

Příklad 1: V tlakové nádobě o objemu $0,23 \text{ m}^3$ jsou 2 kg vodní páry o tlaku $1,6 \text{ MPa}$. Určete, jestli je pára sytá, mokrá nebo přehřátá, teplotu, případně suchost a měrnou entalpii páry.

Příklad 2: Entalpická bilance výměníku beze změny skupenství, voda-voda

Protiproudý výměník (stejně schéma, jako v úvodu). V ustáleném stavu máme na jedné straně vodu o teplotě na vstupu 90°C, která se ochlazuje na 70°C na konci výměníku. Touto vodou ohříváme vodu na druhé straně výměníku o průtoku 10 l/s a vstupní teplotě 20°C tak, abychom ji ohřáli o 30°C. Určete, jaký musí být průtok topné vody a jaký bude tepelný tok přes teplosměnnou plochu výměníku? Neuvažujte tepelné ztráty výměníku.

varianta a): výpočet pomocí střední hodnoty měrné tepelné kapacity u obou proudů (ve variantách odečtu c_p z tabulek, a entalpií z tabulek)

varianta b): uvažujte určení entalpického spádu podle $\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$ a závislost c_p na teplotě

podle vztahu: $c_p (18^\circ\text{C}-50^\circ\text{C}) = 4,183 \text{ kJ/kgK}$

$c_p (50-200^\circ\text{C}) \Rightarrow c_p = A + B.t + C.t^2 \quad [\text{J/kg.K}]$, $A = 4,2183$; $B = -1,3844 \cdot 10^{-3}$; $C = 1,3489 \cdot 10^{-5}$;

Příklad 3: Entalpická bilance výměníku beze změny skupenství, voda-vzduch

Ve výměníku tepla ohříváme sytou vodou o tlaku 0,5 MPa vzduch o průtoku 10 000 m³/h a o vstupní teplotě 20°C, který potřebujeme ohřát na teplotu 120°C. Jaký potřebujeme průtok ohřívací vody? Uvažujte na straně vody střední měrnou tepelnou kapacitu, na straně vzduchu uvažujte $c_p = 1 + 0,00018 \cdot t$ [kJ/(kg.K)], teplota se dosazuje ve °C.

Příklad 4: Entalpická bilance výměníku se změnou skupenství

Ve výměníku tepla ohříváme vzduch o teplotě 20°C, tlaku 100 kPa a průtoku 10 000 m³/h kondenzující vodní parou o tlaku 2 MPa. Na jakou teplotu se vzduch zahřeje, jestliže průtok topné páry je 1 t/h? Uvažujte pouze kondenzaci, kondenzát se nepodchladuje. Závislost c_p vzduchu na teplotě je: $c_p = 1 + 0,00018t$ [kJ/(kg.K)], teplota se dosazuje ve °C.

dosad'te hodnotu c_p pro střední teplotu

Příklad 5: Mísení dvou proudů

Přehřátou páru na výstupu z kotle ochlazujeme nástřikem napájecí vody na požadovanou teplotu. Průtok páry na výstupu z kotle je 10 t/h, její teplota je 400°C a tlak 30 bar. Páru je třeba ochladit na teplotu 360°C napájecí vodou, která má teplotu 105°C a tlak 30 bar. Určete potřebné množství vody, které je třeba do páry vstříkovat. Uvažujte adiabatický a izobarický děj a to, že se všechna voda odpaří.

$$m_A \cdot (h_1 - h_3) = m_B \cdot [(h_{l,\text{syt}} - h_2) + h_{\text{vyp}} + (h_3 - h_{g,\text{syt}})]$$

Příklad 6: Teplotní spád výměníku

Ve výměníku tepla ohříváme sytou vodou o tlaku 2 MPa vzduch o průtoku 10 000 m³/h a o vstupní teplotě 20°C, který potřebujeme ohřát na teplotu 120°C. Voda se ochlazuje na 150°C. Jaký potřebujeme průtok ohřívací vody? Uvažujte na straně vody střední měrnou tepelnou kapacitu proudu, na straně vzduchu uvažujte $c_p = 1 + 0,0018 \cdot t$ [kJ/(kg.K)], teplota se dosazuje ve °C, pro střední teplotu proudu

