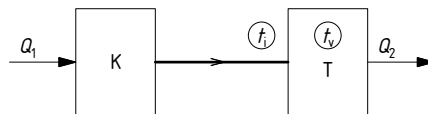


Průběh teploty teplovodní soustavy při zátoku

1. Úvod

V příspěvku je uveden jednoduchý způsob výpočtu průběhu teploty teplovodní soustavy (obr. 1) při zátoku.



Obr. 1 – Schema teplovodní soustavy

Pro možnost jednoduchého způsobu výpočtu se vycházelo z těchto zjednodušujících předpokladů:

- teplotou soustavy se rozumí střední teplota vody t_v ,
- teplota vody v soustavě, jakož i teplota materiálu, který „obklopuje vodu“, jsou v každém okamžiku totožné a to i v každém místě soustavy,
- vnitřní teplota t_i bude ve všech místnostech shodná a během zátoku stálá, čímž je odstraněn vliv tepelných ztrát místností,
- zátok bude probíhat vždy z počáteční teploty soustavy $t_v = t_i$, přičemž zdroj tepla bude mít jmenovitý výkon Q_n ,
- tepelné ztráty potrubního rozvodu se zanedbávají.

2. Výchozí vztahy potřebné pro stanovení výpočtových vztahů

Tepelný výkon otopných těles (W)

$$Q_2 = U \cdot A \cdot (t_v - t_i), \quad (1)$$

kde U je součinitel prostupu tepla otopných těles ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 A – plocha otopných těles (m^2)
 t_v – teplota vody = teplota materiálu soustavy ($^{\circ}\text{C}$)
 t_i – vnitřní teploty místností ($^{\circ}\text{C}$).

Jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla (W) se musí rovnat jmenovitému tepelnému výkonu otopných těles

$$Q_{ln} = U \cdot A \cdot (t_{vn} - t_i), \quad (2)$$

kde t_{vn} je jmenovitá teplota vody ($^{\circ}\text{C}$).

Rozdíl tepelného výkonu zdroje tepla a otopných těles (W) je potom dán vztahem

$$\Delta Q = U \cdot A \cdot (t_{vn} - t_v). \quad (3)$$

Teplo obsažené ve vodě a v materiálu soustavy (Wh) vzhledem k vnitřní teplotě t_i je

$$E = c_v \cdot M_v \cdot (t_v - t_i) + c_m \cdot M_m \cdot (t_v - t_i) = (c_v \cdot M_v + c_m \cdot M_m) \cdot (t_v - t_i), \quad (4)$$

kde c_v je měrná tepelná kapacita vody = 1,163 ($\text{Wh} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 c_m – měrná tepelná kapacita oceli nebo litiny = 0,122 ($\text{Wh} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 M_v – hmotnost vody (kg)
 M_m – hmotnost materiálu (kg).

Přírůstek tepla do soustavy dE se musí rovnat součinu rozdílu výkonů ΔQ a elementárnímu času $d\tau$, čili

$$dE = \Delta Q \cdot d\tau. \quad (5)$$

Po dosazení ze vztahů (3 a 4) vznikne

$$d\{(c_v \cdot M_v + c_m \cdot M_m) \cdot (t_v - t_i)\} = U \cdot A \cdot (t_{vn} - t_v) \cdot d\tau. \quad (6)$$

Po úpravě vznikne vztah

$$d\tau = \tau_h \cdot dt_v / (t_{vn} - t_v), \quad (7)$$

kde τ_h je akumulční doba soustavy (h) = $(c_v \cdot M_v + c_m \cdot M_m) / (U \cdot A)$.

3. Výpočtové vztahy

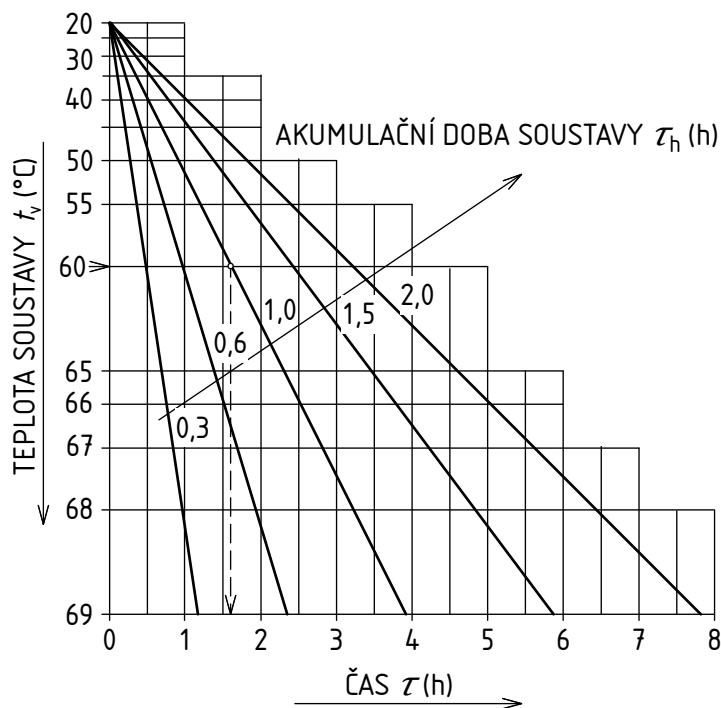
Po provedení integrace v rozsahu τ od 0 do τ a t_v od t_i do t_v dostáváme první výpočtový vztah pro čas (h)

$$\tau = -\tau_h \cdot \ln \{(t_{vn} - t_v) / (t_{vn} - t_i)\}. \quad (8)$$

Tento vztah můžeme převést na druhý výpočtový tvar pro teplotu soustavy (°C)

$$t_v = t_{vn} - (t_{vn} - t_i) \cdot \exp(-\tau / \tau_h). \quad (9)$$

Vztah (9) je také převeden do grafické formy (obr. 2).



Obr. 2 – Závislost teploty soustavy na čase při zátopu (80/60, 20 °C)

Poznámka

Akumulační doba soustavy τ_h je u běžných soustav v rozmezí od 0,3 do 2 h. Nižší hodnoty platí pro soustavy s malým objemem vody a s tenkostěnnými materiály.

4. Příklad

Zadání: Pro teplovodní soustavu 80/60 °C ($t_{vn} = 70$ °C) a pro vnitřní teplotu $t_i = 20$ °C máme stanovit dobu, kdy teplota soustavy dosáhne 60 °C. Akumulační doba soustavy $\tau_h = 1$ h.

Řešení: Doba dosažení zadané teploty se stanoví ze vztahu (8)

$$\tau = -1 \cdot \ln \{(70 - 60) / (70 - 20)\} = 1,61 \text{ h} = 1 \text{ h } 37 \text{ min.}$$

Související literatura: ČSN 06 0220 Tepelné soustavy v budovách – Dynamické stavy

Vladimír Valenta, září 2016.