



Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)

Bởi:

Võ Chí Chính
Đình Văn Thuận

NHỮNG NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HIỆU QUẢ TRAO ĐỔI NHIỆT ẨM

Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm

Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm.

Trên thực tế trạng thái không khí cuối quá trình trao đổi nhiệt ẩm với nước phun không thể đạt trạng thái $\phi = 100\%$, mà chỉ đạt một trạng thái O với $\phi = 0,9 \text{ ? } 0,95$ mà thôi. Để đặc trưng cho hiệu quả của quá trình trao đổi nhiệt ẩm giữa nước và không khí trong buồng phun người ta đưa ra một đại lượng gọi là hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm, Ký hiệu là E.

$$E = \frac{AO}{AB} < 1 \quad (7-1)$$

Hệ số trao đổi nhiệt ẩm có thể xác định theo thông số trạng thái của không khí.

Từ O, B ta kẻ các đường tO và tB cắt đường dA ở các điểm O' và B'. Ta có thể coi các đường tO và tB song song với nhau, khi đó:

$$E = \frac{AO}{AB} = \frac{AO'}{AB'} = \frac{t_A - t_O}{t_A - t_B} = \frac{I_A - I_O}{I_A - I_B} \quad (7-2)$$

Đối với quá trình đoạn nhiệt : tB = t_{tr},

$$E = E_a = \frac{t_A - t_O}{t_A - t_{tr}} \quad (7-3)$$

Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vạn năng

Trong một số trường hợp người ta sử dụng đại lượng gọi là hệ số trao đổi nhiệt ẩm vạn năng E' :

$$E' = 1 - \frac{t_o - t_{to}}{t_A - t_{tA}} \quad (7-4)$$

Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vạn năng thường được sử dụng để tính toán thiết kế thiết bị buồng phun.

Ngoài ra người ta còn đưa ra hệ số E_n nhằm đánh giá hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm của buồng phun.

$$E_n = 1 - \frac{t_{tB} - t_n}{t_{to} - t_n} \quad (7-5)$$

Những nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm

Ảnh hưởng của hệ số phun

Hệ số phun là tỷ lệ giữa lưu lượng nước phun G_f (kg/s) với lưu lượng không khí được xử lý G (kg/s). Hệ số phun được ký hiệu là μ .

$$\mu = \frac{G_f}{G} \quad (7-6)$$

Khi hệ số phun μ tăng, hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm tăng. Khi $\mu < 4$, hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm tăng đáng kể khi tăng μ . Khi $\mu > 4$, việc tăng μ hệ số trao đổi nhiệt ẩm E tăng không đáng kể, nhưng chi phí điện năng cho bơm nước phun lớn, nên không kinh tế. Trên thực tế người ta chỉ vận hành với hệ số phun $\mu < 2$.

Ảnh hưởng của kết cấu buồng phun

Kết cấu buồng phun có ảnh lớn đến hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm của buồng phun. Các thông số kết cấu ảnh hưởng tới hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm bao gồm:

- Số dãy vòi phun dọc theo chiều chuyển động của buồng phun: Khi số dãy vòi phun tăng thì hiệu quả sẽ cao hơn
- Số vòi phun trên một dãy: Khi số vòi phun tăng thì hiệu quả sẽ cao hơn
- Chiều phun nước so với không khí: Phun ngược chiều nước sẽ tăng hiệu quả trao đổi do vận tốc tương đối tăng lên.

Dạng kết cấu	Hệ số μ	E_{\max}
+ Số dây $z=1$, thuận chiều	0,55	0,6 ÷ 0,7
ngược chiều	0,55	0,65 ÷ 0,75
+ Số dây $z=2$, thuận chiều + thuận chiều	>1,0	0,85 ÷ 0,9
ngược chiều + ngược chiều	>1,0	0,9 ÷ 0,95
ngược chiều + ngược chiều	>1,0	0,9 ÷ 0,95
+ Số dây $z=3$	1,5	0,98

Ảnh hưởng của chế độ phun nước

Khi hạt nước phun càng bé thì bề mặt trao đổi nhiệt ẩm tăng nên hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm tăng lên.

