,627	31056 0,54	39428 0,465	49902 0,401	61607 0,352	77280 0,306	96261 0,267	120749 0,231
21,9	9902 1,12	12533 0,963	15472 0,844	19409 0,732	24564 0,632	31198 0,544	39609 0,469	50130 0,405	61889 0,355	77634 0,308	96702 0,269	121303 0,233

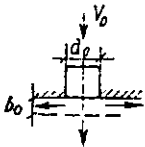
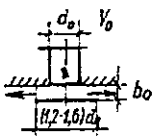
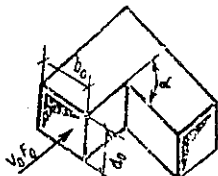
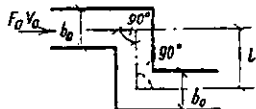
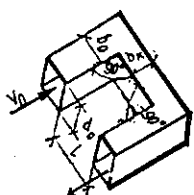
$\frac{v^2 \gamma}{2g}$ kG/m <sup>2</sup>	v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kG/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
		100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
29,6	22	622 6,37	752 5,65	971 4,82	1219 4,18	1592 3,54	2014 3,06	2487 2,67	3147 2,31	3886 2,03	4874 1,76	6169 1,52	7835 1,31
29,87	22,1	625 6,43	756 5,7	976 4,86	1224 4,22	1599 3,57	2024 3,08	2498 2,69	3162 2,33	3903 2,04	4896 1,77	6197 1,53	7871 1,32
30,14	22,2	627 0,48	759 5,75	980 4,9	1230 4,25	1606 3,6	2033 3,11	2510 2,72	3176 2,35	3921 2,06	4919 1,79	6225 1,54	7906 1,33
30,41	22,3	630 6,54	763 5,8	985 4,95	1235 4,29	1613 3,63	2042 3,14	2521 2,74	3190 2,37	3939 2,08	4941 1,8	6253 1,56	7942 1,34
30,69	22,4	633 6,59	766 5,85	989 4,99	1241 4,33	1621 3,66	2051 3,16	2532 2,76	3205 2,39	3956 2,1	4963 1,82	6281 1,57	7978 1,35
30,96	22,5	636 6,65	769 5,9	994 5,03	1246 4,36	1628 3,69	2060 3,19	2543 2,79	3219 2,41	3974 2,11	4985 1,84	6309 1,58	8013 1,37
31,24	22,6	639 6,71	773 5,95	998 5,08	1252 4,4	1635 3,72	2069 3,22	2555 2,81	3233 2,43	3992 2,13	5007 1,85	6337 1,6	8049 1,38
31,52	22,7	642 6,76	776 6	1002 5,12	1257 4,44	1642 3,76	2079 3,25	2566 2,84	3248 2,45	4009 2,15	5029 1,87	6365 1,61	8085 1,39
31,79	22,8	644 6,82	780 6,05	1007 5,16	1263 4,48	1650 3,79	2088 3,27	2577 2,86	3262 2,47	4027 2,17	5052 1,88	6393 1,63	8120 1,4
32,07	22,9	647 6,88	783 6,1	1011 5,2	1268 4,51	1657 3,82	2097 3,3	2589 2,88	3276 2,49	4045 2,19	5074 1,9	6421 1,64	8156 1,41
32,35	23	650 6,94	787 6,16	1016 5,25	1274 4,55	1664 3,85	2106 3,33	2600 2,91	3291 2,52	4062 2,21	5096 1,91	6449 1,65	8191 1,42
32,64	23,1	653 7	790 6,21	1020 5,29	1280 4,59	1671 3,88	2115 3,36	2611 2,93	3305 2,54	4080 2,23	5118 1,93	6477 1,67	8227 1,44
32,92	23,2	656 7,05	793 6,26	1024 5,34	1285 4,63	1678 3,92	2124 3,38	2623 2,96	3319 2,56	4098 2,24	5140 1,95	6506 1,68	8263 1,45
33,20	23,3	659 7,11	797 6,31	1029 5,38	1291 4,67	1686 3,95	2133 3,41	2634 2,98	3333 2,58	4115 2,26	5162 1,96	6534 1,69	8298 1,46
33,49	23,4	661 7,17	800 6,37	1033 5,43	1296 4,71	1693 3,98	2143 3,44	2645 3,01	3348 2,6	4133 2,28	5184 1,98	6562 1,71	8334 1,47
33,78	23,5	664 7,23	804 6,42	1037 5,47	1302 4,75	1700 4,01	2152 3,47	2656 3,03	3362 2,62	4151 2,3	5207 2	6590 1,72	8369 1,48
34,06	23,6	667 7,29	807 6,47	1042 5,51	1307 4,78	1707 4,05	2161 3,5	2668 3,06	3376 2,64	4168 2,32	5229 2,01	6618 1,74	8405 1,5
34,35	23,7	670 7,35	810 6,52	1047 5,56	1313 4,83	1715 4,08	2170 3,53	2679 3,08	3391 2,67	4186 2,34	5251 2,03	6646 1,75	8441 1,51
34,64	23,8	673 7,41	814 6,57	1051 5,6	1318 4,86	1722 4,11	2179 3,55	2690 3,1	3405 2,69	4204 2,36	5273 2,04	6674 1,76	8476 1,52
34,94	23,9	675 7,47	817 6,63	1055 5,65	1324 4,9	1729 4,15	2188 3,58	2702 3,13	3419 2,71	4221 2,38	5295 2,06	6702 1,78	8512 1,53
35,23	24	678 7,53	821 6,69	1060 5,7	1329 4,94	1736 4,18	2198 3,61	2713 3,16	3434 2,73	4239 2,4	5317 2,08	6730 1,79	8548 1,55
35,52	24,1	681 7,59	824 6,73	1064 5,74	1335 4,98	1744 4,21	2207 3,64	2724 3,18	3448 2,75	4257 2,41	5340 2,09	6758 1,81	8583 1,56
35,82	24,2	684 7,65	828 6,79	1069 5,79	1340 5,02	1751 4,25	2216 3,67	2736 3,21	3462 2,78	4274 2,43	5362 2,11	6786 1,82	8619 1,57
36,11	24,3	687 7,71	831 6,85	1073 5,84	1346 5,06	1758 4,28	2225 3,7	2747 3,23	3477 2,8	4292 2,45	5384 2,13	6814 1,84	8654 1,58
36,41	24,4	690 7,77	834 6,9	1077 5,88	1352 5,1	1765 4,31	2234 3,73	2758 3,26	3491 2,82	4310 2,47	5406 2,14	6842 1,85	8690 1,6
36,71	24,5	692 7,83	838 6,95	1082 5,93	1357 5,14	1773 4,35	2243 3,76	2770 3,28	3503 2,84	4327 2,49	5428 2,16	6870 1,87	8726 1,61
37,01	24,6	695 7,9	841 7,01	1086 5,98	1363 5,18	1780 4,39	2252 3,79	2781 3,31	3518 2,87	4345 2,51	5450 2,18	6898 1,88	8761 1,62
37,31	24,7	698 7,96	845 7,06	1091 6,02	1368 5,22	1787 4,42	2262 3,82	2792 3,33	3532 2,89	4363 2,53	5472 2,2	6926 1,9	8797 1,63
37,62	24,8	701 8,02	848 7,12	1095 6,07	1374 5,26	1794 4,45	2271 3,85	2803 3,36	3546 2,91	4380 2,55	5495 2,21	6954 1,91	8832 1,65
37,92	24,9	704 8,08	851 7,17	1100 6,11	1379 5,3	1801 4,48	2280 3,88	2815 3,39	3561 2,93	4398 2,57	5517 2,23	6982 1,92	8868 1,66
38,23	25	707 8,14	855 7,23	1104 6,16	1385 5,35	1809 4,52	2289 3,91	2826 3,41	3575 2,95	4416 2,59	5539 2,25	7010 1,94	8904 1,67

v m/s	Lưu lượng không khí m <sup>3</sup> /h (dòng trên) và tổn thất áp suất do ma sát kg/m <sup>2</sup> trên 1 m dài của ống (dòng dưới) ứng với đường kính ống theo mm											
	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
22	9948 1,13	12590 0,927	15543 0,852	19497 0,739	24676 0,638	31341 0,549	39790 0,473	50359 0,408	62172 0,358	77989 0,311	97144 0,271	121857 0,235
22,1	9993 1,14	12647 0,981	15614 0,86	19586 0,746	24788 0,644	31483 0,554	39971 0,477	50588 0,412	62455 0,361	78343 0,314	97585 0,274	122411 0,237
22,2	10038 1,15	12704 0,988	15684 0,866	19674 0,752	24900 0,649	31626 0,559	40152 0,481	50817 0,415	62737 0,364	78698 0,316	98027 0,276	122965 0,239
22,3	10083 1,16	12762 0,997	15755 0,874	19763 0,759	25013 0,655	31768 0,564	40333 0,486	51046 0,419	63020 0,368	79052 0,319	98468 0,278	123520 0,241
22,4	10128 1,17	12819 1,01	15826 0,882	19852 0,765	25125 0,66	31911 0,569	40514 0,49	51275 0,423	63302 0,371	79407 0,322	98910 0,281	124073 0,243
22,5	10174 1,18	12876 1,01	15896 0,889	19940 0,772	25237 0,666	32053 0,573	40694 0,494	51504 0,426	63585 0,374	79761 0,325	99352 0,283	124627 0,246
22,6	10219 1,19	12933 1,02	15967 0,897	20029 0,779	25349 0,672	32196 0,579	40875 0,498	51733 0,430	63868 0,377	80116 0,327	99793 0,286	125180 0,248
22,7	10264 1,2	12990 1,03	16038 0,905	20118 0,785	25461 0,677	32338 0,583	41056 0,502	51962 0,434	64180 0,38	80470 0,33	100235 0,288	125734 0,25
22,8	10309 1,21	13048 1,04	16108 0,912	20206 0,792	25573 0,683	32481 0,588	41237 0,507	52191 0,437	64433 0,384	80825 0,333	100676 0,29	126288 0,252
22,9	10354 1,22	13105 1,05	16179 0,920	20295 0,798	25686 0,689	32623 0,593	41418 0,511	52420 0,441	64715 0,387	81179 0,336	101118 0,293	126842 0,254
23	10400 1,23	13162 1,06	16250 0,928	20383 0,805	25798 0,695	32765 0,598	41599 0,515	52648 0,445	64998 0,39	81533 0,339	101559 0,295	127390 0,256
23,1	10445 1,24	13219 1,07	16320 0,936	20472 0,812	25910 0,701	32908 0,603	41780 0,52	52877 0,449	65281 0,393	81888 0,342	102001 0,298	127950 0,258
23,2	10490 1,25	13277 1,08	16391 0,943	20561 0,818	26022 0,706	33050 0,608	41960 0,524	53106 0,452	65563 0,397	82242 0,344	102443 0,30	128504 0,26
23,3	10535 1,26	13334 1,09	16461 0,951	20649 0,825	26134 0,712	33193 0,613	42141 0,528	53335 0,456	65846 0,4	82597 0,347	102884 0,303	129058 0,263
23,4	10581 1,27	13391 1,09	16532 0,959	20738 0,832	26246 0,718	33335 0,619	42322 0,533	53564 0,46	66128 0,403	82951 0,35	103326 0,305	129612 0,265
23,5	10626 1,28	13448 1,10	16603 0,967	20826 0,839	26359 0,724	33478 0,624	42503 0,537	53793 0,463	66411 0,407	83306 0,353	103767 0,308	130166 0,267
23,6	10671 1,29	13505 1,11	16673 0,975	20915 0,846	26471 0,73	33620 0,629	42684 0,541	54022 0,467	66691 0,41	83660 0,356	104209 0,31	130719 0,269
23,7	10716 1,3	13564 1,12	16744 0,983	21004 0,853	26583 0,736	33763 0,634	42865 0,546	54251 0,471	66976 0,413	84015 0,359	104650 0,313	131273 0,271
23,8	10761 1,31	13620 1,13	16815 0,99	21092 0,859	26695 0,742	33905 0,639	43045 0,55	54479 0,475	67259 0,416	84369 0,362	105092 0,315	131827 0,273
23,9	10807 1,32	13677 1,14	16885 0,999	21181 0,867	26807 0,748	34047 0,644	43226 0,555	54709 0,479	67541 0,42	84724 0,365	105533 0,318	132381 0,276
21	10852 1,33	13734 1,15	16956 1,01	21270 0,874	26919 0,755	34190 0,65	43407 0,56	54937 0,483	67824 0,424	85078 0,368	105976 0,321	132953 0,278
24,1	10897 1,34	13792 1,16	17027 1,01	21358 0,881	27032 0,76	34333 0,655	43588 0,564	55166 0,486	68107 0,427	85433 0,37	106416 0,323	133489 0,28
24,2	10942 1,35	13829 1,17	17091 1,02	21447 0,888	27144 0,766	34475 0,66	43769 0,568	55395 0,49	68389 0,43	85787 0,374	106858 0,326	134042 0,283
24,3	10987 1,36	13906 1,18	17168 1,03	21535 0,895	27256 0,772	34617 0,665	43950 0,573	55624 0,494	68672 0,434	86142 0,376	107300 0,328	134595 0,285
24,4	11033 1,37	13963 1,19	17239 1,04	21624 0,902	27368 0,778	34760 0,670	44131 0,577	55823 0,498	68954 0,437	86496 0,379	107741 0,331	135151 0,287
24,5	11078 1,38	14020 1,2	17309 1,05	21713 0,909	27480 0,785	34902 0,676	44312 0,582	56082 0,502	69237 0,441	86851 0,382	108183 0,333	135705 0,289
24,6	11123 1,4	14078 1,2	17380 1,06	21809 0,917	27592 0,791	35045 0,681	44493 0,587	56311 0,506	69520 0,444	87205 0,386	108624 0,336	136258 0,292
24,7	11168 1,41	14135 1,21	17451 1,06	21890 0,923	27704 0,797	35187 0,686	44673 0,591	56540 0,51	69802 0,447	87560 0,388	109066 0,339	136812 0,294
24,8	11214 1,42	14192 1,22	17521 1,07	21979 0,931	27817 0,803	35330 0,692	44854 0,596	56769 0,514	70085 0,451	87914 0,392	109508 0,341	137366 0,296
24,9	11259 1,43	14249 1,23	17592 1,08	22067 0,937	27929 0,809	35472 0,697	45035 0,6	56998 0,518	70367 0,454	88269 0,394	109949 0,344	137920 0,298
25	11304 1,44	14307 1,24	17663 1,09	22156 0,945	28041 0,816	35615 0,702	45216 0,605	57227 0,522	70650 0,458	88623 0,397	110391 0,347	138474 0,301

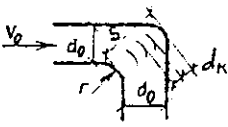
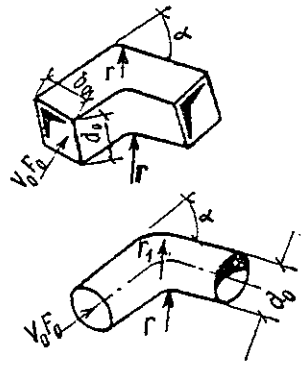
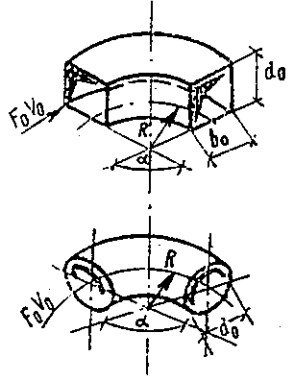
**PHỤ LỤC 4 : HỆ SỐ SỨC CẢN CỤC BỘ CỦA CÁC CHI TIẾT ỐNG DẪN KHÔNG KHÍ**

