

Nabíhání otopných těles v obtoku

Starting up of radiators in by-pass

Ing. Jiří BAŠTA, Ph.D.,
Ing. Bořivoj ŠOUREK
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav
techniky prostředí

Článek výstižně a jednoznačně dokumentuje dynamické chování deskových otopných těles a porovnává způsoby napojení oboustranně; shora dolů a zdola nahoru. Výsledky experimentu však nemusí být vázány pouze na jezdecké napojení u jednotrubkové horizontální otopné soustavy (JHOS), ale může se jednat i o vertikální či horizontální dvoutrubkové soustavy. Poznatky získané na JHOS bude možno zobecnit i na tyto dvoutrubkové soustavy pouze se zřetelem k napojení přívodní a vratné trubky na těleso.

Klíčová slova: vytápění, jednotrubková otopná soustava – horizontální, otopná tělesa

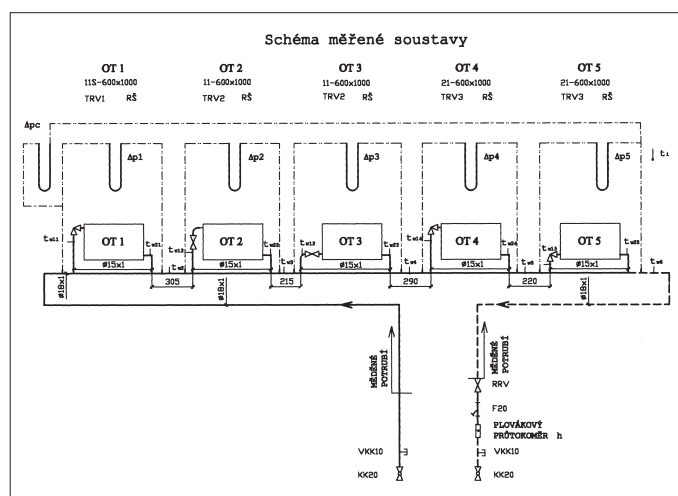
Recenzent
doc. Ing. Karel Brož, CSc.

The article documents appropriately and unambiguously the dynamic behaviour of panel radiators and compares the following types of connections: two-sided, from above downwards and from below upwards. However the results of experiment need not have strong ties only to by-pass connection with single-tube horizontal heating system (JHOS), but it can concern even the vertical or horizontal two-tube systems only with regard to inlet and outlet tubes connection to radiator.

Key words: heating, single-tube heating system – horizontal, radiators

Jednotrubkové, obzvláště horizontální otopné soustavy získávají v poslední době pro své mnohé přednosti stále více zájemců. V laboratořích Ústavu techniky prostředí je instalována jednotrubková horizontální otopná soustava s jezdeckým napojením otopných těles (obr. 1). Tato soustava sestává z pěti otopných těles v okruhu s nízkoodporovými TRV od různých firem. Všechna otopná tělesa jsou napojena v obtoku, přičemž některá shora dolů a jiná zdola dolů. Rychlost proudění v kmenové trubce se pohybovala okolo hodnoty 0,8 m/s. Část experimentu, který se zabýval tepelně-technickým a hydraulickým dynamickým chováním soustavy, se soustředila i na dynamiku nabíhání otopných těles různě napojených a rovnoměrnost rozložení povrchové teploty těles. Pro zmapování dynamiky náběhu byla využita termovizní kamera. Čtyřicet snímků zaznamenaných v časové ose u každého tělesa bylo základem pro vyhodnocení příslušné části experimentu jejíž výsledky jsou shrnuty v tomto článku.

Nejdříve si však připomeňme obecné poznatky o jednotrubkových otopných soustavách.



Obr. 1 Schéma měřené jednotrubkové otopné soustavy

1. OBECNĚ

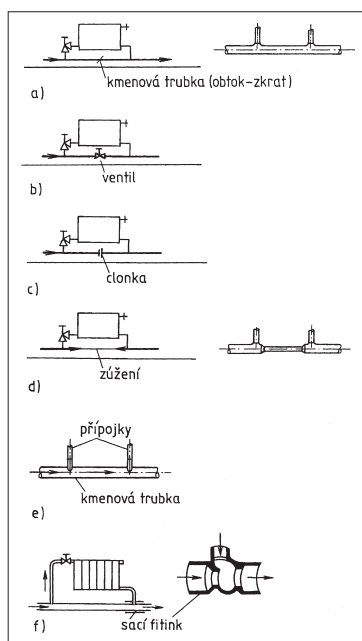
Jednotrubkové otopné soustavy lze rozdělit na vertikální (dále jen JVOS) a horizontální (JHOS). Nejjednodušším a nejlevnějším provedením je jednotrubko-

