

Chương 5

ĐỘNG LỰC THÔNG GIÓ

5.1. Động lực thông gió là sức hút tự nhiên

5.1.1. Khái niệm chung và các giả 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 công trình kiến trúc nhà ở dân dụng hoặc công nghiệp 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 nguồn tỏa nhiệt và công suất nhiệt tỏa ở bên trong xưởng lớn hơn công suất tỏa nhiệt từ trong xưởng ra bên ngoài môi trường. Nhiệt thừa đơn vị trong các phân xưởng như vậy có thể đạt từ 20 đến 200 kcal/m³h 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 m³ 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.

Nếu có tính toán thiết kế và tổ chức thông gió tự nhiên tốt, thì hiệu quả của thông gió tự nhiên trong các công trình công nghiệp không thua kém 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, các tòa nhà công cộng, trang trại nuôi súc vật, v.v.

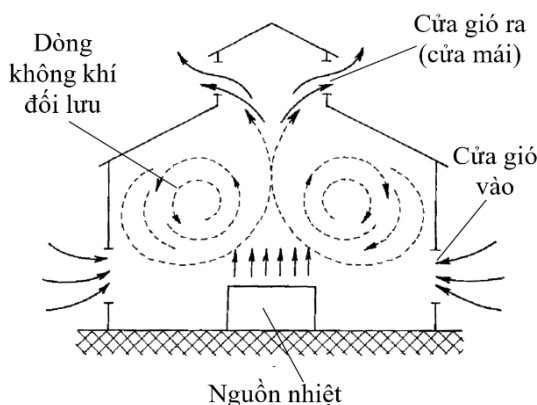
Khi áp dụng thông gió tự nhiên trong các công trình công nghiệp, sự lưu thông không khí xảy ra như sau: không khí đi vào ở những ô cửa (cửa sổ, cửa đi chính) trên tường ở phía dưới và được thải ra ngoài qua các ô cửa phía trên cao hơn hoặc qua cửa mái (cửa trời).

Thông gió tự nhiên được áp dụng ở hầu hết các công trình kiến trúc nói chung, chỉ trừ một số ít phân xưởng (nhà máy) trong đó do yêu cầu công nghệ cần phải có chế độ nhiệt độ, độ ẩm nghiêm ngặt.

Về mùa đông, khi bên trong các công trình công nghiệp có nhiệt thừa, thông gió tự nhiên vẫn được áp dụng, nhưng không khí lạnh bên ngoài được cho vào công trình qua các cửa chớp trên tường ở độ cao cách mặt nền từ $5 \div 7\text{m}$ và với tính toán sao cho khi luồng không khí hạ dần xuống vùng làm việc của công nhân, thì nó được gia nhiệt bởi nhiệt thừa đến nhiệt độ vùng làm việc và sau đó cũng được thải ra bên môi trường bên 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 tỏa nhiệt bên trong nhà (hình 5-1).



Hình 5-1

Như đã biết, bất kỳ nguồn tỏa nhiệt nào cũng tạo ra những dòng không khí chuyển động mà chúng ta gọi là dòng đối lưu. Phần không khí tiếp xúc với nguồn nhiệt được nung nóng, giãn nở nên có trọng lượng đơn vị nhẹ, chúng bốc lên trên và không khí lạnh sẽ được dồn 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 dồn đến nguồn nhiệt. Trong không gian có giới hạn không có cửa thông với bên ngoài ta sẽ có hiện tượng tuần hoàn kín, nghĩa là dòng không khí nóng bốc lên khi đến mái thì tỏa nhiệt ra tứ phía rồi nguội dần và bị dồn trở lại về nguồn nhiệt.

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 mát hơn 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 1 m chiều cao kể từ vùng làm việc trở lên gọi là gradient nhiệt độ, ký hiệu là gradt . Tùy thuộc vào đặc điểm của phân xưởng nóng hay nguội mà trị số của gradt lớn hay nhỏ. Thông thường đối với tòa nhà công nghiệp gradt thay đổi trong khoảng từ $1 \div 2^\circ\text{C}$.

Tóm lại, nguồn nhiệt là nhân tố động lực gây ra chuyển động của không khí, làm phát sinh ra hiện tượng đối lưu tự nhiên và thông gió tự nhiên.

Khi tính toán thông gió tự nhiên, ta có thể phân biệt 2 trường hợp khác nhau sau đây :

1 - *Trường hợp thứ nhất*: Xác định diện tích cửa để đảm bảo lượng không khí trao đổi đã định trước.

2 - *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 bao gồm:

1 - *Giả thiết thứ nhất*: Trong điều kiện ổn định, trọng lượng của khối không khí dịch chuyển vào trong nhà (L_v) và từ trong nhà thoát ra ngoài (L_r) trong cùng một đơn vị thời gian ($t = 1$ giờ) phải bằng nhau:

$$L_v = L_r$$

hoặc

$$W_v \gamma_v = W_r \gamma_r, \quad (\text{kg/h}) \quad (5-1)$$

trong đó: W_v, W_r - lần lượt là thể tích không khí dịch chuyển vào và ra khỏi nhà, (m^3); γ_v, γ_r - lần lượt là trọng lượng riêng của không khí dịch chuyển vào và ra khỏi nhà, (kg/m^3).

2 - *Giả thiết thứ hai*: Lượng nhiệt (hoặc lượng nhân tố có hại khác) cùng với không khí dịch chuyển vào trong nhà cộng với lượng nhiệt tỏa ra bên trong nhà phải bằng lượng nhiệt do không khí đi ra khỏi nhà mang theo.

Nếu gọi nhiệt dung của không khí đi vào là I_v và của không khí đi 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

$$L C_p t_v + Q_{th} = L C_p t_r \quad (5-2)$$

Trong các công thức trên:

$L_v = L_r = L$ – lưu lượng trọng lượng của không khí vào và ra, (kg/h);

W_v, W_r – lưu lượng thể tích của không khí vào và ra, (m³/h);

γ_v, γ_r – trọng lượng đơn vị của không khí vào và ra, (kg/m³);

Q_{th} – lượng nhiệt thừa trong nhà, (kcal/h);

C_p – tỷ nhiệt của không khí, (kcal/kg.°C);

t_v, t_r – nhiệt độ của không khí vào và không khí ra khỏi nhà, (°C).

Phương trình cân bằng về chất đối với các yếu tố độc hại khác có thể viết:

$$L y_1 + G = L y_2, \quad \left(\frac{g}{h}\right) \quad (5-3)$$

trong đó:

y_1, y_2 – lần lượt là nồng độ của yếu tố độc hại trong không khí vào và không khí ra, (g/m³);

G – lượng yếu tố có hại tỏa ra trong nhà, (g/h).

