

Příloha 1

Stanovení součinitelů přestupu tepla vodního chladiče

Průtok 2,5l/min

Známé parametry:

Parametry šroubovice	Šířka kanálu	b	0,01	[m]
	Výška kanálu	h	0,01	[m]
	Střední průměr šroubovice	D_w	0,40	[m]
	Stoupání šroubovice	k	0,02	[m]
Vlastnosti tekutiny	Dynamická viskozita	ν	0,001003	[N·s·m ⁻²]
	Měrná tepelná kapacita	c_p	4184,00	[J/kg·K]
	Hustota	ρ	998,20	[kg·m ⁻³]
	Tepelná vodivost	λ	0,60	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
	Průtok	Q	2,50	[l/min]
Chladič	Emisivita povrchu	ε	0,60	

Počítané parametry:

Rychlost proudění:

$$w = \frac{Q}{1000 \cdot 60 \cdot b \cdot h} = \frac{2,5}{1000 \cdot 60 \cdot 0,01 \cdot 0,01} = 0,42m \quad (1)$$

Hydraulický průměr:

$$d = \frac{2 \cdot b \cdot h}{b + h} = \frac{2 \cdot 0,01 \cdot 0,01}{0,01 + 0,01} = 0,01m \quad (2)$$

Střední průměr zakřivení:

$$D = D_w \cdot \left[1 + \left(\frac{k}{\pi \cdot D_w} \right)^2 \right] = 0,4 \cdot \left[1 + \left(\frac{0,02}{\pi \cdot 0,4} \right)^2 \right] = 0,4m \quad (3)$$

Prandtlovo číslo:

$$Pr = \frac{\nu \cdot \rho \cdot c_p}{\lambda} = \frac{0,001003 \cdot 998,2 \cdot 4184}{0,6 \cdot 998,2} = 6,99 \quad (4)$$

Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,42 \cdot 0,01 \cdot 998,2}{0,001003} = 4146,73 \quad (5)$$

Reynoldsovo číslo kritické

$$Re_{crit} = 2300 \cdot \left[1 + 8,6 \left(\frac{d}{D} \right)^{0,45} \right] = 2300 \cdot \left[1 + 8,6 \left(\frac{0,01}{0,4} \right)^{0,45} \right] = 6081,92 \quad (6)$$

Laminární proudění $Re \leq Re_{crit}$

$$x = 0,5 + 0,2903 \left(\frac{d}{D} \right)^{0,194} = 0,5 + 0,2903 \left(\frac{0,01}{0,4} \right)^{0,194} = 0,64 \quad (7)$$

$$\begin{aligned} Nu_{lam} &= 3,66 + 0,08 \left[1 + 0,8 \left(\frac{d}{D} \right)^{0,9} \right] \cdot Re^x \cdot Pr^{1/3} = \\ &= 3,66 + 0,08 \left[1 + 0,8 \left(\frac{0,01}{0,4} \right)^{0,9} \right] \cdot 4146,76^x \cdot 6,99^{1/3} = \\ &= 36,83 \end{aligned} \quad (8)$$

Turbulentní proudění $Re > 2,2 \cdot 10^4$

Třecí faktor

$$\xi = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} + 0,03 \cdot \left(\frac{d}{D} \right)^{0,5} = \frac{0,3164}{4146,73^{0,25}} + 0,03 \cdot \left(\frac{0,01}{0,4} \right)^{0,5} = 0,04 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} Nu_{tur} &= \frac{0,125 \cdot \xi \cdot Re \cdot Pr}{1 + 12,7 \cdot \sqrt{0,125 \cdot \xi \cdot (Pr^{2/3} - 1)}} = \\ &= \frac{0,125 \cdot 0,04 \cdot 4146,73 \cdot 6,99}{1 + 12,7 \cdot \sqrt{0,125 \cdot 0,04 \cdot (6,99^{2/3} - 1)}} = 45,67 \end{aligned} \quad (10)$$

Přechodná oblast proudění $Re_{crit} < Re \leq 2,2 \cdot 10^4$

$$y = \frac{2,2 \cdot 10^4 - Re}{2,2 \cdot 10^4 - Re_{crit}} = \frac{2,2 \cdot 10^4 - 4146,73}{2,2 \cdot 10^4 - 6081,92} = 1,12 \quad (11)$$

$$Nu_{tra} = y \cdot Nu_{lam} + (1 - y) \cdot Nu_{tur} = 0,92 \cdot 36,83 + (1 - 1,12) \cdot 45,67$$

$$= 35,75 \quad (12)$$

Součinitel přestupu tepla

$$\alpha_c = Nu \cdot \frac{\lambda}{d} = 39,4 \cdot \frac{0,6}{0,01} = 2209,6 W/m^2 \cdot K \quad (13)$$

Součinitel přestupu tepla je obdobně spočítán i pro další hodnoty průtoku, Výsledky jsou uvedené v následujících tabulkách.

Průtok 5l/min

Průtok	Q	5,00	[l/min]
Rychlost proudění	w	0,83	[m/s]
Hydraulický průměr	d	0,01	[m]
Střední průměr zakřivení	Ds	0,40	[m]
Prandtlovo číslo	Pr	6,99	[-]
Reynoldsovo číslo	Re	8293,45	[-]
Reynoldsovo číslo kritické	Recrit	6081,92	[-]

Laminární proudění $Re \leq Re_{crit}$	
x	0,64
Nu_{lam}	55,43

Turbulentní proudění $Re > 2,2 \cdot 10^4$	
ξ	0,04
Nu_{tur}	82,74

Přechodná oblast proudění $Re_{crit} < Re \leq 2,2 \cdot 10^4$	
y	0,71
Nu_{tra}	63,36

<i>Součinitel přestupu tepla</i>	α_c	3801,60	[W/m ² ·K]
----------------------------------	------------	---------	-----------------------

Průtok 75l/min

Průtok	Q	75,00	[l/min]
Rychlost proudění	w	12,50	[m/s]
Hydraulický průměr	d	0,01	[m]
Střední průměr zakřivení	Ds	0,40	[m]
Prandtlovo číslo	Pr	6,99	[-]
Reynoldsovo číslo	Re	124401,79	[-]
Reynoldsovo číslo kritické	Recrit	6081,92	[-]

Turbulentní proudění $Re > 2,2 \cdot 10^4$	
ξ	0,02
Nutur	853,71

<i>Součinitel přestupu tepla</i>	α_c	51222,36	[W/m ² ·K]
----------------------------------	------------	----------	-----------------------

Seznam použité literatury

- [1] Weber, J, Shabi, L, & Weber, J. "Thermal Impact of Different Cooling Sleeve's Flow Geometries in Motorized High-Speed Spindles of Machine Tools." Proceedings of the 9th FPNI Ph.D. Symposium on Fluid Power. 9th FPNI Ph.D. Symposium on Fluid Power. Florianópolis, SC, Brazil. October 26–28, 2016. V001T01A012. ASME. <https://doi.org/10.1115/FPNI2016-1517>