

Chúng ta có tất cả 6 phương trình với 6 ẩn số Q, K,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_4$ ,  $t_3$ ,  $t_2$ . Giải hệ thống 6 phương trình đó bằng phương pháp giải tích rất lâu. Để đơn giản người ta giải bằng phương pháp gần đúng kết hợp với đồ thị được tiến hành như sau:

- + Nhận (giả thiết) nhiệt độ bề mặt trong của thành lò là  $t_2 = t_1 - 5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- + Giả thiết nhiệt độ bề mặt ngoài của lò là  $t_3$ .
- + Xác định hệ số trao đổi nhiệt  $\alpha_4$  theo công thức 3-23
- + Tính lượng nhiệt toả trên  $1\text{m}^2$  mặt ngoài của thành lò theo công thức (3-28)

$$q = \alpha_4(t_3 - t_4) \quad (\text{kcal/m}^2\text{h})$$

- Kiểm tra lượng nhiệt truyền qua  $1\text{m}^2$  bề dày của thành lò theo công thức:

$$q'' = k_1(t_2 - t_3) \quad (\text{kcal/m}^2\text{h}) \quad (3-29)$$

Trong đó:

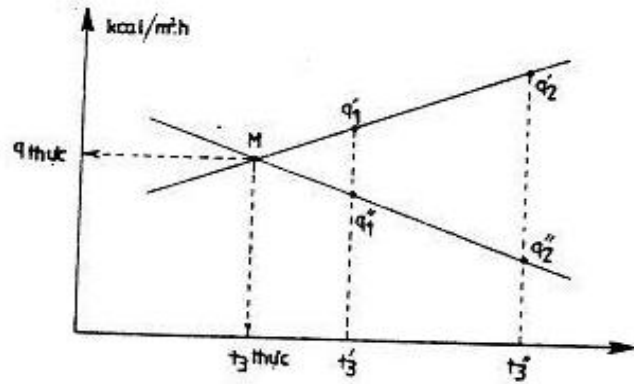
$$k_1 = \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda}} \quad (\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}) \quad (3-30)$$

- Thành lập phương trình cân bằng nhiệt theo nguyên tắc:

Lượng nhiệt truyền qua  $1 \text{ m}^2$  thành lò bằng lượng nhiệt truyền qua  $1 \text{ m}^2$  từ mặt ngoài của thành lò ra không khí xung quanh.

$$K_1(t_2 - t_3) = \alpha_4(t_3 - t_4) \quad (3-25)$$

Nếu điều kiện cân bằng trên thoả mãn thì giả thiết nhiệt độ  $t_2$  và  $t_3$  là đúng. Nếu điều kiện trên không cân bằng thì giả thiết  $t_2$  và  $t_3$  là sai và phải giả thiết và lặp lại quá trình tính từ đầu. Nếu lần thứ 2 cũng không đạt điều kiện cân bằng thì ta dùng kết quả của hai lần tính vừa rồi mà tìm lượng nhiệt toả ra bằng phương pháp đồ thị (hình 3-6)



Hình 3.6

Trên trục hoành ứng với 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 hai 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 toả ra. Sở dĩ ta nối bằng các đường thẳng vì khi hệ số  $k_1$  và nhiệt độ  $t_2$  không đổi thì lượng nhiệt  $q''$  tỷ lệ theo quy luật đường thẳng với nhiệt độ trên bề mặt bên ngoài.

Ví dụ: Xác định lượng nhiệt toả ra qua thành lò nung khi biết:

+Nhiệt độ bên trong lò nung:  $t_1 = 1200^{\circ}\text{C}$

+Nhiệt độ không khí xung quanh:  $t_4 = 27^{\circ}\text{C}$

+Bề mặt thành lò:  $\delta_1 = 480 \text{ mm}$ ,  $\lambda_1 = 1,1 \text{ (kcal/mh}^{\circ}\text{C)}$

$$\delta_2 = 115 \text{ mm}, \lambda_2 = 0,17 \text{ (kcal/mh}^{\circ}\text{C)}$$

+Diện tích bề mặt thành lò:  $F = 10 \text{ m}^2$ .

