

Bài 3: Cơ sở kỹ thuật điều hòa không khí

Mục tiêu của bài:

- Hiểu được khái niệm về điều hòa không khí, vai trò và chức năng của các thiết bị chính trong hệ thống điều hòa không khí.
- Vận dụng được các kiến thức cơ sở về điều hòa không khí và hệ thống điều hòa không khí.
- Lắp đặt và sửa chữa được các mô hình máy lạnh và điều hòa không khí.
- Phát huy tích cực chủ động và sáng tạo trong công việc.

Nội dung chính:

1. Không khí ẩm

Mục tiêu: Nêu được các thông số trạng thái và các quá trình của không khí ẩm

Không khí trong khí quyển bao quanh chúng ta là hỗn hợp của nhiều chất khí, chủ yếu là N_2 (chiếm 75,5% khối lượng) và O_2 (23,1%), ngoài ra còn một lượng nhỏ các khí trơ, CO_2 và hơi nước,...

Không khí không chứa hơi nước được gọi là không khí khô, còn không khí có chứa hơi nước được gọi là không khí ẩm. Trong tự nhiên không tồn tại không khí khô tuyệt đối.

Không khí khô được coi là khí lý tưởng. Vì lượng hơi nước chứa trong không khí ẩm rất nhỏ nên cũng có thể coi là không khí ẩm như một hỗn hợp khí lý tưởng khi tính toán các thông số trạng thái của nó trong phạm vi nhiệt độ thường gặp trong kỹ thuật điều hòa không khí.

Các thông số trạng thái của không khí ẩm

Áp suất

Áp suất không khí trong khí quyển thường được gọi là khí áp và được kí hiệu là P . Hiệu số giữa áp suất của không khí do quạt gió gây ra với áp suất khí quyển được gọi là cột áp. Nói chung, khí áp P thay đổi theo điều kiện khí lý tưởng ở từng nơi, nhưng trị số P sai lệch nhau không nhiều lắm. Trong tính toán người ta quy ước trạng thái không khí được xét ở điều kiện tiêu chuẩn với $P_0 = 760 \text{ mmHg}$.

Đơn vị đo áp suất (hoặc cột áp) của không khí trong hệ SI là Pascan (Pa), $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$. Ngoài ra còn gặp các đơn vị đo áp suất khác như bar, atmophe (at), độ cao cột chất lỏng (mmH_2O , mmHg). Trong hệ đo lường của Anh, Mỹ và một số nước khác thường dùng đơn vị đo áp suất là psi: $1 \text{ psi} = 6896 \text{ Pa} = 0,0703 \text{ at}$.

Nhiệt độ

Nhiệt độ biểu thị mức độ chuyển động (rung động) của các phần tử vô cùng bé của vật chất. Mức độ rung động càng lớn, vật càng nóng và ngược lại mức độ

rung động càng nhỏ vật càng lạnh. Nếu các phần tử ngừng rung động thì nhiệt độ đạt đến điểm không tuyệt đối $= -273,15^{\circ}\text{C}$.

Trong kỹ thuật không khí người ta thường sử dụng phổ biến thang nhiệt độ bách phân (ký hiệu t , đơn vị là $^{\circ}\text{C}$) mà ít dùng thang nhiệt độ tuyệt đối (ký hiệu T , đơn vị là K). Trong hệ đo lường Anh (Mỹ) còn thường dùng thang nhiệt độ Fahrenheit (đơn vị đo là $^{\circ}\text{F}$). Có thể sử dụng các công thức chuyển đổi từ T và $t^{\circ}\text{F}$ sang $t^{\circ}\text{C}$ như sau:

$$t^{\circ}\text{C} = T - 273 = (t^{\circ}\text{F} - 32).5/9$$

$$\text{Ví dụ: đổi } 70^{\circ}\text{F} \text{ sang } t^{\circ}\text{C} = (70 - 32).5/9 = 21^{\circ}\text{C}$$