Tùy theo kích thước hạt nước được phun ra mà người ta phân ra thành 3 chế độ phun khác nhau:

- Phun mịn
- Phun trung bình
- Phun thô

Thực nghiệm và lý thuyết đã chứng minh rằng độ mịn của nước phun ra phụ thuộc vào đường kính mũi phun d_0 và áp suất dư của nước trước mũi phun p_f .

Kích thước d_0 và áp suất p_f càng lớn thì hạt nước phun ra càng mịn. Tuy nhiên khi đó đòi hỏi năng lượng dẫn động tăng và vòi phun dễ bị tắc.

Theo kinh nghiệm

- Phun mịn khi: $d_0 = 1,5 - 2 \text{ mm}$ $p_f > 4 \text{ bar}$

- Phun trung bình khi: $d_0 = 2 - 3 \text{ mm}$ $p_f = 2 - 4 \text{ bar}$

- Phun thô khi: $d_0 = 2 - 6 \text{ mm}$ $p_f < 2 \text{ bar}$

Việc chọn đường kính mũi phun và áp suất còn tùy thuộc vào năng suất yêu cầu.

Ảnh hưởng của tốc độ dòng khí.

Khi tốc độ của không khí tăng sẽ làm tăng trao đổi nhiệt ẩm. Nhưng nếu ω_k quá cao thì có khả năng cuốn theo các hạt nước vào gian máy. Trong kỹ thuật người ta khống chế ω_k theo trị số lưu tốc $\rho\omega_k$ một cách hợp lý. Thường chọn $\rho\omega_k = 2,8 - 3,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

Ảnh hưởng của chiều dài quãng đường dòng khí.

Khi tăng chiều dài quãng đường đi của không khí thì thời gian tiếp xúc lớn khi đó E tăng. Tuy vậy kích thước của buồng phun tăng nên làm tăng giá thành và vận hành lắp đặt khó khăn. Vì vậy chỉ khi thực sự cần thiết người ta mới tăng l, ví dụ như khi không khí ban đầu có độ ẩm quá bé.

Thời gian tiếp xúc hợp lý giữa nước và không khí là 1 giây.

Quan hệ phụ thuộc của hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vào hệ số phun được biểu thị theo công thức sau đây:

- Khi phun mịn:

$$\mu = 5.z^{-1}.p_f^{-0.32} .(\rho\omega_k)^{0.37} .\left(\lg \frac{1}{1-E}\right)^{1.61}, \text{ kg/kg} \quad (7-7)$$

- Khi phun trung bình và thô:

$$\mu = 18,6.z^{-1}.p_f^{-0.2} .(\rho\omega_k)^{-0.5} .\left(\lg \frac{1}{1-E}\right)^{1.22}, \text{ kg/kg} \quad (7-8)$$

trong đó

z- Số dây phun;

p_f - Áp suất dư của nước phun, bar ;

$\rho\omega_k$ - Lưu tốc của không khí, $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$;

E- Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm.

TÍNH TOÁN BUỒNG PHUN

Tính thiết kế

Nhiệm vụ bài toán thiết kế buồng phun là xác định các thông số kỹ thuật và kích thước chủ yếu của buồng phun, khi biết trước các thông số nhiệt của không khí vào ra, lưu lượng không khí cần xử lý.. cụ thể:

Các thông số ban đầu

- Lưu lượng gió cần xử lý G, kg/s ;

Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)

- Trạng thái không khí đầu vào (t_1, φ_1) và đầu ra (t_2, φ_2);
- Năng suất lạnh yêu cầu của thiết bị Q_0 , kW;
- Nhiệt độ nước lạnh đầu vào t'_{nl}

Các thông số cần tính toán

- Kích thước buồng phun: Chiều cao h (m); chiều rộng b (m) và chiều dài l (m);
- Lưu lượng nước phun G_f , kg/s;

Các bước tính toán

Chọn lưu tốc không khí đi qua tiết diện ngang của buồng phun $\rho\omega_k$

Thông thường người ta chọn $\rho\omega_k = 2,8 \text{ ? } 3,2 \text{ kg.m}^2/\text{s}$. Nếu quá nhỏ thì hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm thấp, nhưng cao quá thì có khả năng cuốn theo các giọt hơi ẩm. Khối lượng riêng của không khí khoảng $1,2 \text{ kg/m}^3$, do đó tốc độ chuyển động của không khí nằm trong khoảng $\omega_k = 2,3 \text{ ? } 2,7 \text{ m/s}$. Chọn $\omega_k = 2,5 \text{ m/s}$.