5.1.2. Thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa

5.1.2.1. Khái niệm về áp suất thừa (dư) bên trong và mặt phẳng trung hòa

Ta lấy mặt phẳng nằm ngang AB ở độ cao nào đó của phân xưởng (hình 5-2) 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/m²).

Hiệu số ($p_b - p_a$) được gọi là áp suất dư bên trong nhà.

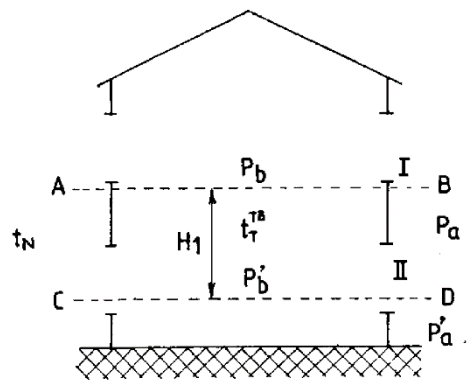
Nếu ký hiệu áp suất dư bên trong là p_{th} , chúng ta sẽ có:

$$p_{th(AB)} = p_b - p_a, \quad \left(\frac{kG}{m^2}\right) \quad (5-4)$$

Như vậy áp suất dư bên trong nhà là hiệu số giữa áp suất bên trong và bên ngoài nhà trên cùng một mặt phẳng nằm ngang.

Áp suất dư 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 một mặt phẳng nằm ngang đi qua nhà.



Hình 5-2

Ta lấy mặt phẳng CD nằm dưới mặt phẳng AB một khoảng cách H_1 , (m). 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 có diện tích mặt đáy là 1m^2 và chiều cao của cột khí bằng H_1 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:

γ_T^{TB}, γ_N - 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:

$$p_{th(CD)} = p'_b - p'_a = (p_b + H_1 \gamma_T^{TB}) - (p_a + H_1 \gamma_N) = p_b - p_a + H_1(-\gamma_N + \gamma_T^{TB})$$

hay

$$p_{th(CD)} = p_{th(AB)} - H_1(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (5-5)$$

Từ phương trình (5-5), ta suy ra được phát biểu như sau: 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 (γ_N) và bên trong nhà (γ_T^{TB}), tích đó là: $H_1(\gamma_N - \gamma_T^{TB})$.

Tương tự như vậy, trên mặt phẳng EF cao hơn mặt phẳng AB một độ cao là H_2 , thì áp suất thừa trên EF sẽ lớn hơn áp suất thừa trên mặt phẳng AB một đại lượng bằng: $H_2(\gamma_N - \gamma_T^{TB})$, cụ thể được xác định thông qua công thức sau:

$$p_{th(EF)} = p_{th(AB)} + H_2(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (5-6)$$

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 có trị số lớn hay nhỏ là tùy thuộc vào trị số của áp suất thừa và được xác định theo biểu thức:

$$p_{th} = \frac{v^2}{2g} \gamma, \quad \left(\frac{kG}{m^2} \right) \quad (5-7)$$

trong đó: g – gia tốc trọng trường, (m/s^2); γ - trọng lượng riêng của không khí, (kg/m^3).

Nếu trên một mặt phẳng nào đó có trị số áp suất thừa bằng 0, thì ở các ô cửa ở độ cao của mặt phẳng ấy, không khí sẽ không đi vào và cũng không đi ra. Mặt phẳng như vậy gọi là mặt phẳng trung hoà.

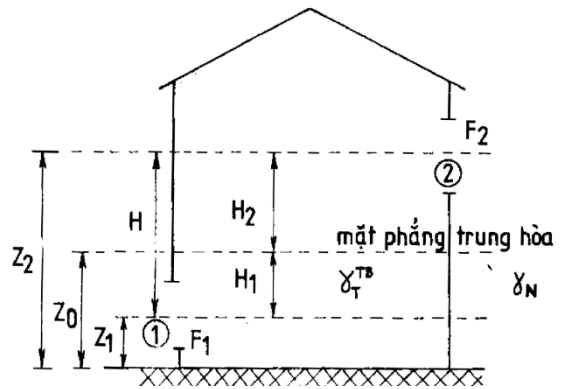
Mặt phẳng trung hoà chỉ tồn tại dưới tác dụng của nhiệt thừa. Trường hợp có tác dụng của gió hoặc tác dụng tổng hợp của gió và nhiệt thừa, mặt phẳng trung hoà sẽ không còn nữa, bởi vì lúc ấy do tính chất hút gió và đón gió của các mặt đối diện của nhà không thể có một mặt phẳng mà trên đó áp suất ở phía trước, phía sau cũng như bên trong nhà đều bằng nhau.

5.1.2.2. Phương pháp tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa

Giả sử xem xét ngôi nhà, ở mặt trước có các cửa dưới và mặt sau có các cửa 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 5-3).

Giả sử, dưới tác dụng của nhiệt thừa trong nhà sẽ hình thành một mặt phẳng trung hoà nằm cách tâm cửa dưới là H_1 và tâm cửa trên là H_2 .

Như vậy áp suất thừa ở tâm cửa dưới số 1 sẽ là:



Hình 5-3

$$p_{th(1)} = -H_1(\gamma_N - \gamma_T^{TB}), \quad \left(\frac{kG}{m^2} \right)$$

Áp suất thừa này sẽ gây chuyển động của không khí từ ngoài vào trong với vận tốc là v_1 thỏa mãn phương trình sau:

$$\frac{v_1^2}{2g} \gamma_N = H_1(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (a)$$

Cũng tương tự như trên, đối với mặt phẳng của cửa số 2 ta sẽ có áp suất thừa tại đó là:

$$p_{th(2)} = H_2(\gamma_N - \gamma_T^{TB}), \quad \left(\frac{kG}{m^2} \right)$$

và không khí sẽ đi từ trong ra ngoài với vận tốc v_2 thỏa mãn phương trình sau:

$$\frac{v_2^2}{2g} \gamma_r = H_2 (\gamma_N - \gamma_T^{TB}) \quad (b)$$

Chia đẳng thức (a) cho (b), ta nhận được:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 \frac{\gamma_N}{\gamma_r} \quad (c)$$

Lưu lượng trọng lượng 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: μ_1, μ_2 - Các hệ số lưu lượng kể đến ảnh hưởng của hiện tượng thất dòng khi dịch thể chảy qua các lỗ (các cửa) trên thành chắn (tường chắn). Các hệ số có giá trị nhỏ hơn 1 ($\mu < 1$). Từ đẳng thức (d) ta rút ra được:

$$v_1 = \frac{L}{\mu_1 F_1 \gamma_N}, \quad (m/s)$$

$$v_2 = \frac{L}{\mu_2 F_2 \gamma_r}, \quad (m/s) \quad (e)$$

Nếu thay các trị số của v_1 và v_2 vào đẳng thức (c) và giả sử rằng các cửa 1 và 2 có cấu tạo giống nhau nên có hệ số lưu lượng μ như nhau, ta sẽ có:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \frac{\gamma_r}{\gamma_N}$$