Khối lượng riêng (mật độ)

Khối lượng riêng của không khí ẩm ký hiệu là ρ , đơn vị là kg/m^3 , là khối lượng của một đơn vị thể tích không khí. Mật độ ρ thay đổi theo khí áp và nhiệt độ, tuy nhiên trong phạm vi nhiệt độ thường gặp trong kỹ thuật không khí, trị số của mật độ không thay đổi nhiều lắm. Để thuận tiện cho việc tính toán, người ta quy ước trạng thái không khí được xét với mật độ $\rho_0 = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ở điều kiện nhiệt độ 20°C và khí áp tiêu chuẩn $P_0 = 760\text{mmHg}$.

Độ ẩm tương đối

Độ ẩm tương đối (ký hiệu là φ) được tính bằng tỉ số giữa độ ẩm tuyệt đối ρ_h với độ ẩm tuyệt đối cực đại $\rho_{h,\max}$ ở cùng trạng thái.

$$\varphi = \rho_h / \rho_{h,\max}$$

$$\text{hoặc theo tỉ lệ \%: } \varphi = (\rho_h / \rho_{h,\max}).100\%$$

Không khí có độ ẩm $\varphi < 1$ được gọi là không khí ẩm chưa bão hòa (khi đó hơi nước trong không khí ở trạng thái quá nhiệt)

Không khí có độ ẩm $\varphi = 1$ (hay 100%) được gọi là không khí ẩm bão hòa (khi đó hơi nước trong không khí cũng ở trạng thái bão hòa khô). Nếu đưa thêm hơi nước vào không khí ẩm bão hòa thì phần hơi đó sẽ ngưng tụ thành các hạt nước, lúc đó không khí ẩm ở trạng thái quá bão hòa.

Trong kỹ thuật không khí người ta thường không xét tới các trạng thái không khí quá bão hòa.

Dung ẩm (độ chứa hơi)

Dung ẩm của không khí ký hiệu là d , đơn vị là kg/kg hoặc g/kg . Đó là lượng hơi nước chứa trong 1kg không khí khô.

Trong kỹ thuật nhiệt đã biết hệ thức:

$$d = 0,622\rho_h / (p - p_h), \text{ kg/kg}$$

Trong đó p là áp suất khí quyển và p_h là phân áp suất hơi nước ở trạng thái không khí đang xét.

Entanpy

Entanpy của không khí ẩm (ký hiệu I , đơn vị kJ/kg) được tính cho lượng không khí có khối lượng phần khô là 1kg và có dung ẩm d (kg/kg).

Ở nhiệt độ $t^{\circ}\text{C}$ với dung ẩm d (kg/kg) có thể xác định được entanpy của không khí ẩm theo công thức:

$$I = c_{pk} \cdot t + d(r_0 + c_{ph})$$

Trong đó: $c_{pk} = 1 \text{ kJ/kgK}$ là nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí khô;

$c_{ph} = 1,84 \text{ kJ/kgK}$ là nhiệt dung riêng đẳng áp của hơi nước (quá nhiệt) ở 0°C ;

$r_0 = 2500 \text{ kJ/kg}$ là nhiệt ẩn hóa hơi của nước ở 0°C .

Do đó: $I = t + d(2500 + 1,84t)$, kJ/kg

Người ta thường quy ước $I = 0$ khi $t = 0^{\circ}\text{C}$ và $d = 0$.

Nhiệt độ điểm sương

Nếu làm lạnh không khí trong điều kiện giữ nguyên dung ẩm d (hoặc phân áp suất hơi p_h), thì tới một nhiệt độ t_s nào đó hơi nước trong không khí sẽ ngưng tụ thành nước bão hòa. Nhiệt độ t_s được gọi là *nhiệt độ điểm sương*

Như vậy, nhiệt độ điểm sương t_s là nhiệt độ ứng với trạng thái không khí ẩm bão hòa ($\varphi = 1$) ở dung ẩm đã cho. Nói cách khác, nhiệt độ điểm sương t_s cũng là nhiệt độ bão hòa của hơi nước tương ứng với phân áp suất hơi p_h cho trước.