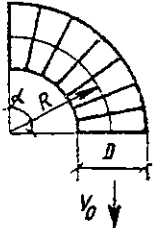
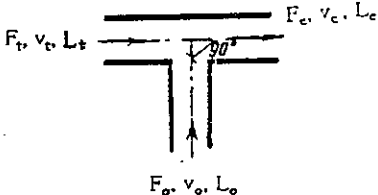
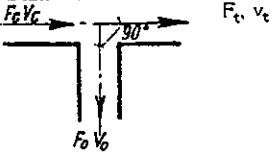
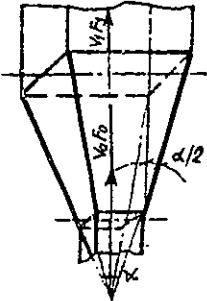
TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																																	
1	Dầu ống tròn nhô ra mặt tường 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>\delta/d_0</math></th> <th colspan="7">Hệ số <math>\xi_0</math> khi <math>b/d_0</math></th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>0,002</th> <th>0,01</th> <th>0,05</th> <th>0,2</th> <th>0,5</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>0,57</td> <td>0,63</td> <td>0,8</td> <td>0,92</td> <td>1</td> <td>0,91</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 0,02</math></td> <td>0,5</td> <td>0,51</td> <td>0,52</td> <td>0,65</td> <td>0,66</td> <td>0,72</td> <td>0,72</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ghi chú : Hệ số <math>\xi_0</math> ứng với vận tốc <math>v_0</math></p>	$\delta/d_0$	Hệ số $\xi_0$ khi $b/d_0$							0	0,002	0,01	0,05	0,2	0,5	1	0	0,5	0,57	0,63	0,8	0,92	1	0,91	$\geq 0,02$	0,5	0,51	0,52	0,65	0,66	0,72	0,72																																		
$\delta/d_0$	Hệ số $\xi_0$ khi $b/d_0$																																																																		
	0	0,002	0,01	0,05	0,2	0,5	1																																																												
0	0,5	0,57	0,63	0,8	0,92	1	0,91																																																												
$\geq 0,02$	0,5	0,51	0,52	0,65	0,66	0,72	0,72																																																												
2	Dầu ống hình loa 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>l/d_0</math></th> <th colspan="7">Hệ số <math>\xi_0</math> khi <math>\alpha^\circ</math></th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>10</th> <th>30</th> <th>60</th> <th>100</th> <th>140</th> <th>180</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,025</td> <td>1</td> <td>0,96</td> <td>0,9</td> <td>0,8</td> <td>0,69</td> <td>0,59</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>0,93</td> <td>0,8</td> <td>0,67</td> <td>0,58</td> <td>0,53</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,1</td> <td>1</td> <td>0,8</td> <td>0,55</td> <td>0,41</td> <td>0,41</td> <td>0,44</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>1</td> <td>0,68</td> <td>0,3</td> <td>0,17</td> <td>0,22</td> <td>0,34</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>1</td> <td>0,46</td> <td>0,18</td> <td>0,13</td> <td>0,21</td> <td>0,33</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0,32</td> <td>0,14</td> <td>0,1</td> <td>0,18</td> <td>0,3</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table>	$l/d_0$	Hệ số $\xi_0$ khi $\alpha^\circ$							0	10	30	60	100	140	180	0,025	1	0,96	0,9	0,8	0,69	0,59	0,5	0,05	1	0,93	0,8	0,67	0,58	0,53	0,5	0,1	1	0,8	0,55	0,41	0,41	0,44	0,5	0,25	1	0,68	0,3	0,17	0,22	0,34	0,5	0,6	1	0,46	0,18	0,13	0,21	0,33	0,5	1	1	0,32	0,14	0,1	0,18	0,3	0,5		
$l/d_0$	Hệ số $\xi_0$ khi $\alpha^\circ$																																																																		
	0	10	30	60	100	140	180																																																												
0,025	1	0,96	0,9	0,8	0,69	0,59	0,5																																																												
0,05	1	0,93	0,8	0,67	0,58	0,53	0,5																																																												
0,1	1	0,8	0,55	0,41	0,41	0,44	0,5																																																												
0,25	1	0,68	0,3	0,17	0,22	0,34	0,5																																																												
0,6	1	0,46	0,18	0,13	0,21	0,33	0,5																																																												
1	1	0,32	0,14	0,1	0,18	0,3	0,5																																																												
3	Dầu ống bịt lưới 	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>F_s/F_0</math></th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>0,9</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>4</td> <td>2,65</td> <td>1,97</td> <td>1,58</td> <td>1,32</td> <td>1,14</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	$F_s/F_0$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	$\xi_0$	4	2,65	1,97	1,58	1,32	1,14	1																																																	
$F_s/F_0$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																																																												
$\xi_0$	4	2,65	1,97	1,58	1,32	1,14	1																																																												
4	Miệng hút trên thành ống đoạn đầu 	<p>1. Miệng hút một bên</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>F_s/F_0</math></th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>0,9</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>61,5</td> <td>30</td> <td>14,9</td> <td>9</td> <td>6,27</td> <td>4,54</td> <td>3,54</td> <td>2,7</td> <td>2,28</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Miệng hút hai bên thành ống</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>2F_s/F_0</math></th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>0,9</th> <th>1</th> <th>1,4</th> <th>1,8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>17</td> <td>12</td> <td>8,75</td> <td>6,85</td> <td>5,5</td> <td>4,54</td> <td>3,84</td> <td>2,01</td> <td>1,1</td> </tr> </tbody> </table>	$F_s/F_0$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	$\xi_0$	61,5	30	14,9	9	6,27	4,54	3,54	2,7	2,28	$2F_s/F_0$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,4	1,8	$\xi_0$	17	12	8,75	6,85	5,5	4,54	3,84	2,01	1,1																									
$F_s/F_0$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																																																										
$\xi_0$	61,5	30	14,9	9	6,27	4,54	3,54	2,7	2,28																																																										
$2F_s/F_0$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,4	1,8																																																										
$\xi_0$	17	12	8,75	6,85	5,5	4,54	3,84	2,01	1,1																																																										
5	Miệng hút trên thành ống đoạn giữa 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>F_0/F_1</math></th> <th colspan="5"><math>\xi_0</math></th> <th colspan="5"><math>\xi_1</math></th> </tr> <tr> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,1</td> <td>0,8</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,4</td> <td>1,4</td> <td>0,1</td> <td>-0,1</td> <td>-0,8</td> <td>-2,6</td> <td>-6,6</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>-1,4</td> <td>0,9</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,4</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>-0,01</td> <td>-0,6</td> <td>-2,1</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>-9,5</td> <td>0,2</td> <td>0,9</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> <td>-0,2</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>-21,2</td> <td>-2,5</td> <td>0,3</td> <td>1</td> <td>1,2</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Hệ số <math>\xi_0</math> ứng với vận tốc <math>v_0</math>, <math>\xi_1</math> ứng với <math>v_1</math></p>	$F_0/F_1$	$\xi_0$					$\xi_1$					0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,8	1,3	1,4	1,4	1,4	0,1	-0,1	-0,8	-2,6	-6,6	0,2	-1,4	0,9	1,3	1,4	1,4	0,1	0,2	-0,01	-0,6	-2,1	0,4	-9,5	0,2	0,9	1,2	1,3	0,2	0,3	0,3	0,2	-0,2	0,6	-21,2	-2,5	0,3	1	1,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
$F_0/F_1$	$\xi_0$					$\xi_1$																																																													
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5																																																									
0,1	0,8	1,3	1,4	1,4	1,4	0,1	-0,1	-0,8	-2,6	-6,6																																																									
0,2	-1,4	0,9	1,3	1,4	1,4	0,1	0,2	-0,01	-0,6	-2,1																																																									
0,4	-9,5	0,2	0,9	1,2	1,3	0,2	0,3	0,3	0,2	-0,2																																																									
0,6	-21,2	-2,5	0,3	1	1,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3																																																									
6	Ống lấy gió có nón che 	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>h/d_0</math></th> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>0,9</th> <th><math>1+\infty</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>2,63</td> <td>1,83</td> <td>1,53</td> <td>1,39</td> <td>1,31</td> <td>1,19</td> <td>1,15</td> <td>1,08</td> <td>1,07</td> <td>1,05</td> </tr> </tbody> </table>	$h/d_0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	$1+\infty$	$\xi_0$	2,63	1,83	1,53	1,39	1,31	1,19	1,15	1,08	1,07	1,05																																											
$h/d_0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	$1+\infty$																																																									
$\xi_0$	2,63	1,83	1,53	1,39	1,31	1,19	1,15	1,08	1,07	1,05																																																									

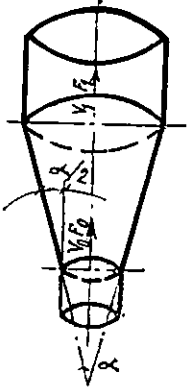
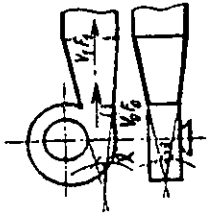
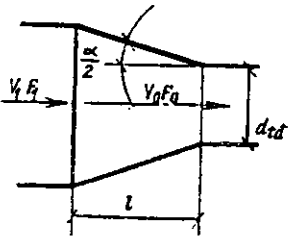
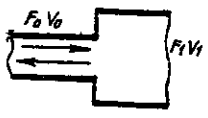
TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																																						
7	<p>Ngoặt ống tròn</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/d<sub>0</sub></th> <th colspan="6">Hệ số <math>\xi_0</math> khi l/d<sub>0</sub></th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>1,5</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1,43</td> <td>1,36</td> <td>1,32</td> <td>1,26</td> <td>1,22</td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>1,5</td> <td>1,11</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> </tr> </tbody> </table>	r/d <sub>0</sub>	Hệ số $\xi_0$ khi l/d <sub>0</sub>						1	1,5	2	3	4	6	1	1,43	1,36	1,32	1,26	1,22	1,19	1,5	1,11	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1																																				
r/d <sub>0</sub>	Hệ số $\xi_0$ khi l/d <sub>0</sub>																																																																							
	1	1,5	2	3	4	6																																																																		
1	1,43	1,36	1,32	1,26	1,22	1,19																																																																		
1,5	1,11	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1																																																																		
2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1																																																																		
8	<p>Miệng thổi trên thành ống đoạn cuối</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>F<sub>s</sub>/F<sub>0</sub></th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>0,9</th> <th>1</th> <th>1,2</th> <th>1,4</th> <th>1,5</th> <th>1,8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="14" style="text-align: center;">1. Một bên</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>65,7</td> <td>30</td> <td>16,4</td> <td>10</td> <td>7,3</td> <td>5,5</td> <td>4,48</td> <td>3,67</td> <td>3,16</td> <td>2,44</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="14" style="text-align: center;">2. Hai bên</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>67,7</td> <td>33</td> <td>17,2</td> <td>11,6</td> <td>8,45</td> <td>6,8</td> <td>5,86</td> <td>5</td> <td>4,38</td> <td>3,47</td> <td>2,9</td> <td>2,52</td> <td>2,25</td> </tr> </tbody> </table>	F <sub>s</sub> /F <sub>0</sub>	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,5	1,8	1. Một bên														$\xi_0$	65,7	30	16,4	10	7,3	5,5	4,48	3,67	3,16	2,44	-	-	-	2. Hai bên														$\xi_0$	67,7	33	17,2	11,6	8,45	6,8	5,86	5	4,38	3,47	2,9	2,52	2,25
F <sub>s</sub> /F <sub>0</sub>	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,5	1,8																																																											
1. Một bên																																																																								
$\xi_0$	65,7	30	16,4	10	7,3	5,5	4,48	3,67	3,16	2,44	-	-	-																																																											
2. Hai bên																																																																								
$\xi_0$	67,7	33	17,2	11,6	8,45	6,8	5,86	5	4,38	3,47	2,9	2,52	2,25																																																											
9	<p>Miệng thổi trên thành ống đoạn giữa</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10" style="text-align: center;">Hệ số <math>\xi_0</math> ứng với v<sub>0</sub></th> </tr> <tr> <th>v<sub>0</sub>/v<sub>1</sub></th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1</th> <th>1,2</th> <th>1,4</th> <th>1,6</th> <th>1,8</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>1,8</td> <td>1,7</td> <td>1,7</td> <td>1,8</td> <td>1,9</td> <td>2,1</td> <td>2,3</td> <td>2,6</td> <td>3</td> </tr> <tr> <th colspan="10" style="text-align: center;">Hệ số <math>\xi_1</math> ứng với v<sub>1</sub></th> </tr> <tr> <th>v<sub>2</sub>/v<sub>1</sub></th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <td><math>\xi_1</math></td> <td>0,06</td> <td>0,01</td> <td>-0,03</td> <td>-0,06</td> <td>-0,03</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>	Hệ số $\xi_0$ ứng với v <sub>0</sub>										v <sub>0</sub> /v <sub>1</sub>	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	$\xi_0$	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	3	Hệ số $\xi_1$ ứng với v <sub>1</sub>										v <sub>2</sub> /v <sub>1</sub>	0,4	0,5	0,6	0,8	1					$\xi_1$	0,06	0,01	-0,03	-0,06	-0,03														
Hệ số $\xi_0$ ứng với v <sub>0</sub>																																																																								
v <sub>0</sub> /v <sub>1</sub>	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2																																																															
$\xi_0$	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	3																																																															
Hệ số $\xi_1$ ứng với v <sub>1</sub>																																																																								
v <sub>2</sub> /v <sub>1</sub>	0,4	0,5	0,6	0,8	1																																																																			
$\xi_1$	0,06	0,01	-0,03	-0,06	-0,03																																																																			
10	<p>Ống thải khí có nón che</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h/d<sub>0</sub></th> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,25</th> <th>0,3</th> <th>0,35</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>4</td> <td>2,3</td> <td>1,9</td> <td>1,6</td> <td>1,4</td> <td>1,3</td> <td>1,15</td> <td>1,1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	h/d <sub>0</sub>	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,8	1	$\xi_0$	4	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,15	1,1	1	1																																																
h/d <sub>0</sub>	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,8	1																																																														
$\xi_0$	4	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,15	1,1	1	1																																																														
11	<p>Miệng thổi hoa sen Baturin</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Loại</th> <th colspan="5">Hệ số <math>\xi_0</math> khi <math>\alpha^\circ</math></th> </tr> <tr> <th>30</th> <th>45</th> <th>60</th> <th>0; +20</th> <th>-20</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Từ trên xuống</td> <td>1,6</td> <td>1</td> <td>0,8</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Từ dưới lên</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>3,2</td> <td>2,8</td> </tr> </tbody> </table>	Loại	Hệ số $\xi_0$ khi $\alpha^\circ$					30	45	60	0; +20	-20	Từ trên xuống	1,6	1	0,8	-	-	Từ dưới lên	-	-	-	3,2	2,8																																															
Loại	Hệ số $\xi_0$ khi $\alpha^\circ$																																																																							
	30	45	60	0; +20	-20																																																																			
Từ trên xuống	1,6	1	0,8	-	-																																																																			
Từ dưới lên	-	-	-	3,2	2,8																																																																			

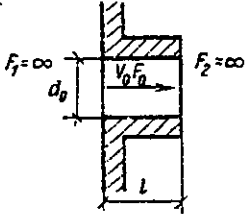
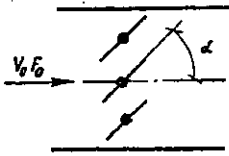
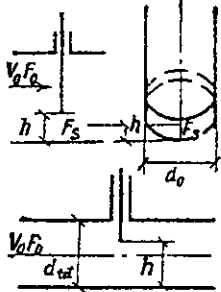
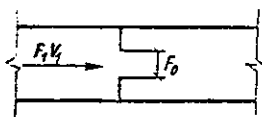
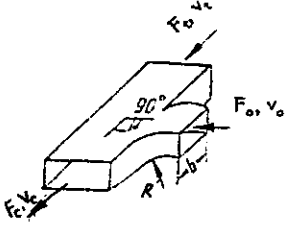
TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																		
12	Miệng thổi trên trần có đĩa chắn đục lỗ 	<table border="1"> <tr> <td><math>b_0/d_0</math></td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>4</td> <td>2,8</td> <td>1,9</td> </tr> </table>	$b_0/d_0$	0,1	0,2	0,3	$\xi_0$	4	2,8	1,9																																										
		$b_0/d_0$	0,1	0,2	0,3																																															
$\xi_0$	4	2,8	1,9																																																	
13	Miệng thổi trên trần kiểu МИСИ 	<table border="1"> <tr> <td><math>b_0/d_0</math></td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>4</td> <td>2,3</td> <td>1,9</td> </tr> </table>	$b_0/d_0$	0,2	0,3	0,4	$\xi_0$	4	2,3	1,9																																										
		$b_0/d_0$	0,2	0,3	0,4																																															
$\xi_0$	4	2,3	1,9																																																	
14	Ngoặt sắc cạnh tiết diện vuông hoặc tròn 	<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha^\circ</math></td> <td>0</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>60</td> <td>75</td> <td>90</td> <td>110</td> <td>130</td> <td>150</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,13</td> <td>0,16</td> <td>0,32</td> <td>0,56</td> <td>0,81</td> <td>1,2</td> <td>1,9</td> <td>2,6</td> <td>3,2</td> <td>3,6</td> </tr> </table> <p>Ghi chú : Đối với tiết diện chữ nhật cần nhân với hệ số C:</p> <table border="1"> <tr> <td><math>b_0/d_0</math></td> <td>0,25</td> <td>0,5</td> <td>0,75</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>C...</td> <td>1,1</td> <td>1,07</td> <td>1,04</td> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>0,9</td> <td>0,83</td> <td>0,78</td> <td>0,75</td> <td>0,72</td> <td>0,71</td> <td>0,7</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ$	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180	$\xi_0$	0	0,13	0,16	0,32	0,56	0,81	1,2	1,9	2,6	3,2	3,6	$b_0/d_0$	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	C...	1,1	1,07	1,04	1	0,95	0,9	0,83	0,78	0,75	0,72	0,71	0,7
		$\alpha^\circ$	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180																																							
$\xi_0$	0	0,13	0,16	0,32	0,56	0,81	1,2	1,9	2,6	3,2	3,6																																									
$b_0/d_0$	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8																																								
C...	1,1	1,07	1,04	1	0,95	0,9	0,83	0,78	0,75	0,72	0,71	0,7																																								
15	Vết vuông tiết diện vuông hoặc tròn 	<table border="1"> <tr> <td><math>l/b_0</math></td> <td>0</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>1</td> <td>1,2</td> <td>1,4</td> <td>1,6</td> <td>1,8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,62</td> <td>0,9</td> <td>1,61</td> <td>2,63</td> <td>3,61</td> <td>4,01</td> <td>4,18</td> <td>4,22</td> <td>4,1</td> </tr> </table>	$l/b_0$	0	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	$\xi_0$	0	0,62	0,9	1,61	2,63	3,61	4,01	4,18	4,22	4,1																												
		$l/b_0$	0	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2																																								
$\xi_0$	0	0,62	0,9	1,61	2,63	3,61	4,01	4,18	4,22	4,1																																										
<table border="1"> <tr> <td><math>l/b_0</math></td> <td>2,4</td> <td>2,8</td> <td>3,2</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>9</td> <td>10</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>3,65</td> <td>3,3</td> <td>3,2</td> <td>3,08</td> <td>2,92</td> <td>2,8</td> <td>2,7</td> <td>2,6</td> <td>2,45</td> <td>2,3</td> </tr> </table> <p>Ghi chú: Đối với tiết diện chữ nhật cần nhân với hệ số C như mục 14</p>	$l/b_0$	2,4	2,8	3,2	4	5	6	7	9	10	$\infty$	$\xi_0$	3,65	3,3	3,2	3,08	2,92	2,8	2,7	2,6	2,45	2,3																														
$l/b_0$	2,4	2,8	3,2	4	5	6	7	9	10	$\infty$																																										
$\xi_0$	3,65	3,3	3,2	3,08	2,92	2,8	2,7	2,6	2,45	2,3																																										
16	Ngoặt chữ U sắc cạnh tiết diện vuông 	<table border="1"> <tr> <td><math>l/b_0</math></td> <td>0</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>1</td> <td>1,2</td> <td>1,4</td> <td>1,6</td> <td>1,8</td> <td>2</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td colspan="13" style="text-align: center;"><math>b_k/b_0 = 0,5</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>7,9</td> <td>6,9</td> <td>6,1</td> <td>5,4</td> <td>4,7</td> <td>4,3</td> <td>4,2</td> <td>4,3</td> <td>4,44</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,3</td> </tr> </table>	$l/b_0$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	$b_k/b_0 = 0,5$													$\xi_0$	7,9	6,9	6,1	5,4	4,7	4,3	4,2	4,3	4,44	4,6	4,8	5,3											
		$l/b_0$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4																																						
		$b_k/b_0 = 0,5$																																																		
		$\xi_0$	7,9	6,9	6,1	5,4	4,7	4,3	4,2	4,3	4,44	4,6	4,8	5,3																																						
		<table border="1"> <tr> <td colspan="13" style="text-align: center;"><math>b_k/b_0 = 0,73</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>4,5</td> <td>3,6</td> <td>2,9</td> <td>2,5</td> <td>2,4</td> <td>2,3</td> <td>2,3</td> <td>2,3</td> <td>2,4</td> <td>2,6</td> <td>2,7</td> <td>3,2</td> </tr> </table>	$b_k/b_0 = 0,73$													$\xi_0$	4,5	3,6	2,9	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,4	2,6	2,7	3,2																								
		$b_k/b_0 = 0,73$																																																		
$\xi_0$	4,5	3,6	2,9	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,4	2,6	2,7	3,2																																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="13" style="text-align: center;"><math>b_k/b_0 = 1</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>3,6</td> <td>2,5</td> <td>1,8</td> <td>1,4</td> <td>1,3</td> <td>1,2</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,5</td> <td>1,6</td> <td>2,3</td> </tr> </table>	$b_k/b_0 = 1$													$\xi_0$	3,6	2,5	1,8	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	2,3																										
$b_k/b_0 = 1$																																																				
$\xi_0$	3,6	2,5	1,8	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	2,3																																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="13" style="text-align: center;"><math>b_k/b_0 = 2</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>3,9</td> <td>2,4</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0,8</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> <td>0,6</td> <td>0,6</td> <td>0,6</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> </tr> </table>	$b_k/b_0 = 2$													$\xi_0$	3,9	2,4	1,5	1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7																										
$b_k/b_0 = 2$																																																				
$\xi_0$	3,9	2,4	1,5	1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7																																								
<p>Ghi chú : Đối với tiết diện chữ nhật cần nhân với hệ số C như mục 14</p>																																																				

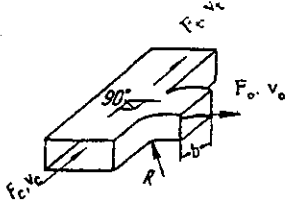
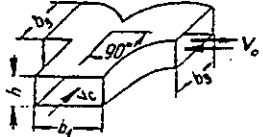
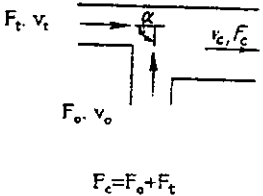


TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																																																																																																																																																	
17	Ngọt 90° với cánh hướng dòng 	<table border="1"> <tr> <td><math>r/d_0</math></td> <td>0</td> <td>0,1</td> <td>0,24</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0,4</td> <td>0,35</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> </table> <p>                     Khoảng cách giữa các cánh <math>d_K = 0,67 \frac{S}{n+1} \left(1 + \frac{k-1}{n}\right)</math>                      k - Số thứ tự của cánh                      n = 1,4 (S/l) - Tổng số cánh <math>r = (0,14 \div 0,35)d_0</math>                      t - Bề rộng cánh <math>t = (0,2 \div 0,5)d_0</math> </p>	$r/d_0$	0	0,1	0,24	0,3	$\xi_0$	0,4	0,35	0,2	0,2																																																																																																																																																																							
		$r/d_0$	0	0,1	0,24	0,3																																																																																																																																																																													
$\xi_0$	0,4	0,35	0,2	0,2																																																																																																																																																																															
18	Ngọt cạnh tròn tiết diện vuông hoặc tròn 	<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha^\circ</math></td> <td>0</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>60</td> <td>75</td> <td>90</td> <td>110</td> <td>130</td> <td>150</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>r/d_{td} = 0,05</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,27</td> <td>0,39</td> <td>0,52</td> <td>0,68</td> <td>0,79</td> <td>0,87</td> <td>0,98</td> <td>1,05</td> <td>1,11</td> <td>1,22</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>r/d_{td} = 0,1</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,22</td> <td>0,32</td> <td>0,42</td> <td>0,55</td> <td>0,63</td> <td>0,7</td> <td>0,79</td> <td>0,84</td> <td>0,9</td> <td>0,98</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>r/d_{td} = 0,2</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,14</td> <td>0,2</td> <td>0,26</td> <td>0,34</td> <td>0,4</td> <td>0,44</td> <td>0,5</td> <td>0,53</td> <td>0,56</td> <td>0,62</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>r/d_{td} = 0,3</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,1</td> <td>0,14</td> <td>0,19</td> <td>0,24</td> <td>0,28</td> <td>0,31</td> <td>0,35</td> <td>0,37</td> <td>0,39</td> <td>0,43</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>r/d_{td} = 0,4</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,08</td> <td>0,12</td> <td>0,16</td> <td>0,2</td> <td>0,28</td> <td>0,26</td> <td>0,29</td> <td>0,31</td> <td>0,33</td> <td>0,36</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>r/d_{td} = 0,5</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,07</td> <td>0,11</td> <td>0,14</td> <td>0,19</td> <td>0,22</td> <td>0,24</td> <td>0,27</td> <td>0,29</td> <td>0,31</td> <td>0,34</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ$	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180	$r/d_{td} = 0,05$												$\xi_0$	0	0,27	0,39	0,52	0,68	0,79	0,87	0,98	1,05	1,11	1,22	$r/d_{td} = 0,1$												$\xi_0$	0	0,22	0,32	0,42	0,55	0,63	0,7	0,79	0,84	0,9	0,98	$r/d_{td} = 0,2$												$\xi_0$	0	0,14	0,2	0,26	0,34	0,4	0,44	0,5	0,53	0,56	0,62	$r/d_{td} = 0,3$												$\xi_0$	0	0,1	0,14	0,19	0,24	0,28	0,31	0,35	0,37	0,39	0,43	$r/d_{td} = 0,4$												$\xi_0$	0	0,08	0,12	0,16	0,2	0,28	0,26	0,29	0,31	0,33	0,36	$r/d_{td} = 0,5$												$\xi_0$	0	0,07	0,11	0,14	0,19	0,22	0,24	0,27	0,29	0,31	0,34	<p>Ghi chú : Đối với tiết diện chữ nhật cần nhân với hệ số C :</p> <table border="1"> <tr> <td><math>d_0/b_0</math>.....</td> <td>0,25</td> <td>0,5</td> <td>0,75</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>C.....</td> <td>1,3</td> <td>1,17</td> <td>1,09</td> <td>1</td> <td>0,9</td> <td>0,85</td> <td>0,86</td> <td>0,9</td> <td>0,95</td> </tr> </table>	$d_0/b_0$ .....	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	C.....	1,3	1,17	1,09	1	0,9	0,85	0,86	0,9	0,95
		$\alpha^\circ$	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180																																																																																																																																																																						
		$r/d_{td} = 0,05$																																																																																																																																																																																	
		$\xi_0$	0	0,27	0,39	0,52	0,68	0,79	0,87	0,98	1,05	1,11	1,22																																																																																																																																																																						
		$r/d_{td} = 0,1$																																																																																																																																																																																	
		$\xi_0$	0	0,22	0,32	0,42	0,55	0,63	0,7	0,79	0,84	0,9	0,98																																																																																																																																																																						
		$r/d_{td} = 0,2$																																																																																																																																																																																	
		$\xi_0$	0	0,14	0,2	0,26	0,34	0,4	0,44	0,5	0,53	0,56	0,62																																																																																																																																																																						
		$r/d_{td} = 0,3$																																																																																																																																																																																	
		$\xi_0$	0	0,1	0,14	0,19	0,24	0,28	0,31	0,35	0,37	0,39	0,43																																																																																																																																																																						
$r/d_{td} = 0,4$																																																																																																																																																																																			
$\xi_0$	0	0,08	0,12	0,16	0,2	0,28	0,26	0,29	0,31	0,33	0,36																																																																																																																																																																								
$r/d_{td} = 0,5$																																																																																																																																																																																			
$\xi_0$	0	0,07	0,11	0,14	0,19	0,22	0,24	0,27	0,29	0,31	0,34																																																																																																																																																																								
$d_0/b_0$ .....	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5																																																																																																																																																																										
C.....	1,3	1,17	1,09	1	0,9	0,85	0,86	0,9	0,95																																																																																																																																																																										
19	Ngọt uốn hoặc đập tiết diện vuông và tròn 	<table border="1"> <tr> <td><math>\alpha^\circ</math></td> <td>0</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>50</td> <td>75</td> <td>90</td> <td>110</td> <td>130</td> <td>150</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>R/d_{td} = 1</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,06</td> <td>0,09</td> <td>0,13</td> <td>0,16</td> <td>0,19</td> <td>0,21</td> <td>0,24</td> <td>0,25</td> <td>0,27</td> <td>0,29</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>R/d_{td} = 1,5</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>0,08</td> <td>0,1</td> <td>0,13</td> <td>0,15</td> <td>0,17</td> <td>0,19</td> <td>0,2</td> <td>0,22</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align:center"><math>R/d_{td} = 2</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>0,07</td> <td>0,09</td> <td>0,12</td> <td>0,14</td> <td>0,15</td> <td>0,17</td> <td>0,18</td> <td>0,19</td> <td>0,21</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ$	0	20	30	45	50	75	90	110	130	150	180	$R/d_{td} = 1$												$\xi_0$	0	0,06	0,09	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,25	0,27	0,29	$R/d_{td} = 1,5$												$\xi_0$	0	0,05	0,08	0,1	0,13	0,15	0,17	0,19	0,2	0,22	0,24	$R/d_{td} = 2$												$\xi_0$	0	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	<p>Ghi chú : Đối với tiết diện chữ nhật cần nhân với hệ số C như mục 18.</p>																																																																																												
		$\alpha^\circ$	0	20	30	45	50	75	90	110	130	150	180																																																																																																																																																																						
		$R/d_{td} = 1$																																																																																																																																																																																	
		$\xi_0$	0	0,06	0,09	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,25	0,27	0,29																																																																																																																																																																						
		$R/d_{td} = 1,5$																																																																																																																																																																																	
$\xi_0$	0	0,05	0,08	0,1	0,13	0,15	0,17	0,19	0,2	0,22	0,24																																																																																																																																																																								
$R/d_{td} = 2$																																																																																																																																																																																			
$\xi_0$	0	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21																																																																																																																																																																								

TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																																																																																																					
20	Ngọt tiết diện tròn nhiều dốt 	<table border="1"> <tr> <th><math>\alpha^\circ</math></th> <th>30</th> <th>45</th> <th>60</th> <th>90</th> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><math>R/D = 1,5</math></td> </tr> <tr> <th><math>\xi_0</math></th> <td>0,2</td> <td>0,25</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><math>R/D = 2</math></td> </tr> <tr> <th><math>\xi_0</math></th> <td>0,15</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,35</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ$	30	45	60	90	$R/D = 1,5$					$\xi_0$	0,2	0,25	0,3	0,4	$R/D = 2$					$\xi_0$	0,15	0,2	0,3	0,35																																																																																																												
		$\alpha^\circ$	30	45	60	90																																																																																																																																	
		$R/D = 1,5$																																																																																																																																					
		$\xi_0$	0,2	0,25	0,3	0,4																																																																																																																																	
$R/D = 2$																																																																																																																																							
$\xi_0$	0,15	0,2	0,3	0,35																																																																																																																																			
21	Chạc ba vuông góc tiết diện chữ nhật trên ống hút 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>F_o/F_t</math></th> <th colspan="9"><math>\xi</math> khi <math>L_o/L_c</math></th> </tr> <tr> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>0,9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">0,1</td> <td>0,3</td> <td>0,9</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,5</td> <td>0,9</td> <td>1,5</td> <td>2,5</td> <td>4,4</td> <td>8,4</td> <td>20</td> <td>82</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">0,2</td> <td>-1,7</td> <td>0,6</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,8</td> <td>1,3</td> <td>2,1</td> <td>3,7</td> <td>7,1</td> <td>16,7</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">0,4</td> <td>-9,4</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>1</td> <td>1,6</td> <td>2,8</td> <td>5,2</td> <td>12,3</td> <td>51</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">0,6</td> <td>-21</td> <td>-2,7</td> <td>0,1</td> <td>0,9</td> <td>1,1</td> <td>1,2</td> <td>1,2</td> <td>1,2</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>1,3</td> <td>2,2</td> <td>4,1</td> <td>9,5</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">0,8</td> <td>-37</td> <td>-5,5</td> <td>-0,7</td> <td>0,6</td> <td>1,1</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>1,3</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>1,1</td> <td>1,8</td> <td>3,3</td> <td>7,6</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td>-50</td> <td>-8,8</td> <td>-1,7</td> <td>0,3</td> <td>1,1</td> <td>1,3</td> <td>1,3</td> <td>1,3</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>1</td> <td>1,6</td> <td>2,8</td> <td>6,3</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Ghi chú : Dòng trên là <math>\xi_0</math> ứng với <math>v_o</math>                      Dòng dưới là <math>\xi_t</math> ứng với <math>v_t</math>  <math>F_o + F_t &gt; F_c</math>; <math>F_t = F_c</math></p>	$F_o/F_t$	$\xi$ khi $L_o/L_c$									0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1	0,3	0,9	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0,5	0,9	1,5	2,5	4,4	8,4	20	82	0,2	-1,7	0,6	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0,4	0,8	1,3	2,1	3,7	7,1	16,7	69	0,4	-9,4	0,6	0,7	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,2	0,4	0,6	1	1,6	2,8	5,2	12,3	51	0,6	-21	-2,7	0,1	0,9	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1,3	2,2	4,1	9,5	39	0,8	-37	-5,5	-0,7	0,6	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,1	1,8	3,3	7,6	31	1	-50	-8,8	-1,7	0,3	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,6	2,8	6,3	25
		$F_o/F_t$		$\xi$ khi $L_o/L_c$																																																																																																																																			
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9																																																																																																																												
		0,1	0,3	0,9	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																												
			0,2	0,5	0,9	1,5	2,5	4,4	8,4	20	82																																																																																																																												
		0,2	-1,7	0,6	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																												
			0,2	0,4	0,8	1,3	2,1	3,7	7,1	16,7	69																																																																																																																												
		0,4	-9,4	0,6	0,7	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1																																																																																																																												
			0,2	0,4	0,6	1	1,6	2,8	5,2	12,3	51																																																																																																																												
		0,6	-21	-2,7	0,1	0,9	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2																																																																																																																												
0,2	0,4		0,6	0,8	1,3	2,2	4,1	9,5	39																																																																																																																														
0,8	-37	-5,5	-0,7	0,6	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2																																																																																																																														
	0,3	0,4	0,5	0,7	1,1	1,8	3,3	7,6	31																																																																																																																														
1	-50	-8,8	-1,7	0,3	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3																																																																																																																														
	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,6	2,8	6,3	25																																																																																																																														
22	Chạc ba vuông góc tiết diện chữ nhật trên ống thổi 	<p style="text-align: center;">1. <math>F_o + F_t &gt; F_c</math>; <math>F_t = F_c</math></p> <table border="1"> <tr> <th><math>v_o/v_c</math></th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1</th> <th>1,2</th> <th>1,4</th> <th>1,6</th> <th>1,8</th> <th>2</th> <th>2,2</th> <th>2,4</th> </tr> <tr> <th><math>\xi_0</math></th> <td>9,4</td> <td>6,2</td> <td>4,2</td> <td>2,3</td> <td>1,6</td> <td>1,2</td> <td>1</td> <td>0,8</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <th><math>\xi_t</math></th> <td>0,4</td> <td>0</td> <td>-0,1</td> <td>-0,1</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">2. <math>F_o + F_t = F_c</math></p> <table border="1"> <tr> <th><math>v_o/v_c</math></th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> <th>1</th> <th>1,2</th> <th>1,4</th> <th>1,6</th> <th>1,8</th> <th>2</th> </tr> <tr> <th><math>\xi_0</math></th> <td colspan="11" style="text-align: center;"><math>\xi_0 = (v_o/v_0)^2</math></td> </tr> <tr> <th><math>\xi_t</math></th> <td>4,4</td> <td>2</td> <td>0,8</td> <td>0,1</td> <td>0</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><math>\xi_0</math> ứng với <math>v_o</math>  <math>\xi_t</math> ứng với <math>v_t</math></p>	$v_o/v_c$	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	$\xi_0$	9,4	6,2	4,2	2,3	1,6	1,2	1	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	$\xi_t$	0,4	0	-0,1	-0,1	0	-	-	-	-	-	-	-	$v_o/v_c$	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	$\xi_0$	$\xi_0 = (v_o/v_0)^2$											$\xi_t$	4,4	2	0,8	0,1	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8																																																												
		$v_o/v_c$	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4																																																																																																																									
		$\xi_0$	9,4	6,2	4,2	2,3	1,6	1,2	1	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7																																																																																																																									
		$\xi_t$	0,4	0	-0,1	-0,1	0	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																									
		$v_o/v_c$	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2																																																																																																																											
$\xi_0$	$\xi_0 = (v_o/v_0)^2$																																																																																																																																						
$\xi_t$	4,4	2	0,8	0,1	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8																																																																																																																													
23	Phễu mở rộng tiết diện chữ nhật 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>F_o/F_1</math></th> <th colspan="10"><math>\xi_0</math> Khi <math>\alpha^\circ</math></th> </tr> <tr> <th>10</th> <th>12</th> <th>14</th> <th>16</th> <th>18</th> <th>20</th> <th>24</th> <th>28</th> <th>32</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td> <td>0,14</td> <td>0,17</td> <td>0,2</td> <td>0,24</td> <td>0,28</td> <td>0,31</td> <td>0,4</td> <td>0,49</td> <td>0,59</td> <td>0,69</td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>0,13</td> <td>0,16</td> <td>0,18</td> <td>0,21</td> <td>0,24</td> <td>0,27</td> <td>0,35</td> <td>0,43</td> <td>0,52</td> <td>0,61</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,11</td> <td>0,13</td> <td>0,16</td> <td>0,19</td> <td>0,22</td> <td>0,24</td> <td>0,31</td> <td>0,38</td> <td>0,46</td> <td>0,53</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>0,09</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> <td>0,14</td> <td>0,16</td> <td>0,18</td> <td>0,23</td> <td>0,28</td> <td>0,34</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,07</td> <td>0,03</td> <td>0,09</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> <td>0,13</td> <td>0,17</td> <td>0,2</td> <td>0,24</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>0,05</td> <td>0,06</td> <td>0,07</td> <td>0,07</td> <td>0,08</td> <td>0,09</td> <td>0,11</td> <td>0,14</td> <td>0,16</td> <td>0,19</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Ghi chú : <math>\xi_0</math> ứng với vận tốc tại tiết diện bé</p>	$F_o/F_1$	$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$										10	12	14	16	18	20	24	28	32	40	0,2	0,14	0,17	0,2	0,24	0,28	0,31	0,4	0,49	0,59	0,69	0,25	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	0,27	0,35	0,43	0,52	0,61	0,3	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24	0,31	0,38	0,46	0,53	0,4	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,23	0,28	0,34	0,4	0,5	0,07	0,03	0,09	0,1	0,12	0,13	0,17	0,2	0,24	0,28	0,6	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19																																														
		$F_o/F_1$		$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$																																																																																																																																			
			10	12	14	16	18	20	24	28	32	40																																																																																																																											
		0,2	0,14	0,17	0,2	0,24	0,28	0,31	0,4	0,49	0,59	0,69																																																																																																																											
		0,25	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	0,27	0,35	0,43	0,52	0,61																																																																																																																											
0,3	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24	0,31	0,38	0,46	0,53																																																																																																																													
0,4	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,23	0,28	0,34	0,4																																																																																																																													
0,5	0,07	0,03	0,09	0,1	0,12	0,13	0,17	0,2	0,24	0,28																																																																																																																													
0,6	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19																																																																																																																													

