

**Bài 1: ( 4 điểm)**

Xét một đoạn dây điện dài 3m treo đứng trong không gian phòng. Lõi dây điện có đường kính 12 mm được bọc bên ngoài một lớp cách điện có hệ số dẫn nhiệt  $\lambda = 0,1$  W/(m.°C). Nếu biết nhiệt độ trên bề mặt lõi dây điện là  $t_w = 90^\circ\text{C}$ , nhiệt độ môi trường không khí xung quanh là  $t_f = 30^\circ\text{C}$ , hỏi:

- Trong trường hợp không bọc lớp cách điện, hệ số tỏa nhiệt đối lưu  $\alpha$  từ bề mặt lõi dây điện ra xung quanh là bao nhiêu?
- Phải bọc lõi dây điện với lớp cách điện có bề dày bao nhiêu để nhiệt lượng truyền ra ngoài đạt giá trị cực trị. Khi tính xem như  $\alpha$  có giá trị không đổi giống câu a.

**Bài 2: ( 3 điểm)**

Một vách phẳng diện tích  $6 \text{ m}^2$  đặt thẳng đứng được làm bằng hai tấm kim loại mỏng cách nhau 25 mm. Biết nhiệt độ và độ đen mặt bên trong của hai tấm kim loại lần lượt là  $t_{w1} = 140^\circ\text{C}$ ,  $\varepsilon_1 = 0,65$  và  $t_{w2} = 40^\circ\text{C}$ ,  $\varepsilon_2 = 0,4$ . Hãy xác định nhiệt lượng trao đổi qua vách khi giữa vách là không khí.

**Bài 3: ( 3 điểm)**

Khảo sát một thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống lồng ống, lưu động ngược chiều. Nước làm mát chảy trong ống có nhiệt độ vào  $t'_2 = 20^\circ\text{C}$ , nhiệt độ ra  $t''_2 = 80^\circ\text{C}$ , tốc độ  $\omega_2 = 2,5$  m/s. Môi chất nóng là dầu đi bên ngoài ống có nhiệt độ vào  $t'_1 = 180^\circ\text{C}$ , nhiệt dung riêng  $c_{p1} = 2,6$  kJ/(kg.độ), lưu lượng  $G_1 = 2,5$  kg/s. Biết hệ số truyền nhiệt của thiết bị  $k = 600$  W/(m<sup>2</sup>.độ) và ống có đường kính trong  $d_{tr} = 30$  mm, hãy xác định diện tích truyền nhiệt của thiết bị bằng 2 phương pháp:

- Phương pháp độ chênh nhiệt độ trung bình logarit  $\overline{\Delta t}$ .
- Phương pháp hiệu suất.

## ĐÁP ÁN

### Bài 1: ( 4 điểm)

a) KTXĐ:  $l = h = 3 \text{ m}$

NĐXĐ:  $t_m = \frac{1}{2}(t_f + t_w) = 60^\circ \text{C} \rightarrow$  tra bảng

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ W/(m}\cdot\text{độ)} \\ \nu = 18,97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\ \text{Pr} = 0,696 \\ \beta = \frac{1}{(60 + 273)} = 0,003 \text{ độ}^{-1} \end{array} \right.$$

$$Gr = \frac{\beta g l^3}{\nu^2} \Delta t = \frac{0,003 \cdot 9,81 \cdot 3^3}{(18,97 \cdot 10^{-6})^2} \cdot (90 - 30) = 1,3249 \cdot 10^{11}$$

$\rightarrow Gr \cdot \text{Pr} = 1,3249 \cdot 10^{11} \cdot 0,696 = 9,2213 \cdot 10^{10} \rightarrow$  chảy rối:  $C = 0,135$ ;  $n = 1/3$

$$Nu = C (Gr \cdot \text{Pr})^n = 0,135 \cdot (9,2213 \cdot 10^{10})^{1/3} = 609,9$$

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{609,9 \cdot 0,029}{3} = 5,9 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{độ)} \quad (2 \text{ điểm})$$

b) Gọi bề dày lớp cách điện là  $\delta \rightarrow D = d + 2\delta$

$$q'_L = \frac{t_w - t_f}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\pi D\alpha}} \quad \text{cực trị khi } f(D) = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\pi D\alpha} \quad \text{cực trị}$$

$$\Rightarrow f'(D) = 0 \Rightarrow D = \frac{2\lambda}{\alpha} \Rightarrow \delta = \frac{1}{2} \left( \frac{2\lambda}{\alpha} - d \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{2 \cdot 0,029}{5,9} - 0,012 \right) = 0,011 \text{ m}$$

Nhiệt lượng truyền ra ngoài cực trị khi bọc dây với lớp cách điện dày 11 mm

(2 điểm)