Giải:

a. Giả thiết nhiệt độ bên trong thành lò:  $t_2 = t_1 - 5 = 1200 - 5 = 1195^{\circ}\text{C}$

b. Giả thiết nhiệt độ trên bề mặt ngoài thành lò:  $t_3 = 150^{\circ}\text{C}$  (giả thiết lần 1)

c. Xác định  $\alpha_4$ . Dùng công thức 3-23 ta có

$$\alpha_4 = 2,2(150-27)^{0,25} + \frac{4,2}{150-27} \left[ \left( \frac{150+273}{100} \right)^4 - \left( \frac{27+273}{100} \right)^4 \right] = 15,49$$

(Kcal/m<sup>2</sup>h<sup>0</sup>C)

d. Xác định lượng nhiệt toả ra từ 1 m<sup>2</sup> bề mặt bên ngoài của lò nung

$$q'_{(1)} = \alpha_4(t_3 - t_4) = 15,49(150-27) = 1905 \text{ (Kcal/m}^2\text{h)}$$

e. Xác định hệ số truyền nhiệt k<sub>1</sub> theo công thức (3-30)

$$k_1 = \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{0,48}{1,1} + \frac{0,115}{0,17}} = 0,9 \text{ (Kcal/m}^2\text{h}^0\text{C)}$$

f. Tính lượng nhiệt truyền qua 1m<sup>2</sup> thành lò theo công thức (3-29)

$$q''_{(1)} = k_1(t_2 - t_3) = 0,9(1195 - 150) = 940,5 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}}$$

Ta nhận thấy rằng  $q'_{(1)} \neq q''_{(1)}$  có nghĩa là nhiệt độ t<sub>3</sub> giả thiết không đúng vì vậy cần giả thiết lại lần 2.

Ta nhận thấy rằng  $q'_{(1)} > q''_{(1)}$  nên nhiệt độ t<sub>3</sub> = 150<sup>0</sup>C cao hơn t<sub>3</sub> thực tế. Lần này ta giả thiết t<sub>3</sub> = 125<sup>0</sup>C (lần 2). Tính lại α<sub>4</sub>

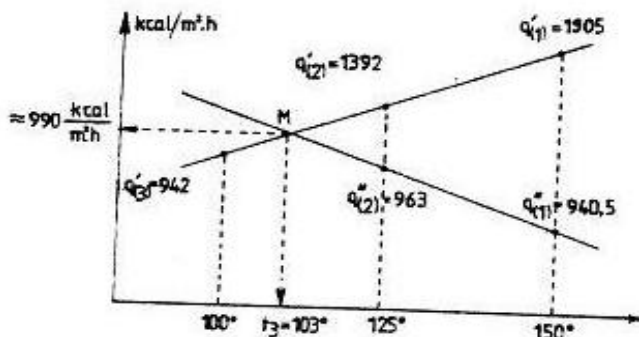
$$\text{Lúc đó : } \alpha_4 = 2,2 (125 - 27)^{0,25} + \frac{4,2}{125 - 27} \left[ \left( \frac{125 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{27 + 273}{100} \right)^4 \right] = 14,2$$

$$\text{Tính } q'_{(2)} = 14,2(125 - 27) = 1392 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}}$$

$$\text{Hệ số } K_1 \text{ không thay đổi và } K_1 = 0,9 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}^0\text{C}}$$

$$\text{Tính } q''_{(2)} = K_1(t_2 - t_3) = 0,9(1195 - 125) = 963 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}}$$

Vậy 2 giá trị  $q'_{(2)}$  và  $q''_{(2)}$  cũng không bằng nhau nên cho phép ta lập đồ thị theo hình 3.7



Hình 3.7

Để được chính xác, ta chọn thêm 1 trị số  $t_3$  nữa :  $t_3 = 100^{\circ}\text{C}$  (gt lần 3)

$$\text{Tính lại : } \alpha_4 = 2,2 (100 - 27)^{0,25} + \frac{4,2}{100 - 27} \left[ \left( \frac{100 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{27 + 273}{100} \right)^4 \right] = 12,9$$

$$q'_{(3)} = 12,9(100 - 27) = 942 (\text{kcal}/\text{m}^2\text{h})$$

Hai đường cắt nhau tại điểm M. Từ M ta tìm được  $t_3 = 103^{\circ}\text{C}$  và  $q = 990 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}}$

Kiểm tra lại  $t_3 = 103^{\circ}\text{C}$ .