Nhiệt độ nhiệt kế ướt

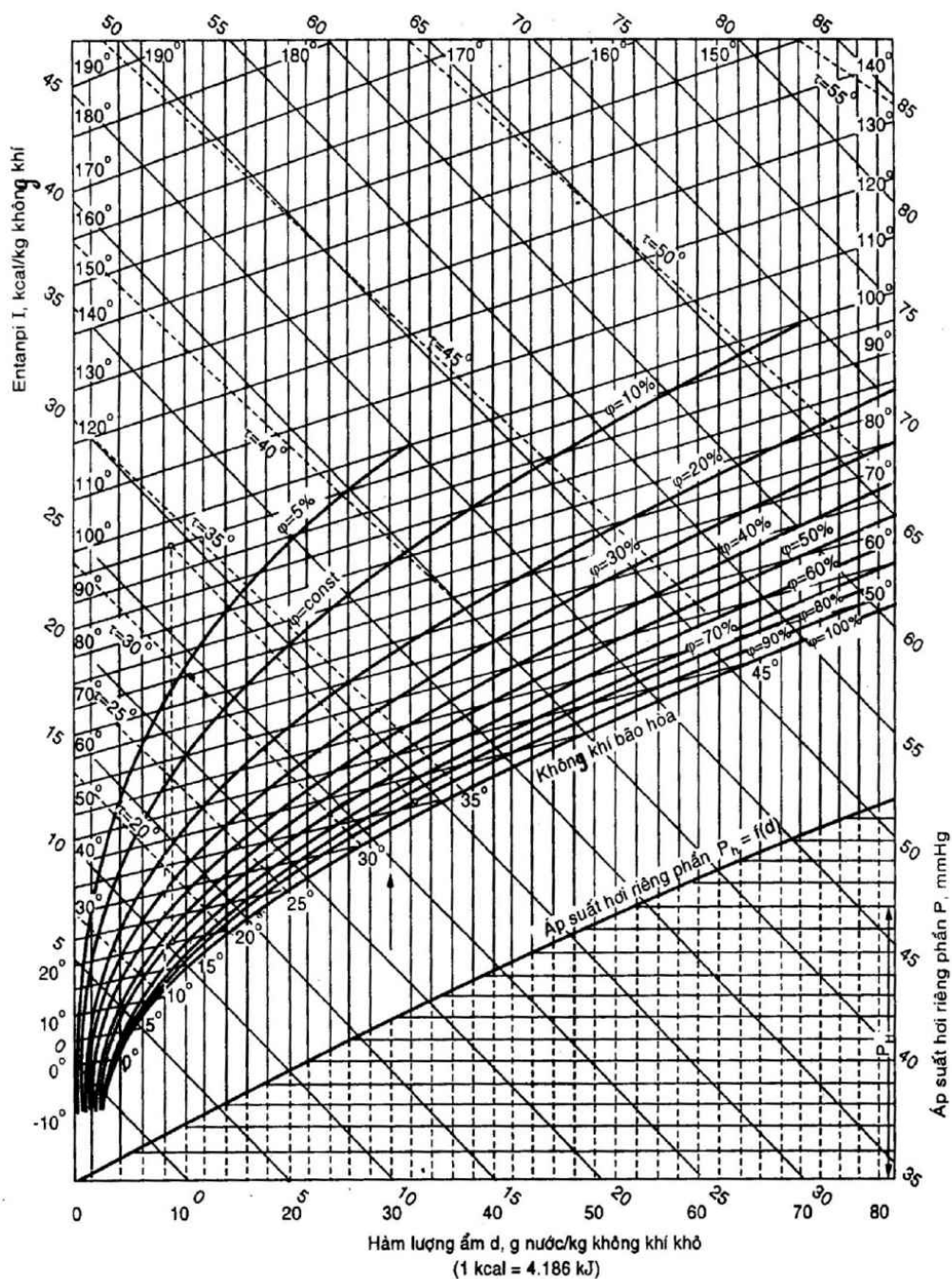
Khi cho bay hơi nước đoạn nhiệt vào không khí ẩm chưa bão hòa ($\varphi < 1$) thì nhiệt độ của không khí sẽ giảm dần, độ ẩm tương đối tăng lên, trong khi entanpy không đổi. Tới trạng thái có $\varphi = 1$, quá trình bay hơi nước vào không khí chấm dứt, không khí đạt tới nhiệt độ t_w nào đấy, được gọi là *nhiệt độ nhiệt kế ướt* (vì thường dùng nhiệt kế ướt có bầu ướt để xác định).