Áp dụng hệ quả biến đổi biểu thức tương đương, ta được:

$$\frac{H_1 + H_2}{H_2} = \frac{H}{H_2} = \frac{F_2^2 \gamma_r + F_1^2 \gamma_N}{F_1^2 \gamma_N}$$

Và từ đó suy ra được:

$$H_2 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \frac{\gamma_r}{\gamma_N}} \quad \text{và}$$

$$H_1 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^2 \frac{\gamma_N}{\gamma_r}} \quad (5-8)$$

Nếu giả sử rằng $\gamma_N = \gamma_r$, thì ta có:

$$H_2 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2} \quad \text{và}$$

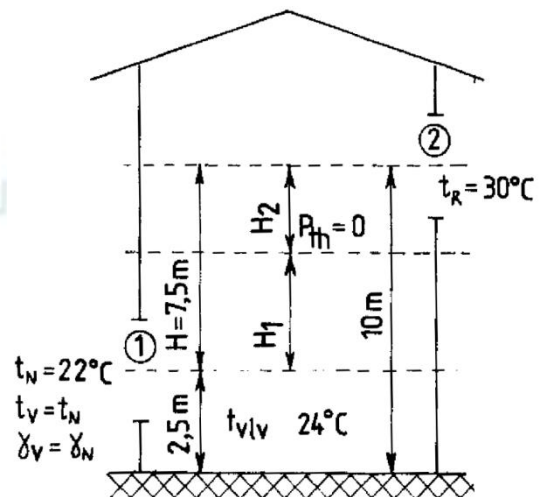
$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \quad (5-9)$$

Điều đó có nghĩa là khoảng cách từ mặt trung hòa đến tâm các cửa tỷ lệ nghịch với bình phương diện tích của chúng.

Nếu $F_1 = F_2$, thì mặt phẳng trung hòa nằm cách đều các tâm của cửa dưới và cửa trên.

Áp dụng khái niệm về áp suất thừa bên trong và mặt phẳng trung hòa 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 cửa gió ra nếu biết lượng nhiệt thừa bên trong nhà là $Q_{th} = 500000 \text{ kcal/h}$. Tâm các cửa 1 và 2 nằm trên độ cao tính từ mặt sàn lần lượt là 2,5m và 10m. Tỷ số diện tích cửa $F_1/F_2 = 1,25$. Nhiệt độ không khí bên ngoài $t_N = 22^\circ\text{C}$, nhiệt độ vùng làm việc cần đảm bảo là $t_{lv} = 24^\circ\text{C}$ và nhiệt độ không khí ra có kể đến gradient theo chiều cao là $t_r = 30^\circ\text{C}$. Áp suất khí quyển $p_{kq} = 745\text{mmHg}$ (hình 5-4)



Hình 5-4

Hướng dẫn 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 mặt phẳng trung hòa: Áp dụng phương trình (5-8) để tìm H_2 và H_1 .

$$H_2 = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \frac{\gamma_r}{\gamma_N}} = \frac{7,5}{1 + \left(\frac{1}{1,25}\right)^2 \frac{\gamma_{30^\circ}}{\gamma_{22^\circ}}} = \frac{7,5}{1 + \left(\frac{1}{1,25}\right)^2 \frac{1,141}{1,173}} = 4,63 \text{ (m)}$$

$$H_1 = H - H_2 = 7,5 - 4,63 = 2,87 \text{ (m)}$$

Nhiệt độ trung bình bên trong nhà là:

$$t_T^{TB} = \frac{t_{lv} + t_r}{2} = \frac{24 + 30}{2} = 27^\circ\text{C}$$

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):

$$p_{th(1)} = 0 - H_1(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = -2,87(1,173 - 1,154) = -0,0545 \text{ (kG/m}^2\text{)}$$

Vì áp suất thừa âm nên không khí ngoài sẽ đi vào trong nhà qua cửa 1 với vận tốc là:

$$v_1 = \sqrt{\frac{-p_{th(1)} \cdot 2g}{\gamma_N}} = \sqrt{\frac{0,0545 \cdot 19,62}{1,173}} = 0,955 \text{ (m/s)}$$

Diện tích của F_1 xác định được từ đẳng thức:

$$L_v = 3600 \mu_1 v_1 F_1 \gamma_N$$

Từ đó suy ra được F_1 và F_2 . Giả thiết rằng $\mu_1 = \mu_2 = 0,65$

$$F_1 = \frac{L_v}{3600 \mu_1 v_1 \gamma_N} = \frac{260000}{3600 \cdot 0,65 \cdot 0,955 \cdot 1,173} = 99 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$F_2 = \frac{F_1}{1,25} = \frac{99}{1,25} = 79,2 \text{ (m}^2\text{)}$$

Kiểm tra lại lưu lượng gió thoát ra từ cửa số 2:

Áp suất thừa ở cửa 2:

$$p_{th(2)} = 0 + H_2(\gamma_N - \gamma_T^{TB}) = 4,63(1,173 - 1,154) = 0,088 \text{ (kG/m}^2\text{)}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{p_{th(2)} \cdot 2g}{\gamma_r}} = \sqrt{\frac{0,088 \cdot 19,62}{1,141}} = 1,23 \text{ (m/s)}$$

$$L_r = 3600 \mu_2 v_2 F_2 \gamma_r = 3600 \cdot 0,65 \cdot 1,23 \cdot 79,2 \cdot 1,141 = 260100 \text{ (kg/h)}$$

Giá trị của L_r phù hợp với lưu lượng không khí thông gió đã xác định ở trên.

5.1.2.3. Thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió

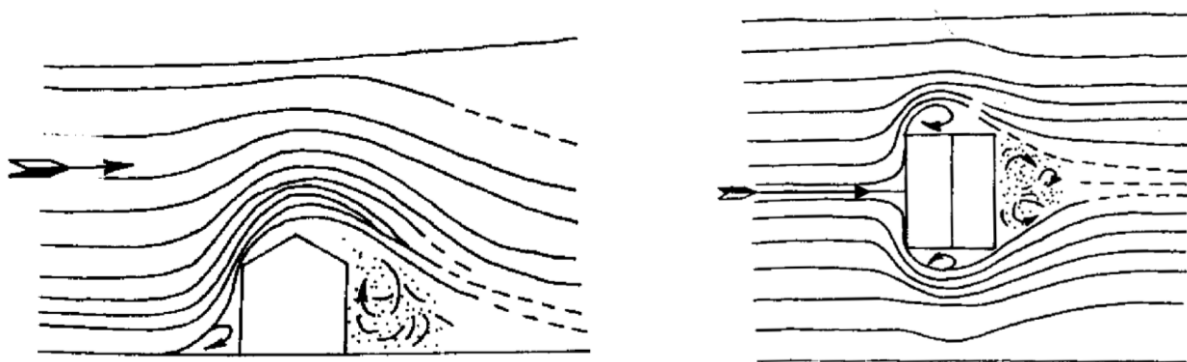
a) Áp suất gió gây ra trên các mặt nhà - Hệ số khí động K

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 5-5 mô tả dòng chảy của gió xung quanh một ngôi nhà đứng độc lập (xung quanh nhà là khoảng trống). Ta thấy rằng ở phía đón gió của công trình, dòng không khí như thể bị "dồn nén" do đó gây ra áp suất dương, ngược lại, ở phía khuất gió, dòng không khí "giãn" ra và tạo khu vực áp suất chân không (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 trong nhà ra bên 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.