$$+\text{Tính } \alpha_4 = 2,2 (103 - 27)^{0,25} + \frac{4,2}{103 - 27} \left[ \left( \frac{103 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{27 + 273}{100} \right)^4 \right] = 13,6 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}}$$

$$q''_{(4)} = 13,6(103 - 27) = 993 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}}$$

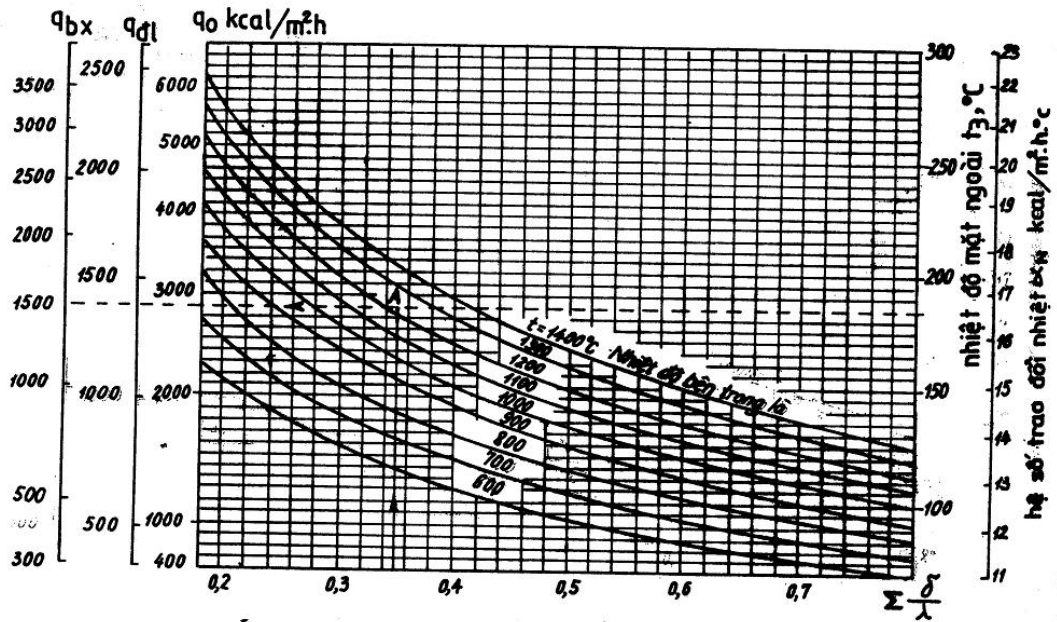
$$q'_{(4)} = 0,9(1195 - 103) = 982,8$$

So sánh  $q'$  &  $q''$  thì sai lệch nhau khoảng 1% Đạt yêu cầu lượng nhiệt trung bình sẽ là:  $\frac{993 + 982,8}{2} = 988 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}}$

Vậy lượng nhiệt toả ra toàn bề mặt thành lò là:

$$Q_{\text{TL}} = q.F = 988 \times 10 = 9880 \frac{\text{KCal}}{\text{h}}$$

Để đơn giản và nhanh chóng hơn người ta lập biểu đồ để lượng nhiệt toả ra do bề mặt bị nung nóng của lò nung ( hình 3.8)



Hình 3 8

Trên trục hoành là nhiệt trở củ bản thân thành lò nung  $\sum \frac{\delta}{\lambda}$  Các trục tung bên trái là hướng nhiệt toàn phần  $q_0$  lượng nhiệt  $q_{DL}$  và lượng nhiệt  $q_{BX}$  toả ra trên 1m<sup>2</sup> bề mặt xung quanh của thành lò  $\left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$ .

Các trục tung bên phải là hệ số trao đổi nhiệt  $\left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  và nhiệt độ  $[^{\circ}C]$  trên bề mặt ngoài của lò.

2.6.2. Toả nhiệt từ cửa lò khi mở trống :

Trong quá trình hoạt động, lò nung phải mở cửa để đưa sản phẩm cần nung vào lò và đưa sản phẩm đã nung xong ra khỏi lò. Cường độ dòng nhiệt toả ra khi lò mở cửa được tính như sau:

$$Q = \eta \cdot q_{BX} \cdot F_{cửa} \cdot \Delta\tau \cdot \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3.32)$$

$$\text{Trong đó : } q_{BX} = C \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]_{lò} \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right] \quad (3.33)$$

