

Příklad 1:

Elektrárna pracující s účinností $\eta = 37\%$ denně v 24 h provozu spotřebuje 130 vagónů uhlí o výhřevnosti $q_V = 14,5$ MJ/kg. Každý vagón přepravuje 50 t uhlí. Vypočítejte, zda uvedené parametry odpovídají ekonomickému provozu denní výroby minimálně 400 MW.

Řešení:

Denní dodávka uhlí: $m = 130 \cdot 50 = 6500$ t

Získaná energie: $\Sigma Q = m \cdot q_V = 6500 \cdot 1000 \cdot 14,5 = 94250$ GJ/den

Příkon: $P_P = \frac{\Sigma Q}{t(24h)} = \frac{94250}{24 \cdot 3600} = 1091$ MW

Výkon: $P_V = 37\% \cdot P_P = 0,37 \cdot 1091 = 404$ MW

Tepelný výkon 404 MW \rightarrow ekonomické požadavky jsou splněny.

Příklad 2:

Tepelná elektrárna má v kombinovaném provozu denní výkon po dobu 18 h 120 MW. Zbývajících 6 h pracuje jako teplárna a vyprodukuje 5 480 GJ tepla. Denně se do elektrárny doveze 3200 t uhlí o výhřevnosti 12 MJ/kg. Je možné použít toto palivo, když ekonomicky únosná hranice účinnosti je $\eta = 33\%$?

Řešení:

Vyprodukované teplo (energie): $Q = P \cdot t$

a) elektrárna

$$Q_E = P \cdot t = 120 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 3600 = 7776$$
 GJ

b) teplárna

$$Q_T = 5480$$
 GJ

Celkové vyprodukované teplo:

$$Q = Q_E + Q_T = 7776 + 5480 = 13256$$
 GJ

Dodané teplo:

$$Q_D = m \cdot q_V = 3200 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^6 = 38400$$
 GJ

Účinnost elektrárny:

$$\eta = \frac{Q}{Q_D} = \frac{13256 \cdot 100}{38400} = 34,5\%$$

Účinnost elektrárny při použití tohoto paliva je 34,5 %, palivo je použitelné.

Příklad 3:

Porovnejte množství paliva potřebného pro elektrárnu o výkonu 100 MW s účinností $\eta = 35\%$ a trvalým provozem. Jako palivo uvažujte hnědé uhlí o výhřevnosti 12 MJ/kg a uran o výhřevnosti $82,5 \cdot 10^6$ MJ/kg.

Řešení:

Vyprodukovaná energie:

$$Q = P \cdot t = 100 \cdot 10^6 \cdot 24h = 2400 \text{ MWh} \rightarrow 8640 \text{ GJ} (1 \text{ MWh} = 3600 \text{ MJ})$$

Dodaná energie:

$$Q_D = \frac{Q}{\eta} = \frac{8640}{0,35} = 24685 \text{ GJ}$$

Hmotnost použitého paliva:

$$m = \frac{Q_D}{q_V}$$

a. hnědé uhlí

$$m_{hu} = \frac{Q_D}{q_{V_{hu}}} = \frac{24685 \cdot 10^3}{12} = \mathbf{2057 \text{ t/den}}$$

b. uran

$$m_{ur} = \frac{Q_D}{q_{V_{ur}}} = \frac{24685 \cdot 10^3}{82,5 \cdot 10^6} = \mathbf{0,299 \text{ kg/den}}$$

Příklad 4:

Určete spotřebu suchého vzduchu vháněného do kotle potřebného pro spalování uhlí o hmotnostním průtoku $\dot{m} = 10$ kg/s, přičemž vzduch obsahuje 49 % uhlíku a 1 % síry. Spalování probíhá při přebytku vzduchu $\lambda = 1,4$. Jaký je příkon vzduchového ventilátoru, pracuje-li do přetlaku $\Delta p_c = 3500$ Pa s účinností $\eta = 0,6$. Molární objem kyslíku uvažujte $V_{mO_2} = 22,4 \cdot 10^{-3}$ m³/mol a obsah kyslíku ve vzduchu 21 % objemu. Molární hmotnost uhlíku a síry je následující: $M(C) = 0,012$ kg/mol, $M(S) = 0,032$ kg/mol.

Řešení:

$$\dot{V}_{VZS} = \lambda \cdot \frac{V_{mO_2}}{V_{rO_2}} \cdot \left(\frac{C^r}{M(C)} + \frac{S^r}{M(S)} \right) \cdot \dot{m} \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$\dot{V}_{VZS} = 1,4 \cdot \frac{22,4 \cdot 10^{-3}}{0,21} \cdot \left(\frac{0,49}{0,012} + \frac{0,01}{0,032} \right) \cdot 10 = 61,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$P = \frac{\dot{V}_{VZS} \cdot \Delta p_c}{\eta} = \frac{61,4 \cdot 3500}{0,6} \doteq 358 \text{ kW}$$

Příklad 5:

Určení množství paliva spotřebovaného na výrobu 1 kWh s průměrnou účinností elektrárny $\eta_e \approx 25\%$.

Řešení:

Pro výrobu 1 kWh potřebujeme energii:

$$Q_u = \frac{3600 \text{ kJ}}{\eta_e} = \frac{3600}{0,25} = 14,4 \text{ MJ}$$

Tepelný obsah (výhřevnost) uhlí je $q_u = (8 \div 25) \text{ MJ/kg}$

Na 1 kWh je pak potřeba: $\frac{Q_u}{q_u} \text{ kg uhlí}$

Přehled spotřeby paliva dle druhu uhlí

Zadáno:			Spočteno:
Druh uhlí	Lokalita	Výhřevnost (MJ/kg)	Spotřeba (kg/kWh)
Antracit		30	0,48
Černé uhlí	Mělnická pánev	25	0,58
Hnědé uhlí	Horní Jiřetín	17,8	0,81
Lignit	Vídeňská pánev (jižní Morava)	10	1,44

Příklad 6:

Určení spotřeby páry na výrobu 1 kWh s průměrnou účinností tepelného oběhu $\eta_t \approx 27\%$. Tepelný obsah páry odpovídá entalpii při admisních parametrech páry (8 MPa, 460 °C), viz příklad v minulém cvičení.

Řešení:

Tepelný obsah páry:

$$Q_p \approx 3,3 \text{ MJ/kg}$$

Spotřeba páry na 1 kWh:

$$\begin{aligned} \dot{w} &= Q_p \cdot \eta_t = 3,3 \cdot 0,27 = 0,891 \text{ MJ/kg} \\ \dot{w} &= \frac{Q_p \cdot \eta_t}{3,6} = \frac{3,3 \cdot 0,27}{3,6} = 0,2475 \text{ kWh/kg} \\ m_{p1} &= \frac{3,6}{Q_p \cdot \eta_t} = \frac{3,6}{3,3 \cdot 0,27} = 4 \text{ kg/kWh} \end{aligned}$$