Xác định các kích thước cơ bản của buồng phun

- Tiết diện ngang của buồng phun:

$$f_s = \frac{G}{\rho \cdot \omega_k} = b \cdot h, \text{ m}^2 \quad (7-9)$$

trong đó

h - Chiều cao của buồng phun, chiều cao h cần chọn hợp lý trong khoảng $2 \text{ ? } 2,5 \text{ m}$. Nếu quá cao thì sự phân bố lưu lượng gió khó đều, ngược lại nếu chọn quá thấp thì bề rộng lớn, chiếm nhiều diện tích;

b - Chiều rộng buồng phun, m;

G - Lưu lượng gió đã được cho trước hoặc đã xác định được khi thành lập sơ đồ điều hoà không khí, kg/s.

Xác định các thông số đặc trưng khác của buồng phun

- Chọn số dãy phun Z : Trên cơ sở kích thước sơ bộ của buồng phun, chọn số dãy vòi phun. Số dãy vòi phun, như đã biết nằm trong khoảng $1 \text{ ? } 3$ dãy;

Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)

- Chọn cách bố trí các dãy vòi phun. Có 2 cách bố trí sau: thuận chiều, ngược chiều và kết hợp cả 2 cách trên. Các trường hợp có thể bố trí đã trình bày trên bảng 6-1;
- Chọn chế độ phun: Phun thô, trung bình và mịn;
- Chọn loại mũi phun;
- Chọn đường kính mũi phun d_o : 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6mm;
- Chọn mật độ mũi phun trên tiết diện ngang của buồng phun n. Theo kinh nghiệm số mũi phun trên $1m^2$ diện tích nằm trong khoảng 18?24 cái;
- Tính số mũi phun: $N = f_b \cdot Z_n$, cái.

Tính hệ số phun, hệ số hiệu quả E và lưu lượng nước phun

Để xác định quan hệ

- Xác định hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vụn năng:

$$E = 1 - \frac{t_2 - t_{g2}}{t_1 - t_{g1}} \quad (7-10)$$

t_{u1}, t_{u2} - Nhiệt độ nhiệt kế ướt ứng với trạng thái không khí vào và ra.

- Xác định hệ số phun dựa trên hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vụn năng. Tính theo các công thức (7-7) và (7-8) nhưng thay E bằng E'.

Tính nhiệt độ nước phun

Để xác định nhiệt độ nước phun ta dựa vào phương trình cân bằng nhiệt. Nếu bỏ qua các tổn thất thì nhiệt lượng làm lạnh không khí đúng bằng nhiệt làm tăng nhiệt độ nước từ nhiệt độ t'_n đến t''_n .

$$Q_o = G \cdot (I_1 - I_2) = G_{nl} \cdot C_{pn} \cdot (t''_n - t'_n) \quad (a)$$

Mặt khác, ta có biểu thức

$$\mu = \frac{G_g}{G} \quad (b)$$

Kết hợp (a), (b) và cho biết $G_f = G_{nl}$ ta có:

Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)

$$\Delta t_n = t'_n - t''_n = \frac{\Delta I}{C_{p,n} \mu}$$

Giá trị Δt_n phải thoả mãn điều kiện $\Delta t_n \leq 5^\circ\text{C}$, nếu lớn quá phải tăng hệ số phun μ và xác định lại giá trị E_n .