Hình 5-5. Gió thổi qua công trình đứng độc lập

Áp suất toàn phần do gió gây ra tại một điểm bất kỳ trên kết cấu bao che của nhà có thể biểu diễn bằng công thức sau:

$$p = p_a + p_g = p_a + K \frac{v_g^2}{2g} \gamma \quad (5-10)$$

trong đó:

p_a - áp suất khí quyển, (kG/m²);

p_g - áp suất do gió gây ra tại điểm em xét, (kG/m²);

v_g - vận tốc của gió, (m/s);

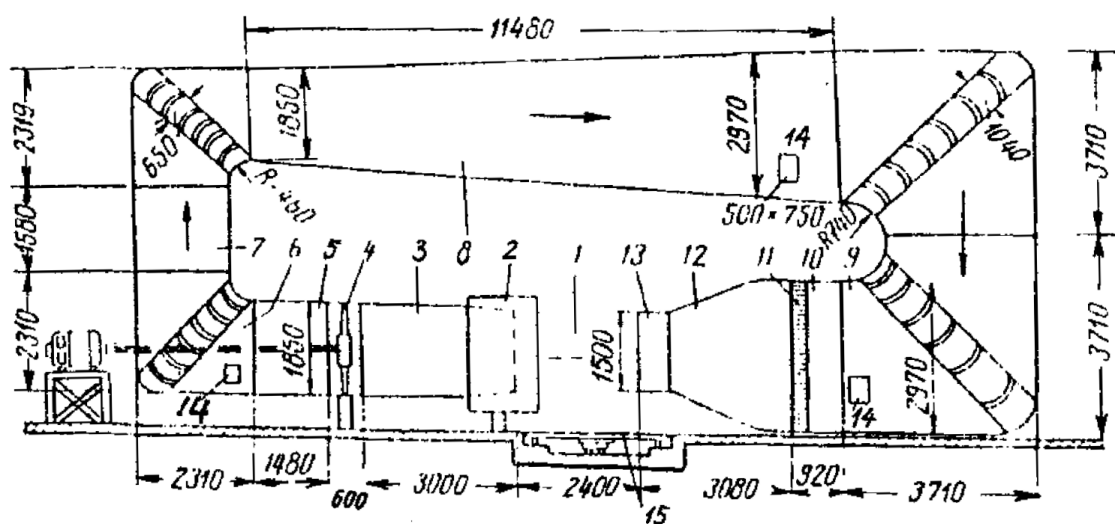
K - hệ số tỷ lệ và được gọi là hệ số khí động học.

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 như thế được gọi là ống khí động (hình 8.6).

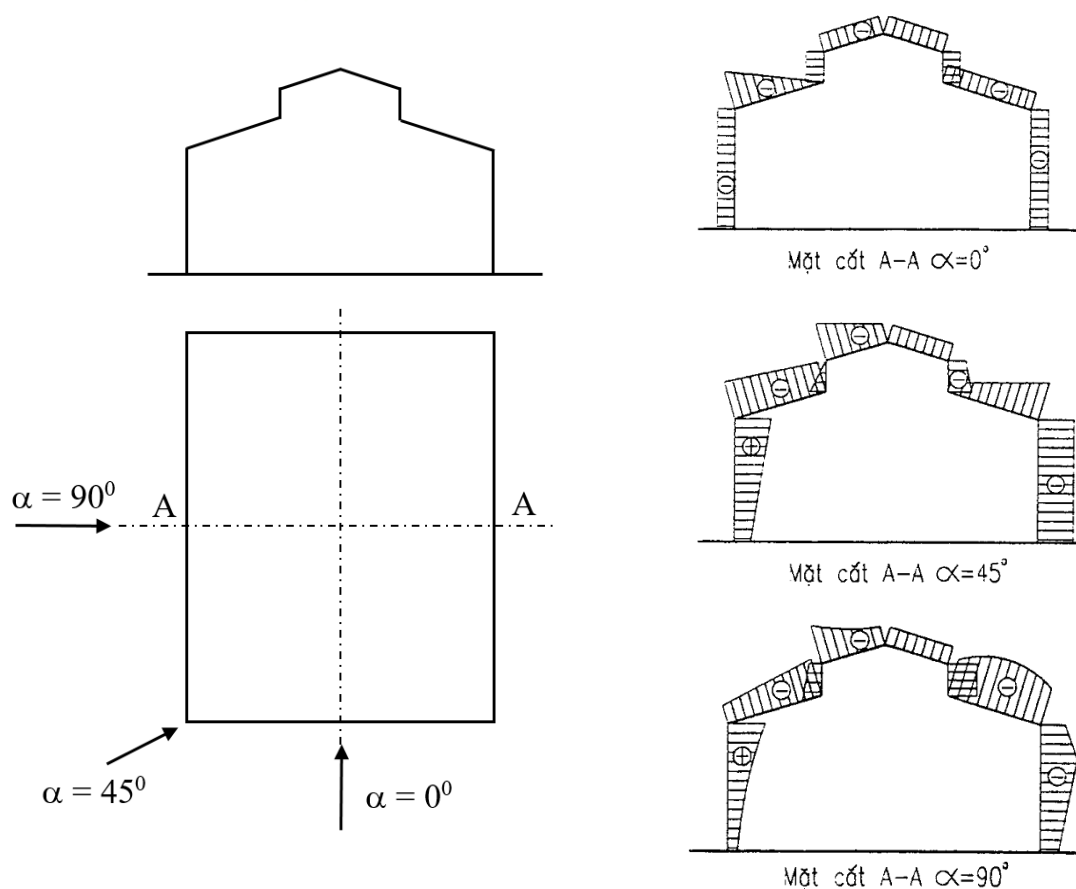
Thực nghiệm cho thấy hệ số K không phụ thuộc vào vận tốc của gió và tỷ lệ đồng dạng của mô hình so với nhà thực, tức là nó không phụ thuộc vào chuẩn số Re .



Hình 5-6. Ống khí động

1 - vị trí đặt mô hình nhà thí nghiệm; 4 - quạt gió;

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 5-7).