Như vậy, nhiệt độ nhiệt kế ướt t_w là nhiệt độ ứng với trạng thái không khí ẩm bão hòa ở trị số entanpy đã cho (thực ra đó là nhiệt độ bay hơi đoạn nhiệt mới chính xác, nhưng trong kỹ thuật điều hòa không khí ở vùng nhiệt độ nhỏ hơn 50°C , sự sai lệch giữa nhiệt độ bay hơi đoạn nhiệt và nhiệt độ nhiệt kế ướt có thể bỏ qua)

Đồ thị $I - d$ và $t - d$ của không khí ẩm

Đồ thị $I - d$ của không khí ẩm

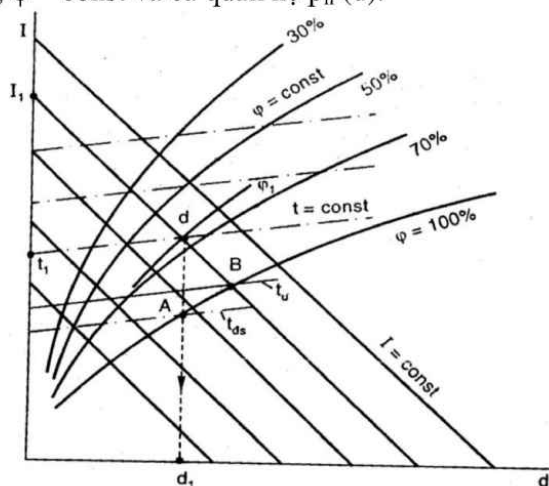
Đồ thị $I - d$ chọn trục tọa độ là hai thông số entanpy I và dung ẩm d đặt lệch nhau một góc 135° , các thông số còn lại (t , φ , t_s và t_w) được xem là các tham số. Mỗi đồ thị được xây dựng tương ứng với một khí áp p nào đó, nhưng thông dụng hơn cả là đồ thị được vẽ theo khí áp tiêu chuẩn $p_0 = 760 \text{ mmHg}$.



Hình 3.1. Đồ thị I-d của không khí ẩm

Trên đồ thị I – d mỗi điểm biểu diễn một trạng thái, mỗi điểm biểu diễn một quá trình thay đổi trạng thái của không khí ẩm. Trên đồ thị người ta thể hiện

các họ đường $I = \text{const}$ và $d = \text{const}$ song song với các trục tọa độ, ngoài ra còn các họ đường $t = \text{const}$, $\varphi = \text{const}$ và cả quan hệ $p_h(d)$.

