

PME2479 Máquinas Térmicas - 1a Prova - Exemplo para Aluno

Cálculo da radiação, temperatura dos gases e vazão de vapor em geradores de vapor

1) (2,0 pts) Uma unidade geradora de vapor é projetada para queimar óleo combustível e produzir vapor superaquecido a $P_{vap} = 6 \text{ MPa}$ e $T_d = 550 \text{ oC}$. A água de alimentação, após passar pelo economizador, está a $T_b = 160 \text{ oC}$. A temperatura de entrada do ar, após passar pelo pré-aquecedor, é de $T_2 = 225 \text{ oC}$. O poder calorífico inferior do combustível é de $PCI (T_{ref} = 25 \text{ oC}) = 40320 \text{ kJ/kgcomb}$. A vazão do combustível é de 22 kg/s e a temperatura de entrada é de $T_3 = 120 \text{ oC}$. A relação de massa de ar de combustão é de $R_{ar,comb} = 20 \text{ kgar seco/ kgcomb}$ e a umidade do ar de entrada pode ser desprezada. Calcule: (a) a temperatura adiabática da câmara de combustão; (b) o calor trocado por radiação, considerando-se que temperatura radiante média dos gases é de $T_{rm} = 1400 \text{ oC}$; (c) a temperatura real dos gases no topo da câmara de combustão (T_4). Dados: superfície irradiada $S_i = 1000 \text{ m}^2$; temperatura da parede $T_p = 400 \text{ oC}$; emissividade combinada $\epsilon = 0,95$; calores específicos $C_{pcomb} = 2,1 \text{ kJ/kg oC}$, $C_{par} = 1,0 \text{ kJ/kg oC}$, $C_{pgases} = 1,2 \text{ kJ/kg oC}$.

2) (1,5 pts) Considere, no problema anterior, que a temperatura dos gases no topo da câmara de combustão é de $T_4 = 1050 \text{ oC}$. Sabendo-se que o calor fornecido na câmara de combustão gera vapor saturado, calcule: (a) a vazão de vapor; (b) a temperatura dos gases na saída do superaquecedor (T_5).

3) (1,5 pts) Considere, no problema anterior, que a temperatura da água na entrada do economizador (aquecedor de água) é de $T_a = 50 \text{ oC}$ e que a temperatura do ar na entrada do pré-aquecedor é de $T_1 = 25 \text{ oC}$. Calcule: (a) a temperatura dos gases na saída do gerador de vapor (T_6); (b) o rendimento do gerador de vapor.

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= 40320 & P_{vap} &= 6000 & T_{vap;super} &= 550 & T_{agua} &= 160 \\
 T_{ref} &= 25 & T_{comb} &= 120 & cp_{comb} &= 2,1 & cp_{ar} &= 1 & cp_g &= 1,2 \\
 T_{ar} &= 225 & m_{comb} &= 22 & RAC &= 20 & m_{ar} &= RAC \cdot m_{comb} \\
 T_p &= 400 & T_{rm} &= 1400 & S_i &= 1000 & \epsilon &= 0,95 & \sigma &= 5,668 \times 10^{-8}
 \end{aligned}$$

item a) $T_{vap;sat} = T [\text{'Steam'} ; P = P_{vap} ; X = 1]$

$$q_{disp} = m_{comb} \cdot PCI + m_{comb} \cdot cp_{comb} \cdot [T_{comb} - T_{ref}] + m_{ar} \cdot cp_{ar} \cdot [T_{ar} - T_{ref}]$$

$$m_g = [RAC + 1] \cdot m_{comb} \quad q_{g;ad} = m_g \cdot cp_g \cdot [T_{ad} - T_{ref}]$$

item b) $q_{rad} = 0,001 \cdot \sigma \cdot \epsilon \cdot S_i \cdot [(T_{rm} + 273,15)^4 - (T_p + 273,15)^4]$

$$q_{disp} - q_{rad} = q_{g;sat} \quad q_{g;sat} = m_g \cdot cp_g \cdot [T_{g;sat} - T_{ref}]$$

Questão 2) $q_{vap} = m_{vap} \cdot [h_{vap;sat} - h_{agua}]$

$$h_{agua} = h [\text{'Steam'} ; T = T_{agua} ; P = P_{vap}] \quad h_{vap;sat} = h [\text{'Steam'} ; P = P_{vap} ; X = 1]$$

item b) $q_{super} = m_{vap} \cdot [h_{vap;super} - h_{vap;sat}]$

$$h_{vap;super} = h [\text{'Steam'} ; T = T_{vap;super} ; P = P_{vap}] \quad q_{g;sat} - q_{g;super} = q_{super}$$

$$q_{g;super} = m_g \cdot cp_g \cdot [T_{g;super} - T_{ref}]$$

Questão 3) $T_{agua;ent} = 25$

item a) $q_{pre;aq} = m_{ar} \cdot cp_{ar} \cdot [T_{ar} - T_{amb}]$

$$h_{agua;ent} = h [\text{'Steam'} ; P = P_{vap} ; T = T_{agua;ent}] \quad q_{econo} = m_{vap} \cdot [h_{agua} - h_{agua;ent}]$$

$$q_{g;super} - q_{g;gerador} = q_{pre;aq} + q_{econo} \quad q_{g;gerador} = m_g \cdot cp_g \cdot [T_{g;gerador} - T_{ref}]$$

item b)

$$\eta = m_{\text{vap}} \cdot \left[\frac{h_{\text{vap;super}} - h_{\text{agua;ent}}}{m_{\text{comb}} \cdot \text{PCI}} \right]$$

SOLUTION

Unit Settings: SI C kPa kJ mass degcp_{ar} = 1 [kJ/kg-K]

ε = 0,95 [-]

h_{agua,ent} = 110,3 [kJ/kg]m_{ar} = 440 [kg/s]m_{vap} = 195,2 [kg/s]q_{disp} = 979429 [kW]q_{g,gerador} = 221822 [kW]q_{pre,aq} = 88000 [kW]

RAC = 20 [-]

T_{ad} = 1792 [C]T_{amb} = 25 [C]T_{g,gerador} = 425,1 [C]T_p = 400 [C]T_{vap,sat} = 275,6 [C]cp_{comb} = 2,1 [kJ/kg-K]

η = 0,7549 [-]

h_{vap,sat} = 2784 [kJ/kg]m_{comb} = 22 [kg/s]

PCI = 40320 [kJ/kg]

q_{econo} = 110978 [kW]q_{g,sat} = 568504 [kW]q_{rad} = 410925 [kW]σ = 5,668E-08 [W/m²-K]T_{agua} = 160 [C]T_{ar} = 225 [C]T_{g,sat} = 1050 [C]T_{ref} = 25 [C]T_{vap,super} = 550 [C]cp_g = 1,2 [kJ/kg-K]h_{agua} = 678,8 [kJ/kg]h_{vap,super} = 3541 [kJ/kg]m_g = 462 [kg/s]P_{vap} = 6000 [kPa]q_{g,ad} = 979429 [kW]q_{g,super} = 420800 [kW]q_{super} = 147704 [kW]S_i = 1000 [m²]T_{agua,ent} = 25 [C]T_{comb} = 120 [C]T_{g,super} = 784 [C]T_{rm} = 1400 [C]

No unit problems were detected.