Hình 5-7. Các mặt cắt thể hiện mối quan hệ của hệ số khí động (K) phụ thuộc vào các góc gió thổi (α)

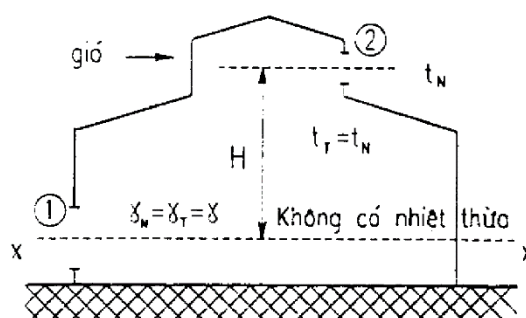
Các công trình kiến trúc (tòa nhà, xưởng,...) nằm gần nhau, nếu khoảng cách giữa hai nhà liên tiếp nhỏ hơn 10 lần chiều cao của công trình, thì sẽ làm ảnh hưởng đến nhau về phương diện thông gió; ngược lại, nếu khoảng cách giữa 2 nhà lớn hơn 10 lần chiều cao, thì hai công trình đó sẽ không làm ảnh hưởng đến nhau về phương diện thông gió.

Bằng kết quả thực nghiệm trên mô hình, người ta lập ra những biểu đồ để tra hệ số K phụ thuộc vào: hình dáng, kích thước mặt cắt của nhà, góc độ gió và khoảng cách giữa các nhà lân cận. Trường hợp tính toán sơ bộ, ta có thể chọn 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.

b) Phương pháp tính toán thông gió tự nhiên dưới tác dụng của gió

1- Trường hợp có 2 cửa: Xem xét công trình kiến trúc có các cửa 1 và 2, tâm điểm cách nhau theo chiều cao là H (hình 5-8).

Gọi 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. Áp suất tương đối (tức là không kể áp suất khí quyển p_a) ở bên ngoài trên mặt phẳng tâm cửa 1 là:



Hình 5-8

$$p_1 = p_{g(1)} = K_1 \frac{v_g^2}{2g} \gamma$$

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.

$$p_2 = K_2 \frac{v_g^2}{2g} \gamma$$

Từ đó suy ra:

$$\Delta p_2 = p_{T(2)} - p_{N(2)} = p_x - p_2$$

Ta viết phương trình cân bằng lưu lượng cho cửa 1 và 2 như sau:

$$\mu_1 F_1 \sqrt{2g \gamma (p_1 - p_x)} = \mu_2 F_2 \sqrt{2g \gamma (p_x - p_2)}$$

Từ đó, ta rút ra được p_x (giả sử $\mu_1 = \mu_2$):

$$p_x = \frac{F_1^2 p_1 + F_2^2 p_2}{F_1^2 + F_2^2}$$

Nếu ký hiệu tỷ số $F_2/F_1 = \beta$, biến đổi biểu thức trên ta sẽ có:

$$p_x = \frac{p_1 + \beta^2 p_2}{1 + \beta^2}$$

Như vậy, áp suất thừa bên trong có thể xác định được theo tỷ số diện tích của các cửa khi áp suất gió p_1 và p_2 đã biết.

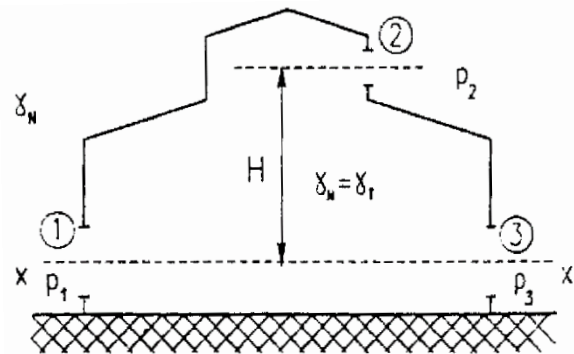
Từ công thức trên ta suy được:

- Nếu cửa 1 đóng, thì $F_1 = 0 \Rightarrow p_x = p_2$;
- Nếu cửa 2 đóng, thì $F_2 = 0 \Rightarrow p_x = p_1$;
- Nếu $F_1 = F_2$, thì suy ra: $p_x = \frac{p_1 + p_2}{2}$

Và như vậy khi thay đổi diện tích các cửa, áp suất thừa p_x có thể nhận giá trị trong khoảng từ p_1 đến p_2 .

2 - Trường hợp có 3 dãy cửa: Cũng tương tự như ở trường hợp có 2 cửa, trường hợp nhà có 3 dãy cửa (hình 5-9) ta cũng có thể suy được:

- Khi đóng cửa 2 và 3, thì $p_x = p_1$;
- Khi đóng cửa 1 và 3, thì $p_x = p_2$;
- Khi đóng cửa 1 và 2, thì $p_x = p_3$



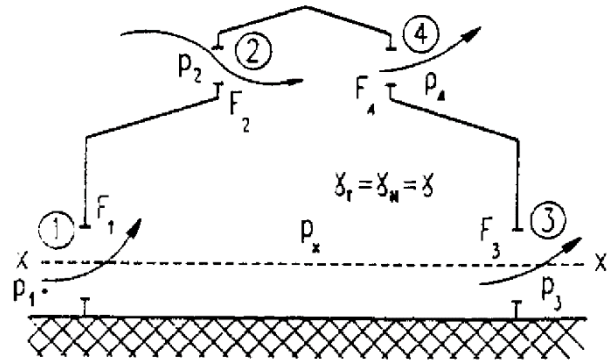
Hình 5-9

3 - Trường hợp có 4 dãy cửa: Xét tòa nhà của một phân xưởng (nhà xưởng) có 4 dãy cửa như hình 5-10.

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 giả sử là p_x .

Vì trong nhà 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.



Hình 5-10

Giả sử ta biết được p_x mà: $p_3; p_4 < p_x < p_1; p_2$, ta suy ra được chiều chuyển động của không khí qua các cửa: gió thổi vào nhà qua cửa 1 và 2, còn gió từ trong nhà thoát ra ngoài qua cửa 3 và 4, từ đó ta có phương trình cân bằng lưu lượng như sau:

$$L_1 + L_2 = L_3 + L_4$$

hoặc có thể viết là:

$$\begin{aligned} \mu_1 F_1 \gamma \sqrt{\frac{(p_1 - p_x) 2g}{\gamma}} + \mu_2 F_2 \gamma \sqrt{\frac{(p_2 - p_x) 2g}{\gamma}} \\ = \mu_3 F_3 \gamma \sqrt{\frac{(p_x - p_3) 2g}{\gamma}} + \mu_4 F_4 \gamma \sqrt{\frac{(p_x - p_4) 2g}{\gamma}} \end{aligned} \quad (5-11)$$

Giả sử rằng $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ khi đó, thay vào phương trình trên ta nhận được:

$$\begin{aligned} F_1 \sqrt{(p_1 - p_x) 2g\gamma} + F_2 \sqrt{(p_2 - p_x) 2g\gamma} \\ = F_3 \sqrt{(p_x - p_3) 2g\gamma} + F_4 \sqrt{(p_x - p_4) 2g\gamma} \end{aligned}$$

hoặc là

$$F_1 \sqrt{(p_1 - p_x)} + F_2 \sqrt{(p_2 - p_x)} = F_3 \sqrt{(p_x - p_3)} + F_4 \sqrt{(p_x - p_4)} \quad (5-12)$$

Trong phương trình (5-12) chỉ có p_x là chưa biết, có thể giải phương trình đó 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 nếu dùng phương pháp thử công để giải, thì có thể dùng phương pháp dò nghiệm gần đúng, bằng cách giả thiết cho p_x một giá trị nào đó, rồi kiểm tra 2 vế của phương trình cho đến khi thu được cân bằng.

