

cas\_ins

# Výměníky tepla s pátým vývodem

Protiproudé výměníky tepla s pátým vývodem se nepříliš často používají pro ohřev teplé vody u soustav, u kterých je použito cirkulační potrubí. Cirkulace teplé vody zajišťuje to, že u kohoutku je vždy teplá voda bez toho, že by se nejprve musela odpustit voda, která v potrubí vychladla. Opodstatnění k použití výměníků s pátým vývodem vychází ze skutečnosti, že teplá voda vracející se z cirkulačního potrubí má teplotu výrazně vyšší (příkladně cca 45 °C), než je teplota vstupní studené vody do výměníku, jejíž teplota je obvykle 1 °C až 10 °C. Nebylo by tedy energeticky vhodné smíchat teplou vodu z cirkulace se studenou vodou na vstupu do výměníku. Stejně tak ji zavést do vody s teplotou 55 °C vystupující z výměníku. Zásadní potíží je ale v tom, jakým způsobem určit nebo nalézt u protiproudého výměníku místo pro tento pátý vývod. Z logiky věci je zřejmé, že v tomto hledaném místě teplosměnné plochy by měla být velikost teploty ohřívání vody stejná jako je teplota vody přicházející z cirkulace. K tomu je ale potřebné znát průběh teploty ohřívání vody podél teplosměnné plochy u daného výměníku, u kterého požadujeme pátý vývod. Znalost tohoto průběhu teploty je, alespoň pro velkou část výrobců výměníků tepla, zásadní problém. Jak je možné se u jednotlivých výrobců výměníků na jejich stránkách přesvědčit, umísťují tento pátý vývod zhruba od 1/3 do 2/3 délky výměníku od vstupu studené vody do výměníku. Při ohřevu vody z 10 °C na 55 °C je u výměníků voda – voda v tomto místě ale teplota jen cca 15,5 °C až 27 °C, u výměníků pára – voda dokonce jen 10,6 °C až 14 °C. Umístit pátý vývod do tohoto místa, tedy od 1/3 do 2/3 délky výměníku od vstupu studené vody do výměníku, je technicky zcela nesmyslné.

Určení místa pro pátý vývod na výměníku řady VTX je naprosto bez problémů. Výpočtový program, který je pro výměníky řady VTX k dispozici, dovoluje toto místo na grafu průběhu teploty ohřívání vody bezpečně určit. Upravený program pro práci výměníků s pátým vývodem toto místo, podle zadané teploty vracející se cirkulač-

ní vody, sám určí. Pro teplotu vody z cirkulace 45 °C (teplota teplé vody 55 °C) je u výměníků voda – voda toto místo ve vzdálenosti cca 9 až 11 % od konce výměníku s výstupem teplé vody. U výměníků pára – voda pak ve vzdálenosti 3 až 9 % od konce výměníku s výstupem teplé vody se zvyšujícím se tlakem páry se posouvá ke konci výměníku). Zajímavé je to, že se toto místo nijak výrazně nemění ani při sériovém řazení výměníků. Je proto naprosto nevhodné, při sériovém řazení dvou výměníků pro ohřev teplé vody, přivádět vratnou vodu z cirkulace mezi tuto dvojici výměníků, jak některé firmy doporučují. To znamená do 50 % celkové délky teplosměnné plochy.

Program dále umožňuje určit zbytekovou tlakovou ztrátu na výměníku, kterou musí čerpadlo cirkulační vody

me hodnotu  $\Delta P$  pro volbu oběhového čerpadla. Je také zřejmé, že čím blíže ke vstupu studené vody je pátý vývod pro cirkulaci, tím větší tlakovou ztrátu musí cirkulační čerpadlo překonávat. Program také umožňuje zadat zápornou hodnotu cirkulující vody, tedy tu situaci, že voda do pátého vývodu nepřitéká, ale vytéká z něho. Je tedy z výměníku možné bezprostředně odebírat vodu o nižší teplotě než je teplota vody na výstupu teplé vody. To se může ve speciálních případech také hodit.

V programu je množství cirkulační vody omezeno na 30 % vstupního množství studené vody ( $m_{21}$ ). Programy pára – voda a voda – voda pro výměníky VTX s 5 vývody se od původních programů liší tím, že je zde pevně nastavený vstup ohřívání vody do pláště a zapojení je pouze protiproudé.

