

# Průběh teploty teplovodní soustavy při zátoku

Vladimír Valenta

Článek popisuje výpočet průběhu střední teploty otopné vody u teplovodní soustavy. Autor na základě zjednodušené bilance stanovuje dobu, za kterou je od počátečního stavu (zátoku) dosaženo provozní teploty otopné soustavy. Příspěvek má tak praktický dopad pro provoz otopných soustav s ohledem na možnosti regulace nejen při zátoku, ale také při provozních změnách např. změně výstupní teploty z kotle atd.

Recenzent: Roman Vavříčka

## 1. Úvod

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

## 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 [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$A$  – plocha otopných těles [ $m^2$ ]

$t_v$  – teplota vody = teplota materiálu soustavy [ $^{\circ}C$ ]

$t_i$  – vnitřní teploty místností [ $^{\circ}C$ ].

Jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla [W] se musí rovnat jmenovitému tepelnému výkonu otopných těles

$$Q_{1n} = U \cdot A \cdot (t_{vn} - t_i), \quad (2)$$

kde

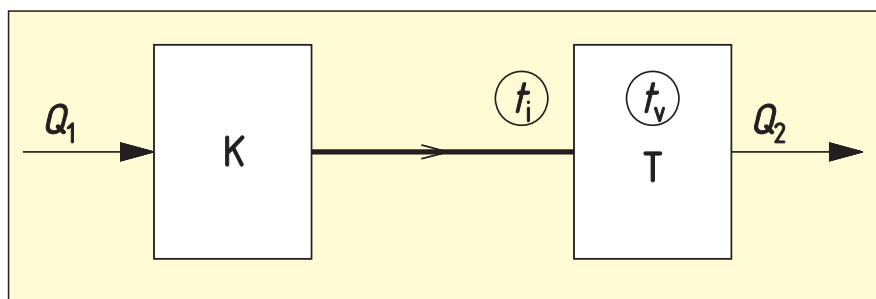
$t_{vn}$  je jmenovitá teplota vody [ $^{\circ}C$ ].

Rozdíl jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla a tepelného výkonu otopných těles v obecném stavu [W] lze odvodit ze vztahů (1 a 2), takže 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