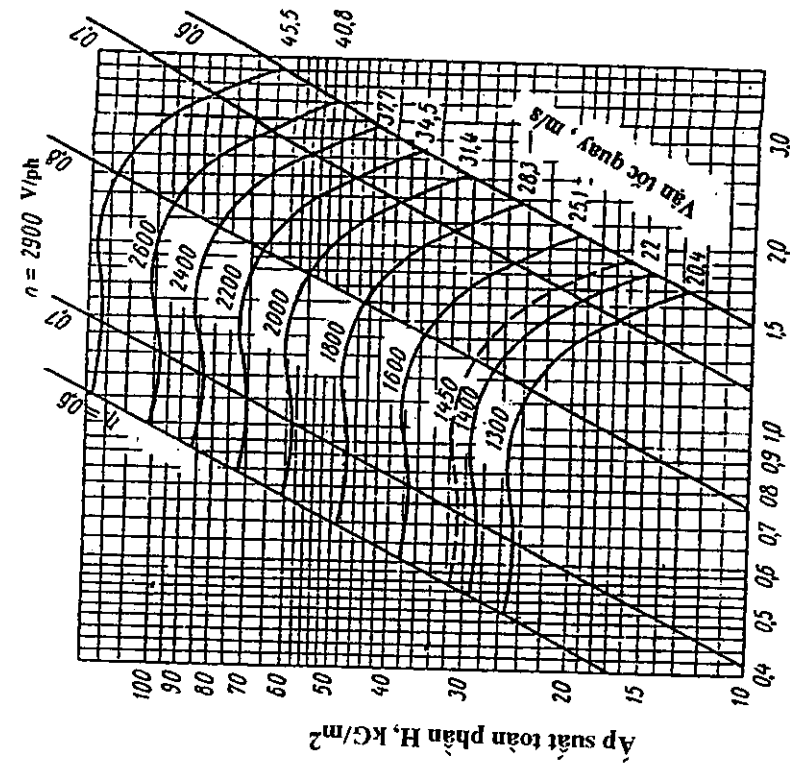
TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																																							
24	<p>Phễu mở rộng tiết diện tròn</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>F_0/F_1</math></th> <th colspan="8"><math>\xi_0</math> Khi <math>\alpha^\circ</math></th> </tr> <tr> <th>10</th> <th>12</th> <th>14</th> <th>16</th> <th>20</th> <th>24</th> <th>30</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td> <td>0,12</td> <td>0,14</td> <td>0,17</td> <td>0,19</td> <td>0,25</td> <td>0,32</td> <td>0,43</td> <td>0,61</td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> <td>0,15</td> <td>0,17</td> <td>0,22</td> <td>0,28</td> <td>0,37</td> <td>0,49</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,09</td> <td>0,11</td> <td>0,13</td> <td>0,15</td> <td>0,2</td> <td>0,25</td> <td>0,33</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>0,08</td> <td>0,09</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> <td>0,15</td> <td>0,19</td> <td>0,25</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,06</td> <td>0,07</td> <td>0,08</td> <td>0,09</td> <td>0,11</td> <td>0,14</td> <td>0,18</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>0,05</td> <td>0,05</td> <td>0,06</td> <td>0,07</td> <td>0,08</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> <td>0,17</td> </tr> </tbody> </table>	$F_0/F_1$	$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$								10	12	14	16	20	24	30	40	0,2	0,12	0,14	0,17	0,19	0,25	0,32	0,43	0,61	0,25	0,1	0,12	0,15	0,17	0,22	0,28	0,37	0,49	0,3	0,09	0,11	0,13	0,15	0,2	0,25	0,33	0,42	0,4	0,08	0,09	0,1	0,12	0,15	0,19	0,25	0,35	0,5	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,18	0,25	0,6	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,17
$F_0/F_1$	$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$																																																																								
	10	12	14	16	20	24	30	40																																																																	
0,2	0,12	0,14	0,17	0,19	0,25	0,32	0,43	0,61																																																																	
0,25	0,1	0,12	0,15	0,17	0,22	0,28	0,37	0,49																																																																	
0,3	0,09	0,11	0,13	0,15	0,2	0,25	0,33	0,42																																																																	
0,4	0,08	0,09	0,1	0,12	0,15	0,19	0,25	0,35																																																																	
0,5	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,18	0,25																																																																	
0,6	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,17																																																																	
25	<p>Phễu mở rộng lắp sau quạt li tâm</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>F_0/F_1</math></th> <th colspan="5"><math>\xi_1</math> Khi <math>\alpha^\circ</math></th> </tr> <tr> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,25</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>9,3</td> <td>10,2</td> <td>10,9</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>2,6</td> <td>4,7</td> <td>6,1</td> <td>6,9</td> <td>7,3</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>1,3</td> <td>2,3</td> <td>3</td> <td>3,4</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>1,3</td> <td>1,7</td> <td>1,9</td> <td>2,1</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>0,4</td> <td>0,7</td> <td>1</td> <td>1,1</td> <td>1,2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ghi chú : ứng với vận tốc <math>v_1</math> tại tiết diện lớn</p>	$F_0/F_1$	$\xi_1$ Khi $\alpha^\circ$					10	15	20	25	30	0,25	4	7	9,3	10,2	10,9	0,3	2,6	4,7	6,1	6,9	7,3	0,4	1,3	2,3	3	3,4	3,6	0,5	0,7	1,3	1,7	1,9	2,1	0,6	0,4	0,7	1	1,1	1,2																														
$F_0/F_1$	$\xi_1$ Khi $\alpha^\circ$																																																																								
	10	15	20	25	30																																																																				
0,25	4	7	9,3	10,2	10,9																																																																				
0,3	2,6	4,7	6,1	6,9	7,3																																																																				
0,4	1,3	2,3	3	3,4	3,6																																																																				
0,5	0,7	1,3	1,7	1,9	2,1																																																																				
0,6	0,4	0,7	1	1,1	1,2																																																																				
26	<p>Phễu thu hẹp trên đường ống</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>l/d</math></th> <th colspan="4"><math>\xi_0</math> Khi <math>\alpha^\circ</math></th> </tr> <tr> <th>10</th> <th>20</th> <th>30</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,1</td> <td>0,41</td> <td>0,34</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>0,39</td> <td>0,29</td> <td>0,22</td> <td>0,18</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>0,29</td> <td>0,2</td> <td>0,15</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>&gt; 0,6</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ứng với vận tốc <math>v_0</math> tại tiết diện bé</p>	$l/d$	$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$				10	20	30	40	0,1	0,41	0,34	0,27	0,24	0,15	0,39	0,29	0,22	0,18	0,6	0,29	0,2	0,15	0,13	> 0,6	0,1	0,1	0,1	0,1																																										
$l/d$	$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$																																																																								
	10	20	30	40																																																																					
0,1	0,41	0,34	0,27	0,24																																																																					
0,15	0,39	0,29	0,22	0,18																																																																					
0,6	0,29	0,2	0,15	0,13																																																																					
> 0,6	0,1	0,1	0,1	0,1																																																																					
27	<p>Thay đổi tiết diện đột ngột</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>F_0/F_1</math></th> <th>0</th> <th>0,1</th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,7</th> <th>0,8</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="11" style="text-align: center;">Mở rộng đột ngột</td> </tr> <tr> <th><math>\xi_0</math></th> <td>1</td> <td>0,81</td> <td>0,64</td> <td>0,5</td> <td>0,30</td> <td>0,25</td> <td>0,16</td> <td>0,09</td> <td>0,04</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="11" style="text-align: center;">Thu hẹp đột ngột</td> </tr> <tr> <th><math>\xi_0</math></th> <td>0,5</td> <td>0,45</td> <td>0,4</td> <td>0,35</td> <td>0,3</td> <td>0,25</td> <td>0,2</td> <td>0,15</td> <td>0,1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ghi chú : Cả hai trường hợp <math>\xi_0</math> đều ứng với vận tốc tại tiết diện bé <math>v_0</math></p>	$F_0/F_1$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	Mở rộng đột ngột											$\xi_0$	1	0,81	0,64	0,5	0,30	0,25	0,16	0,09	0,04	0	Thu hẹp đột ngột											$\xi_0$	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0																
$F_0/F_1$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1																																																															
Mở rộng đột ngột																																																																									
$\xi_0$	1	0,81	0,64	0,5	0,30	0,25	0,16	0,09	0,04	0																																																															
Thu hẹp đột ngột																																																																									
$\xi_0$	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0																																																															

TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																																												
28	Miệng ống có thành dày 	<table border="1"> <tr> <td><math>l/d_0</math></td> <td>0</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>1</td> <td>1,2</td> <td>1,4</td> <td>1,6</td> <td>1,8</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>2,82</td> <td>2,72</td> <td>2,6</td> <td>2,34</td> <td>1,95</td> <td>1,76</td> <td>1,68</td> <td>1,63</td> <td>1,61</td> <td>1,59</td> <td>1,56</td> <td>1,56</td> </tr> </table>	$l/d_0$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4	$\xi_0$	2,82	2,72	2,6	2,34	1,95	1,76	1,68	1,63	1,61	1,59	1,56	1,56																																																		
		$l/d_0$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4																																																																
$\xi_0$	2,82	2,72	2,6	2,34	1,95	1,76	1,68	1,63	1,61	1,59	1,56	1,56																																																																		
29	Van điều chỉnh nhiều cánh 	<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Số cánh</th> <th colspan="10"><math>\xi_0</math> Khi <math>\alpha^\circ</math></th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>10</th> <th>20</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> <th>90</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0,04</td> <td>0,3</td> <td>1,1</td> <td>2,5</td> <td>8</td> <td>20</td> <td>60</td> <td>200</td> <td>1500</td> <td>8000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,07</td> <td>0,4</td> <td>1,1</td> <td>2,5</td> <td>5,5</td> <td>12</td> <td>30</td> <td>90</td> <td>160</td> <td>7000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,12</td> <td>0,12</td> <td>0,8</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>19</td> <td>40</td> <td>160</td> <td>7000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,13</td> <td>0,25</td> <td>0,8</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>110</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,15</td> <td>0,2</td> <td>0,7</td> <td>1,8</td> <td>3,5</td> <td>7</td> <td>13</td> <td>28</td> <td>80</td> <td>5000</td> </tr> </table>	Số cánh	$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$										0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1	0,04	0,3	1,1	2,5	8	20	60	200	1500	8000	2	0,07	0,4	1,1	2,5	5,5	12	30	90	160	7000	3	0,12	0,12	0,8	2	5	10	19	40	160	7000	4	0,13	0,25	0,8	2	4	8	15	30	110	6000	5	0,15	0,2	0,7	1,8	3,5	7	13	28	80	5000
		Số cánh		$\xi_0$ Khi $\alpha^\circ$																																																																										
0	10		20	30	40	50	60	70	80	90																																																																				
1	0,04	0,3	1,1	2,5	8	20	60	200	1500	8000																																																																				
2	0,07	0,4	1,1	2,5	5,5	12	30	90	160	7000																																																																				
3	0,12	0,12	0,8	2	5	10	19	40	160	7000																																																																				
4	0,13	0,25	0,8	2	4	8	15	30	110	6000																																																																				
5	0,15	0,2	0,7	1,8	3,5	7	13	28	80	5000																																																																				
30	Van kéo 	<table border="1"> <tr> <th colspan="12">Ống tiết diện tròn</th> </tr> <tr> <td><math>h/d_0</math></td> <td>0</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><math>F_2/F_0</math></td> <td>0</td> <td>-</td> <td>0,25</td> <td>0,38</td> <td>0,5</td> <td>0,61</td> <td>0,71</td> <td>0,81</td> <td>0,9</td> <td>0,96</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td><math>\infty</math></td> <td>-</td> <td>36</td> <td>10</td> <td>4,6</td> <td>2,06</td> <td>0,98</td> <td>0,44</td> <td>0,17</td> <td>0,06</td> <td>0</td> </tr> </table>	Ống tiết diện tròn												$h/d_0$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	$F_2/F_0$	0	-	0,25	0,38	0,5	0,61	0,71	0,81	0,9	0,96	1	$\xi_0$	$\infty$	-	36	10	4,6	2,06	0,98	0,44	0,17	0,06	0																												
		Ống tiết diện tròn																																																																												
		$h/d_0$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																																																																	
		$F_2/F_0$	0	-	0,25	0,38	0,5	0,61	0,71	0,81	0,9	0,96	1																																																																	
$\xi_0$	$\infty$	-	36	10	4,6	2,06	0,98	0,44	0,17	0,06	0																																																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="12">Ống tiết diện chữ nhật</th> </tr> <tr> <td><math>h/d_{td}</math></td> <td>0</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td><math>\infty</math></td> <td>193</td> <td>44,5</td> <td>17,8</td> <td>8,12</td> <td>4,02</td> <td>2,08</td> <td>0,95</td> <td>0,39</td> <td>0,09</td> <td>0</td> </tr> </table>	Ống tiết diện chữ nhật												$h/d_{td}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	$\xi_0$	$\infty$	193	44,5	17,8	8,12	4,02	2,08	0,95	0,39	0,09	0																																										
Ống tiết diện chữ nhật																																																																														
$h/d_{td}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																																																																			
$\xi_0$	$\infty$	193	44,5	17,8	8,12	4,02	2,08	0,95	0,39	0,09	0																																																																			
31	Diaphragm 	<table border="1"> <tr> <td><math>F_2/F_1</math></td> <td>0,5</td> <td>0,55</td> <td>0,6</td> <td>0,65</td> <td>0,7</td> <td>0,75</td> <td>0,8</td> <td>0,85</td> <td>0,9</td> <td>0,95</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><math>\xi_0</math></td> <td>4</td> <td>2,85</td> <td>2</td> <td>1,41</td> <td>0,97</td> <td>0,65</td> <td>0,42</td> <td>0,25</td> <td>0,13</td> <td>0,05</td> <td>0</td> </tr> </table>	$F_2/F_1$	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	$\xi_0$	4	2,85	2	1,41	0,97	0,65	0,42	0,25	0,13	0,05	0																																																				
$F_2/F_1$	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1																																																																			
$\xi_0$	4	2,85	2	1,41	0,97	0,65	0,42	0,25	0,13	0,05	0																																																																			
32	Chạc ba tiết diện chữ nhật trên ống hút 	<table border="1"> <tr> <th rowspan="2"><math>\frac{L_0}{L_c}</math></th> <th colspan="3"><math>\xi_0</math> khi <math>F_2/F_1</math></th> <th colspan="2"><math>\xi_1</math> khi <math>F_3/F_1</math></th> </tr> <tr> <th>0,25</th> <th>0,50</th> <th>1,0</th> <th>0,5</th> <th>1,0</th> </tr> <tr> <td>0,1</td> <td>-0,6</td> <td>-0,6</td> <td>-0,6</td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,0</td> <td>-0,2</td> <td>-0,3</td> <td>0,20</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,40</td> <td>0,0</td> <td>-0,1</td> <td>0,10</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>1,2</td> <td>0,25</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>2,3</td> <td>0,40</td> <td>0,01</td> <td>-0,1</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>3,6</td> <td>0,70</td> <td>0,2</td> <td>-0,2</td> <td>0,18</td> </tr> <tr> <td>0,7</td> <td>-</td> <td>1,0</td> <td>0,3</td> <td>-0,3</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>-</td> <td>1,5</td> <td>0,4</td> <td>0,4</td> <td>0,0</td> </tr> </table>	$\frac{L_0}{L_c}$	$\xi_0$ khi $F_2/F_1$			$\xi_1$ khi $F_3/F_1$		0,25	0,50	1,0	0,5	1,0	0,1	-0,6	-0,6	-0,6	0,20	0,20	0,2	0,0	-0,2	-0,3	0,20	0,22	0,3	0,40	0,0	-0,1	0,10	0,25	0,4	1,2	0,25	0,0	0,0	0,24	0,5	2,3	0,40	0,01	-0,1	0,20	0,6	3,6	0,70	0,2	-0,2	0,18	0,7	-	1,0	0,3	-0,3	0,15	0,8	-	1,5	0,4	0,4	0,0																	
		$\frac{L_0}{L_c}$		$\xi_0$ khi $F_2/F_1$			$\xi_1$ khi $F_3/F_1$																																																																							
0,25	0,50		1,0	0,5	1,0																																																																									
0,1	-0,6	-0,6	-0,6	0,20	0,20																																																																									
0,2	0,0	-0,2	-0,3	0,20	0,22																																																																									
0,3	0,40	0,0	-0,1	0,10	0,25																																																																									
0,4	1,2	0,25	0,0	0,0	0,24																																																																									
0,5	2,3	0,40	0,01	-0,1	0,20																																																																									
0,6	3,6	0,70	0,2	-0,2	0,18																																																																									
0,7	-	1,0	0,3	-0,3	0,15																																																																									
0,8	-	1,5	0,4	0,4	0,0																																																																									

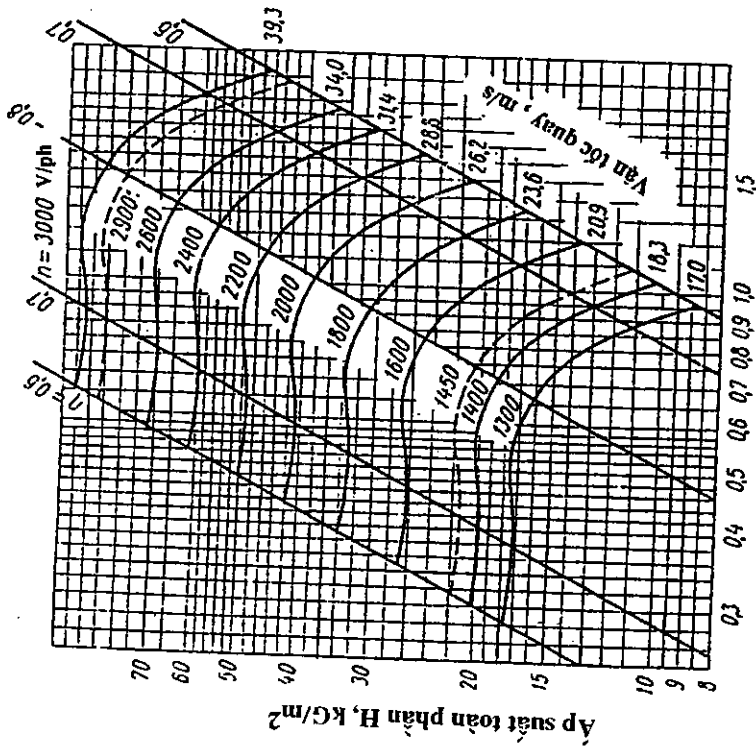
TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ																																																																																							
33	<p>Chạc ba tiết diện chữ nhật trên ống thổi</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>\frac{L_o}{L_c}</math></th> <th colspan="4"><math>\xi_o</math> khi <math>F_o / F_c</math></th> <th colspan="2"><math>\xi_t</math> khi <math>F_o / F_c</math></th> </tr> <tr> <th>0,25</th> <th>0,5</th> <th>0,75</th> <th>1,0</th> <th>0,25</th> <th>1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,1</td><td>0,7</td><td>0,61</td><td>0,65</td><td>0,68</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>0,5</td><td>0,5</td><td>0,55</td><td>0,56</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0,3</td><td>0,6</td><td>0,4</td><td>0,40</td><td>0,45</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,8</td><td>0,4</td><td>0,35</td><td>0,40</td><td>0,05</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>1,25</td><td>0,5</td><td>0,35</td><td>0,30</td><td>0,15</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>2,0</td><td>0,6</td><td>0,38</td><td>0,29</td><td>0,20</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>0,7</td><td>-</td><td>0,8</td><td>0,45</td><td>0,29</td><td>0,30</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>-</td><td>1,05</td><td>0,58</td><td>0,30</td><td>0,40</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>0,9</td><td>-</td><td>1,5</td><td>0,75</td><td>0,38</td><td>0,46</td><td>0,35</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{L_o}{L_c}$	$\xi_o$ khi $F_o / F_c$				$\xi_t$ khi $F_o / F_c$		0,25	0,5	0,75	1,0	0,25	1,0	0,1	0,7	0,61	0,65	0,68	-	-	0,2	0,5	0,5	0,55	0,56	-	-	0,3	0,6	0,4	0,40	0,45	-	-	0,4	0,8	0,4	0,35	0,40	0,05	0,03	0,5	1,25	0,5	0,35	0,30	0,15	0,05	0,6	2,0	0,6	0,38	0,29	0,20	0,12	0,7	-	0,8	0,45	0,29	0,30	0,20	0,8	-	1,05	0,58	0,30	0,40	0,29	0,9	-	1,5	0,75	0,38	0,46	0,35											
$\frac{L_o}{L_c}$	$\xi_o$ khi $F_o / F_c$				$\xi_t$ khi $F_o / F_c$																																																																																				
	0,25	0,5	0,75	1,0	0,25	1,0																																																																																			
0,1	0,7	0,61	0,65	0,68	-	-																																																																																			
0,2	0,5	0,5	0,55	0,56	-	-																																																																																			
0,3	0,6	0,4	0,40	0,45	-	-																																																																																			
0,4	0,8	0,4	0,35	0,40	0,05	0,03																																																																																			
0,5	1,25	0,5	0,35	0,30	0,15	0,05																																																																																			
0,6	2,0	0,6	0,38	0,29	0,20	0,12																																																																																			
0,7	-	0,8	0,45	0,29	0,30	0,20																																																																																			
0,8	-	1,05	0,58	0,30	0,40	0,29																																																																																			
0,9	-	1,5	0,75	0,38	0,46	0,35																																																																																			
34	<p>Chạc ba cân tiết diện chữ nhật <math>F = b_1 h</math>; <math>f_o = b_3 h</math></p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><math>\xi \rightarrow v_o</math> khi <math>f_o / F</math></th> </tr> <tr> <th>0,5</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Trên ống thổi 0,304</td> <td>0,247</td> </tr> <tr> <td>Trên ống hút 0,233</td> <td>0,072</td> </tr> </tbody> </table>	$\xi \rightarrow v_o$ khi $f_o / F$		0,5	1	Trên ống thổi 0,304	0,247	Trên ống hút 0,233	0,072																																																																															
$\xi \rightarrow v_o$ khi $f_o / F$																																																																																									
0,5	1																																																																																								
Trên ống thổi 0,304	0,247																																																																																								
Trên ống hút 0,233	0,072																																																																																								
35	<p>Chạc ba vuông góc trên ống hút (<math>\alpha=90^\circ</math>)</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>\frac{L_o}{L_c}</math></th> <th colspan="5"><math>\xi_o</math> khi <math>F_o / F_t</math></th> <th colspan="5"><math>\xi_t</math> khi <math>F_o / F_t</math></th> </tr> <tr> <th>0,06</th> <th>0,11</th> <th>0,25</th> <th>0,50</th> <th>1,0</th> <th>0,06</th> <th>0,11</th> <th>0,25</th> <th>0,50</th> <th>1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,1</td><td>0,40</td><td>0,15</td><td>0,05</td><td>-</td><td>-</td><td>0,7</td><td>0,20</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>-</td><td>1,10</td><td>0,34</td><td>0,10</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0,30</td><td>-1,1</td><td>-</td></tr> <tr><td>0,3</td><td>-</td><td>-</td><td>1,12</td><td>0,44</td><td>0,26</td><td>-</td><td>-</td><td>0,63</td><td>0,28</td><td>-</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>1,13</td><td>0,56</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0,63</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2,28</td><td>1,0</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0,52</td><td>0,74</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2,0</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0,65</td></tr> </tbody> </table>	$\frac{L_o}{L_c}$	$\xi_o$ khi $F_o / F_t$					$\xi_t$ khi $F_o / F_t$					0,06	0,11	0,25	0,50	1,0	0,06	0,11	0,25	0,50	1,0	0,1	0,40	0,15	0,05	-	-	0,7	0,20	-	-	-	0,2	-	1,10	0,34	0,10	-	-	-	0,30	-1,1	-	0,3	-	-	1,12	0,44	0,26	-	-	0,63	0,28	-	0,4	-	-	-	1,13	0,56	-	-	-	0,63	0,20	0,5	-	-	-	2,28	1,0	-	-	-	0,52	0,74	0,6	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	0,65
$\frac{L_o}{L_c}$	$\xi_o$ khi $F_o / F_t$					$\xi_t$ khi $F_o / F_t$																																																																																			
	0,06	0,11	0,25	0,50	1,0	0,06	0,11	0,25	0,50	1,0																																																																															
0,1	0,40	0,15	0,05	-	-	0,7	0,20	-	-	-																																																																															
0,2	-	1,10	0,34	0,10	-	-	-	0,30	-1,1	-																																																																															
0,3	-	-	1,12	0,44	0,26	-	-	0,63	0,28	-																																																																															
0,4	-	-	-	1,13	0,56	-	-	-	0,63	0,20																																																																															
0,5	-	-	-	2,28	1,0	-	-	-	0,52	0,74																																																																															
0,6	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	0,65																																																																															