**ZADÁNÍ**  
výpočet pro výměník VTX 2 s 5 vývody  
KAPALINA - KAPALINA

výměníky jsou zapojeny paralelně  výměníky jsou zapojeny seriově

**zapojení protiproudé**

teplá strana v trubličkách  
ochlazená kapalina  
voda

studená strana v plášti  
ohřívání kapalina  
voda

Vlastnosti kapaliny jsou definovány:  
od 0 do 374 °C

**zadávané hodnoty**

Linearizovat přechody mezi laminární a turbulentní oblasti

vstup T11 150.00 °C  
výstup T12 24.91 °C

vstup T21 10.00 °C  
výstup T22 55.00 °C

vstupní hodnoty cirkulace  
m23 0.25 kg/sek T23 45.00 °C

požadovaný výkon 200.00 kW  
faktor znečištění 0.000 m2K / kW

**nalezené hodnoty**

vstup T11 150.00 °C rezerva 0.00  
výstup T12 24.91 °C výkon 200.00 kW

vstup T21 10.00 °C  
výstup T22 54.98 °C

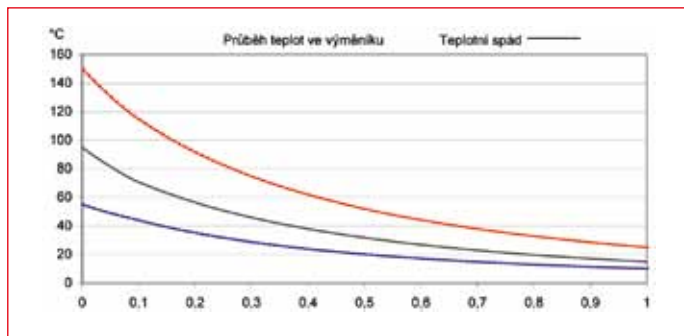
m1 0.379 kg/sek  
tlaková ztráta je: 15.12 kPa

m21 1.007 kg/sek  
m22 1.257 kg/sek  
tlaková ztráta je: 13.16 kPa

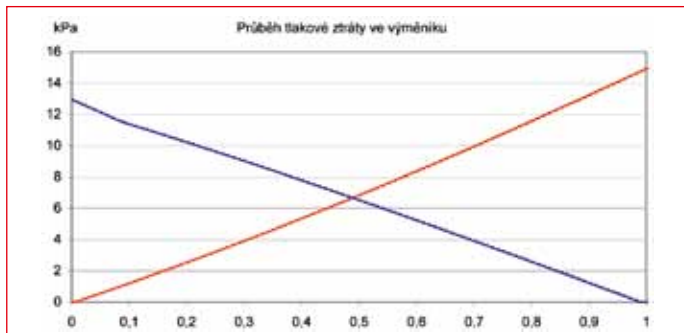
Obr. 1

na výměníku překonávat. To je možné odečíst z grafu průběhu tlakové ztráty na výměníku. Pokud k tomu přičteme tlakovou ztrátu cirkulující vody v hlavním a vratném potrubí, dostává-

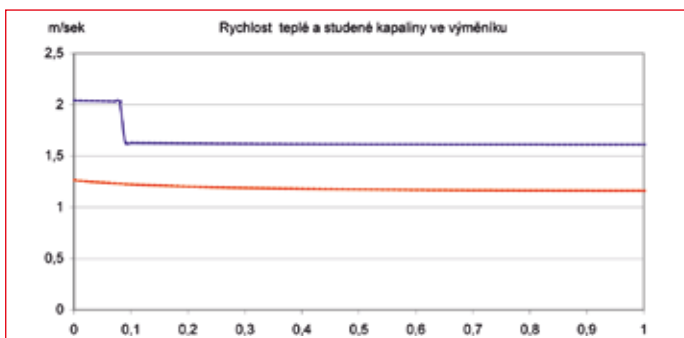
Na obr. 1 je obrazovka se zadáním pro výpočet, v daném případě pro výměník VTX2 voda – voda. Na obr. 2 je graf průběhů teplot podél teplosměnné plochy topné a ohřívání vody.