Là cường độ nhiệt bức xạ khi mở cửa lò

+  $C = 4,96 \left[ \frac{KCal}{m^2 h^0 K} \right]$ : Hệ số bức xạ nhiệt quy dẫn

+  $T_1 [^0K]$ . Nhiệt độ tuyệt đối bề mặt trong của lò

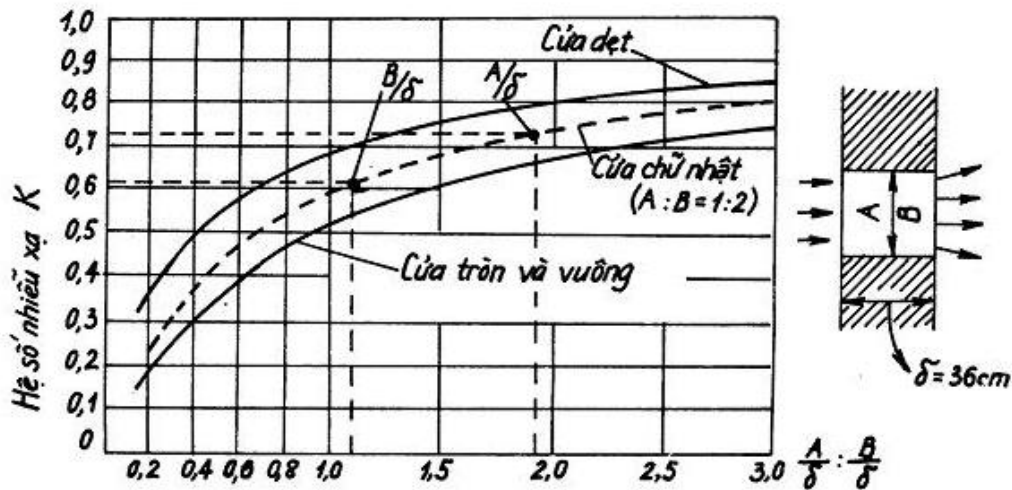
+  $T_2 [^0K]$ . Nhiệt độ tuyệt đối các bề mặt đối diện của lò

Trong công thức (3.33) đại lượng  $\left(\frac{T_2}{100}\right)^4$  bé hơn  $\left(\frac{T_1}{100}\right)^4$  nhiều lần nên ta có

thể bỏ qua đại lượng  $\left(\frac{T_2}{100}\right)^4$  và công thức (3-33) sẽ là:

$$Q_{lx} = C \left[ \frac{T_1}{100} \right]^4 \quad (3.34). \text{ Lượng nhiệt này cũng có thể tra biểu đồ}$$

\* $\eta$ : Hệ số nhiễu xạ, còn gọi là hệ số chắn (Hình 3-9)



Hình 3 9

Cách xác định hệ số  $\eta$  như sau:

+ Đường (1) dùng để tra cửa tròn và hình vuông

-Cửa hình tròn lấy  $A = d$

-Cửa hình vuông lấy  $A = a$

+Đường (2) dùng để cho cửa hình chữ nhật có  $A:B = 1:2$

+Đường (3) dùng để tra cửa hình chữ nhật có A,B bất kỳ

$$\text{Lúc đó } \eta = \frac{\eta}{2} \text{ (3-35) với } \eta_1 = \frac{A}{\sigma}; \eta_2 = \frac{B}{\sigma}$$

- $F \text{ (m}^2\text{)}$  : Diện tích của cửa lò
- $\Delta\tau \text{ (giờ)}$  : Thời gian mở cửa của lò nung

Ví dụ: Tính lượng nhiệt toả ra khi mở cửa lò nung biết:

-Cửa lò có kích thước  $A \times B = 70 \times 40 \text{ cm}$  – Bề dày cửa lò  $\sigma = 36 \text{ cm}$

-Nhiệt độ bên trong lò là  $1200^\circ\text{C}$ . Trong 1 giờ cửa lò mở 10 phút

Giải: Dùng đồ thị hình 3.8 ứng với  $t = 1200^\circ\text{C}$  ta có  $q_{bx} = 21000 \frac{\text{KCal}}{\text{m}^2\text{h}}$

$$\text{Các tỷ số: } \frac{A}{\sigma} = \frac{70}{36} = 1,94; \frac{B}{\sigma} = \frac{40}{36} = 1,1$$