TT	Tên	Hệ số sức cản cục bộ											
		góc $\alpha$	$\frac{L_o}{L_c}$	$\xi_o$ khi $F_o/F_t$					$\xi_t$ khi $F_o/F_t$				
				0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
36	<p>Chạc ba hút</p>	$\alpha=15^\circ$	0,1	-2,0	-9,92	-22,1	-38,3	-51,0	-0,09	0,16	0,21	0,25	0,29
			0,2	0,31	-1,17	-3,4	-6,4	-9,7	-0,08	0,15	0,23	0,29	0,33
			0,3	0,63	0,11	-0,60	-1,57	-2,65	-0,73	-0,02	0,18	0,27	0,33
			0,4	0,71	0,44	0,15	0,24	-0,65	-2,31	-0,43	0,06	1,49	2,64
			0,5	0,73	0,54	0,39	0,21	0,13	-5,94	-1,84	-0,70	-0,22	0,03
			0,6	0,73	0,57	0,47	0,36	0,30	-14,4	-5,0	-2,32	-1,20	-0,61
			0,7	0,73	0,57	0,48	0,41	0,36	-36,8	-13,6	-6,85	-3,99	-2,48
		$\alpha=30^\circ$	0,1	-2,0	-9,86	-22,0	-38,2	-50,9	0,10	0,16	0,21	0,25	0,30
			0,2	0,33	-1,11	-3,32	-6,28	-9,62	-0,03	0,17	0,25	0,30	0,34
			0,3	0,65	0,16	-0,53	-1,48	-2,55	-0,57	0,05	0,22	0,30	0,35
			0,4	0,73	0,50	0,22	-0,15	-0,55	-1,95	-0,39	0,03	0,21	0,31
			0,5	0,75	0,60	0,46	0,29	0,13	-5,11	-1,48	-0,49	-0,08	0,13
			0,6	0,76	0,63	0,54	0,45	0,39	-12,6	-4,18	-1,85	-0,89	-0,38
			0,7	0,75	0,63	0,56	0,50	0,46	-32,2	-11,6	-5,70	-3,23	-1,93
		$\alpha=45^\circ$	0,1	-1,97	-9,8	-21,9	-38,0	-50,7	0,12	0,17	0,21	0,26	0,30
			0,2	0,38	-1,02	-3,2	-6,14	-9,46	0,05	0,21	0,27	0,31	0,35
			0,3	0,71	0,26	-0,41	-1,34	-2,39	-0,33	0,15	0,28	0,34	0,38
			0,4	0,78	0,59	0,34	-0,01	-0,39	-1,35	-0,13	0,18	0,31	0,38
			0,5	0,81	0,69	0,58	0,44	0,29	-3,78	-0,91	-0,16	0,14	0,29
			0,6	0,81	0,72	0,66	0,59	0,55	-9,6	-2,91	-1,11	-0,40	-0,03
			0,7	0,81	0,72	0,68	0,64	0,62	-25,0	-8,48	-3,91	-2,04	-1,07
$\alpha=60^\circ$	0,1	-1,9	-9,6	-21,7	-37,3	-50,5	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30		
	0,2	0,45	-0,33	-3,04	-5,96	-9,35	0,16	0,26	0,29	0,33	0,36		
	0,3	0,77	0,37	-0,25	-1,16	-2,18	-0,01	0,29	0,36	0,39	0,42		
	0,4	0,85	0,71	0,50	0,17	0,18	-0,59	0,19	0,37	0,44	0,47		
	0,5	0,87	0,81	0,74	0,62	0,50	-2,06	-0,17	0,27	0,43	0,50		
	0,6	0,88	0,84	0,82	0,77	0,76	-5,72	-1,25	-0,14	0,25	0,44		
	0,7	0,88	0,84	0,83	0,82	0,83	-15,8	-4,47	1,57	-0,46	0,05		
37	<p>Chạc ba thổi</p> <p><math>\alpha = 45^\circ</math></p>	$\xi_t$											
		$F_t/F_c$	$L_t/L_c$										
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9		
		0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4		
		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,9		
		0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	1,6		
		0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	2,5		
		0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,9	3,6		
		0,7	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0,5	1,2	9,8		
		0,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0	0,7	1,6	12,8		
		0,9	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0,9	2	16,2		
		1	0,1	0,1	0	0	0	0	1,1	2,5	20		
		Ghi chú : $\xi_t$ ứng với vận tốc $v_t$											
		$\xi_o$											
$F_o/F_c$	$L_o/L_c$												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9				
0,2	2	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4				
0,3	5,4	1,1	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5				
0,4	11,2	2	0,9	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5				
0,5	17,5	3,8	1,4	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
0,6	28,8	5,4	2	1,1	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5				
0,7	44	8,6	3,3	1,5	1	0,7	0,5	0,5	0,5				
0,8	57,6	12,8	5	2,4	1,3	0,9	0,7	0,6	0,6				
Ghi chú : $\xi_o$ ứng với vận tốc $v_o$ Sức cản trên nhánh rẽ ( $F_o$ ) có kể đến ngoặt													

PHỤ LỤC 5 : BIỂU ĐỒ ĐẶC TÍNH VÀ KÍCH THƯỚC CỦA MỘT SỐ LOẠI QUẠT THÔNG DỤNG



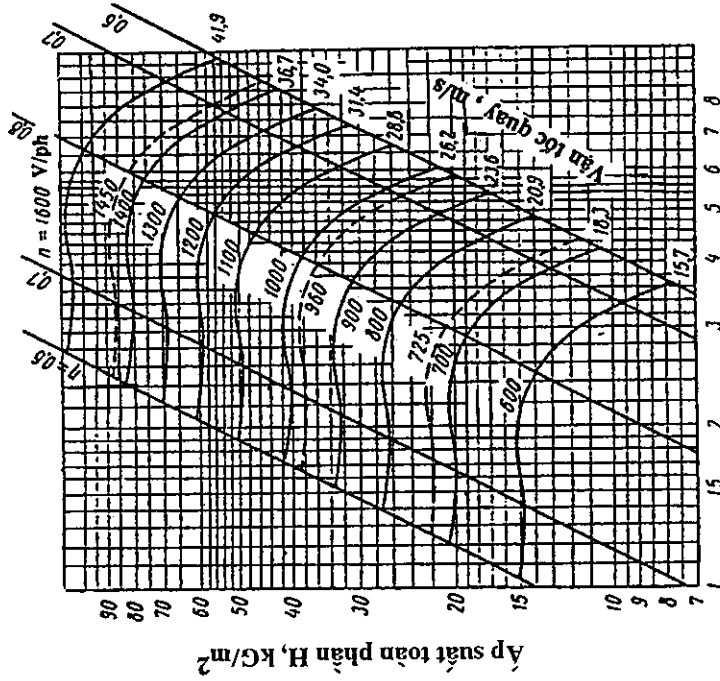
Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h



Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

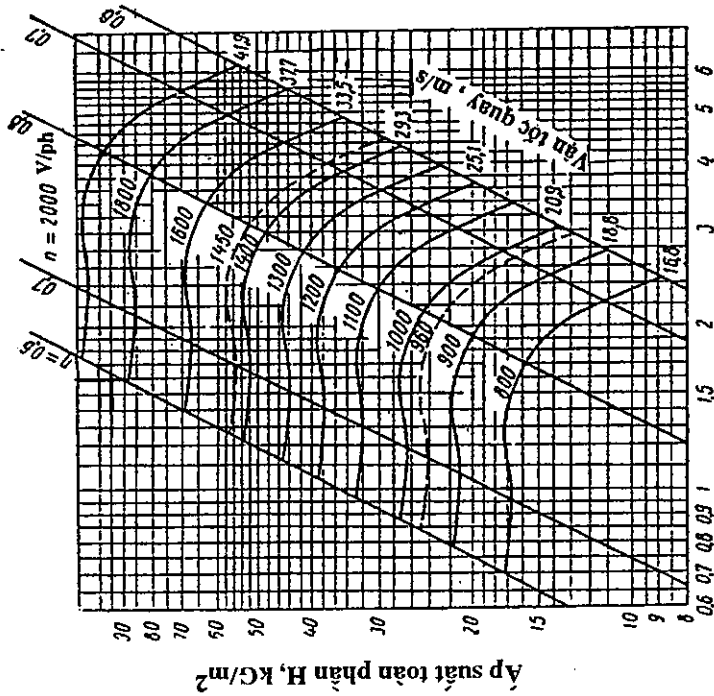
Quạt ly tâm Lj 4-70 N<sup>o</sup> 2/12

Quạt ly tâm Lj 4-70 N<sup>o</sup> 3



Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

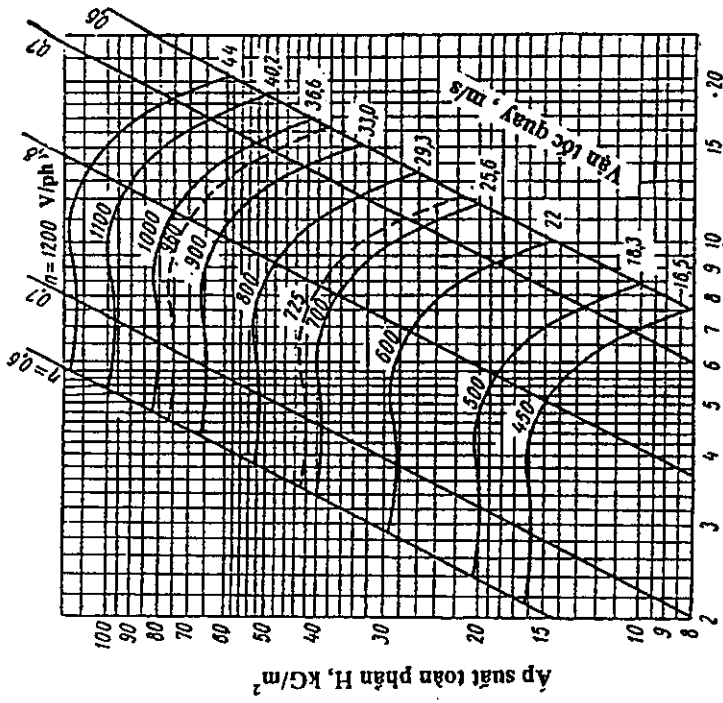
Quạt ly tâm U 4-70 N<sup>o</sup> 5



Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

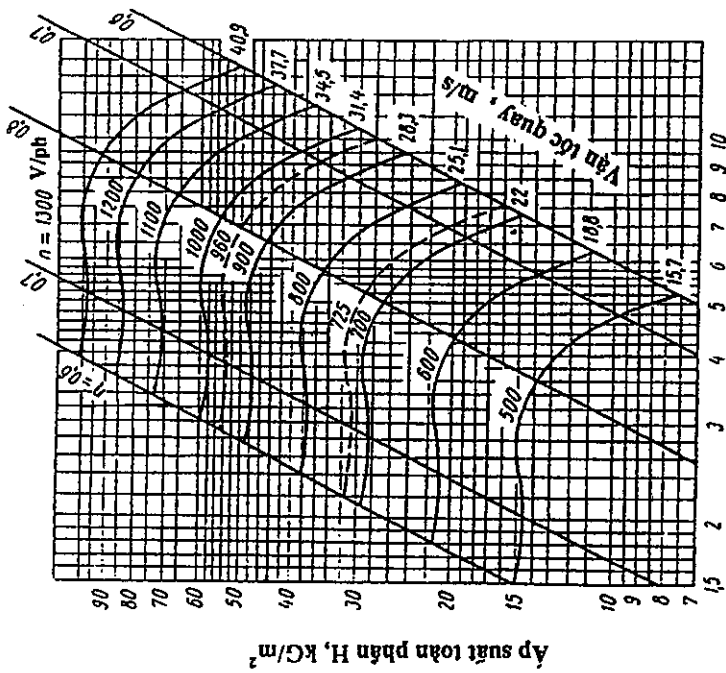
Quạt ly tâm U 4-70 N<sup>o</sup> 4





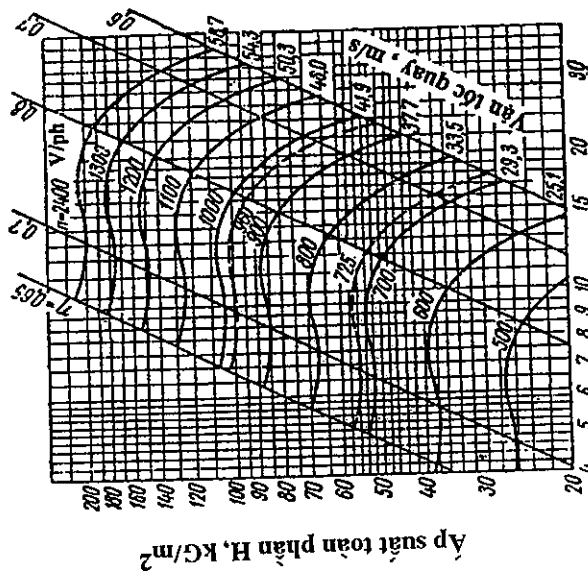
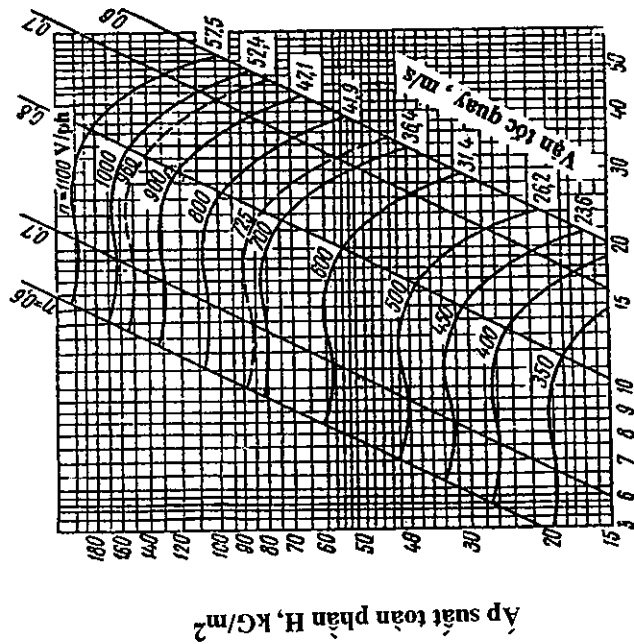
Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

Quạt ly tâm Q 4-70 N<sup>o</sup> 7



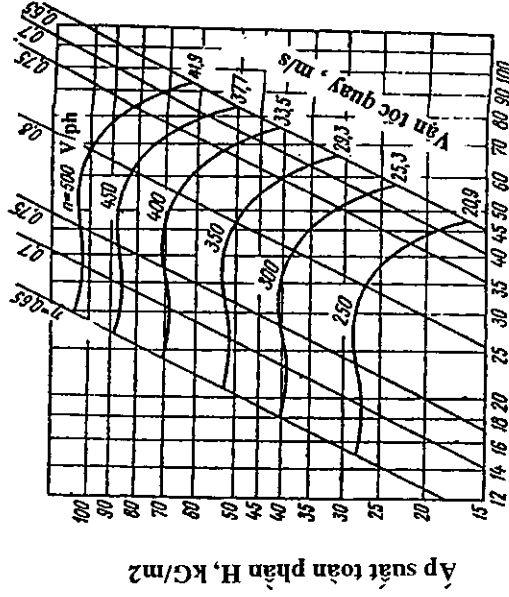
Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