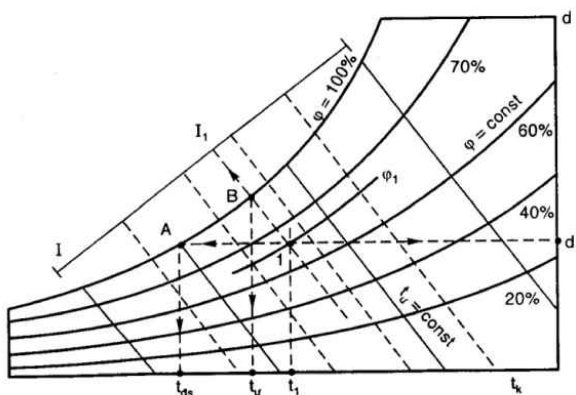


Hình 3.2. Biểu diễn trạng thái của không khí ẩm trên đồ thị I-d

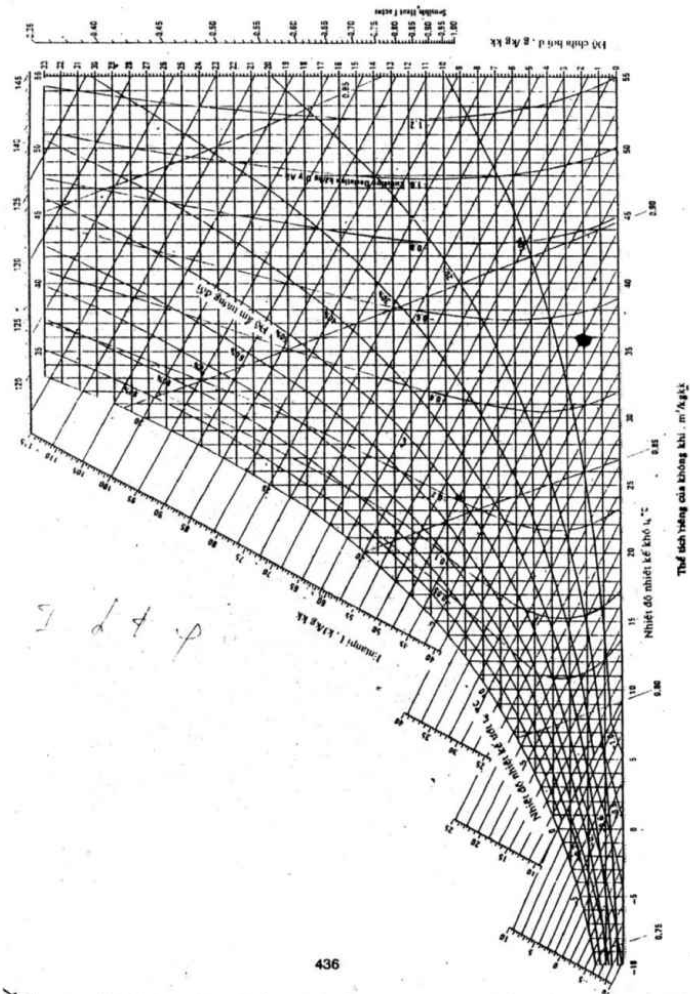
Trên hình 3.2, trạng thái A của không khí ẩm được xác định bởi φ_A và t_A , từ đó xác định được I_A , t_{wA} , d_A và t_{sA} hoặc nếu biết t_{wA} và t_{sA} cũng dễ dàng xác định được I_A và d_A từ đó tìm được φ_A , t_A trên đồ thị.

Đồ thị $t - d$ của không khí ẩm

Đồ thị $d - t$ còn gọi là ẩm đồ Carrier. Đây là loại đồ thị thường được dùng ở nhiều nước như Mỹ, Anh, Nhật, các nước Đông Nam Á...



Hình 3.3. Đồ thị d-t của không khí ẩm



Hình 3.4. Đồ thị d-t của không khí ẩm

Trên hình 3.4, trình bày đồ thị d – t: hai trục $0d$ và $0t$ vuông góc với nhau, còn các đường $I = \text{const}$ lệch một góc gần bằng 40° so với trục tọa độ $0t$, các họ đường $\varphi = \text{const}$ cũng là các đường cong, trong đó đường $\varphi = 1$ biểu diễn các trạng thái không khí ẩm bão hòa (gọi là đường bão hòa). Các trị số nhiệt độ trên đường bão hòa thể hiện nhiệt độ nhiệt kế ướt hoặc nhiệt độ điểm sương, tương tự như trong đồ thị $I - d$ có thể hiểu đồ thị d – t như là hình ảnh phản chiếu của nó qua một tấm gương. Cách xác định các trạng thái của không khí ẩm trên đồ thị d – t cũng tương tự như trên đồ thị $I - d$.

