

1 Prenos tepla, voda

1.1 Prenos tepla, vyhrievacie a chladiace systémy

1. Ako dlho bude trvať zohrievanie 80 litrov vody v elektrickom ohrievači z 15°C na 65°C, ak výkon ohrievača je 2.5kW a tepelné straty sú 20%. Špecifické teplo vody je 4.187 kJ/kg/K.

Riešenie

Ak sú tepelné straty 20%, znamená to, že efektívne sa na ohrev vody použije len výkon $2.5\text{kW} \times 0.8 = 2\text{ kW}$. Celkove treba dodať energiu $m \times c \times \Delta T$, kde m je hmotnosť vody, c je špecifické teplo vody a ΔT je rozdiel teplôt. Po dosadení číselných hodnôt dostaneme:

$$m \times c \times \Delta T = 80 \times 4.187 \times 50 = 16748\text{kJ}$$

Ohrievač s efektívnym výkonom 2kW dodáva každú sekundu 2kJ. Potrebný čas preto bude:

$$\frac{16748\text{kJ}}{2\text{kJ}} / 3600 = 2.33 \text{ hodiny}$$

Komentár

- Porovnajte výsledok s reálnymi údajmi. Pri rýchlejšom ohreve použite výkon 3kW. $2.33/3 \times 2 = 1.55$ hodiny = cca 90 minút (výrobca udáva 85 minút).

Hlavné technické parametre

- Objem: 80 l
- Inštalácia: zvisle
- Príkon: 2000/3000 W
- Hmotnosť: 31 kg

Ostatné technické parametre

- Rozmery:
 - Výška: 893 mm
 - Šírka: 475 mm
 - Hĺbka: 475 mm
- Doba ohrevu z 10 na 60 °C: 85 min
- Stupeň el. Krytie: IP 25
- Max. prevádzkový pretlak v nádobe: 0,6 MPa
- Tepelné straty / trieda energetickej účinnosti: 0,72/ C kWh/ deň
- Napojenie: G 1/2 "vonkajší
- Tepel.izolace: polyuretán
- Napätie: 230 V

2. Aká bude výsledná teplota zmesi, ak do 10 litrov horúcej vody s teplotou 65°C prilejeme 1 liter studenej vody s teplotou 15°C? Špecifické teplo vody je 4.187 kJ/kg/K.

Riešenie

Prijaté a odovzdané teplo musia byť rovnaké. Preto platí:

$$m_{hot} \times c \times (T_{hot} - T) = m_{cold} \times c \times (T - T_{cold})$$

$$m_{hot} \times (T_{hot} - T) = m_{cold} \times (T - T_{cold})$$

Špecifické teplo vody sa v tomto prípade vykrátilo a z vyššie uvedenej rovnice treba vyjadriť výslednú ustálenú teplotu zmesi, T :

$$m_{hot} \times T_{hot} - m_{hot} \times T = m_{cold} \times T - m_{cold} \times T_{cold}$$

$$m_{hot} \times T_{hot} + m_{cold} \times T_{cold} = m_{cold} \times T + m_{hot} \times T$$

$$T = \frac{m_{hot} \times T_{hot} + m_{cold} \times T_{cold}}{m_{cold} + m_{hot}} = \frac{10 \times 338 + 1 \times 288}{11} = 60.45^\circ\text{C}$$

Komentár

- Diskutujte, či je v tomto prípade nutné dosadzovať teplotu v [K] alebo možno dosadiť aj priamo v °C? Ak výslednú rovnicu napíšeme v tvare súčtu dvoch zlomkov,

$$T = \frac{m_{hot} \times T_{hot} + m_{cold} \times T_{cold}}{m_{cold} + m_{hot}} = \frac{m_{hot}}{m_{cold} + m_{hot}} \times T_{hot} + \frac{m_{cold}}{m_{cold} + m_{hot}} \times T_{cold}$$

vidíme, že členy $\frac{m_{hot}}{m_{cold} + m_{hot}}$ a $\frac{m_{cold}}{m_{cold} + m_{hot}}$ sú bezrozmerné, a teda výsledná teplota, T , bude v tej istej jednotke, v akej dosadíme za teplotu horúcej a studenej vody. Ak dosadíme priamo v °C, výsledok bude tiež v °C:

$$T = \frac{m_{hot}}{m_{cold} + m_{hot}} \times T_{hot} + \frac{m_{cold}}{m_{cold} + m_{hot}} \times T_{cold} = \frac{10}{11} \times 65 + \frac{1}{11} \times 15 = 60.45^\circ\text{C}$$

- 3. Riešte predchádzajúci problém obecné pre prípad dvoch rôznych materiálov, t.j. pre rôzne špecifické teploty.**

Riešenie

Prijaté a odovzdané teplo musia byť rovnaké. Preto platí:

$$m_{hot} \times c_{hot} \times (T_{hot} - T) = m_{cold} \times c_{cold} \times (T - T_{cold})$$

$$m_{hot} \times c_{hot} \times T_{hot} - m_{hot} \times c_{hot} \times T = m_{cold} \times c_{cold} \times T - m_{cold} \times c_{cold} \times T_{cold}$$

$$m_{hot} \times c_{hot} \times T_{hot} + m_{cold} \times c_{cold} \times T_{cold} = m_{cold} \times c_{cold} \times T + m_{hot} \times c_{hot} \times T$$

$$T = \frac{m_{hot} \times c_{hot} \times T_{hot} + m_{cold} \times c_{cold} \times T_{cold}}{m_{cold} \times c_{cold} + m_{hot} \times c_{hot}}$$

Komentár

- V praxi ide najčastejšie o výmenu tepla medzi vyhrievacím / chladiacim médiom a vzduchom, napríklad systém voda – vzduch (chladič v aute alebo voda v ústrednom kúrení) alebo vzduch – olej (olejové radiátory) alebo olej – voda (motor v aute) a podobne.