Từ đó suy ra:

$$t''_n = t'_n + \Delta t_n$$

Nhiệt độ nước vào được suy ra từ các biểu thức (7-3) và (7-10):

$$t''_n = \frac{t_{n2} - \Delta t_n - t_{n1}(1 - E_n)}{E_n}$$

Tính lưu lượng nước phun và lưu lượng nước lạnh

Hệ thống cấp nước bể phun có thể thực hiện theo một trong hai cách sau:

- Nước được làm lạnh và đưa đến phun trực tiếp ở buồng phun. Trong trường hợp này lưu lượng nước phun bằng lưu lượng nước lạnh.
- Nếu nước lạnh được cấp tới bể chứa và từ đây nước được bơm đến phun ở buồng phun. Trong trường hợp này nước được tuần hoàn theo hai vòng khác nhau và có thể lưu lượng nước phun và nước tuần hoàn không giống nhau (do bơm hoặc trở lực hệ thống khác nhau).

a). Lưu lượng nước phun (nước lạnh) được xác định theo công thức:

$$G_f = G \cdot \mu, \text{ kg/s (7-11)}$$

b). Lưu lượng nước lạnh: Nước lạnh được cấp vào bể chứa để từ đó được bơm phun vào buồng phun trao đổi nhiệt ẩm. Lưu lượng nước lạnh có thể khác lưu lượng nước phun.

$$G_{cl} = \frac{Q_s}{C_{p,n} (t'_n - t_{n1})} \quad (7-12)$$

trong đó:

t''_n, t_{n1} - Nhiệt độ nước phun đầu ra (bằng nhiệt độ nước lạnh hồi về) và nhiệt độ nước lạnh vào bể nước phun;

Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)

Q_0 - Công suất lạnh yêu cầu, kW.

Xác định áp suất trước mũi phun và số mũi phun N

- Năng suất phun của mỗi mũi phun được xác định theo công thức sau:

$$g_f = \frac{G_f}{N}, \text{ kg/s} \quad (7-13)$$

Năng suất phun có ảnh hưởng tới áp suất dư trước các mũi phun và quan hệ đó được xác định như sau:

Đối với mũi phun kim loại:

$$g_f = 38,5 \cdot d_0^{1,33} \cdot p_f^{0,46}, \text{ l/h} \quad (7-14)$$

Đối với mũi phun nhựa:

$$g_f = 44 \cdot d_0^{1,3} \cdot p_f^{0,52}, \text{ l/h} \quad (7-15)$$

trong đó

d_0 - Đường kính mũi phun, mm;

p_f - Áp suất dư của mũi phun, at.

Từ giá trị g_f có thể xác định được áp suất dư như sau:

Đối với mũi phun kim loại:

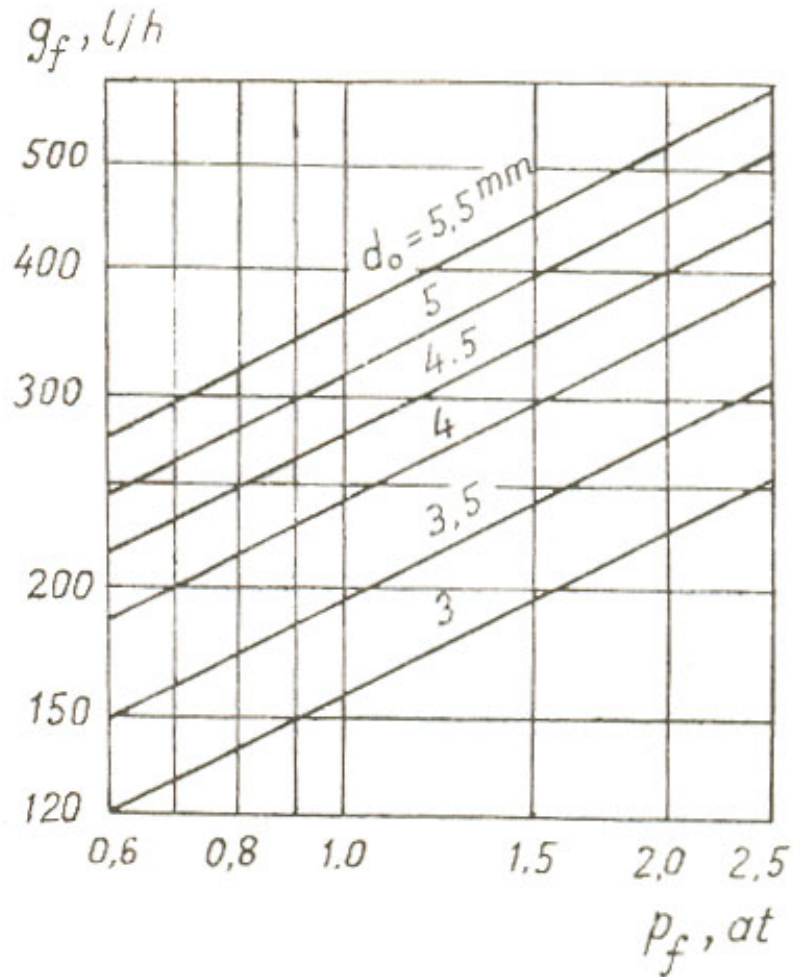
$$p_f = 0,0005 \cdot d_0^{-2,375} \cdot g_f^{2,023}, \text{ at} \quad (7-16)$$