Một số quá trình của không khí ẩm khi điều hòa không khí

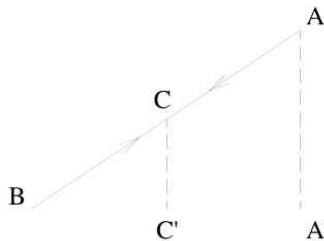
Trong kỹ thuật không khí người ta gọi các quá trình có entanpi không đổi ($I = \text{const}$) là quá trình đẳng entanpi, quá trình có dung ẩm không đổi ($d = \text{const}$) là

quá trình đẳng dung ẩm, quá trình có nhiệt độ không đổi ($t = \text{const}$) là quá trình đẳng nhiệt. Các quá trình còn lại được gọi là quá trình đa biến.

Quá trình hòa trộn

Trong kỹ thuật không khí người ta rất hay gặp các trường hợp trộn lẫn các lượng không khí có trạng thái khác nhau theo một tỉ lệ nhất định để được trạng thái không khí cần thiết. Quá trình như vậy được gọi là quá trình hòa trộn.

Có thể sử dụng các công thức đã biết trong nhiệt động kỹ thuật để tính toán các quá trình hòa trộn không khí, nhưng dùng đồ thị $I - d$ hoặc $d - t$ để biểu diễn và tính toán sẽ tiện lợi và nhanh chóng hơn nhiều.



Để thành lập phương trình của quá trình hòa trộn, ta xét một lượng không khí ở trạng thái A có khối lượng phần khô là L_A được hòa trộn với không khí ở trạng thái B có khối lượng phần khô là L_B , hỗn hợp thu được ở trạng C (I_C, d_C) với khối lượng phần khô là L_C .

Cân bằng khối lượng: $L_C = L_A + L_B$

Cân bằng nhiệt: $I_C \cdot L_C = I_A \cdot L_A + I_B \cdot L_B$

Cân bằng ẩm: $d_C \cdot L_C = d_A \cdot L_A + d_B \cdot L_B$

Kết hợp 3 phương trình trên và sau khi biến đổi, ta được:

$$(I_A - I_C)L_A = (I_C - I_B)L_B$$

$$(d_A - d_C)L_A = (d_C - d_B)L_B$$

Chia 2 vế cho nhau ta được:

$$(I_A - I_C)/(d_A - d_C) = (I_C - I_B)/(d_C - d_B)L_B$$

Trên hệ trục tọa độ $I - d$, biểu thức trên chính là phương trình đường thẳng đi qua 3 điểm A, B, C. Hay nói cách khác, điểm hòa trộn C nằm trên đoạn thẳng nối hai điểm A và B.

Có thể xác định vị trí điểm hòa trộn C trên đồ thị $I - d$ dựa trên quan hệ đồng dạng của hai tam giác BCC' và BAA'

$$AC/CB = A'C'/C'B = (d_A - d_C)/(d_C - d_B)$$

Mặt khác, $(d_A - d_C)/(d_C - d_B) = L_B/L_A$

Rút ra: $AC/CB = L_B/L_A$.

Nghĩa là trên đồ thị $I - d$, điểm hòa trộn C chia trong đoạn thẳng AB theo tỉ lệ bằng L_B/L_A .

Bài tập về sử dụng đồ thị

Bài tập 1. 9kg không khí ẩm $d_1 = 0,025$ kg/kg làm nguội đến $t_2 = 15^\circ\text{C}$. Xác định lượng nước ngưng (hay đọng sương) G_n .