Další zadání:

- protiproudé zapojení, určete tepelné kapacity obou proudů, a integrální (logaritmický) teplotní spád
- souproudé zapojení, a totéž
- křížové zapojení, počítá se jako protiproud s korekcí

$W = \dot{m} \cdot c_p$ [W/K], poměr tepelných kapacit proudu $R = \frac{W_B}{W_A}$ v čitateli teplejší médium.

Výpočet středního integrálního (logaritmického) spádu: $\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$ kde 1 musí být větší

koncový teplotní spád. Pro křížové zapojení se používá korekce teplotního spádu protiproudého zapojení: $\Delta t_{křži} = \Psi \cdot \Delta t_{\ln}$, korekční součinitel se určuje z nomogramu, kdy je

nutné určit dva parametry: $P = \frac{\Delta t_{\text{menší}}}{t_{A1} - t_{B1}}$ a $R = \frac{\Delta t_{\text{větší}}}{\Delta t_{\text{mensi}}}$

Příklad 7: Kombinovaný teplotní spád

Jedním z tepelných výměníků v kotli je odpařovací EKO. Spalinami o vstupní teplotě ohříváme a částečně odpařujeme napájecí vodu, která do výměníku vstupuje o teplotě 105°C a tlaku 2 MPa. Množství vody je 8 t/h. Teplota spalin na výstupu z výměníku je požadována 160°C, teplota na vstupu do EKA je 320°C a jejich množství je 15 000 m³_N/h. Měrná tepelná kapacita spalin je dána vztahem: $c_p = 3 \cdot 10^{-8} \cdot T^2 + 0,0001 \cdot T + 1,3362$ [kJ/m³], dosazuje se ve °C. Určete výslednou suchost páry na výstupu z EKA a střední logaritmický teplotní spád výměníku (rozdělený na dva dílčí) pro zapojení s křížovým tokem. Výpočet suchosti:

$$h = x_g \cdot h_g + (1 - x_g) \cdot h_l$$

Příklad 8: Rovinná stěna – prostup tepla

Vyzdívka kotle se skládá ze dvou vrstev, z nichž jedna má tloušťku 35 cm a druhá 25 cm. Tepelná vodivost první vrstvy je 1,4 W/(m.K) a druhé 0,55 W/(m.K). Teplota vnitřního povrchu je 900°C, teplota vnějšího 70°C. Určete tepelnou ztrátu a teplotu mezi oběma vrstvami.

tepelný tok rovinnou stěnou: $q = \frac{1}{\sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$ [W/m²]

Příklad 9: Výpočet součinitele prostupu tepla a bilance výměníku

V jednoduchém výměníku typu „trubka v trubce“ se ohřívá 0,5 kg/s vody o teplotě 20°C vodou o teplotě 90°C, která se ochlazuje na teplotu 40°C. Průtok ohřívací vody je 0,1 kg/s. Teplejší voda proudí uvnitř vnitřní trubky, chladnější v meziprostoru. Určete, na jakou teplotu se chladnější voda ohřeje, a jaká je potřebná délka takového výměníku na předání potřebného tepelného výkonu. Dále určete střední teploty stěny vnitřní trubky na stranách obou médií.

Rozměry výměníku jsou:

- vnitřní průměr vnitřní trubky 30 mm
- tloušťka stěny vnitřní trubky 2 mm
- vnitřní průměr vnější trubky 50 mm

Materiál trubek je konstrukční uhlíková ocel, $\lambda = 47 \text{ W/(m.K)}$

Výpočet provedte pro:

- a) souproudé uspořádání, ve variantě s „k“ na délku i na plochu trubky
- b) protiproudé uspořádání, ve variantě s „k“ na délku i na plochu trubky

Jaká by byla potřebná délka, kdyby materiálem byla mosaz?