### Bài 2: (3 điểm)

• Trao đổi nhiệt bức xạ giữa 2 vách:

$$Q_{BX} = \frac{F \cdot C_o}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = \frac{6 \cdot 5,67}{\frac{1}{0,65} + \frac{1}{0,4} - 1} \left[ \left( \frac{140 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{40 + 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$Q_{BX} = 2183 \text{ W} \quad (1 \text{ điểm})$$

• Trao đổi nhiệt đối lưu trong không gian hẹp:

+ KTXĐ:  $l = \delta = 0,025 \text{ m}$

+ NĐXĐ:  $t_f = 0,5 \cdot (t_{w1} + t_{w2}) = 90^\circ \text{C} \rightarrow$  tra bảng

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 3,13 \cdot 10^{-2} \text{ W/(m}\cdot\text{độ)} \\ \nu = 22,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\ \text{Pr} = 0,69 \\ \beta = \frac{1}{(90 + 273)} = 0,00275 \text{ độ}^{-1} \end{array} \right.$$

$$Gr = \frac{\beta g l^3}{\nu^2} \Delta t = \frac{0,00275 \cdot 9,81 \cdot 0,025^3}{(22,1 \cdot 10^{-6})^2} \cdot (140 - 40) = 86305$$

$$Gr \cdot Pr = 86305 \cdot 0,69 = 59550,5 > 10^3 \rightarrow \varepsilon_{td} = 0,18 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25} = 0,18 \cdot 59550,5^{0,25} = 2,812$$

$$\lambda_{td} = \lambda \cdot \varepsilon_{td} = 0,0313 \cdot 2,812 = 0,088 \text{ W/(m}\cdot\text{độ)}$$

$$\rightarrow Q_{DL} = \frac{F \cdot \lambda_{td}}{\delta} \cdot (t_{w1} - t_{w2}) = \frac{6 \cdot 0,088}{0,025} \cdot (140 - 40) = 2112 \text{ W}$$

Tổng nhiệt lượng trao đổi qua hai vách:  $Q = Q_{BX} + Q_{DL} = 2183 + 2112 = 4295 \text{ W}$

(2 điểm)

### **Bài 3: (3 điểm)**

**\* PP độ chênh nhiệt độ trung bình**

$$t_{tb} = \frac{20 + 80}{2} = 50^\circ \text{C} \Rightarrow c_{p(\text{nuoc})} = 4,174 \text{ kJ/kg}\cdot\text{độ}$$

$$\rho_{\text{nuoc}} = 988,1 \text{ kg/m}^3$$

Nhiệt lượng trao đổi:

$$Q = G_2 c_{p2} \Delta t_2 = \left( \omega_2 \cdot \pi \cdot \frac{d_{tr}^2}{4} \cdot \rho_2 \right) \cdot c_{p2} \cdot \Delta t_2 = \left( 2,5 \cdot \pi \cdot \frac{0,03^2}{4} \cdot 988,1 \right) \cdot 4,174 \cdot (80 - 20)$$

$$= 437,3 \text{ kW}$$

Mặt khác:

$$Q = G_1 c_{p1} \Delta t_1 \Rightarrow t_1'' = t_1' - \frac{Q}{G_1 c_{p1}} = 180 - \frac{437,3}{2,5 \cdot 2,6} = 113^\circ \text{C}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \Delta t_{\max} = 180 - 80 = 100^\circ \text{C} \\ \Delta t_{\min} = 113 - 20 = 93^\circ \text{C} \end{cases}$$

$$\rightarrow \bar{\Delta t} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}\right)} = \frac{100 - 93}{\ln\left(\frac{100}{93}\right)} = 96,5^\circ \text{C}$$

$$\rightarrow Q = k F \bar{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{Q}{k \bar{\Delta t}} = \frac{437,3 \cdot 10^3}{600 \cdot 96,5} = 7,55 \text{ m}^2 \quad (1,5 \text{ điểm})$$

**\* PP hiệu suất**

$$C_1 = 2,5 \cdot 2,6 = 6,5 \text{ kW/độ}$$

$$C_2 = 2,5 \cdot \pi \cdot \frac{0,03^2}{4} \cdot 988,1 \cdot 4,174 = 7,288 \text{ kW/độ}$$

$$\rightarrow Q_{\max} = C_{\min} \cdot (t_1' - t_2') = 6,5 \cdot (180 - 20) = 1040 \text{ kW}$$

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{437,3}{1040} = 0,42$$

$$\frac{C_{\min}}{C_{\max}} = \frac{6,5}{7,288} = 0,89 \rightarrow NTU \approx 0,7 \rightarrow F = \frac{NTU \cdot C_{\min}}{k} = \frac{0,7 \cdot 6,5 \cdot 10^3}{600} = 7,58 \text{ m}^2$$

(1,5 điểm)