Lời giải:

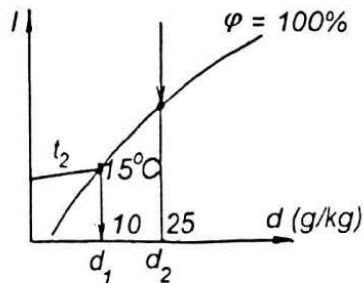
$$G_n = G_k \Delta d = G_k (d_1 - d_2)$$

Trong đó:

$$G_k = \frac{G}{1 + d_1} = \frac{9}{1 + 0,025} = 8,78 (\text{kg})$$

Từ đồ thị I-d (hình 1.8), từ t_2 cắt $\varphi = 100\%$ ta tìm được $d_2 = 10\text{g/kg}$. Vậy lượng nước ngưng.

$$G_n = 8,78. (0,025 - 0,01) = 0,132\text{kg}.$$



Bài tập 2. Không khí ẩm có $\varphi = 60\%$, $p = 1$ bar, $P_{h\max} = 0,04$ bar, lượng không khí khô $G_k = 50\text{kg}$.

$$\text{Trả lời } G = G_k(1 + d) = 50,765 \text{ kg}$$

2. Khái niệm về điều hòa không khí

Mục tiêu: Nêu được các phương pháp xử lý không khí

Khái niệm về thông gió và điều hòa không khí

Khái niệm về thông gió

Nếu trong một phòng kín có xảy ra sự tích tụ nhiệt ẩm hoặc các chất độc hại thì sau một thời gian nào đó, các thông số nhiệt độ, độ ẩm của không khí trong phòng sẽ biến động, nhiều khi vượt quá giới hạn cho phép. Để ngăn cản sự tích tụ nhiệt, ẩm hoặc các chất độc hại cần phải tiến hành thay thế liên tục không khí trong phòng đã bị ô nhiễm bằng không khí tươi mát lấy từ bên ngoài. Quá trình như thế được gọi là thông gió.

Như vậy, *thông gió là quá trình trao đổi không khí trong nhà và ngoài trời để bảo đảm thải ra ngoài nhiệt thừa, ẩm thừa, các chất độc hại, ... nhằm giữ cho các thông số vật lý – khí tượng không vượt quá giới hạn cho phép.*

Khi tiến hành thông gió thường phải làm sạch không khí trước khi thải ra ngoài trời để tránh gây ô nhiễm môi trường, còn không khí đưa vào thì không được xử lý trước.

Thông gió có thể được phân loại theo phạm vi tác dụng và theo cách thực hiện.

Theo phạm vi tác dụng, người ta phân ra:

- Thông gió tổng thể, có tác dụng trên toàn bộ không gian của phòng được thực hiện nhờ hệ thống thổi không khí vào nhà, hoặc hệ thống hút thải không khí ra, hoặc kết hợp cả hai.

- Thông gió cục bộ, có tác dụng trên một phạm vi hẹp của không gian nơi tập trung tích tụ nhiệt, ẩm hoặc độc hại nhiều hơn các nơi khác. Thường có bộ phận tích góp hoặc ngăn che để tăng hiệu quả và chống sự lan tỏa các chất độc hại ra vùng lân cận.

Theo phương thức thực hiện, người ta phân biệt thông gió cưỡng bức (cơ khí) và thông gió tự nhiên:

- Thông gió cưỡng bức được thực hiện nhờ quạt gió (có thể kèm theo ống dẫn không khí hoặc không có ống dẫn không khí), nhờ đó tạo ra dòng đối lưu cưỡng bức (luồng khí) trong phòng.

- Thông gió tự nhiên lợi dụng sức gió hoặc lực nâng của không khí khi có chênh lệch mật độ (cũng là do chênh lệch nhiệt độ), nhờ đó tạo ra dòng đối lưu tự nhiên qua cửa ra vào, cửa sổ, cửa mái, các lỗ thông gió... Đôi khi người ta làm thêm các ống hút gió để tăng lực tự hút.

