

## WZORY - kolokwium 3 KONWEKCJA (WNIKANIE)

Określić rodzaj konwekcji:

### 1. WYMUSZONA

OKREŚLIĆ: CHARAKTER PRZEPŁYWU PŁYNU, STOSUNEK L/d oraz CZY LEPKOŚĆ JEST MNIEJSZA CZY WIĘKSZA OD 2xLEPKOŚCI WODY

**1A.  $Re > 3000$ ;  $L/d > 50$ ;  $\eta < 2\eta_{wody}$**

STOSUJEMY RÓWNANIE

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$$

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad Re = \frac{u \cdot d \cdot \rho}{\eta} \quad Pr = \frac{c \cdot \eta}{\lambda} \quad \frac{d}{L}$$

l – wymiar charakterystyczny (d, H)

W przypadku gazów wartość liczby Pr zależy od rodzaju gazu:  
gazy jednoatomowe  $Pr=0,67$ ; dwuatomowe  $Pr=0,72$ ;  
trójatomowe 0,8

**1B.  $Re > 3000$ ;  $L/d < 50$ ;  $\eta < 2\eta_{wody}$**

STOSUJEMY RÓWNANIE

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$$

Należy uwzględnić współczynnik poprawkowy  $\varepsilon$  (rura prosta) lub  $\varepsilon_r$  (wężownica)

$$\varepsilon = 1 + \left(\frac{d}{L}\right)^{0,7} \quad \varepsilon_r = 1 + 3,54 \left(\frac{d}{D}\right)$$

**1C.  $Re > 3000$ ;  $\eta > 2\eta_{wody}$**

STOSUJEMY RÓWNANIE

$$Nu = 0,027 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,33} \cdot (\eta/\eta_w)^{0,14}$$

**1D.  $Re < 2100$**

STOSUJEMY RÓWNANIA

Gdy  $Re \cdot Pr \cdot d/L > 13$

$$Nu = 1,86 \cdot (Re \cdot Pr \cdot d/L)^{0,33}$$

gdy istnieje silna zależność lepkości od temperatury (ciecze o znacznej lepkości) współczynnik C wynosi:

$$1,86 \cdot (\eta/\eta_w)^{0,14}$$

Gdy  $Re \cdot Pr \cdot d/L < 13$

$$Nu = 1,62 \cdot (Re \cdot Pr \cdot d/L)^{0,33}$$

Gdy  $Re \cdot Pr \cdot d/L < 4,5$

$$Nu = 0,5 \cdot Re \cdot Pr \cdot d/L$$

### 2. NATURALNA

OKREŚLIĆ: CZY WNIKANIE ZACHODZI W PRZESTRZENI NIEOGRANICZONEJ CZY OGRANICZONEJ

**2A. PRZESTRZEŃ NIEOGRANICZONA**

STOSUJEMY RÓWNANIE

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$$

Wartości C i n zależą od iloczynu  $Gr \cdot Pr$

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t = \frac{g \cdot l^3 \cdot \rho^2}{\eta^2} \cdot \beta \cdot \Delta t$$

| $Gr \cdot Pr$                 | C     | n   |
|-------------------------------|-------|-----|
| $10^{-3} - 5 \cdot 10^2$      | 1,18  | 1/8 |
| $5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$ | 0,54  | 1/4 |
| $2 \cdot 10^7 - 10^{13}$      | 0,135 | 1/3 |

Dla  $Gr \cdot Pr < 10^{-3}$  oblicza się wg wzoru:

$$\alpha = 0,45 \cdot \frac{\lambda}{l}$$

**2B. PRZESTRZEŃ OGRANICZONA**

Wówczas oblicza się równoważny współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda_z$ .

STOSUJEMY RÓWNANIA gdy:

**$Gr \cdot Pr < 10^3$**

$$Q_* = \frac{\lambda_z}{\sigma} \cdot A \cdot \Delta T$$

**$Gr \cdot Pr < 10^3$**

$$\frac{\lambda_z}{\lambda} = 0,18 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25}$$

## PRZENIKANIE:

ŚCIANKA PŁASKA - strumień ciepła

$$\dot{Q} = K \cdot A \cdot (T_1 - T_2) [W]$$

ŚCIANKA PŁASKA – gęstość strumienia ciepła

$$q = K \cdot (T_1 - T_2) \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

ŚCIANKA PŁASKA – współczynnik przenikania ciepła K

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\sigma}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot deg} \right]$$

ŚCIANKA CYLINDRYCZNA - strumień ciepła

$$\dot{Q} = K_d \cdot \pi \cdot L \cdot (T_1 - T_2) [W]$$

ŚCIANKA CYLINDRYCZNA – współczynnik przenikania ciepła  $K_d$

$$K_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot 2r_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{r_{i+1}}{r_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot 2r_{max}}} \left[ \frac{W}{m \cdot deg} \right]$$