Dùng đồ thị hình 3.9 ta tìm được :  $\eta_1 = 0,725$  và  $\eta_2 = 0,61$

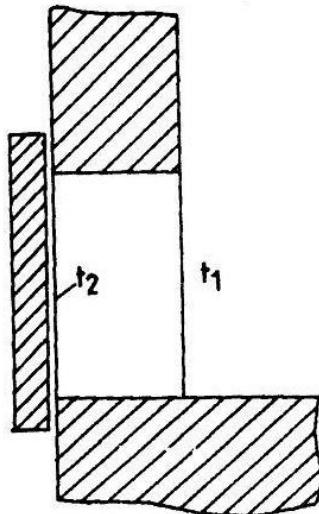
$$\text{Vậy : } \eta = \frac{\eta_1 + \eta_2}{2} = \frac{0,725 + 0,61}{2} = 0,67$$

Vậy lượng nhiệt toả ra trong 1 giờ là:

$$Q_{\text{mở cửa}} = \eta \cdot q_{bx} \cdot F \cdot \Delta\tau = 2100 \cdot 0,67 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot \frac{10}{60} = 657 \frac{\text{KCal}}{\text{h}}$$

\*Khi cửa lò đóng:

Cánh cửa lò thường làm bằng gang và bên trong là 1 lớp gạch chịu lửa .



Hình 3.10

Lượng nhiệt toả ra từ cánh cửa lò khi đóng cũng xác định tương tự như do thành lò toả ra. Khi tính toán hệ số truyền nhiệt của lớp gạch chịu lửa. Ta lấy tương ứng với nhiệt độ trung bình của nó. Khi mở cửa thì bản thân cánh cửa vẫn tiếp tục toả nhiệt nhưng ít hơn. Người ta nhận rằng lượng nhiệt toả ra do cánh cửa lò khi mở bằng  $\frac{1}{2}$  lúc đóng.

### 2.6.3 Lượng nhiệt truyền qua đáy lò:

$$Q_{\text{đáy lò}} = \varphi \cdot \frac{F \cdot \lambda (t_1 - t_4)}{\Delta} \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3-36)$$

\*Trong đó:

+  $F [m^2]$ : Diện tích của đáy lò

+  $\lambda \left[ \frac{KCal}{m^2 h^{\circ}C} \right]$ : Hệ số dẫn nhiệt của nền

+  $\Delta [m^2]$ : Bề rộng của đáy hay đường kính đáy

+  $t_1 = t_4 [^{\circ}C]$ : Nhiệt độ của lò và của không khí xung quanh.

+  $\varphi$ : Hệ số kể đến hình dạng của đáy lò tạm tính như sau:

-Đối với đáy hình tròn :  $\varphi = 4,133$

-Đối với đáy hình vuông :  $\varphi = 4,58$

-Đối với đáy hình chữ nhật :  $\varphi = 4,58 (5,87)$

Ngoài phương pháp tính toả nhiệt qua đáy lò như tên người ta còn tính gần đúng bằng công thức :

$$Q_{\text{đáy}} = 0,7 \cdot q_D \cdot F \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3-37)$$

\*Trong đó:

+  $Q_{\text{đáy}} \left[ \frac{KCal}{h} \right]$ : Lượng nhiệt toả ra từ đáy lò

+ 0,7 : Hệ số hiệu chỉnh



+  $q_{\text{đáy}} \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  : Lượng nhiệt toả ra trên  $1m^2$  đáy lò, tính gần đúng như thanh

lò.

+  $F [m^2]$  : Diện tích của đáy lò

#### 2.6.4. Toả nhiệt từ đỉnh lò :

Lượng nhiệt truyền qua đỉnh lò là :

$$Q = 1,3 \cdot q_{\text{Đỉnh lò}} \cdot F_{\text{Đỉnh}} \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3-38)$$

\*Trong đó :

+  $Q \left[ \frac{KCal}{h} \right]$  : Lượng nhiệt truyền qua đỉnh lò

+ 1,3 : Hệ số hiệu chỉnh

+  $q_{\text{Đỉnh}} \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  : Lượng nhiệt truyền qua  $1m^2$  đỉnh lò

Tính gần đúng giống như thành là:

+  $F [m^2]$  Diện tích của đỉnh lò

Vậy lượng nhiệt truyền qua lò nung:

$$Q_{\text{lò}} = Q_{\text{TL}} + Q_{\text{cửa lò}} + Q_{\text{đáy lò}} + Q_{\text{Đỉnh lò}} \quad (3-39)$$

### 2.7. Toả nhiệt từ các thiết bị sử dụng hơi nước

#### 2.7.1. Các thiết bị chạy bằng hơi nước:

Trong công nghiệp ta gặp rất nhiều thiết bị chạy bằng hơi nước như búa hơi, lò xây bằng hơi nước, thiết bị trao đổi nhiệt.