5.2. Động lực thông gió là quạt gió

5.2.1. Khái niệm và phân loại quạt gió

a) *Khái niệm*: Quạt gió là một thiết bị cơ học, khi làm việc tạo ra sự chênh lệch áp suất cần thiết giữa đầu vào và đầu ra của nó, để di chuyển không khí qua các ống dẫn khí của hệ thống thông gió và điều hòa không khí cho các công trình kiến trúc dân dụng và công nghiệp, cũng như cung cấp không khí trực tiếp vào phòng hoặc thải khí ra khỏi phòng.

b) *Phân loại*:

- Theo thiết kế và nguyên lý hoạt động, quạt được chia thành:

+ Quạt hướng trục: Không khí vào và ra đi dọc theo trục. Quạt hướng trục có cấu tạo gọn nhẹ có thể cho lưu lượng lớn với áp suất bé. Thường dùng trong hệ thống không có ống gió hoặc ống ngắn.

+ Quạt ly tâm: Không khí đi vào theo hướng trục quay, nhưng đi ra vuông góc trục quay, cột áp tạo ra do lực ly tâm. Vì vậy cần có ống dẫn gió mới tạo áp suất lớn. Nó có thể tạo nên luồng gió có áp suất lớn. Trong hầu hết dàn lạnh máy điều hoà không khí người ta đều sử dụng quạt ly tâm..

Trong các hệ thống thông gió và điều hòa không khí, quạt ly tâm được sử dụng rộng rãi hơn quạt hướng trục. Quạt hướng trục chủ yếu được sử dụng trong trường hợp cần di chuyển không khí mà không có mạng lưới ống dẫn khí, vì ở tốc độ dòng khí bình thường cho hệ thống thông gió và điều hòa không khí, áp suất do quạt hướng trục tạo ra không đủ để vượt qua sức cản của mạng lưới ống dẫn khí phức tạp.

- Tùy thuộc vào độ lớn của tổng áp suất tối đa ($p_{\text{quạt}}$) mà chúng tạo ra khi di chuyển không khí, quạt được chia thành 3 loại:

+ Quạt có áp suất thấp ($p_{\text{quạt}} \leq 1 \text{ kPa}$);

+ Quạt có áp suất trung bình ($p_{\text{quạt}} \leq 3 \text{ kPa}$)

+ Quạt có áp suất cao ($p_{\text{quạt}} \leq 12 \text{ kPa}$).

- Tùy thuộc vào thành phần của đối tượng vận chuyển và điều kiện hoạt động, quạt được chia thành các loại như sau:

+ Quạt thông thường - đối với không khí (khí) có nhiệt độ lên tới 80°C ;

+ Quạt chống ăn mòn - đối với môi trường ăn mòn;

+ Quạt chịu nhiệt - đối với không khí có nhiệt độ trên 80°C ;

+ Quạt chống cháy nổ - đối với môi trường dễ nổ;

+ Quạt bụi - đối với không khí có nhiều bụi (tạp chất rắn với lượng lớn hơn 100 mg/m^3).

- Theo phương pháp kết nối bánh công tác của quạt và động cơ điện, quạt có thể được chia thành các loại sau:

- + Quạt có kết nối trực tiếp với động cơ điện;
- + Quạt với kết nối với động cơ thông qua khớp nối đàn hồi;
- + Quạt với kết nối với động cơ thông qua bộ truyền động dây đai;
- + Quạt với kết nối với động cơ thông qua bộ điều chỉnh truyền vô cấp.

- Theo vị trí lắp đặt, quạt được chia thành:

- + Quạt thông thường, được gắn trên giá đỡ đặc biệt (khung, nền, v.v.);
- + Quạt trong kênh, được lắp đặt trực tiếp trong ống dẫn khí;
- + Quạt mái, lắp đặt trên mái nhà.

c) Các thông số chính của quạt bao gồm:

- Lưu lượng, $\text{m}^3/\text{phút}$ (hoặc $\text{m}^3/\text{giờ}$);
- Tổng áp suất, Pa (hoặc kPa);
- Tốc độ quay, vòng/phút;
- Điện năng tiêu thụ cho truyền động quạt, kW;
- Hiệu suất làm việc - hệ số hiệu quả của quạt, có tính đến tổn thất công suất cơ học do các loại ma sát khác nhau trong các bộ phận làm việc của quạt, tổn thất thể tích do rò rỉ qua các vòng đệm và tổn thất khí động học trong đường dẫn của quạt;
- Độ ồn (hay mức áp suất âm thanh), dB.

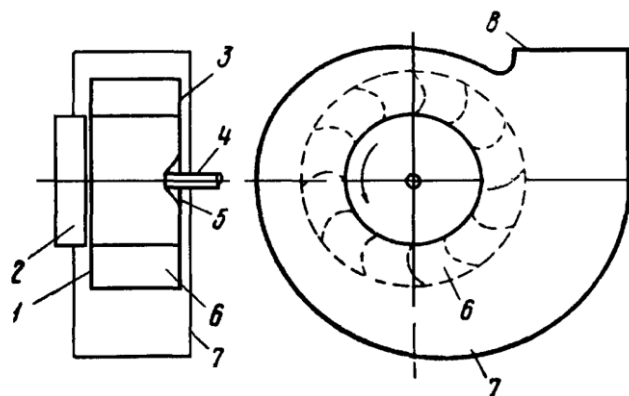
5.2.2. Quạt ly tâm

a) Giới thiệu chung

Quạt ly tâm hiện nay là loại máy rất thông dụng. Chúng được sử dụng để di chuyển không chỉ không khí trong hệ thống thông gió và điều hòa không khí, mà cả khí thải trong các nhà máy công nghiệp (trong trường hợp này chúng được gọi là máy hút khói), hút hoặc thổi các tạp chất cơ học (trong trường hợp này, cái gọi là quạt bụi được sử dụng).