4. Na akú teplotu by sme dokázali zohriať vodu vo vedre, ak by sme do nej hodili rozpálený kameň z ohniska.

Riešenie

Tento príklad si vyriešte doma a vzájomne si porovnajte výsledky v skupine. Ide o nácvik realistického („rozumného“) odhadu vstupných parametrov výpočtu. Uvažujte vedro bežného objemu so studenou vodou (odhadnite jej teplotu), do ktorej vhodíte rozpálený kameň z ohniska. Odhadnite jeho hmotnosť, teplotu a zvolte jeho rozumné chemické zloženie, aby ste mohli stanoviť jeho špecifické teplo.

Pracujte nezávisle od seba a na záver si porovnajte výsledky. Ide aj o *kvalitatívny* odhad situácie, ktorá nastane.

- Môže voda zovrieť a vypariť sa alebo ju kameň nedokáže výraznejšie ohriať?
- Máme očakávať veľmi horúcu vodu alebo si takýmto postupom nedokážeme vodu výraznejšie ohriať napríklad pri stanovaní v prírode?
- Čo sa stane alebo môže stať s kameňom po jeho vhození do vody?

5. Tepelná elektrárň spaľujúca uhlie pracuje s účinnosťou 33.3 %, pričom na výstupe dosahuje výkon 1000MW elektrických. Dve tretiny z energie paliva sa odvádzajú do životného prostredia ako odpadové teplo, z toho 15 % uniká komínom a ďalších 85 % je odvedených chladiacou vodou čerpanou z príľahlej rieky. Rieka má prietok $100\text{m}^3/\text{s}$ a teplotu 20°C .

a/ Ak teplota chladiacej vody môže stúpnuť maximálne o 10°C , aký bude potrebný jej prietok?

b/ Aká bude výsledná teplota chladiacej vody pri plnom prietoku $100\text{m}^3/\text{s}$?

Riešenie

Ak tepelná elektrárň pracuje s účinnosťou 33.3%, na vygenerovanie výstupného výkonu 1000MW potrebuje vstupný výkon 3000MW. Do životného prostredia sa vo forme tepla teda uvoľňujú 2GW, z toho chladiacou vodou z rieky je odvádzaných $2\text{GW} \times 85\% = 1.7\text{GW}$. Tento výkon, W , treba „uchladiť“ chladiacou vodou. Platí obecný vzťah:

$$W = \dot{m}c\Delta T \Rightarrow \dot{m} = \frac{W}{c\Delta T} = \frac{1700 \times 10^6}{4187 \times 10} = 40602\text{kg/s} = 40.6\text{m}^3/\text{s}$$

Pri plnom prietoku $100\text{m}^3/\text{s}$ bude výsledná teplota:

$$W = \dot{m}c\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{W}{\dot{m}c} = \frac{1700 \times 10^6}{4187 \times 100000} = 4.06^\circ\text{C}$$

S uvažovaním tohto **prírastku teploty** bude výsledná teplota rieky približne 24.1°C .

Komentár

- Aký je rádovo typický výkon jedného bloku atómovej elektrárne?

Na juhu Slovenska, medzi Nitrou a Levicami, sa nachádzajú štyri bloky Atómových elektrární Mochovce s tlakovodnými reaktormi typu VVER 440/V-213. Prvý blok elektrárne dodáva elektrickú energiu do siete od leta 1998, druhý blok od konca roka 1999. Hrubý výkon každého z blokov bol v roku 2008 zvýšený z 440 na **470MW**. Každý blok AE Mochovce vyrobí ročne vyše 3000GWh elektrickej energie, čo pokrýva približne 11% spotreby elektrickej energie na Slovensku. Výstavba tretieho a štvrtého bloku sa pozastavila v roku 1992 a znova spustila v novembri 2008. Mochovské bloky patria medzi najnovšie jadrové

bloky VVER 440/V-213 a ťažia zo všetkých zdokonalení, ktoré boli v elektrárni realizované. Medzinárodné expertné tímy sa zhodli na tom, že elektráreň po realizácii bezpečnostných opatrení spĺňa všetky medzinárodné štandardy a úroveň jadrovej bezpečnosti a spoľahlivosti zhodnotili ako mimoriadne vysokú.

- 6. Solárny kolektor s rozmermi 1×2m má cirkuláciu vody 4 litre za minútu. Slnko naň svieti s plošnou hustotou výkonu, W , 1kW/m^2 , pričom účinnosť kolektora je 50%. O koľko stupňov sa zvýši teplota vody v kolektore?**

Riešenie

Použijeme rovnicu:

$$W = \dot{m}c\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{W}{\dot{m}c} = \frac{1000 \times 0.5 \times 2}{\frac{4}{60} \times 4187} = 3.6^\circ\text{C}$$

Voda v kolektore sa ohreje približne o 3.6°C .