Lượng nhiệt do thiết bị sử dụng hơi nước toả ra như sau:

$$Q_{\text{hn}} = \Psi (I_1 - I_2) G_{\text{hn}} \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3-40)$$

\*Trong đó:

- +  $\Psi$  : Hệ số kể đến sự làm việc không đồng thời của thiết bị
- +  $I_1, I_2 \left[ \frac{KCal}{kg} \right]$  : Nhiệt hàm ứng với áp suất khí vào và ra khỏi thiết bị
- $G_{hn} \left[ \frac{KCal}{h} \right]$  : Lượng hơi nước do thiết bị tiêu thụ trong 1h

2.7.2. Toả nhiệt từ ống dẫn hơi nước. Lượng nhiệt toả ra từ các ống dẫn hơi nước được xác định như sau:

$$Q = \pi \cdot d_N \cdot \alpha_N (t_{hn} - t_{KK}) \cdot l \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3-41)$$

\*Trong đó :

- +  $d_N$  (m) : Đường kính ngoài của ống dẫn
- +  $\alpha_N \left[ \frac{KCal}{m^2 h^0 C} \right]$  : Hệ số trao đổi nhiệt từ mặt ngoài với không khí được

xác định bằng thực nghiệm hay xác định bằng công thức sau:

-Nếu không khí bên ngoài chuyển động yếu thì hệ số trao đổi nhiệt coi như không phụ thuộc vào tốc độ v :

$$\alpha_N = 8 + 0,04t \quad (3-42)$$

Với t là nhiệt độ chất mang nhiệt trong ống.

-Nếu không khí chuyển động với vận tốc v (m/s) thì :

$$\alpha_N = 8 + 0,04t + 0,4 \sqrt{v} \quad (3-43)$$

\*Trong đó :

- +  $t_{hn}$  : Nhiệt độ của hơi nước (0C)
- +  $t_{KK}$  : Nhiệt độ của không khí (0C)
- + l : Độ dài ống dẫn (m)

### **3. THU NHIỆT BỨC XẠ MẶT TRỜI**

Lượng nhiệt này chỉ tính cho mùa hè ; còn mùa đông thì không phải tính.

#### **3.1 Thu nhiệt bức xạ mặt trời qua cửa kính:**

$$Q_{bx}^K = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot q_{bx} \cdot F_K \cdot \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3-44)$$

\*Trong đó:

+  $\tau_1$  : Hệ số trong suốt của kính – tra bảng

Ví dụ : Với kính trắng 1 lớp thì  $\tau_1 = 0,9$

+  $\tau_2$  : Hệ số bẩn ( bám bụi) tra bảng

+  $\tau_3$  : Hệ thống che khuất bởi cánh cửa – Tra bảng  $\tau_3$  phụ thuộc vào cấu tạo loại cửa.

+  $\tau_4$  : Hệ thống che khuất bởi hệ thống che nắng

+  $q_{bx} \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  : Cường độ bức xạ của mặt trời được lấy theo tài liệu khí hậu của từng địa phương

+  $F [m^2]$  : Diện tích phần kính chịu bức xạ của mặt trời

#### **3.2 Thu nhiệt của bức xạ mặt trời qua cửa mái lượng nhiệt mà mà hấp thu bức xạ của mặt trời được tính bằng công thức sau:**

$$Q_{mai}^{bx} = K_m \cdot F_m (t_{tong}^{tb} - t_t^{tb}) + \alpha_t \frac{Atong}{\nu} \cdot F_m \left[ \frac{KCal}{h} \right] \quad (3-45)$$

Trong đó:

+  $K_m \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  : Hệ số truyền nhiệt của mái

+  $F_m [m^2]$  : Diện tích của mái nhà

+  $t_{tong} [^{\circ}C]$  : Nhiệt độ tổng hợp ngoài nhà ( tính giá trị trung bình)

$$t_{tong}^{tb} = t_n^{tb} + \frac{\rho q_{lx}^{tb}}{\alpha N} [^{\circ}C] \quad (3-46)$$

+  $t_N^{t_0} [^{\circ}C]$  : Nhiệt độ trung bình của không khí ngoài nhà

+  $\rho$  : Hệ số hấp thụ nhiệt bức xạ mặt trời của bề mặt kết cấu. Tra bảng,  $\rho$  phụ thuộc vào màu sắc và tính chất của các lớp vật liệu.