Đối với mũi phun nhựa:

$$p_f = 0,00069 \cdot d_0^{-2,5} \cdot g_f^{1,923}, \text{ at} \quad (7-17)$$

Quan hệ giữa áp suất dư và năng suất phun ứng với các loại vòi phun có đường kính khác nhau biểu thị trên hình 7.11 dưới đây. Theo yêu cầu kỹ thuật áp suất dư trước các mũi phun không nên quá lớn, vì nếu lớn thì yêu cầu về cột áp của bơm phải cao. Thực tế nên chọn $p_f < 2,5 \text{ at}$. Vì vậy khi tính toán, nếu áp suất dư lớn quá thì phải tăng số mũi phun N, để giảm áp suất dư. Trong phần này tùy theo điều kiện thực tế mà có thể chọn áp suất dư p_f định trước và xác định số mũi phun cần thiết. Tuy nhiên nếu chọn số mũi

phun nhiều, áp suất giảm, chế độ phun chuyển sang phun thô, hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm giảm.



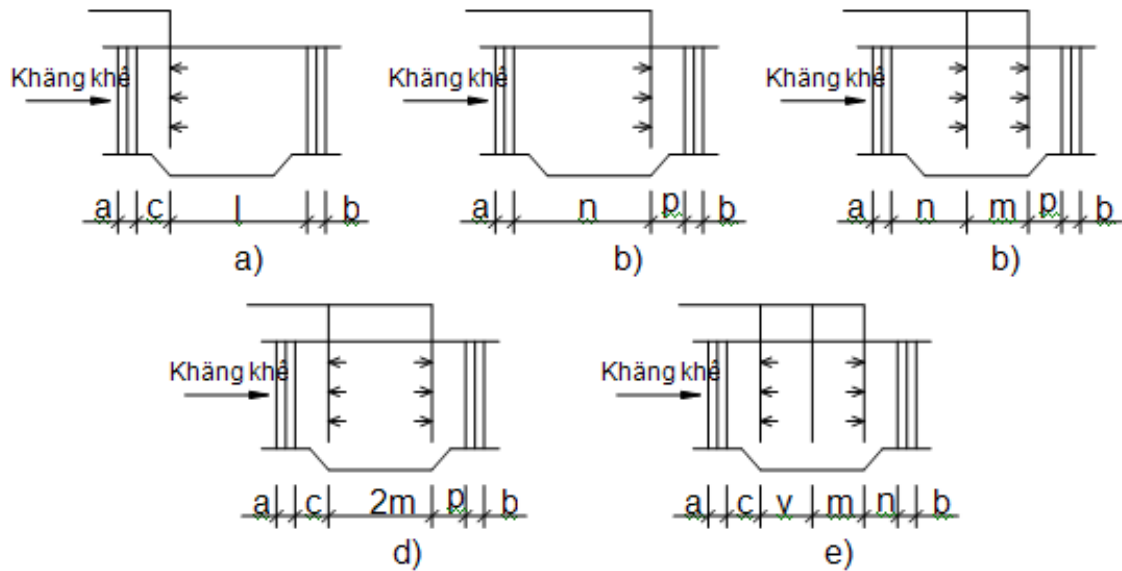
Các loại vật liệu làm toi nước

Bố trí dàn phun

Có thể tham khảo cách bố trí dàn phun của Nga nêu ở trong tài liệu [].