Việc chế tạo ra quạt ly tâm kiểu công nghiệp thuộc về kỹ sư người Nga, Thiếu tướng A. A. Sablukov (1833). Những chiếc quạt Sablukov đầu tiên đã được sử dụng thành công để thông gió cho nhà máy đường. Sau đó (bắt đầu từ năm 1835), chúng trở nên rất phổ biến để thông gió cho hầm mỏ.

Xem xét sơ đồ và nguyên lý hoạt động của quạt ly tâm (hình 5-11).



Hình 5-11. Cấu tạo cơ bản của quạt ly tâm

1 – đĩa trước; 2 - cửa hút; 3 – đĩa sau; 4 - trục quạt; 5 – moay-ơ; 6 – bánh công tác có các cánh dẫn; 7 - vỏ xoắn ốc; 8 - cửa đẩy

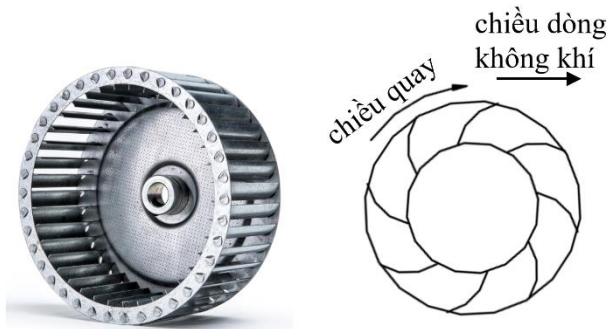
Khi cánh quạt quay, dưới tác động của lực ly tâm, không khí giữa các cánh quạt bị văng ra khỏi bánh công tác 6 vào vùng mở rộng của vỏ xoắn ốc. Ngay tại thời điểm không khí trong bánh công tác bị văng ra ngoài, áp suất trong các khoảng trống để lại là áp suất chân không. Do sự chênh lệch về áp suất, không khí từ bên ngoài bị nén chuyển động vào trong bánh công tác thông qua cửa hút 2 để thay thế cho thể tích không khí đã bị văng ra tại thời điểm ngay trước đó. Không khí thu được trong vỏ xoắn ốc được nén đến cửa đẩy của máy thông qua một kênh mở rộng liên tục giữa bánh công tác và vỏ xoắn ốc. Trong quá trình di chuyển trong kênh dẫn mở rộng, động năng của dòng khí giảm dần, áp suất tĩnh tăng dần và tại khu vực cửa đẩy, áp suất đạt trị số lớn nhất. Do sự chênh lệch về áp suất nên không khí từ cửa đẩy 8 bị dồn nén qua ống đẩy vào ống dẫn của hệ thống thông gió và điều hòa không khí. Quá trình như đã mô tả diễn ra liên tục và lặp đi, lặp lại nên không khí liên tục được hút vào và đẩy ra khỏi máy quạt.

Bánh công tác phải quay theo hướng quay của vỏ xoắn ốc, như thể hiện bằng mũi tên trong hình. 5-11. Nếu cánh quạt quay theo hướng ngược lại, hiệu suất của quạt sẽ giảm mạnh, chiều chuyển động của dòng không khí qua quạt sẽ không thay đổi.

Nếu quạt được thiết kế để di chuyển không khí có chứa tạp chất dễ nổ hoặc nếu nó phải được lắp đặt trong phòng dễ nổ thì thiết kế của nó sẽ có các yêu cầu đặc biệt. Bản chất của các yêu cầu này là trong quá trình vận hành quạt, phải loại trừ khả năng hình thành tia lửa trong trường hợp tiếp xúc giữa bánh công tác và vỏ hoặc ngăn chặn tia lửa nếu có tiếp xúc trực tiếp với luồng không khí thải (sử dụng động cơ phòng nổ, hoặc đặt động cơ bên ngoài rãnh thông gió,...).

b) Theo đặc điểm cánh quạt có thể chia quạt ly tâm ra các dạng chính sau:

- Quạt ly tâm cánh cong về phía trước (forward curve - FC): Quạt ly tâm cánh hướng về phía trước (hình 5-12) được sử dụng trong các trường hợp cần lưu lượng lớn nhưng áp suất tĩnh thấp. Số lượng cánh của quạt thường nằm từ 24 đến 64 cánh. Khoảng làm việc có hiệu quả cao (hiệu suất cao) của quạt nằm trong khoảng 30% đến 80% lưu lượng định mức. Hiệu suất có thể đạt tới 70%. Quạt



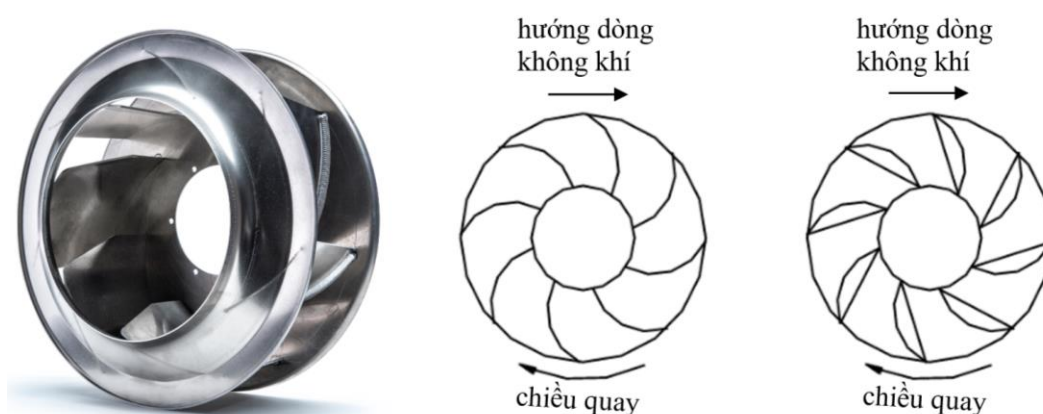
Hình 5-12

ly tâm có cánh cong về phía trước có một số ưu điểm chính như:

- + Cấu tạo đơn giản nên giá thành rẻ;
- + Tốc độ quay thấp nên độ ồn thấp;
- + Áp suất lớn hơn, nhưng lưu lượng nhỏ hơn so với quạt gió hướng trục cùng công suất;
- + Phạm vi hoạt động rộng.

Tuy nhiên, quạt FC cũng có nhược điểm là khi cột áp tĩnh thấp có khả năng động cơ bị quá tải, kết cấu cánh không vững chắc.

- Quạt ly tâm cánh cong về phía sau (backward inclined - BI): Bánh công tác của quạt ly tâm cánh hướng sau có 2 dạng cánh đơn và cánh dạng khí động (cánh 2 lớp) như hình 5-13.