+  $q_{lx}^{tb}$  : Cường độ bức xạ trung bình của mặt trời lấy theo tài liệu khí hậu của địa phương.

$$q_{lx}^{tb} = \frac{\sum q_{lx}}{24} \quad (3.47)$$

-  $\sum q_{lx}$  là tổng bức xạ mặt của các giờ trong ngày

-  $\alpha_N \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  : Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa mặt ngoài của kết cấu

với không khí ngoài nhà.

+  $A_{T\text{ổng}} [^{\circ}C]$  : Biên độ dao động của nhiệt độ tổng hợp ngoài nhà và được xác định như sau:

$$A_{T\text{ổng}} = (A_{tN} + A_{td}) \psi \quad (3-48)$$

\*Trong đó:

+  $A_{tN} [^{\circ}C]$  : Biên độ dao động của nhiệt độ không khí ngoài nhà :

$$A_{tN} = t_{13} - t_N^{tb} \quad (3-49)$$

-  $t_{13} [^{\circ}C]$  : Nhiệt độ trung bình đo lúc 13h của tháng nóng nhất ( lấy theo niên giám khí tượng ở các địa phương)

-  $t_N^{tb} [^{\circ}C]$  : Nhiệt độ trung bình tháng của tháng nóng nhất

+  $A_{td} [^{\circ}C]$  : Biên độ dao động của nhiệt độ tương đương do bức xạ mặt trời gây ra:

$$A_{td} = \frac{\varphi \cdot A_q}{\alpha N} [^{\circ}C] \quad (3-50)$$

-  $\rho$  : Hệ số hấp thụ bức xạ mặt trời

-  $\alpha_N \left[ \frac{KCal}{m^2 h^0 C} \right]$  : Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu bề mặt ngoài của kết cấu

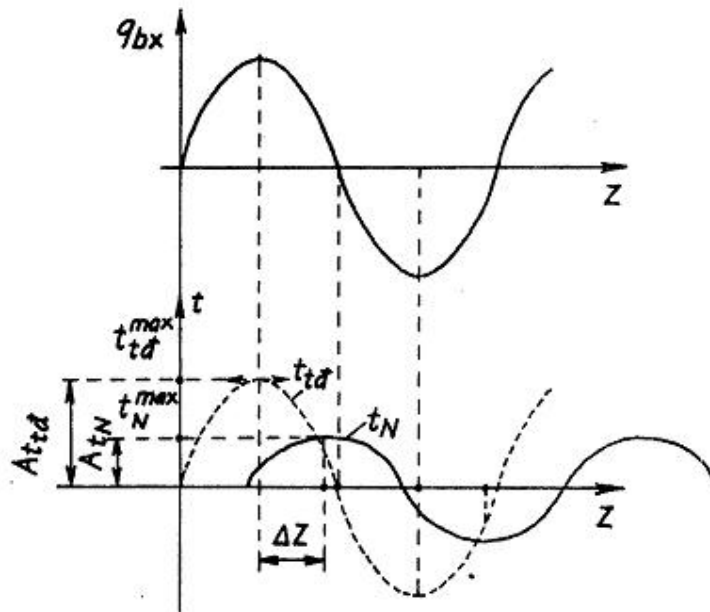
với không khí ngoài nhà.

-  $Aq \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  : Biên độ dao động của cường độ bức xạ mặt trời

$$Aq = q_{bx}^{ma\delta} - q_{lx}^{tb} \quad (3-51)$$

-  $q_{bx}^{ma\delta} \left[ \frac{KCal}{m^2 h} \right]$  : Cường độ bức xạ cực đại lấy theo niên giám khí tượng

ở các địa phương.



Hình 3.11

-  $\Psi$  : Hệ số kể đến sự lệch pha của hai dao động thành phần ( đó là dao động của nhiệt độ không khí ngoài nhà và nhiệt độ tương đương do bức xạ mặt trời gây ra).Xác định theo bảng sau.