- Bề rộng chắn nước trước $a = 120\text{mm}$;
- Bề rộng chắn nước sau $b = 185 ? 250\text{mm}$;
- Các kích thước khác: $c = 200\text{mm}$; $l = 1500\text{mm}$; $m=660\text{mm}$; $n=400\text{mm}$; $p=600\text{mm}$; $v = 900\text{mm}$;
- Khoảng cách giữa các cọc phun từ $250?350\text{mm}$. Khoảng cách giữa các mũi phun theo chiều đứng khoảng $400?600\text{mm}$.

Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)



Bố trí buồng phun của Nga

a- Một dãy phun thuận chiều; b- Một dãy phun ngược chiều; c- Hai dãy phun ngược chiều;

d-Hai dãy phun thuận và ngược chiều; e- Ba dãy phun

Tính kiểm tra

Các bước tính toán kiểm tra

1. Xác định năng suất phun của các mũi phun g_f theo d_0 và p_f dựa vào đồ thị hình 7.11 hoặc theo các công thức (7-13) và (7-14)
2. Tính lưu lượng nước phun G_n :

$$G_n = g_f \cdot N, \text{ kg/s}$$

1. Tính hệ số phun:

$$\mu = \frac{G_n}{G}, \text{ kg/kg}$$

1. Tính tốc độ lưu lượng khối lượng của không khí

$$\rho \omega_k = \frac{G}{f}, \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

1. Xác định E'_b , E_b và k_{hc} .

$$E' = E'_b \cdot k_{hc}$$

$$E_n = E_b \cdot k_{hc}$$

1. Tính nhiệt độ nhiệt kế ướt của không khí sau khi xử lý

Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)

$$t_{r2} = (1 - E_n).(t_{r1} - t'_n) + t''_n$$

trong đó t''_n được xác định theo công thức sau:

$$t''_n = t'_n + (m_1.t_{r1} - m_2.t_{r2})/\mu$$

trong đó m_1 và m_2 - các hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào nhiệt độ được cho theo bảng dưới đây lấy theo áp suất khí quyển

Bảng 7.2

$t, ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25	28
$B=760\text{mmHg}$	0,89	0,698	0,67	0,685	0,73	0,764
$B=745\text{mmHg}$	0,90	0,71	0,678	0,692	0,735	0,77

Để xác định m_2 cần xác định t_{r2} do đó cần phải tiến hành tính lặp. Các bước tính lặp được thực hiện như sau:

- Tạm lấy một giá trị nước ra nào đó theo kinh nghiệm: $t''_n = t'_n + (3?5)^\circ\text{C}$;
- Xác định nhiệt độ t_{r2} theo công thức:

$$t_{r2} = (1 - E_n).(t_{r1} - t'_n) + t''_n$$

- Tra bảng 7.2 để xác định giá m_1 theo t_{r1} và m_2 theo t_{r2} ;
- Tính lại giá trị t''_n theo công thức:

$$t''_n = t'_n + (m_1.t_{r1} - m_2.t_{r2})/\mu$$

Nếu sai số không lớn thì có thể chấp nhận được.

- Xác định t_{r2} theo giá trị t''_n xác định được

1. Xác định I_2 theo t_{r2} trên đồ thị I-d: Đường $I_2 = \text{const}$ đi qua điểm bão hoà có nhiệt độ bằng t_{r2} .
2. Xác định t_2 theo E' theo công thức:

$$t_2 = t_{r2} + (1-E').(t_1 - t_{r2})$$

1. Theo t_2 và I_2 (hoặc t_{r2}) xác định điểm 2 trên I-d và các thông số trạng thái khác: φ_2, d_2 ;
2. Xác định năng suất lạnh của thiết bị xử lý không khí:

Hệ thống điều hoà không khí kiểu ướt (part2)

$$Q_o = G.(I_1 - I_2)$$

1. Kiểm tra nhiệt lượng nước lạnh nhận được

$$Q_n = G_n.C_{pn}.(t''_n - t'_n)$$

1. So sánh giá trị Q_o và Q_n ; sai lệch không quá 10%.