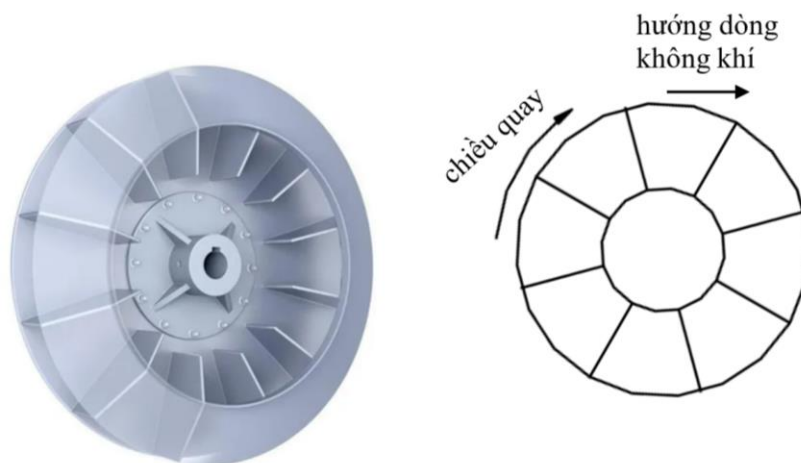


Hình 5-13

Đặc điểm của quạt BI là tốc độ quay lớn, áp suất tạo ra lớn. Do đặc điểm cấu tạo nên hiệu suất quạt BI khá lớn, có thể đạt 80%. Khả năng quá tải của động cơ ít xảy ra

do đường đặc tính của công suất đạt cực đại ở gần ngoài vùng làm việc. Khoảng làm việc hiệu quả từ 45% đến 85% lưu lượng định mức.

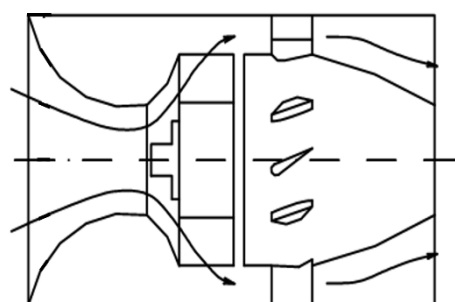
- Quạt ly tâm cánh hướng kính (radial blade - RB): Cấu tạo bánh công tác của quạt RB được minh họa trên hình 5-14.



Hình 5-14

Quạt RB ít được sử dụng trong kỹ thuật do đường kính rôto lớn. Đặc điểm của quạt RB là khả năng tạo áp suất tĩnh lớn, chính vì vậy nó thường được sử dụng để vận chuyển vật liệu dạng hạt. Đường đặc tính công suất N gần như tỷ lệ với lưu lượng, vì thế loại này có thể kiểm soát lưu lượng thông qua kiểm soát năng lượng cung cấp từ mô-tơ truyền động (động cơ lai). Nhược điểm của quạt RB là giá thành cao và hiệu suất không cao. Hiệu suất cực đại có thể đạt 68%.

- Quạt ly tâm dạng ống (tubular centrifugal – TC or Centrifugal Inline Fan – CI fan): Minh họa cho cấu trúc cơ bản của quạt ly tâm dạng ống (quạt ly tâm nội tuyến hoặc quạt ly tâm thổi thẳng) trên hình 5-15.



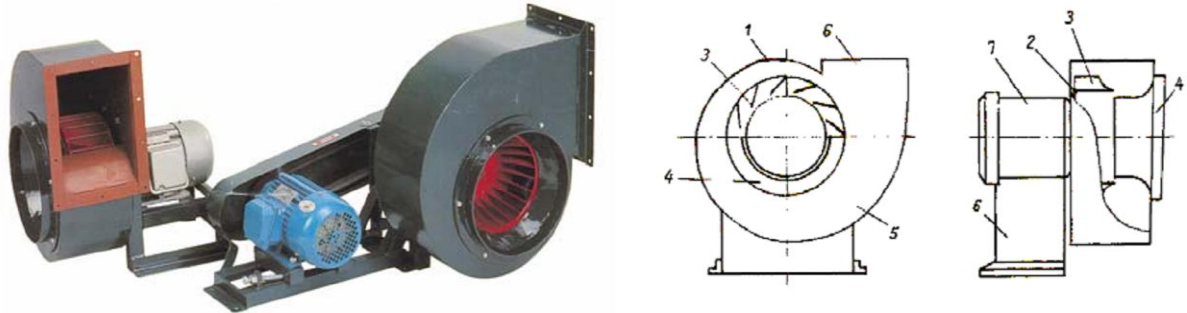
Hình 5-15

Quạt TC gồm một vỏ hình trụ, bánh công tác, cánh quạt, miệng hút và ống côn. Dòng khí đi vào quạt theo trục, qua bánh công tác của cánh quạt, miệng hút và ống côn. Dòng khí đi vào quạt theo trục, qua bánh công tác của quạt sẽ đổi hướng 90° và bị ép vào khoang đầy, không khí (dịch thể nói chung) bị nén lại, tạo ra một khoang chứa khí nén có áp suất dư. Do sự chênh lệch về áp suất, không khí nén tại khoang đầy bị đẩy ra khỏi quạt theo hướng song song với trục. Quạt TC thoát trông giống quạt hướng trục nhưng nguyên lý khí động khác hẳn. Hiệu suất thấp và độ

ồn cao, nhưng không thay đổi dòng nên được sử dụng thay cho quạt hướng trục khi cần áp suất cao.

c) Theo đặc điểm cấu tạo quạt ly tâm gồm các dạng sau:

* Quạt ốc sên:



Hình 5-16

Nguyên lý làm việc của quạt ốc sên như sau: Dòng không khí theo cửa lấy gió 4 đi vào guồng cánh 2 theo hướng dọc trục. Khi cánh quay sẽ ép dòng không khí lên vỏ quạt 1, dòng bị hãm và biến động năng thành áp năng. Ống khuếch tán có dạng côn, tiết diện tăng dần có tác dụng biến một phần áp suất động thành áp suất tĩnh. Như vậy dòng không khí đi ra quạt có áp suất khá lớn và hướng chuyển động thay đổi theo phương tiếp tuyến với guồng cánh.

Trong điều hoà không khí, người ta thường sử dụng dạng quạt ly tâm với guồng cánh gồm nhiều cánh nhỏ gọi là quạt lồng sóc, quạt này có độ ồn nhỏ.



Hình 5-17. Bánh công tác quạt ly tâm máy điều hoà không khí

* Quạt ly tâm dạng ống: Quạt ly tâm dạng ống (tubular centrifugal hoặc in-line centrifugal fan) có cấu tạo gồm một ống trục 1 có tác dụng nắn dòng ly tâm thành dòng hướng trục, bánh công tác 2 (guồng cánh), các cánh tĩnh 3 vừa làm nhiệm vụ của cánh định hướng dòng và nâng đỡ bánh công tác, miệng hút gió hình phễu 4 và ống côn 5 (hình 5-18).