Khái niệm về điều hòa không khí

Điều hòa không khí là quá trình xử lý không khí để đạt được 4 thông số yêu cầu cơ bản là:

- Nhiệt độ không khí
- Độ ẩm không khí
- Độ sạch (bụi, tạp chất, chất độc hại) của không khí
- Sự lưu thông tuần hoàn không khí

Khi đạt được 4 yêu cầu trên phục vụ nhu cầu tiện nghi của con người, người ta gọi đó là điều hòa không khí tiện nghi, còn để phục vụ cho một quá trình sản xuất hoặc công nghệ chế biến, người ta gọi là điều hòa không khí công nghệ.

Như vậy, *điều hòa không khí (còn gọi là điều tiết không khí) có thể hiểu là quá trình tạo ra và duy trì ổn định trạng thái không khí trong nhà theo một chương trình định trước, không phụ thuộc vào trạng thái không khí ngoài trời.*

Ví dụ, có thể duy trì trạng thái không khí trong nhà ở nhiệt độ 24°C , độ ẩm 60% trong khi ngoài trời có nhiệt độ 36°C (hoặc 10°C), độ ẩm 90% (hoặc 30%)...

Để thực hiện được điều đó thì không khí cần được xử lý trước khi thổi vào phòng. Xử lý không khí bao gồm một trong các công việc: làm lạnh, làm khô, làm nóng, làm ẩm và làm sạch không khí.

Để điều hòa không khí, người ta cần có các thiết bị chính:

- Máy nén lạnh (máy nén kín – Lốc) để hút hơi môi chất sinh ra ở dàn bay hơi và nén, đẩy hơi môi chất lên dàn ngưng tụ.

- Dàn lạnh để làm lạnh không khí

- Dàn nóng để làm nóng không khí

- Thiết bị tiết lưu (van tiết lưu, ống mao) để điều chỉnh hợp lý lượng môi chất lạnh phun vào dàn bay hơi.

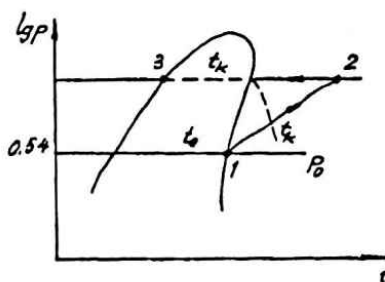
- Máy hút ẩm hoặc máy phun ẩm để khử ẩm hoặc tăng ẩm

- Phin lọc bụi, tạp chất và hóa chất độc hại

- Quạt gió, miệng thổi, miệng hút, miệng gió tươi, ống gió để lưu thông, tuần hoàn và thông gió.

Bài tập về tính toán tải lạnh đơn giản

Bài 2.19: Máy điều hòa (máy lạnh) dùng R22. Hơi vào máy nén là hơi bão hòa khô. Công suất của máy nén 2000W, áp suất bốc hơi $p_0 = 5,4$ bar, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 50^\circ\text{C}$. Xác định lưu lượng không khí (coi là không khí khô) được làm lạnh khi qua dàn bốc hơi nếu nhiệt độ không khí giảm 15K.



Lời giải

Với $p_0 = 5,4$ bar = 0,54 MPa, $t_k = 50^\circ\text{C}$, từ đồ thị $\lg p - i$ của R22 ta có:

$$i_1 = 705 \text{ kJ/kg}, i_2 = 740 \text{ kJ/kg}$$

$$i_3 = 565 \text{ kJ/kg}$$

Lượng môi chất lạnh R22

$$G = \frac{N}{i_2 - i_1} = \frac{2}{740 - 705} = 0,0572 \text{ kg/s}$$

Năng suất lạnh Q_0 :

$$Q_0 = G (i_1 - i_3) = 0,0572 (705 - 565) = 8 \text{ kW}$$

Lượng không khí: