

Optimální napojení dlouhých otopných těles

Optimum connection of long radiators

Ing. Jiří BAŠTA, Ph.D.,
Ing. Jan SCHWARZER,
Ing. Roman VAVŘIČKA
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav
techniky prostředí

Recenzent
doc. Ing. Karel Kabele, CSc.

Článek se soustředí na popis teplotního a rychlostního pole u deskových otopných těles na straně vody, napojených jednostranně shora dolů a oboustranně shora dolů u těles tzv. krátkých a dlouhých ($L \geq 4H$). Vzhledem ke získaným výsledkům z matematické simulace dává jednoznačné doporučení stran napojení dlouhých otopných těles.

Klíčová slova: vytápění, otopné těleso, počítačová simulace, napojení otopných těles

The authors fixed their attention on the description of the temperature and velocity fields on the water side of the desk type radiators, connected one-sidedly from above downwards and double-sidedly from above downwards with the so-called short and long ($L \geq 4H$) radiators. With regard to the results obtained by mathematical simulation the authors give unequivocal recommendation concerning the connection of long radiators.

Key words: heating, radiator, computer simulation, connection of radiators

U deskových otopných těles bylo při měření za jmenovitých podmínek zjištěno, že je jmenovitý výkon u těles tzv. krátkých konstantní jak při jednostranném, tak při oboustranném napojení shora dolů. Tento poznatek však neplatí pro dlouhá ($L \geq 4H$) desková otopná tělesa. Odborná literatura vysvětluje jev rozdílně. Některá se přiklání k tzv. ejekčnímu účinku prvních kanálků napojených na horní rozvodnou komoru [1], jiná [3] jev vysvětluje jako významný pokles dynamického tlaku v horní rozvodné komoře vzhledem k její délce. Problematika se tak nejnázde dala řešit matematickou simulací v programu Fluent, zmapováním teplotního a rychlostního pole u obou výše uvedených příkladů těles. Řešením bylo na základě získaných teplotních a rychlostních polí vyhodnotit příčinu markantního poklesu tepelného výkonu tzv. dlouhých těles při jednostranném napojení shora dolů.

1. PODMÍNKY ŘEŠENÍ

Při návrhu modelu jsme uvážili několik možností, které nabízel kreslicí program Gambit a zároveň zohlednili možnosti výpočetního programu Fluent.

Matematická simulace byla provedena u dvou typů otopných těles. První typ byl tzv. krátký a odpovídal otopnému deskovému tělesu Radik Klasik 10–500 x 500 s napojením jednostranným shora dolů a oboustranným shora dolů při jmenovitém a dvojnásobném průtoku. Druhý tzv. dlouhý model odpovídal otopnému deskovému tělesu Radik Klasik 10–500 x 2000 opět s napojením jednostranným shora dolů a oboustranným shora dolů při jmenovitém a dvojnásobném průtoku.

Princip řešení vytvoření modelu spočívá v tom, že se předběžný model postupně rozdělí na co největší počet jednoduchých tělesových útvarů. Znamená to tedy, že u tělesa 10–500 x 500 je celkový tvar dán průniky 15 kanálků a dvěma rozvodnými komorami (horní a dolní), což je 17 těles ve tvaru šestibokého hranolu, kde rozvodné komory jsou kolmé na kanálky.

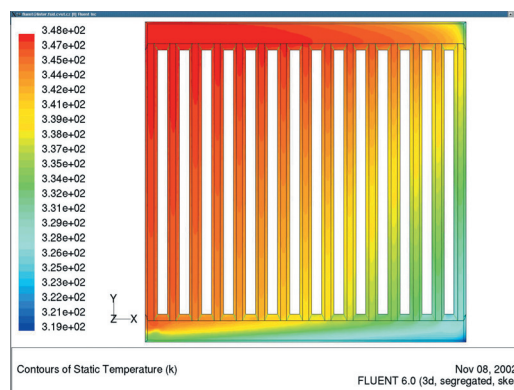
Tepelný tok který těleso předává do okolí byl zadáván přes součinitel přestupu tepla na straně vzduchu α_e . Bylo zohledněno, že se součinitel přestupu tepla na straně vzduchu s výškou otopného tělesa mění. Rovněž byly zadány teploty okolí a tloušťky materiálu tělesa. Model byl sítivován na konečný počet 370 000 buněk u krátkého a 610 000 buněk u dlouhého tělesa.

Neméně důležitou součástí celé simulace je kromě sítivování také volba okrajových podmínek. Jedná se o definici materiálu tělesa, vlastností proudící vody,

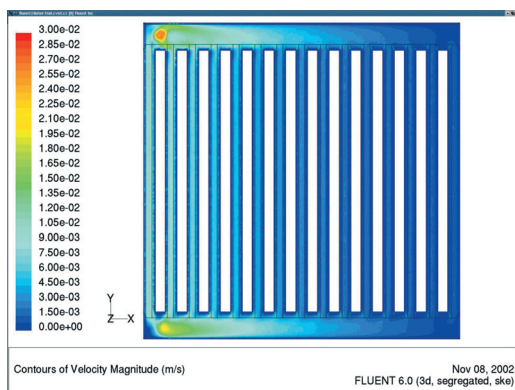
vstupního otvoru do tělesa a výstupního z tělesa a dalších vlastností modelu.

2. VÝSLEDKY POČÍTAČOVÉ SIMULACE

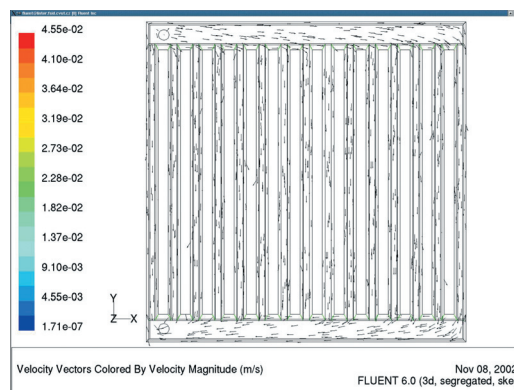
Zabýváme se nejdříve krátkým tělesem jednostranně napojeným (obr. 1, 2 a 3). Na obr. 1 je zná-



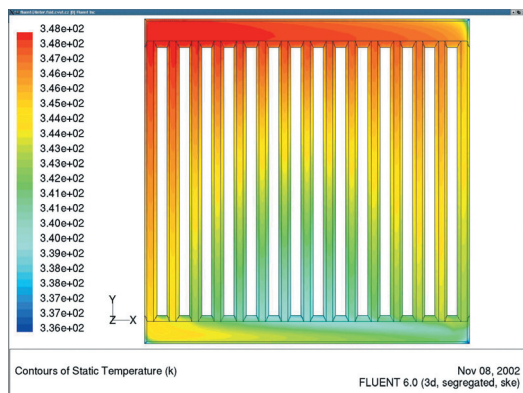
Obr. 1 Teplotní pole u tělesa 10-500 x 500 s jednostranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



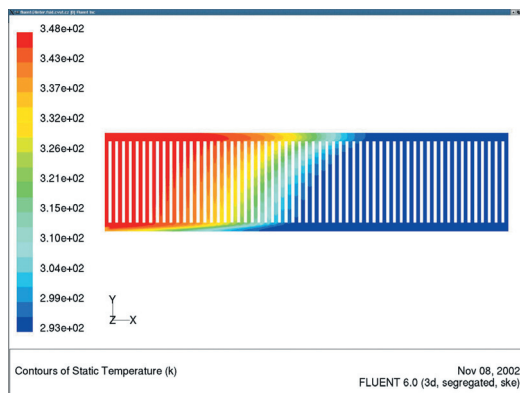
Obr. 2 Rychlostní pole u tělesa 10-500 x 500 s jednostranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



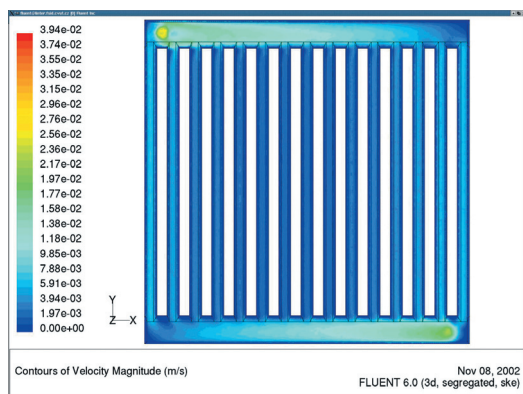
Obr. 3 Vektorové pole u tělesa 10-500 x 500 s jednostranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



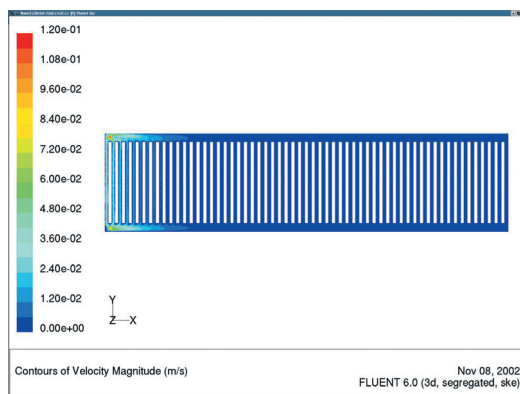
Obr. 4 Teplotní pole u tělesa 10-500 x 500 s oboustranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



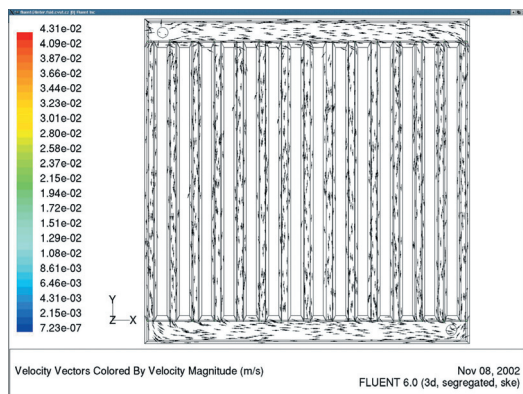
Obr. 7 Teplotní pole u tělesa 10-500 x 2000 s jednostranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



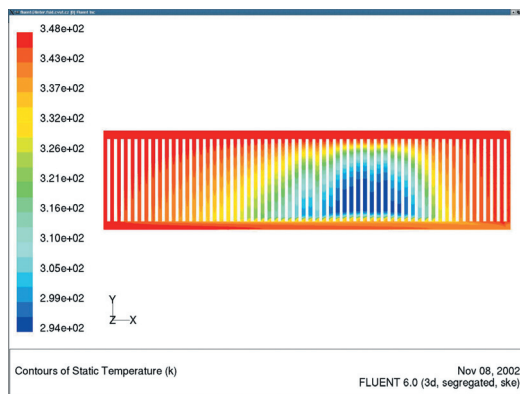
Obr. 5 Rychlostní pole u tělesa 10-500 x 500 s oboustranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



Obr. 8 Rychlostní pole u tělesa 10-500 x 2000 s jednostranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



Obr. 6 Vektorové pole u tělesa 10-500 x 500 s oboustranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



Obr. 9 Teplotní pole u tělesa 10-500 x 2000 s oboustranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)

zorněno teplotní pole při jmenovitém průtoku. Je zde zřetelně vidět jak dochází k postupnému zatékání vstupní (teplé) vody do jednotlivých kanálků.

Je rovněž patrná chladnější oblast v dolním pravém rohu tělesa, která se vytvořila následkem zchlazení vody v tělese a menších rychlostí, které jsou znázorněny na obr. 2. Obr. 3 prezentuje vektorové pole, kde vektory ukazují směr proudění, zatékání do jednotlivých kanálků a spojování proudů v dolní sběrné komoře.

Při zdvojnásobení průtoku pozorujeme zmenšení chladné oblasti v pravém dolním rohu. Také teplota vracející se vody z tělesa je vyšší vlivem většího průtoku. Tento případ však není tak zajímavý, neboť představuje případ předdimenzované či hydraulicky nevyvážené potrubní sítě, kdy otopné těleso má markantní nadprůtok.

Při oboustranném napojení krátkého tělesa provozovaného za jmenovitého průtoku se chladnější oblast přesune dolů doprostřed tělesa obr. 4. Obrázek rychlostního pole (obr. 5) nyní ukazuje zcela jiné

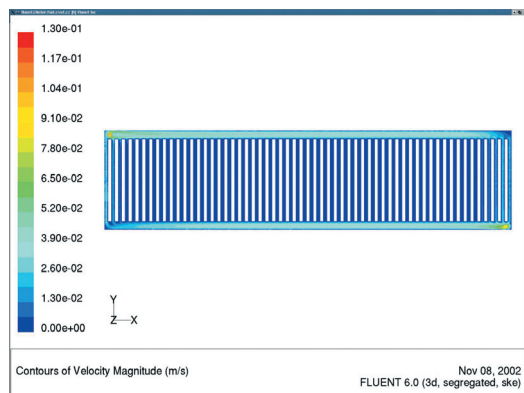
proudění vody horní rozvodnou a dolní sběrnou komorou, a tudíž i jiné tlakové poměry v otopném tělese. Oblasti relativního přetlaku a relativního podtlaku jsou definovány zcela jinak než tomu bylo v předchozím případě a pomyslná neutrální křivka získala jiný tvar. Převážná část průtoku vody se rozdělí do prvních tří a posledních čtyřech kanálků. Značí to, že uprostřed tělesa voda nezateká do jednotlivých kanálků ani přibližně tak, jako na jeho začátku a konci. Vektorové pole (obr. 6) uvedené postřehy jen potvrzuje.

U oboustranného napojení shora dolů s dvojnásobným průtokem je chladná oblast téměř potlačena. Rychlostní pole je však stále ovlivněno převážujícím prouděním v prvních a posledních kanálkách.

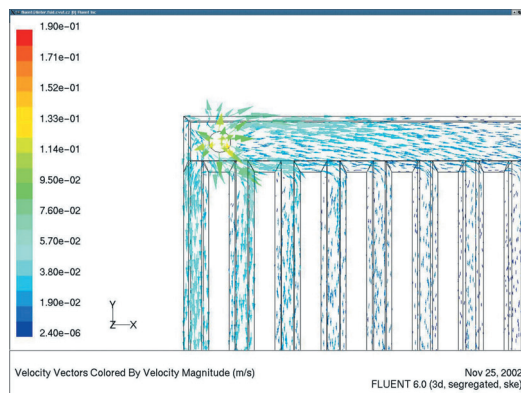
Pokud se soustředíme na tzv. dlouhé otopné těleso, posudme nejdříve napojení jednostranné shora dolů s jmenovitým průtokem. Na obr. 7 je zobrazeno teplotní pole, které již na první pohled signalizuje významný pokles tepelného výkonu. Je názorně vidět, že vstupní teplá voda neproplachuje celé těleso, ale jen asi 50 % celkového objemu. Díky tlakové ztrátě otopného tělesa, která v podobě tření a místních odporů roste s délkou tělesa, se převážná část průtoku ihned vrací do dolní sběrné komory a k výstupu z tělesa (obr. 8). Musíme však upozornit, že obr. 8 je trochu nepřesný ve svém měřítku, neboť měřítko uvádí podle barvy nulovou rychlost ve druhé polovině otopného tělesa. To však

není pravda. V druhé polovině tělesa dochází k neuspóřadanému proudění a rychlosti se zde pohybují řádově v 10^{-9} m/s, což FLUENT vyhodnotil při grafickém výstupu jako 0 m/s. Vektorové pole nám pak prokázalo zcela nahodilý směr proudění vody s velmi nízkými rychlostmi v druhé polovině tělesa.

Při hydraulické nevyváženosti potrubní sítě, tj. v našem případě zdvojnásobení průtoku vody tělesem, se sice oblast, ve které nedochází k proplachování teplou přívodní vodou zmenší, ale závěry jsou stejné jako u jmenovitého průtoku.



Obr. 10 Rychlostní pole v tělese 10-500 x 2000 s oboustranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C)



Obr. 11 Vektorové pole v tělese 10-500 x 2000 s jednostranným napojením shora dolů (jmenovitý průtok, 75/65/20 °C) – část vstupu do tělesa

Pokud dlouhé těleso s poměrem $L \geq 4H$ napojíme oboustranně shora dolů, je obraz teplotního i rychlostního pole příznivější obr. 9 a 10. Dochází zde stejně jako u krátkého tělesa k rozdělení převážné části průtoku mezi první a poslední kanálky tělesa. Uprostřed tělesa v dolní části vzniká chladnější oblast, ale využití tepelného potenciálu tekutiny je zde daleko vyšší než u jednostranného zapojení (lepší propláchnutí tělesa vstupní teplou vodou). Dochází tak k významnému zvýšení střední teploty tělesa oproti napojení jednostrannému a tak i ke zvýšení tepelného výkonu. Vektory rychlostního pole mají uspořádanější charakter po celé délce tělesa.

U dvojnásobného průtoku je chladnější oblast menší a střední povrchová teplota otopného tělesa vyšší. Obraz rychlostního pole je oproti jmenovitému průtoku téměř nezměněn.

3. ZÁVĚR

Z analýzy výsledků matematické simulace s využitím programu Fluent je patrná kontrakce proudu vody v místech natékání z horní rozvodné komory do svislých kanálků. V místech kontrakce proudu dochází na vnitřní straně za ohybem proudu k jeho odtržení a vzniku vírů (obr. 11). Kinetická energie vírů je součástí energie hlavního proudu, tj. energie v těchto místech disipuje. Proudové pole je za každým kanálkem, resp. jeho napojením, jiné a neuspořádané.

Vlivem neuspořádaného proudění a tlakových ztrát v horní rozvodné komoře dochází u dlouhých těles v druhém polovině jejich délky k plíživému proudění o rychlostech $2 \cdot 10^{-9}$ m/s. Takto malé rychlosti podmiňují výrazné snížení součinitele přestupu tepla

na straně vody, ale zároveň i markantnější ochlazení vody při průtoku celým otopným deskovým tělesem. Výrazně se tak snižuje střední teplota otopného tělesa a její snížení je druhotnou příčinou poklesu tepelného výkonu.

V projekční praxi bychom neměli navrhovat napojení tzv. dlouhých těles jednostranně shora dolů, ale pouze oboustranně shora dolů.

V doporučení můžeme na základě získaných výsledků jít ještě dál a pozměnit podmínku rozlišení dlouhých a krátkých těles ($L \geq 4H$) vzhledem k napojení. Za dlouhá tělesa, pro něž platí výše uvedené doporučení pro jejich napojení, tak považujeme desková otopná tělesa splňující podmínku ($L \geq 3H$).

Použité zdroje:

- [1] ABEL, H., BOTT, H., SCHLAPMANN, D.: *Raumheizkörper*. Heizungstechnik, 1990, 4.13, s. 928-935.
- [2] BAŠTA, J.: *Otopná tělesa – sešit projektanta č. 5*. STP 2000, ISBN 80-02-01351-4, 211 s.
- [3] BAŠTA, J.: *Otopné plochy*. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2001. – 328 s. – ISBN 80-01-02365-6.
- [4] Vavříčka, R.: *Obrazy proudění na straně vody u otopných těles*. DP, ČVUT-FSI-U216, Praha 2002. ■

* Uhlíkové infrazářiče Carbon Twin

První výrobce horských sluníček s křemennou lampou Hohensohne Original Hanau, německý Heraeus, po spojení s britskou firmou Noblelight v Heraeus Noblelight GmbH, představuje nejnovější inovaci infrazářičů s uhlíkem jako zdrojem tepelného záření. Infrazářiče technologie Carbon InfraRot (CIR) užívají zářičů ve formě pásku uhlíkové fólie, pracující v oblasti středovlnné části spektra IR vlnových délek 2000 až 3500 nm s maximem kolem 2000 nm.

Nejnovější generací infrazářičů CIR jsou zářiče Carbon Twin, řešené jako dvojité trubice oválného průřezu z křemenného skla tvaru ležaté osmičky rozměrů 33 x 14 mm, délek až 3 m a provedení pro napětí 115, 230, 400 a 480 V s dvěma uhlíkovými zdroji IR záření o maximu vlnové délky 2000 nm. Mají vysokou rychlost ohřevu na pracovní teplotu 1 200 °C za 2 s, výkon až 10,5 kW a vysokou plošnou hustotu výkonu až 150 kW.m⁻². Mohou mít zapojení na jednom i obou koncích. Pro vyšší výkon se vybavují ztlaceným reflektorem, který odráží až 95 % záření.

Protože maximum absorpce IR záření vodou leží v blízkosti maxima vyzařované energie, jsou zářiče Carbon Twin vhodné pro průmyslový ohřev a sušení, rychle suše-

ní nátěrů vodou ředitelných barev a laků, sušení granulátů apod. Hodí se pro zpracování plastů, protože plasty absorbují IR záření vlnových délek nad 2000 nm, vazby C-H vlnové délky 3200 až 3500 nm. Používají se i při tvarování plastů a pro ohřev plastových trub a trubek z PE, PP a PVC před svařováním na tupo.

Heraeus Noblelight GmbH, Hanau, 2002 (AB)

* První geotermální elektrárna v Německu

V červnu 2003 byly položeny základy první geotermální elektrárny v Německu u malého města Neustadt-Glewe (Mecklenburg). Provozní společnost Erdwärmekraft GbR by již koncem roku měla být schopna zahájit dodávky elektřiny do veřejné sítě. Primárním zdrojem energie je voda o teplotě 98 °C, těžená z hloubky 2 200 m. Jelikož teplota vody je příliš nízká pro přeměnu na vodní páru, je použit organický Rankinův cyklus s uhlovodíkem, vroucím při 30 °C za potřebného tlaku. Přehřáté páry uhlovodíku expandují v parní turbině. Podle provozní společnosti může elektrárna zásobovat elektřinou více než 500 domácností (asi 2000 obyvatel) z celkového počtu 7 400 obyvatel Neustadt-Glewe. Projekt byl podpořen z výzkum-

ného fondu federálního Ministerstva životního prostředí, ochrany přírody a jaderné bezpečnosti SRN. V tomto pilotním projektu jsou zastoupeny tři elektrárenské společnosti: Berliner Bewag, Wemag AG a Energie Südwest.

EEP Newsletter, červen 2003 (Br)

* Nová regulace ventilátorů

Aby se minimalizovaly provozní náklady, jsou motory ventilátorů, které pracují často s dílčí zátěží, regulovány. Firma Gebhardt přišla na nové řešení regulace výkonu nástřešních ventilátorů a to kombinací normovaného motoru s novým druhem frekvenčního měniče, odpovídajícího novým evropským směrnici dle ISO 61000-3-2. Měnič je již zabudován do ventilátoru a s ním kabelově propojen. S tímto měničem např. při zatížení ventilátoru na 50 % dochází k úspoře energie přes 40 %. Integrace ventilátorů do systému řízení budovy je možná, protože zde stačí signál od 0 do 10 Voltů, aby se provoz ventilátoru přizpůsobil jakékoliv potřebě. Je samozřejmě možné i dálkové ovládání jednoduchým potenciometrem.

CCI 11/2002 (Ku)