Quạt ly tâm Q 4-70 N<sup>o</sup> 6

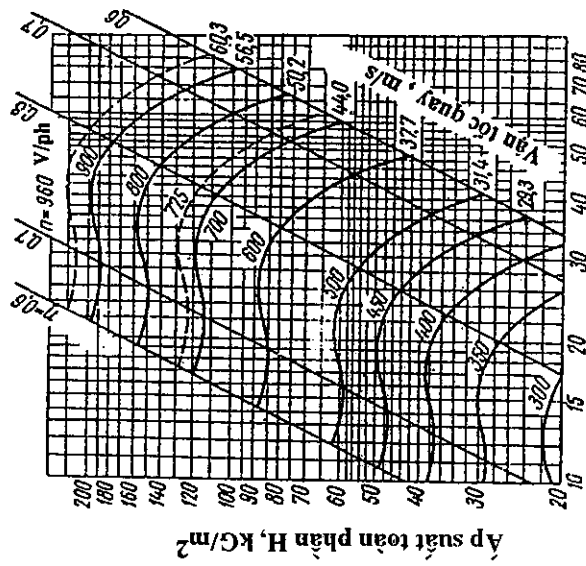


Quạt ly tâm L 4-70 N<sup>o</sup> 10

Quạt ly tâm L 4-70 N<sup>o</sup> 8



Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

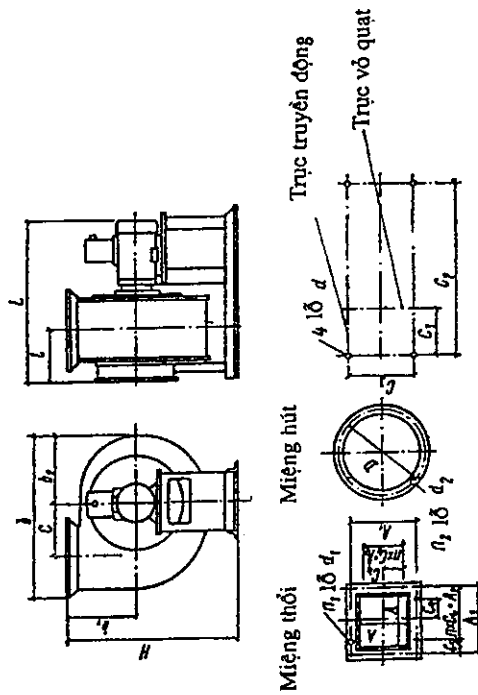


Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

Quạt ly tâm L 4-70 N<sup>o</sup> 16

Quạt ly tâm L 4-70 N<sup>o</sup> 12

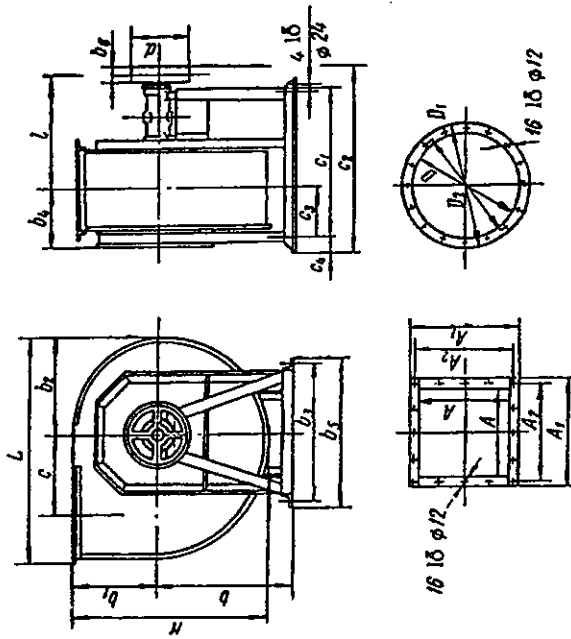
KÍCH THƯỚC CHẾ TẠO VÀ LẮP ĐẶT (mm) CỦA QUẠT LY TÂM 4-70 LOẠI CHỐNG TIA LỬA



N <sup>o</sup> quạt	H	L	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	d	l	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	d <sub>1</sub>	n <sub>2</sub> cái	n cái	D	d <sub>z</sub>	n <sub>x</sub> cái
2,5	545	554	481	197	204	162,5	126	400	260	12	156,5	175	204	204	102	-	7	2	8	280	7	8
3,2	630	726	603	240	256	208	160	560	340	12	181	224	255	200	100	55	7	2	12	345	7	8
4	761	702	743	291	316	260	200	650	370	12	210	280	310	200	100	40	7	2	12	430	7	8
5	936	838	918	354	391	325	230	730	390	12	246,5	350	380	300	100	40	7	3	16	530	7	16
6,3	1195	1090	1146	435	486	409,5	285	1000	480	15	290,5	445	480	400	100	40	7	4	20	660	7	16
8	1461	1282	1453	531	611	520	255	1100	720	18	388	564	600	600	150	-	10	4	16	830	10	24
10	1826	1475	1807	656	765	650	426	1260	840	18	454	700	750	750	150	-	12	5	20	1035	12	24

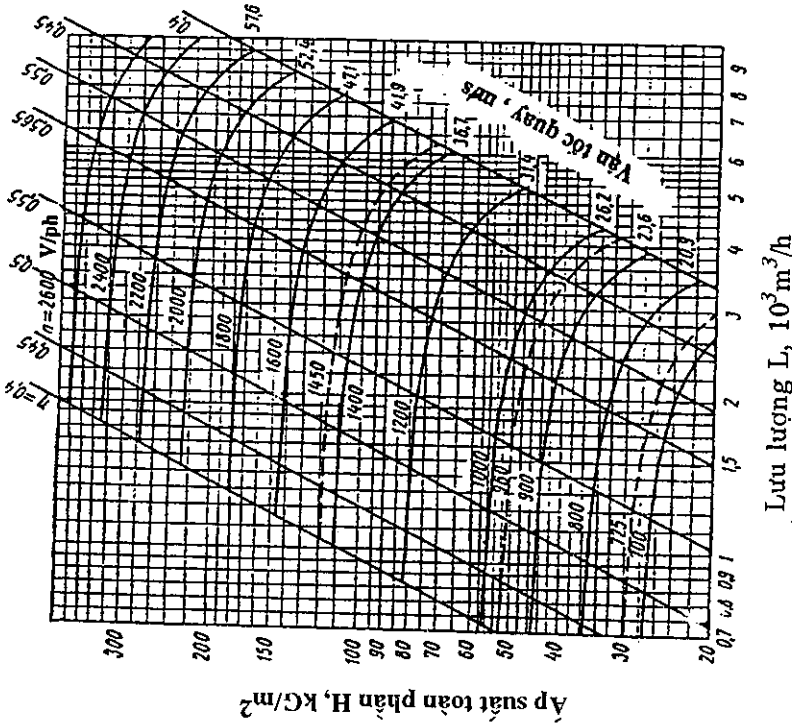


KÍCH THƯỚC CHẾ TẠO VÀ LẮP ĐẶT (mm) CỦA QUẠT LI TÂM L 4-70 N<sup>o</sup> 8, 10, 12

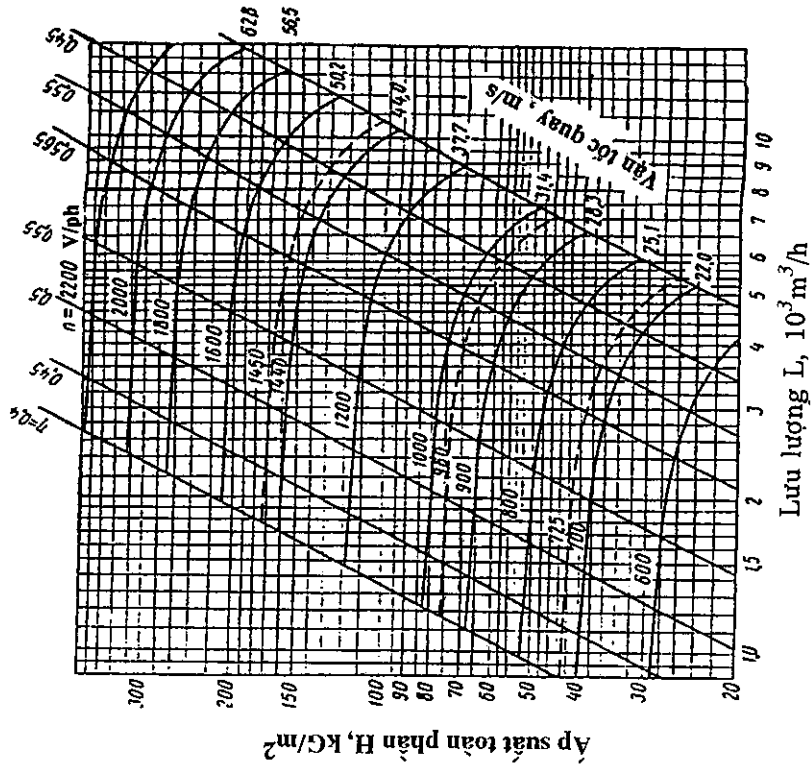


N <sup>o</sup> quạt	H	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	L	c	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	l	b <sub>6</sub>	d	Trong lượng (kg) (không kể động cơ)	Miếng thời				Miếng hút			
																		A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Số lỗ	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	Số lỗ
8	1236	890	518	616	870	365	926	1455	520	1040	1255	350	74	776	110	400	340	560	636	600	16	720	760	800	16
10	-	1100	-	768	1200	415	1260	1810	650	1100	1375	325	100	895	112	500	480	700	786	750	16	904	944	976	16
12	1836	1310	768	918	1400	485	1470	2160	780	1200	1625	350	150	1050	150	600	732	840	890	600	16	1024	1124	1158	16

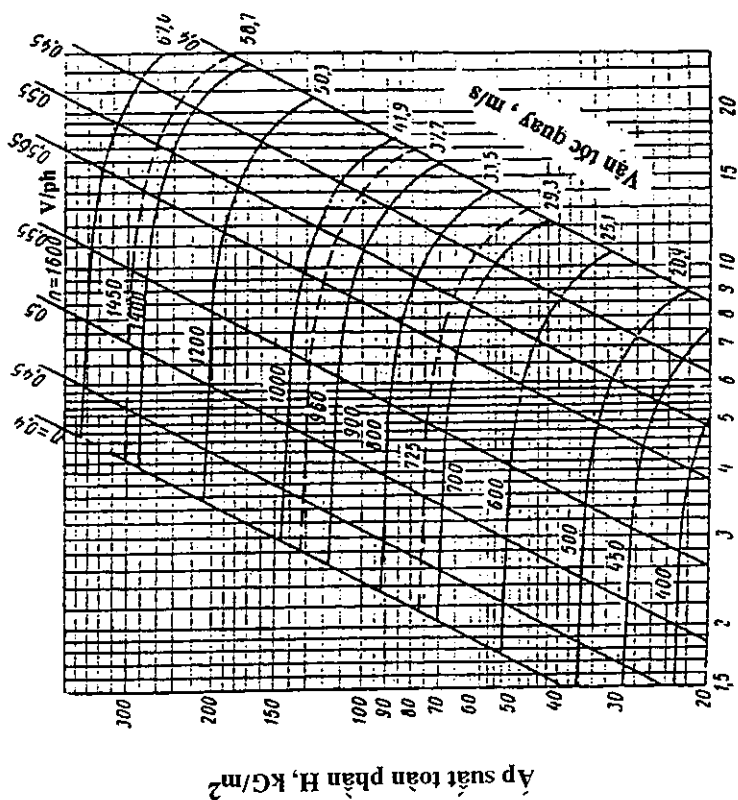
QUẠT LI TÂM HÚT BỤI LII



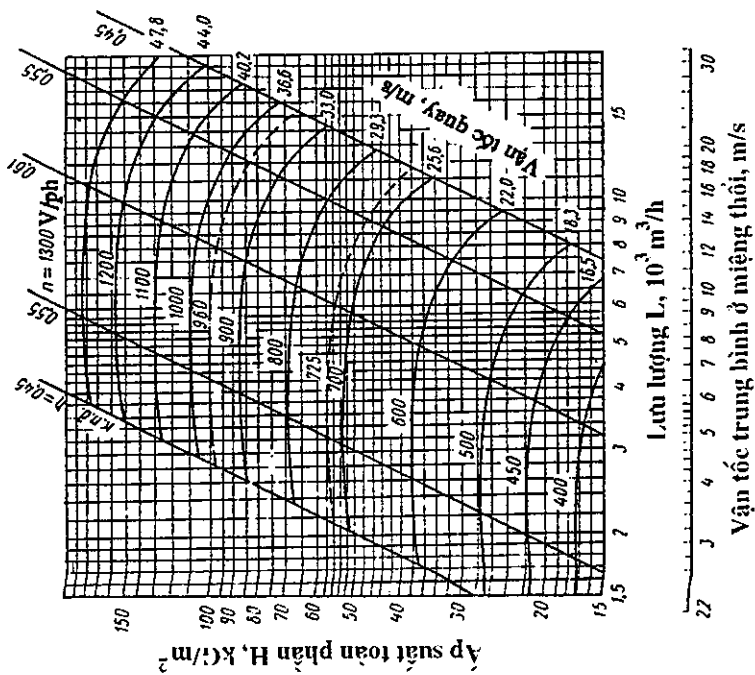
Quạt ly tâm LII Π.7-40 N<sup>o</sup> 5



Quạt ly tâm LI Π.7-40 N<sup>o</sup> 6



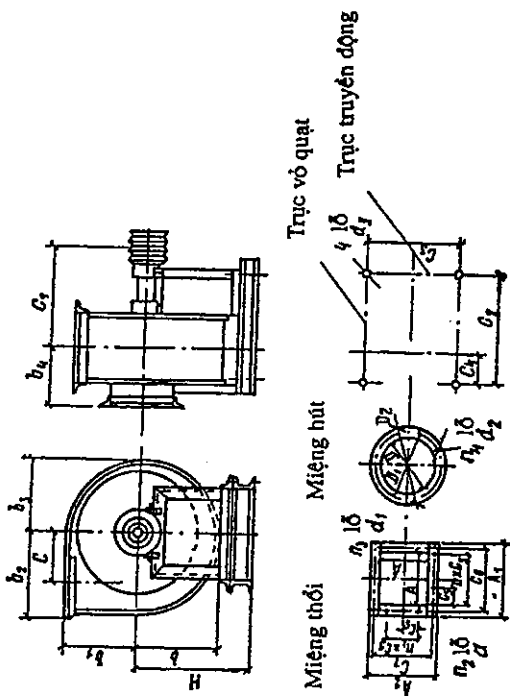
Quạt ly tâm ЦП 7-40 N<sup>2</sup> 8



Quạt ly tâm (bụi) ЦП 6-46 N<sup>2</sup> 7



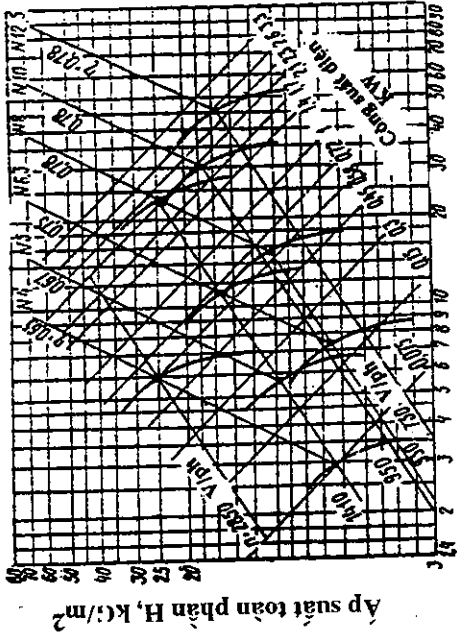
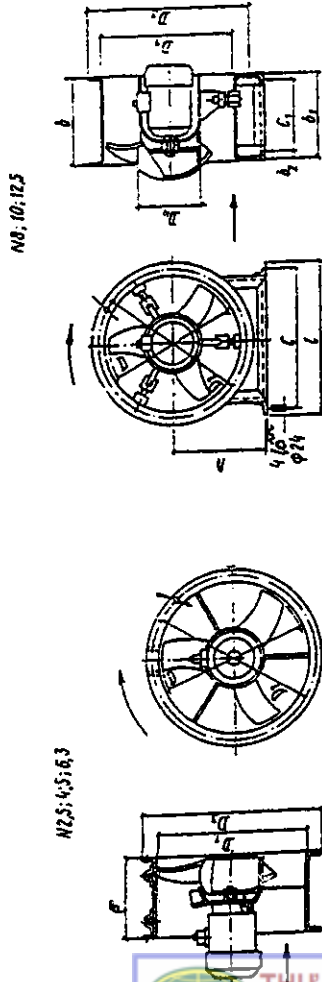
KÍCH THƯỚC CHẾ TẠO VÀ LẮP ĐẶT (mm) CỦA QUẠT BỤI Π 7-40



N <sup>o</sup> quạt	H	b	b1	b2	b3	b4	C	C1	C2	C3	C4	d3	A	A1	A2	C <sub>g</sub>
5	530	376	300	435	338	250	250	490	500	490	150	18	300	372	372	100
6	620	450	360	516	405	300	300	550	600	570	160	18	360	433	434	100
8	820	595	475	688	535	400	400	774	900	710	230	20	480	588	570	100

N <sup>o</sup> quạt	C6	C7	n1, cái	n1, cái	d	n2, cái	d1	n2	D	D1	D2	d2	n1, cái	Trọng lượng kg
5	346	344	3	2	11	11	M10	3	300	342	368	11	12	147
6	405	405	2	2	11	13	M10	3	360	402	428	11	12	217
8	540	534	5	4	12	17	M12	5	480	530	562	12	16	571

KÍCH THUỐC CẤU TẠO VÀ BIỂU ĐỒ ĐẶC TÍNH  
CỦA QUẠT TRỤC 06-300



Lưu lượng L, 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/h

Ố quạt N <sup>o</sup>	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	C	C <sub>1</sub>	l	h	d	n	Trọng lượng (không kể động cơ) Kg
4	400	403	430	460	160	200	-	-	-	-	-	-	7	8	10
5	500	503	530	560	200	250	-	-	-	-	-	-	7	16	17
6,3	630	633	660	690	252	315	-	-	-	-	-	-	7	16	32
8	800	805	830	860	320	320	315	32,5	750	250	806	550	10	16	51
10	1000	1006	1035	1060	400	400	394	32	900	330	960	670	12	16	102
12,5	1250	1258	1285	1320	500	500	494	47	1100	400	1160	850	12	24	157

PHỤ LỤC 6A : BẢNG TÍNH ĐỔI ĐƠN VỊ TỪ HỆ KÍ THUẬT MKGS SANG HỆ SI

TT	Đại lượng	Hệ thống đơn vị kĩ thuật M.K.G.S		Đơn vị ngoài hệ thống		Hệ thống đơn vị quốc tế SI		Công thức tính đổi ra đơn vị SI
		Tên đơn vị	Kí hiệu	Tên đơn vị	Kí hiệu	Tên đơn vị	Kí hiệu	
1	Độ dài	Mét	m	-	-	Mét	m	Đơn vị cơ bản
2	Khối lượng	Kilogram lực - giây bình phương trên mét	$\text{kG.s}^2/\text{m}$	-	-	Kilogram	kg	$1\text{kG.s}^2/\text{m} = 9,81 \text{ kg}$
3	Thời gian	Giây	s	-	-	Giây	s	Đơn vị cơ bản
4	Lực	Kilogram lực	kG	-	-	Niuton	N	$1 \text{ kG} = 9,81\text{N}$
5	Trọng lượng đơn vị	Kilogram lực trên mét khối	$\text{kG}/\text{m}^3$	-	-	Niuton trên mét khối	$\text{N}/\text{m}^3$	$1\text{kG}/\text{m}^3 = 9,81 \text{ N}/\text{m}^3$
6	Mật độ (khối lượng đơn vị)	Kilogram lực - giây bình phương trên mét mũ bốn	$\text{kG.s}^2/\text{m}^4$	-	-	Kilogram trên mét khối	$\text{kg}/\text{m}^3$	$1\text{kG.s}^2/\text{m}^4 = 9,81 \text{ kg}/\text{m}^3$
7	Công, nhiệt lượng năng lượng	Kilogram lực - mét	kG.m	Kilôoat - giờ Kilocalo Đơn vị nhiệt Anh quốc	k W.h kcal BTU	Jun	J	$1 \text{ kG.m} = 9,81\text{J}$ $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$ $1 \text{ kcal} = 426,8 \text{ kG.m} = 4187\text{J}$ $1\text{BTU} = 107,6 \text{ kG.m} = 1055 \text{ J}$
8	Công suất	Kilogram lực - mét trên giây	$\text{kG.m}/\text{s}$	Ngựa	HP (Horse - Power)	Oát	W	$1 \text{ kG.m}/\text{s} = 9,81 \text{ W}$ $1 \text{ HP} = 75 \text{ kG.m/s} = 735,5 \text{ W}$
9	Áp suất	Kilogram lực trên mét vuông	$\text{kG}/\text{m}^2$	- Milimét cột thủy ngân - Milimét cột nước	mmHg mmH <sub>2</sub> O	Niuton trên mét vuông hoặc Pascal	$\text{N}/\text{m}^2$ hoặc Pa	$1 \text{ kG}/\text{m}^2 = 9,81 \text{ N}/\text{m}^2$ (hoặc Pa) $1\text{mmHg} = 133,3 \text{ N}/\text{m}^2$ (hoặc Pa) $1\text{mmH}_2\text{O} = 9,81 \text{ N}/\text{m}^2$ (hoặc Pa)
10	Hệ số nhớt động lực học	Kilogram lực - giây trên mét vuông	$\text{kG.s}/\text{m}^2$	-	-	Niuton - giây trên mét vuông	$\text{N.s}/\text{m}^2$	$1\text{kG.s}/\text{m}^2 = 9,81 \text{ N.s}/\text{m}^2$

BẢNG TÍNH ĐỔI ĐƠN VỊ TỪ HỆ KÍ THUẬT MKGS SANG HỆ SI (TIẾP)

TT	Đại lượng	Hệ thống đơn vị kỹ thuật M.K.G.S		Đơn vị ngoài hệ thống		Hệ thống đơn vị quốc tế SI		Công thức tính đổi ra đơn vị SI
		Tên đơn vị	Ký hiệu	Tên đơn vị	Ký hiệu	Tên đơn vị	Ký hiệu	
11	Hệ số nhớt động học (động hình học)	Mét vuông trên giây	m <sup>2</sup> /s	-	-	Mét vuông trên giây	m <sup>2</sup> /s	-
12	Vận tốc quay	Vòng trên phút	v/ph	-	-	Radian trên giây	Rad/s	1 v/ph = 0,105 Rad/s
13	Nhiệt độ	-	-	Độ Xenxi (độ bách phân)t	°C	Độ Kenvin (độ tuyệt đối) T	K	T = t + 273,15K
14	Nhiệt trị, Nhiệt dung - Entanpi	-	-	Kilocalo trên kilogam	kcal/kg	Jun hoặc kilojun trên kilogam	J/kg hoặc kJ/kg	1 kcal/kg=4187 J/kg=4,187kJ/kg
15	Nhiệt dung riêng - Tỉ nhiệt	-	-	Kilocalo trên kilogam - độ Xenxi (độ C)	kcal/kg °C	Jun hoặc kilojun trên kilogam - độ Ken vin	J/kg.K hoặc kJ/kg.K	1 kcal/kg.°C=4187 J/kg. K = =4,187kJ/kg.K
16	Dòng nhiệt, công suất nhiệt, công suất lạnh	-	-	Kilocalo trên giờ BTU trên giờ	kcal/h BTU/h	Oát hoặc kilooát	W hoặc kW	1 kcal/h = 1,163 W = 1,163.10 <sup>-3</sup> KW 1BTU/h = 0,252 kcal/h = 0,293W
17	Hệ số truyền nhiệt, trao đổi nhiệt	-	-	Kilocalo trên mét vuông-giờ-độ Xenxi (độ C)	kcal/m <sup>2</sup> h °C	Oát hoặc kilooát trên mét vuông - độ Kenvin (độ K)	W/m <sup>2</sup> .K hoặc kW/m <sup>2</sup> .K	1kcal/m <sup>2</sup> .h.°C=1,163 W/m <sup>2</sup> .K =1,163.10 <sup>-3</sup> kW/m <sup>2</sup> .K
18	Hệ số dẫn nhiệt	-	-	Kilocalo trên mét - giờ - độ Xenxi (độ C)	kcal/m h °C	Oát hoặc kilooát trên mét - độ Kenvin (độ K)	W/m.K	1kcal/m.h.°C=1,163 W/m.K =1,163.10 <sup>-3</sup> kW/m.K



**PHỤ LỤC 6B: BẢNG CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG TỪ HỆ THỐNG ĐO LƯỜNG ANH (UK), MĨ (US) SANG HỆ THỐNG ĐO LƯỜNG QUỐC TẾ (SI) VÀ KÍ THUẬT (MKGS)**

Đơn vị đo	Kí hiệu của hệ đo lường Anh, Mĩ	Trị số qui đổi	
		Hệ SI	Hệ MKGS
1	2	3	4
<b>1. Đơn vị đo độ dài</b>			
1.1. Inch	in	0,0254 m	
1.2. Bộ - foot	ft	0,3048 m	
1.3. Thước Anh - yard	yd	0,9144 m	
1.4. Dặm - mile	mile	1609 m	
1.5. Hải lí	n.mile	1852 m	
<b>2. Đơn vị đo diện tích</b>			
2.1. Inch vuông	in <sup>2</sup>	6,4516 cm <sup>2</sup>	
2.2. Bộ vuông	ft <sup>2</sup>	0,0929 m <sup>2</sup>	
2.3. Yard vuông	yd <sup>2</sup>	0,8361 m <sup>2</sup>	
<b>3. Đơn vị đo thể tích</b>			
3.1. Inch khối	in <sup>3</sup>	16,387 cm <sup>3</sup>	
3.2. Bộ khối	ft <sup>3</sup>	0,0283 m <sup>3</sup>	
3.3. Yard khối	yd <sup>3</sup>	0,7646 m <sup>3</sup>	
3.4. Galon Anh	gal (UK)	4546 cm <sup>3</sup>	
3.5. Galon Mĩ	gal (US)	3785 cm <sup>3</sup>	
3.6. Pint Anh	pt (UK)	568 cm <sup>3</sup>	
3.7. Pint chất lỏng Mĩ	liq.pt (US)	473 cm <sup>3</sup>	
3.8. Pint chất rời Mĩ	dry pt (US)	550,6 cm <sup>3</sup>	
3.9. Thùng dầu	barrel (US)	0,159 m <sup>3</sup>	
<b>4. Đơn vị đo vận tốc</b>			
4.1. Bộ trên giây	ft/s	0,3048 m/s 1,0973 km/h	
4.2. Dặm trên giờ	mile/h	0,447 m/s 1,609 km/h	
<b>5. Đơn vị đo gia tốc</b>			
5.1. Bộ trên giây bình phương	ft/s <sup>2</sup>	0,3048 m/s <sup>2</sup>	

1	2	3	4
<b>6. Đơn vị đo khối lượng</b>			
6.1. Cân Anh (Libra, pound)	lb	0,4536 kg	
6.2. Slug	slug	14,59 kg	
6.3. Tồn Anh	ton (UK)	1016 kg	
6.4. Tồn ngắn	sh.ton	907 kg	
<b>7. Đơn vị đo lực</b>			
7.1. Libra lực – Pound lực	lbf	4,45 N	0,454 kG
7.2. Poundal	pdl	0,138 N	0,0141 kG
<b>8. Đơn vị đo áp suất</b>			
8.1. Poundal trên bộ vuông	pdl/ft <sup>2</sup>	1,488N/m <sup>2</sup>	0,152 kG/m <sup>2</sup>
8.2. Libra lực trên bộ vuông	lbf/ft <sup>2</sup>	47,897 N/m <sup>2</sup>	4,883 kG/m <sup>2</sup>
8.3. Libra lực trên inch vuông (psia – áp suất tuyệt đối – pounds per square inch absolute, psig – áp suất dư – pounds per square inch gauge)	psi = lbf/in <sup>2</sup>	6897,2 N/m <sup>2</sup>	703 kG/m <sup>2</sup> = 703 mm H <sub>2</sub> O = 0,0703 kG/m <sup>2</sup>
8.4. Inch cột nước	in H <sub>2</sub> O	249,2 N/m <sup>2</sup>	25,4 kG/ m <sup>2</sup> = 25,4 mm H <sub>2</sub> O
8.5. Inch cột thủy ngân	in Hg	3388,8 N/m <sup>2</sup>	345,4 kG/m <sup>2</sup> = 345,4 mm H <sub>2</sub> O
8.6. Bộ cột nước	ft H <sub>2</sub> O	2990 N/m <sup>2</sup>	≈ 305 kG/m <sup>2</sup> = 305 mm H <sub>2</sub> O
<b>9. Đơn vị đo độ nhớt động lực (Dynamic)</b>			
9.1. Poundal × giây trên bộ vuông	pdl.s/ft <sup>2</sup>	1,488 Ns/m <sup>2</sup>	0,152 kGs/m <sup>2</sup>
9.2. Libra lực × giây trên bộ vuông	lbf.s/ft <sup>2</sup>	47,897 Ns/m <sup>2</sup>	4,883 kGs/m <sup>2</sup>
<b>10. Đơn vị đo độ nhớt động (Kinematic)</b>			
10.1. Stoke	St	10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s	
10.2. Bộ vuông trên giây	ft <sup>2</sup> /s	0,0929 m <sup>2</sup> /s	
<b>11. Đơn vị đo công và năng lượng</b>			
11.1. Poundal × bộ (poundal × foot)	ft.pdl	0,0421 J	0,00429 kGm
11.2. Libra lực × bộ	ft.lbf	1,3564 J	0,1383 kGm
11.3. Đơn vị nhiệt Anh	BTU	1055 J	107,5 kGm = 0,252 kcal
<b>12. Đơn vị đo công suất</b>			
12.1. Libra lực × bộ trên giây	ft.lbf/s	1,3564 W	0,1383 kGm/s
12.2. Poundal × bộ trên giây	ft.pdl/s	0,0421 W	0,00429 kGm/s
12.3. Đơn vị nhiệt Anh trên giờ	BTU/h	0,293 W	0,252 kcal/h
12.4. Mã lực Anh	hp (UK)	745,7 W	76 kGm/s = 1,01387 HP

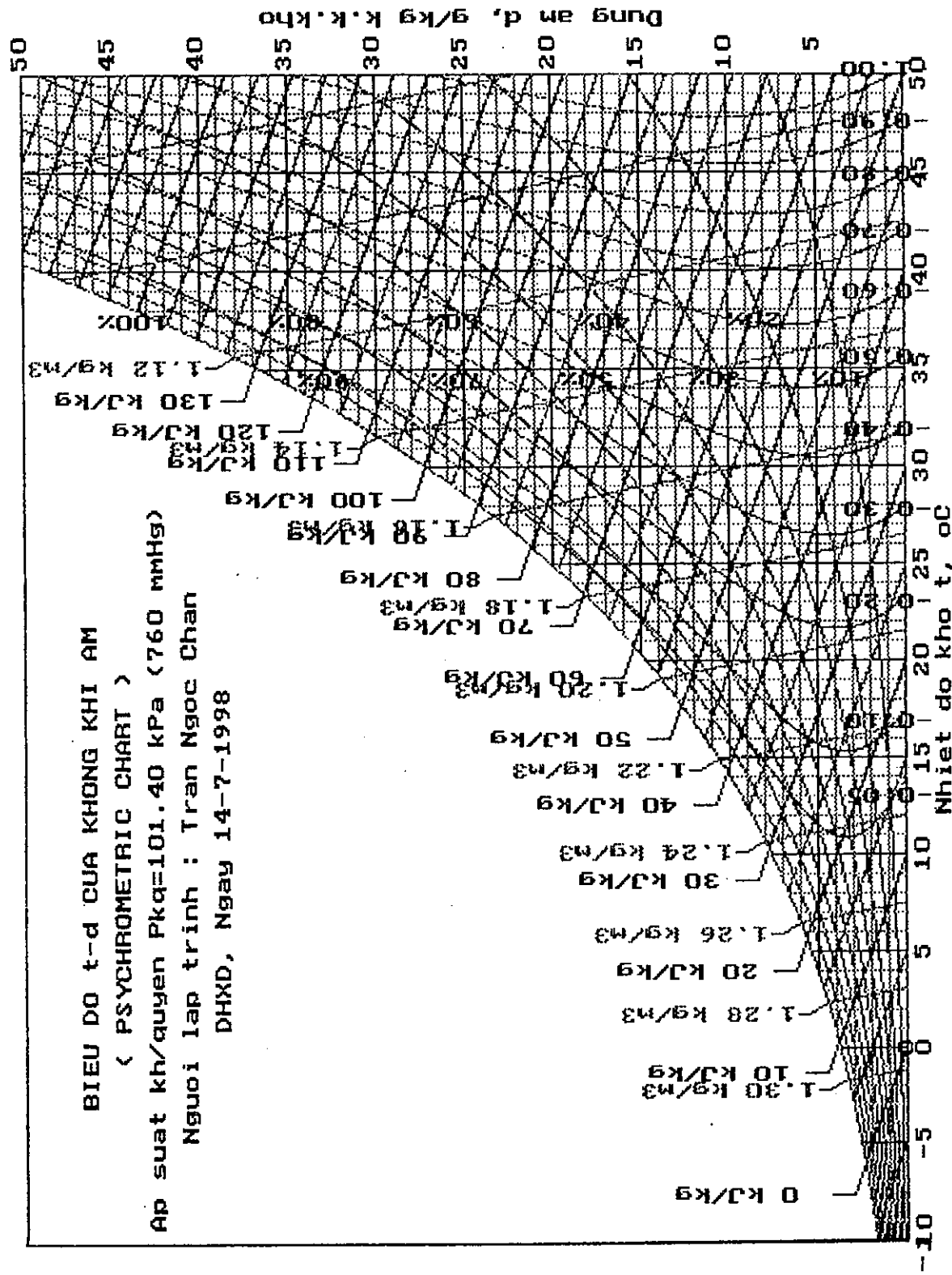
1	2	3	4
<b>13. Đơn vị đo nhiệt</b>			
13.1. Nhiệt độ Rankine ( $t^{\circ}\text{R}$ )	$\Delta t = 1^{\circ}\text{R}$ Mốc $0^{\circ}\text{R}$ ứng với $t^{\circ}\text{R} = \frac{9}{5} T^{\circ}\text{K} = \frac{9}{5} (273,15 + t^{\circ}\text{C})$ $t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15 = \frac{5}{9} t^{\circ}\text{R} - 273,15$	$= \frac{5}{9} ^{\circ}\text{K}$ $0^{\circ}\text{K}$	$= \frac{5}{9} ^{\circ}\text{C}$ $-273,15^{\circ}\text{C}$
13.2. Nhiệt độ Fahrenheit ( $t^{\circ}\text{F}$ )	$\Delta t = 1^{\circ}\text{F}$ Mốc $0^{\circ}\text{F}$ ứng với (hoặc mốc $0^{\circ}\text{C}$ ứng với $32^{\circ}\text{F}$ ) $t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t^{\circ}\text{C} + 32$ $t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (t^{\circ}\text{F} - 32)$	$= \frac{5}{9} ^{\circ}\text{K}$ $255,37^{\circ}\text{K}$	$= \frac{5}{9} ^{\circ}\text{C}$ $-17,78^{\circ}\text{C}$
13.3. Hệ số dẫn nhiệt $\lambda$	BTU/ft.s. $^{\circ}\text{F}$	6230 W/m $^{\circ}\text{K}$	5357,8 $\frac{\text{kcal}}{\text{mh}^{\circ}\text{C}}$
13.4. Hệ số truyền nhiệt k, trao đổi nhiệt $\alpha$	BTU/ft $^2$ .s. $^{\circ}\text{F}$	20440W/m $^2$ $^{\circ}\text{K}$	17578 $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}}$
13.5. Tỉ nhiệt - Nhiệt dung riêng C	BTU/lb. $^{\circ}\text{F}$	4187 J/kg $^{\circ}\text{K}$	1 kcal/kg. $^{\circ}\text{C}$
13.6. Công suất lạnh	Tồn lạnh Mĩ (RT) = 12015 BTU/h	3,521 kW	3028 kcal/h

**PHỤ LỤC 6C : CÔNG THỨC CỦA CÁC ĐẠI LƯỢNG THỦY KHÍ ĐỘNG HỌC VÀ NHIỆT KỸ THUẬT CHỦ YẾU TRONG  
HỆ THỐNG ĐƠN VỊ KỸ THUẬT (MKGS) VÀ HỆ THỐNG ĐƠN VỊ QUỐC TẾ (SI)**

TT	Tên đại lượng	Hệ đơn vị kĩ thuật (MKGS)		Hệ đơn vị quốc tế (SI)		Quan hệ giữa các đơn vị đo	
		Công thức	Đơn vị	Công thức	Đơn vị		
1	2	3	4	5	6	7	
1	<b>Áp suất (A/s)</b> - A/s tĩnh  - A/s động  - A/s toàn phần	$p_x = \gamma H$	kG/m <sup>2</sup>	$p_x = \rho g H$	N/m <sup>2</sup>	1kG/m <sup>2</sup> = 9,80665 N/m <sup>2</sup> 760 mmHg = 10332,5 kG/m <sup>2</sup> = 101325 N/m <sup>2</sup>	
		$p_d = \frac{v^2}{2g} \gamma$	-nt-	$p_d = \rho \frac{v^2}{2}$	-nt-	-nt-	1 Bar = 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> = 1,01972 kG/cm <sup>2</sup>
		$p_{tp} = p_x + p_d = p_x + \frac{v^2}{2g} \gamma$	-nt-	$p_{tp} = p_x + p_d = p_x + \rho \frac{v^2}{2}$	-nt-	-nt-	1mmHg = 1kG/m <sup>2</sup> = 9,80665 N/m <sup>2</sup> 760mmHg = 1,01325 Bar
2	<b>Vận tốc chảy</b> - Theo cột nước  - Theo chênh lệch áp suất  - Theo chênh lệch entanpy (nhiệt dung) (A- đương lượng nhiệt- công)	$v = \sqrt{2gH}$	m/s	$v = \sqrt{2gH}$	$\left(\frac{m \cdot m}{s^2}\right)^{1/2} = m/s$	$v^2 = 2 \times$ (Giá tăng năng lượng riêng)/SI	
		$v = \sqrt{\frac{\Delta p}{2g \gamma}}$	m/s	$v = \sqrt{\frac{\Delta p}{2 \rho}}$	$\left(\frac{N \cdot m^3}{m^2 \cdot kg}\right)^{1/2} = m/s$		
		$v = \sqrt{\frac{\Delta i}{2g \Lambda}}$	m/s	$v = \sqrt{2 \Delta i}$	$\left(\frac{J}{kg}\right)^{1/2} = m/s$		



1	2	3	4	5	6	7
3	Hệ số nhớt - Hệ số nhớt động lực (Dynamic)  - Hệ số nhớt động (Kinetic)	$ \mu  = \frac{\tau}{\frac{dv}{dn}}$  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$	kG s/ m <sup>2</sup>  m <sup>2</sup> /s	$ \mu  = \frac{\tau}{\frac{dv}{dn}}$  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$	N s/ m <sup>2</sup> = kg/ m s  m <sup>2</sup> / s	IN s/ m <sup>2</sup> = $\frac{1}{9,80665}$ kGs/ m <sup>2</sup> = 10 dyn s/ cm <sup>2</sup> = 10 poises = 10 g/ cm s (1N = 10 <sup>5</sup> dyn ; 1kG ≈ 10 <sup>6</sup> dyn) Vé trị số : 1MKGS ≈ 1/9SI
4	Cột áp toàn phần	$H = H_t + H_d = Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$	m	$H = H_t + H_d = Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$	m	Vé trị số : HMKGS = HSI
5	Năng lượng riêng toàn phần	$e = e_t + e_d = Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = H$	m	$e = e_t + e_d = Z + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = gH$	J/ kg	1kGm/ kg = 9,80665 J/ kg
6	Entanpy ( Nhiệt dung ) của không khí ẩm t - Nhiệt độ bách phân, °C T - Nhiệt độ tuyệt đối, °K d - Dung ẩm g/ kgkkhó	$I = 0,24t + (597,3 + 0,44t) \frac{d}{1000}$	kcal/ kgkkhó	$I = 1,005T + (1998 + 1,84T) \frac{d}{1000} - 274,365$ hoặc : $I = 1,005t + (2500 + 1,84t) \frac{d}{1000}$	kJ/ kgkkhó	1 kcal/ kg = 4,187 kJ/ kg