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

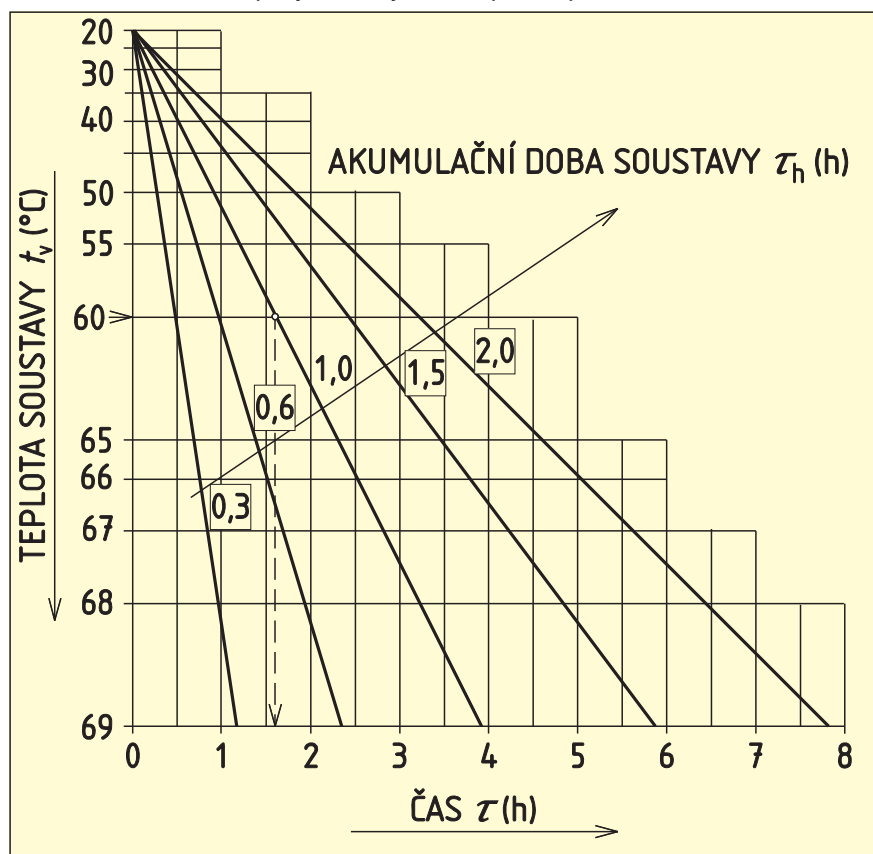


▲ Obr. 1 ● Schéma teplovodní soustavy

▼ Obr. 2 ● Závislost teploty soustavy na čase při zátoku (80/60, 20 °C)

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  $Q_n$ ,
- jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla  $Q_n$  se rovná jmenovitému tepelnému výkonu otopných těles,
- tepelné ztráty potrubního rozvodu se zanedbávají.



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  $\Delta Q$  a elementárnímu času  $d\tau$ , čili  
 $dE = \Delta Q \cdot d\tau$ . (5)

Po dosažení ze vztahů (3 a 4) vznikne

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

Po úpravě vznikne vztah

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

kde

$\tau_h$  je akumulční doba soustavy  
 $[\text{h}] = (c_v \cdot M_v + c_m \cdot M_m) / (U \cdot A)$ .

### 3. Výpočtové vztahy

Po provedení integrace v rozsahu  $\tau$  od 0 do  $\tau$  a  $t_v$  od  $t_i$  do  $t_v$ , dostáváme první výpočtový vztah pro čas [h]

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

Tento vztah můžeme převést na druhý výpočtový tvar pro teplotu soustavy [ $^{\circ}\text{C}$ ]

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

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

#### Poznámka

Akumulční doba soustavy  $\tau_h$  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. Vyšší hodnoty platí pro samotížné sou-

stavy s velkým objemem vody a s litinovými článkovými otopnými tělesy (tab. 1).

### 4. Příklad

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

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

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

### Literatura

ČSN 06 0220 Tepelné soustavy v budovách – Dynamické stavy. ČNI 2006.

Autor: **Ing. Vladimír Valenta, Říčany**

Recenzent: **Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.,  
Ústav techniky prostředí,  
Fakulta strojní, ČVUT v Praze;  
člen redakční rady Topenářství instalace**

### Warm water system temperature course during firing up process

The article describes mean temperature course calculation of heating water in warm water system. Pursuant to simplified balance, the author defines period since fire up within the operating temperature of heating system is reached. Thus the report has it's practical impact for heating systems operation considering regulation possibility not only during fire up, but also in case of changes in operation for example inlet temperature change.

**Keywords:** Heating, heat accumulation, system accumulation time, mean water temperature, temperature gradient

▼ Tab. 1 ● Hmotnosti vytápěcích soustav a jejich akumulční doby

Zařízení	Celková hmotnost vytápěcí soustavy vztažená na 1 kW instalovaného výkonu otopných těles při jmenovitých parametrech [kg · kW <sup>-1</sup> ]			
	minimální hodnota		maximální hodnota	
	materiál	voda	materiál	voda
kotel	1	0,5	10	2
potrubí	9	2,0	20	7
otopná tělesa	8	0,5	54	10
součet	18	3,0	84	19
akumulační doby $\tau_h$ [h]	0,41		1,94	



## Symbol technologie ZUBADAN INVERTER – New Generation

Kvalitní a spolehlivá tepelná čerpadla vzduch/voda od výrobce Mitsubishi Electric. Vylepšená patentovaná technologie Zubadan s přímým vstřikováním chladiva s Flash-Injection kompresorem od Mitsubishi Electric nabízí nyní technologicky nejvyspělejší tepelná čerpadla vzduch/voda na trhu. Tato nová tepelná čerpadla jsou speciálně určená pro ohřev teplé vody a vytápění s velmi nízkými provozními náklady. Dle ErP dosahují všechna tepelná čerpadla od výrobce Mitsubishi Electric té nejvyšší možné energetické třídy A++.

Zubadan technologie je součástí tepelných čerpadel pouze od výrobce Mitsubishi Electric.

Více informací naleznete na:

**www.zubadan.cz**