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

**Výpočet pro výměník VTX 2 s 5 vývody**  
podrobný protokol pro aplikaci kapalina - kapalina

teplá strana v trubicích		zapojení protiproudé	studná strana v pláštích	
<b>Vstupní hodnoty energetické bilance</b>				
kapalina: voda			kapalina: voda	
vstup T11	150,00 °C		vstup T21	10,00 °C
entalpie i11	637,20 kJ/kg		entalpie i21	41,88 kJ/kg
výstup T12	24,91 °C		hmotnostní průtok m21	1,0073 kg/s
entalpie i12	134,41 kJ/kg		vstup T23	45,00 °C
rozdíl entalpie di1	527,79 kJ/kg		entalpie i23	188,38 kJ/kg
hmotnostní průtok m1	0,3789 kg/s		hmotnostní průtok m23	0,2500 kg/s
	364,2 kg/hod		výstup T22	55,00 °C
			entalpie i22	230,17 kJ/kg
			hmotnostní průtok m2	1,2573 kg/s
požadovaný výkon: na kový	200,00 kW	v cirkulaci	10,45 kW	
srovnání log. teplotní spád	46,158 °C			
požadovaný celkový součinitel prostupu tepla	3,611 kW / m <sup>2</sup> K			
<b>Výsledné hodnoty z rovnic prostupu tepla</b>				
vstup T11	150,00 °C	vstup T21	10,00 °C	
výstup T12	24,91 °C	výstup T22	54,98 °C	
hmotnostní průtok m1	0,3789 kg/s	hmotnostní průtok m23	0,2500 kg/s	
<b>střední hodnota termodynamických vlastností:</b>				
střední hodnota mezi T11 a T12				
teplota	62,38 °C	teplota	24,02 °C	
tenze par	54,53 kPa	tenze par	3,938 kPa	
měrná váha	0,979 kg/dm <sup>3</sup>	měrná váha	0,997 kg/dm <sup>3</sup>	
měrný objem	1,02 dm <sup>3</sup> /kg	měrný objem	1,003 dm <sup>3</sup> /kg	
měrné teplo	4,197 kJ/kgK	měrné teplo	4,185 kJ/kgK	
výparné teplo	2350,07 kJ/kg	výparné teplo	2444,26 kJ/kg	
entalpie	231,45 kJ/kg	entalpie	100,67 kJ/kg	
tepelná vodivost	0,648 W/mK	tepelná vodivost	0,608 W/mK	
teplotní vodivost	1,577E-04 m <sup>2</sup> /s	teplotní vodivost	1,459E-07 m <sup>2</sup> /s	
dynamická viskozita	5,274E-04 Pa s	dynamická viskozita	9,719E-04 Pa s	
kinematická viskozita	5,388E-01 m <sup>2</sup> /s	kinematická viskozita	9,744E-07 m <sup>2</sup> /s	
Prantlovo číslo	3,4	Prantlovo číslo	6,7	
objemový průtok vstup	0,413 l/s	objemový průtok vstup	1,008 l/s	
objemový průtok výstup	0,380 l/s	objemový průtok výstup	1,276 l/s	
rychlost tekutiny vnitřní	1,185 m/s	rychlost tekutiny vnitřní	1,853 m/s	
vstupní hrdlo	0,268 m/s	vstupní hrdlo	0,854 m/s	
výstupní hrdlo	0,249 m/s	výstupní hrdlo	0,828 m/s	
tlaková ztráta	15,12 kPa	tlaková ztráta	13,16 kPa	
Reynoldsovo číslo	19,263	Reynoldsovo číslo	8,914	
Nusseltovo číslo	90,1	Nusseltovo číslo	84,3	
koef. prostupu tepla	8,656 kW / m <sup>2</sup> K	koef. prostupu tepla	8,193 kW / m <sup>2</sup> K	
faktor znečištění	0,000 m <sup>2</sup> K / kW			
celkový koef. prostupu	3,850 kW / m <sup>2</sup> K			
střední teplotní spád	38,358 °C			
teplosměnná plocha	1,2 m <sup>2</sup>			
oferážený tepelný výkon	200,00 kW			
nesoulad zadání a výsledku	0,0 %			
pracovatel:	Trmická energetická strojírna s.r.o. V Lánech 229 403 40 Ústí nad Labem	datum:	10.10.2011	
Ing. Tesař				

Na dalším grafu na obr. 3 je průběh tlakové ztráty a na grafu na obr. 4 průběh rychlosti kapalin. Na něm je velice dobře vidět, ve kterém místě teplosměnné plochy je přívod cirkulační vody pomocí páteho vývodu.

Na podrobném protokolu jsou potom všechny podrobné údaje o pracovním bodě tohoto výměníku ve zvoleném režimu.

Žádost o zaslání programu je možné poslat emailem podle stránky [www.trmicka.cz](http://www.trmicka.cz)

Ing. Jindřich Tesař,  
Trmická energetická strojírna s.r.o.

Vytápění, voda, plyn - Kotle, Otopná tělesa, Sluneční kolektory, Tepelná čerpadla •  
**TZB-adresář firem** •  
 nejnavštěvovanější oborový adresář **tzbinfo** •  
<http://www.tzb-info.cz>