**BIỂU ĐỘ t-d CỦA KHÔNG KHÍ ẤM**

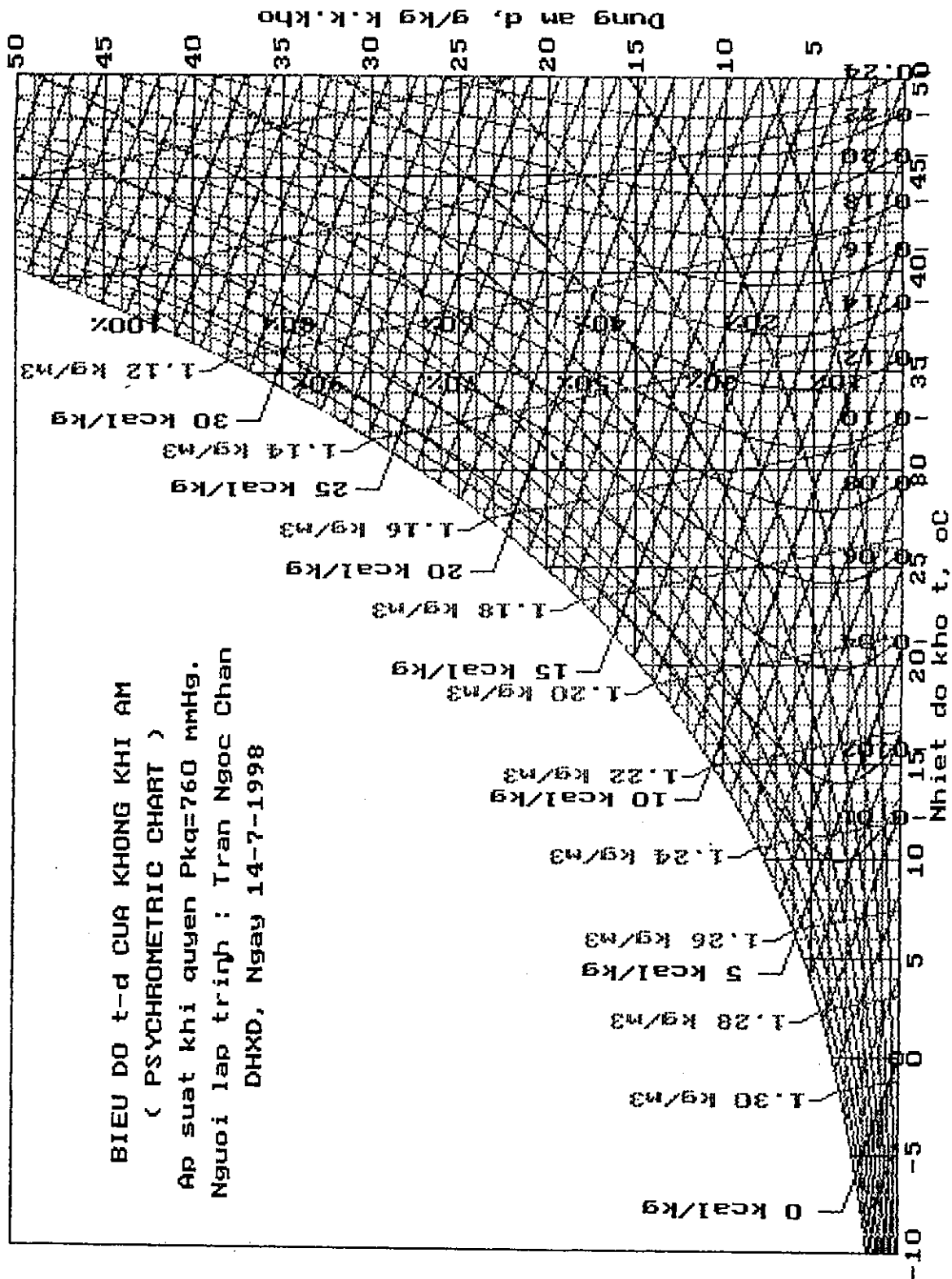
( PSYCHROMETRIC CHART )

Áp suất kh/quyển Pkq=101.40 kPa (760 mmHg)

Người lập trình : Trần Ngọc Chan

DHXD, Ngày 14-7-1998

BIỂU ĐỒ t-d CỦA KHÔNG KHÍ ẤM  
 ( PSYCHROMETRIC CHART )  
 Áp suất khí quyển  $P_k = 760$  mmHg.  
 Người lập trình : Trần Ngọc Chan  
 DHXD, Ngày 14-7-1998



# TÀI LIỆU THAM KHẢO

## Tài liệu tiếng Nga

1. Antosun A. D. và Kixélev P. G.  
Thủy lực và khí động học. Matscova, 1965.
2. Baratov E. I. và Treronhác V. P.  
Tính toán nhiệt và phương pháp làm lạnh không khí mở trong xây dựng hầm lò. Matscova, 1968.
3. Baturin, V. V.  
Cơ sở thông gió công nghiệp. Tái bản lần thứ 3. Nhà xuất bản công đoàn Liên Xô, 1965.
4. Bogoslovski V. N.  
Nhiệt vật lí xây dựng. Matscova, 1970.
5. Bogoslovski V. N., Kokorin O. iA. và Petrov L. V.  
Điều hoà không khí và cấp lạnh. Matscova, 1985.
6. Boguslavski L. Đ.  
Kinh tế cấp nhiệt và thông gió. Matscova, 1977.
7. Bromlay M. F.  
Sưởi ấm và thông gió trong các phân xưởng đúc. Nhà xuất bản công đoàn, Matscova, 1955.
8. Butakov S. E.  
Cơ sở thông gió các phân xưởng nóng. Sverdlovsk, 1962.
9. Danhin E. H. và Philippov U. M.  
Thông gió và cấp nhiệt trong các xí nghiệp công nghiệp xây dựng. Leningrat, 1970.
10. Dakharov iU. V.  
Hệ thống Điều hòa không khí và trạm lạnh tàu biển. Leningrat, 1972.
11. Dlobinski B. M. (chủ biên)  
Sổ tay an toàn lao động trong sản xuất, nghiên cứu và thử nghiệm. Matscova, 1964.
12. Đomoratski S. I.  
Sổ tay về lắp đặt các hệ thống thông gió công nghiệp. Matscova, 1972.
13. Eghiadorov A. G.  
Chế tạo các chi tiết của hệ thống thông gió. Matscova, 1976.
14. Enterman V. M.  
Thông gió trong công nghiệp hoá chất. Matscova, 1971.
15. Gettrinxon F.  
Thiết kế hệ thống sưởi và thông gió. Matscova, 1959.
16. Gluskov L. A.  
Chống bức xạ trong các phân xưởng cán thép. Matscova, 1968.
17. Guxev L. M.  
Cấp nhiệt và thông gió. Leningrat, 1973.

18. Kalinuskin M. P.  
Hệ thống máy quạt. Mátscova, 1967.
19. Kamenhep P. N.  
Sưởi ấm và thông gió. Tập 1 và 2. Mátscova, 1959.
20. Kamenhep P. N., Skanavi A. N., Bogoslovski V. N., Eghiadarov A. G. và Seglov V. P.  
Sưởi ấm và thông gió - Tập 1 và 2. Mátscova, 1975.
21. Kisxin M. I.  
Sưởi ấm và thông gió. Nhà xuất bản Xây dựng, 1949.
22. Konstantinova V. E.  
Tính toán trao đổi không khí trong nhà ở và nhà công cộng. Mátscova, 1964.
23. Korenkov V. E.  
Phương pháp mới để tính toán và đánh giá vi khí hậu nhà ở.  
Thông tin Vật lý Xây dựng và Kiến trúc Liên Xô, N<sup>o</sup> 4, 1959.
24. Kutreruk V. V.  
Lọc sạch bụi trong không khí thông gió. Mátscova, 1963.
25. Ladúgienski R. M.  
Điều hoà không khí. Mátscova, 1957.
26. Lúkov A. V. (chủ biên)  
Nhiệt vật lý xây dựng. Mátscova - Leningrat, 1966.
27. Makximov G. A.  
Sưởi ấm và thông gió. Mátscova, 1955.
28. Mekler V. iA.  
Thông gió và Điều hòa không khí trong nhà máy chế tạo cơ khí. Mátscova, 1980.
29. Montranov B. S. và Triotkov V. A.  
Thiết kế thông gió công nghiệp. Leningrat - Mátscova, 1964.
30. Nhesterenko A. V.  
Cơ sở tính toán nhiệt của Thông gió và Điều hòa không khí. Mátscova, 1971.
31. Péklov A. A. và Stépanova I. A.  
Điều hòa không khí. Kiev, 1978.
32. Poliakov A. Kh.  
Thiết kế thông gió đường hầm. Mátscova, 1971.
33. Retter E. I. và Strigienov S. I.  
Khí động học công trình nhà cửa. Mátscova, 1968.
34. Rót A. V.  
Tính toán nhiệt kĩ thuật tổng hợp kết cấu bao che. Leningrat, 1970.
35. Ruxin S. A.  
Hệ thống thông gió trong các nhà máy chế tạo cơ khí. Sổ tay tra cứu. Mátscova, 1960.
36. Sêkin R. V. và tập thể nhiều tác giả.  
Cẩm nang tra cứu Cấp nhiệt và Thông gió. Kiev, 1976.
37. Shaprixki V. N.  
Thông gió và sưởi ấm các phân xưởng cán thép. Mátscova, 1968.
38. Staroverov I. G. (chủ biên)  
Cẩm nang thiết kế Thông gió và Điều hòa không khí - Tập 2. Mátscova, 1969 và 1977.

39. Stromberg I.A. A.  
Thông gió và Điều hòa không khí trong công nghiệp chế biến chè. Matscova, 1964.
40. Suối ẩm và Thông gió nhà ở và nhà công cộng.  
Tuyển tập số 7 và 17 các công trình NCKH của Viện nghiên cứu KHKT Vệ sinh.  
Matscova, 1961 và 1966.
41. Taliev V. N.  
Khí động học thông gió. Matscova, 1963.
42. Teterevnikov V. N.  
Suối ẩm và Thông gió trong các nhà máy luyện kim đen và chế biến kim loại. Matscova, 1954.
43. Voronhin G. I.  
Cơ sở nhiệt động học và truyền nhiệt. Matscova, 1958.

#### Tài liệu tiếng Anh, Đức, Pháp.

44. Barton J. J.  
Heating and Ventilating. Principles and Praticce. London, 1964.
45. Baturin V. V.  
Fundamentals of industrial ventilation Oxf, 1972.
46. Belding H. S., Hatch T. F.  
Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains.  
Heat pip. and Air Cond., 27 :129, 1955.
47. Hygiène du travail.  
Collaboration spéciale de la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec. Canada, 1985.
48. Kraft G.  
Lehrbuch der Heizungs-, Lüftungs-, und Klimatechnik.  
Band 2 : Lüftungs- und Klimatechnik. Dresden, 1976.
49. Mikheyev M.  
Fundamentals of Heat transfer. Moscow, 1968.
50. Pazar C.  
Air and gas cleanup equipment. Park Ridge (N. J. ), Noyes Data Corp., 1970.
51. Vogt J. J., Metz B.  
Ambiances thermiques, dans : Scherrer J. "Précis de Physiologie du travail", 2<sup>e</sup> édition,  
Masson, Paris, 1981.

#### Tài liệu tiếng Việt

52. Trần Ngọc Chấn  
Kĩ thuật bảo hộ lao động. Phần Thông gió. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp. Hà Nội, 1976.
53. Phạm Ngọc Đăng  
Cơ sở khí hậu học của thiết kế kiến trúc.  
Nhà xuất bản Khoa học kĩ thuật, Hà Nội, 1981.
54. Hồng Hải Vỹ  
Các biện pháp chống nóng, chống ô nhiễm không khí trong và ngoài nhà công nghiệp.  
Nhà xuất bản Khoa học kĩ thuật, Hà Nội, 1993.

# MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
<b>Chương 1 : Những khái niệm chung về thông gió</b>	
1.1. Đặc tính lí hóa của môi trường không khí	5
1.2. Biểu đồ I-d của không khí ẩm và cách thiết lập	10
1.3. Biểu diễn các quá trình thay đổi trạng thái không khí trên biểu đồ I-d	17
1.4. Các thông số đặc biệt trên biểu đồ I-d	22
1.5. Tác dụng của môi trường không khí đối với cơ thể con người và sản xuất	24
1.6. Những chất có hại trong môi trường không khí xung quanh	43
<b>Chương 2 : Tổ chức thông gió</b>	
2.1. Các biện pháp thông gió trong nhà dân dụng và công nghiệp	46
2.2. Phương trình vi phân cơ bản của sự trao đổi không khí	49
2.3. Tính toán lưu lượng thông gió	51
2.4. Chuyển động của không khí trong các phòng được thông gió	58
<b>Chương 3 : Tổn thất nhiệt, tỏa nhiệt và hơi nước</b>	
3.1. Nhiệt độ tính toán của không khí ngoài trời và trong nhà	72
3.2. Tính toán tổn thất nhiệt qua các kết cấu bao che của nhà	74
3.3. Các dạng tỏa nhiệt trong công nghiệp	93
3.4. Tính toán nhiệt bức xạ mặt trời xuyên qua kết cấu bao che vào nhà	103
<b>Chương 4 : Cấu tạo của những bộ phận riêng biệt trong các hệ thống thông gió</b>	
4.1. Những bộ phận chính của hệ thống thông gió	119
4.2. Miệng thổi, các bộ phận phân phối không khí, hoa sen không khí	119
4.3. Miệng hút và cách bố trí	126
4.4. Ống dẫn không khí	130
4.5. Những bộ phận thu và thải không khí	138
4.6. Bố trí hệ thống hút thải khí có hại từ các khu phụ của nhà dân dụng và công cộng	139
4.7. Buồng máy của hệ thống thổi và hút (buồng thổi và buồng hút)	141
<b>Chương 5 : Chuyển động của không khí trong hệ thống ống dẫn</b>	
5.1. Biểu đồ phân bố áp suất trong hệ thống ống dẫn không khí	144
5.2. Tính toán hệ thống ống dẫn không khí	149
5.3. Tính toán ống dẫn tiết diện chữ nhật	158
5.4. Phương pháp tính toán thủy lực hệ thống đường ống thông gió	162
5.5. Hòa hợp các dòng trong chạc ba và tính toán các hệ thống hút theo vận tốc có lợi nhất	176
5.6. Tính toán hệ thống ống dẫn không khí phân bố đều	182

<b>Chương 6 : Sấy nóng và làm lạnh không khí</b>	
6.1. Sấy nóng không khí	190
6.2. Làm lạnh không khí	210
<b>Chương 7 : Thông gió cục bộ khử khí độc hại và chống nóng</b>	
Mở đầu	218
7.1. Xác định lượng hơi, khí độc hại tỏa vào phòng trong những trường hợp thường gặp	219
7.2. Tính chất gây nổ của các chất hơi, khí, bụi và biện pháp để phòng	226
7.3. Hút cục bộ - Nguyên lí làm việc và phương pháp tính toán	228
7.4. Thổi mát cục bộ bằng hoa sen không khí	246
<b>Chương 8 : Thông gió tự nhiên</b>	
8.1. Khái niệm chung và giả thiết cơ bản của thông gió tự nhiên	255
8.2. Thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa	257
8.3. Thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió	263
8.4. Thông gió tự nhiên dưới tác dụng tổng hợp của nhiệt thừa và gió	269
8.5. Xác định nhiệt độ không khí ra $t_R$ trong các phân xưởng nóng khi tính toán thông gió tự nhiên	274
8.6. Tính toán thông gió tự nhiên cho phân xưởng nhiều khẩu độ	280
8.7. Tính toán thông gió tự nhiên cho nhà công nghiệp nhiều tầng	284
8.8. Thông gió tự nhiên kết hợp với thông gió cơ khí	288
8.9. Cửa mái không đón gió	289
8.10. Chụp thoát gió	296
8.11. Phương pháp tính toán thông gió tự nhiên bằng biểu đồ	299
<b>Chương 9 : Lọc sạch bụi trong không khí</b>	
9.1. Khái niệm chung về bụi	310
9.2. Phân loại các phương pháp lọc bụi	314
9.3. Buồng lắng bụi	316
9.4. Thiết bị lọc bụi kiểu quán tính	319
9.5. Xi-clon	320
9.6. Thiết bị lọc bụi kiểu tiếp xúc	326
9.7. Thiết bị lọc bụi bằng điện	334
<b>Chương 10 : Vận chuyển vật liệu rời bằng đường ống</b>	
10.1. Khái niệm chung	338
10.2. Yêu cầu về cấu tạo đối với hệ thống vận chuyển bằng đường ống (khí ép)	342
10.3. Tính toán hệ thống vận chuyển bằng đường ống (khí ép)	342
<b>Chương 11 : Máy quạt</b>	
11.1. Khái niệm chung về máy quạt	346
11.2. Quạt li tâm	347
11.3. Quạt trục	349



11.4. Xác định kích thước chủ yếu của quạt li tâm	351
11.5. Biểu đồ đặc tính của quạt và phép tính đối các đường đặc tính	354
11.6. Chọn quạt và động cơ điện	356
11.7. Tính toán truyền động	358
<b>Chương 12 : Thử nghiệm và hiệu chỉnh hệ thống thông gió</b>	
12.1. Các phương pháp thử nghiệm và hiệu chỉnh chủ yếu	360
12.2. Dụng cụ và phương pháp đo áp suất, vận tốc và lưu lượng không khí trên đường ống	361
12.3. Thử nghiệm quạt	366
12.4. Thử nghiệm thiết bị lọc bụi	368
<b>Phụ lục</b>	
Phụ lục 1 : Số liệu nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí bên ngoài	369
Phụ lục 2 : Bảng thông số vật lí của vật liệu xây dựng	377
Phụ lục 3 : Tổn thất áp suất ma sát đơn vị trên ống dẫn không khí tiết diện tròn ứng với điều kiện tiêu chuẩn : Nhiệt độ không khí $t = 20^{\circ}\text{C}$ và độ nhám tuyệt đối của thành ống $K = 0,1\text{mm}$	380
Phụ lục 4 : Hệ số sức cản cục bộ của các chi tiết ống dẫn không khí	396
Phụ lục 5 : Biểu đồ đặc tính và kích thước của một số loại quạt thông gió thông dụng	405
Phụ lục 6 :	
A - Bảng tính đổi đơn vị từ hệ kĩ thuật MKGS sang hệ Quốc tế SI	417
B - Bảng chuyển đổi đơn vị từ hệ thống đo lường Anh, Mĩ sang hệ đơn vị Quốc tế SI và hệ kĩ thuật MKGS	419
C - Công thức của các đại lượng Thủy Khí động học và Nhiệt kĩ thuật chủ yếu trong hệ đơn vị MKGS và hệ SI	422
D - Biểu đồ thông số không khí ẩm trong hệ trục t-d (Psychrometric Chart) theo đơn vị MKGS và SI	424
Tài liệu tham khảo	426 ÷ 428

# KỸ THUẬT THÔNG GIÓ

(Tái bản)

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

**Giám đốc - Tổng Biên tập**

**TRỊNH XUÂN SƠN**

<i>Biên tập:</i>	TRỊNH KIM NGÂN
<i>Chế bản:</i>	PHÒNG VI TÍNH NXBXD
<i>Sửa bản in:</i>	TRỊNH KIM NGÂN
<i>Trình bày bìa:</i>	NGUYỄN HỮU TÙNG
<i>Biên tập tái bản:</i>	ĐÀO NGỌC DUY

---

In 200 cuốn, khổ 19x27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản xây dựng, số 10 Hoa Lư, Hà Nội.  
Số xác nhận đăng ký KHXB: 44-2018/CXBIPH/04-224/XD ngày 05/01/2018. Mã số  
ISBN: 978-604-82-0842-4. Quyết định xuất bản số: 08-2018/QĐ-XBXD ngày  
15/01/2018. In xong và nộp lưu chiểu tháng 02/2018.