

Termodynamika I – rozwiązania wybranych zadań

Zad. 5

Założymy, że układem termodynamicznym są dwa metale. W stanie pierwszym metale te nie stykają się ze sobą. W stanie drugim stykają się i mają wyrównaną temperaturę.

Ogólne równanie pierwszej zasady termodynamiki

$$E_d = \Delta E_u + E_w \quad (5.1)$$

gdzie

$$E_d = 0 \quad (5.2)$$

$$\Delta E_u = E_2 - E_1 \quad (5.3)$$

$$E_1 = U_1 = m_s c_s t_{s1} + m_m c_m t_{m1} \quad (5.4)$$

$$E_2 = U_2 = m_s c_s t_{s2} + m_m c_m t_{m2} \quad (5.5)$$

$$E_w = Q_{ot} \quad (5.6)$$

W stanie końcowym 2 temperatury metali są jednakowe, czyli

$$t_{s2} = t_{m2} = t_k \quad (5.7)$$

Prawe strony równań (5.2) – (5.7) podstawiamy do równania (5.1)

$$0 = m_s c_s t_k + m_m c_m t_k - m_s c_s t_{s1} - m_m c_m t_{m1} + Q_{ot}$$

Po przekształceniach dostajemy

$$t_k (m_s c_s + m_m c_m) = m_s c_s t_{s1} + m_m c_m t_{m1} - Q_{ot}$$

i dalej

$$t_k = \frac{m_s c_s t_{s1} + m_m c_m t_{m1} - Q_{ot}}{m_s c_s + m_m c_m} = \frac{2,6 \cdot 0,45 \cdot 75 + 4,2 \cdot 0,385 \cdot 20 - 15}{2,6 \cdot 0,45 + 4,2 \cdot 0,385} = 37,7 [^{\circ}\text{C}]$$

Przeliczenie jednostek

$$\left[\frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} - \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = ^\circ\text{C} - \text{K} = ^\circ\text{C} \right]$$

W kelwinach jest tu wyrażony przyrost temperatury.

Zad. 8

Wymiennik jest w stanie ustalonym ($\Delta \dot{E}_u = 0$). Stąd równanie bilansu energii (pierwszej zasady termodynamiki) redukuje się do postaci

$$\dot{E}_d = \dot{E}_w \quad (8.1)$$

Strumień energii doprowadzanej do układu

$$\dot{E}_d = \dot{I}_1' + \dot{I}_2' \quad (8.2)$$

Strumień energii wyprowadzanej z układu

$$\dot{E}_w = \dot{I}_1'' + \dot{I}_2'' \quad (8.3)$$

Indeks 1 oznacza olej, indeks 2 wodę. Prawe strony równań (8.2) oraz (8.3) podstawiamy do równania (8.1)

$$\dot{I}_1' + \dot{I}_2' = \dot{I}_1'' + \dot{I}_2'' \quad (8.4)$$

Poszczególne strumienie entalpii obliczamy ze wzorów

$$\dot{I}_1' = \dot{m}_1 c_o t_1' \quad (8.5)$$

$$\dot{I}_1'' = \dot{m}_1 c_o t_1'' \quad (8.6)$$

$$\dot{I}_2' = \dot{m}_2 c_w t_2' \quad (8.7)$$

$$\dot{I}_2'' = \dot{m}_2 c_w t_2'' \quad (8.8)$$

Prawe strony równań (8.5)-(8.8) podstawiamy do równania (8.4)

$$\dot{m}_1 c_o t_1' + \dot{m}_2 c_w t_2' = \dot{m}_1 c_o t_1'' + \dot{m}_2 c_w t_2'' \quad (8.9)$$

Z równania (8.9) obliczamy poszukiwaną temperaturę t_2''

$$t_2'' = t_2' + \frac{\dot{m}_1 c_o (t_1' - t_1'')}{\dot{m}_2 c_w}$$

$$t_2'' = 23^\circ\text{C} + \frac{2,3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 1,95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (75^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C})}{1,5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 30,1^\circ\text{C}$$

Zad. 27

Z treści zadania

$$V_1 = 2,5V_2 \quad (27.1)$$

Stąd dla izobary 1-2

$$T_1 = 2,5T_2 \quad (27.2)$$

Dla izotermy

$$T_3 = T_1 \quad (27.3)$$

Dla izentropy

$$\frac{p_2}{p_3} = \left(\frac{T_2}{T_3} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (27.4)$$

Do równania (27.4) należy za T_3 podstawić T_1 (równanie (27.3)), a za T_1 podstawić $2,5T_2$ (równanie (27.3)).