vá otopná soustava (dále jen JOS) s otopnými tělesy (OT) zapojenými v řadě průtočně za sebou. Otopná voda postupně protéká všechna OT, tudíž potřebujeme vyšší dopravní tlak čerpadla. Nevýhodou je nemožnost místní regulace na OT. Částečná místní regulace tepelného výkonu je možná u konvektorů s regulační klapkou průtoku vzduchu. Teplota vody se snižuje za každým protékajícím OT a proto při požadovaném stejném tepelném výkonu na OT se musí zvětšovat jeho přestupní plocha. Při výpočtu soustav se většinou volí celkový teplotní spád menší než je obvyklý u dvoutrubkových otopných soustav (místo 20 K pouze 10 K), aby se příliš neprojevila různá střední teplota na OT. Zlepšení JOS přineslo řazení OT paralelně s kmenovou trubkou a rovněž připojení regulačních armatur. Tím se umožnila místní regulace OT.

V dnešní době mají význam především moderní jednotrubkové horizontální otopné soustavy s obtokem či směšovací armaturou a to s dvoubodovým, nebo jednobodovým napojením. JHOS má svá specifika, která vyžadují složitější způsob navrhování. Nejsou zde uměle zvyšovány hydraulické odpory pro zabezpečení teplotní a hydraulické stability a tak je žádoucí co nejpřesnější návrh. JHOS se čtyřcestnými armaturami mají menší přenosovou schopnost než soustavy s tělesy v obtoku s nízkoodporovou armaturou.

JHOS lze rozdělit dle připojení OT na soustavy s obtokem a soustavy s čtyřcestnými armaturami. Posledně jmenované mají dle druhu armatury jednobodové či dvoubodové napojení. JHOS s obtokem ukazuje obr. 2, přičemž nejrozšířenější je připojení jezdeckým způsobem, kdy OT je připojeno přípojkami do různých oboustranně zdola dolů nebo shora dolů přes nízkoodporovou armaturu. Nelze zde použít běžných termostatických radiátorových ventilů (TRV), neboť jejich velký hydraulický odpor by neumožnil správné zatékání do OT. Proto se volí nízkoodporové armatury (TRV pro soustavy s přirozeným oběhem), které dovolují jak osazení termpohony či termostatickými hlaviciemi, tak ruční ovládání.

K tomu, aby se dosáhla stejná tlaková ztráta v úseku přes OT a v úseku kmenové trubky pod OT, se používalo různého druhu škrcení na kmenové trubce. Patří sem třicestný ventil, nebo např. obtok regulovaný škrticím ventilem (viz. obr. 2). To vyžadovalo poměrně dlouhou zaregulovat soustavu po montáži. Dále sem patří škrticí clona, která se dá velmi snadno přesně stanovit výpočtem, leč po delší době provozu již není ověřitelný tlakový úbytek na ní. Již lepším provozním řešením je zúžení kmenové trubky pod OT, ale vzhledem k provozu soustavy a jejímu zanášení se nedoporučuje zúžit část kmenové trubky pod OT více než o jednu dimenzi. Předposlední, dříve zkoušený způsob spočí-



Obr. 2 Schéma napojení OT s obtokem
 a) S obtokem (jezdecký způsob napojení)
 b) S regulovaným obtokem ventilem
 c) S regulovaným obtokem clonou
 d) S regulovaným obtokem zúžením kmenové trubky
 e) S regulovaným obtokem zasunutím přípojek do kmenové trubky
 f) S regulovaným obtokem se sací tvarovkou v místě napojení zpětné přípojky

vá v částečném zapuštění přípojek do kmenové trubky. Tento způsob je dosti nejistý, jelikož se hloubka zapuštění ponechává na pečlivosti a svědomitosti montéra. Nověji se používá sací tvarovka v kmenové trubce u připojení vratného potrubí od OT. Ta sacím účinkem napomáhá potřebnému průtoku vody přes OT. Výkon je možno odečítat z tabulek od výrobce. Ke všem způsobům škrcení obtoku je třeba podotknout, že jsou pouze nouzovým řešením, a proto je vhodné se dále zabývat pouze jezdeckým způsobem napojení otopných těles.

2. FUNKČNÍ PRINCIP

Funkční princip JHOS s jezdeckým napojením otopných těles lze popsat takto. Každé otopné těleso je v hydraulickém paralelním zapojení s kmenovou horizontální rozvodnou trubkou tak, že mezi přívodním a vratným potrubím k OT protéká v kmenové trubce pod OT část vody a zbytek protéká OT. V místě spojení zpětného potrubí od OT a kmenové trubky dochází ke směšování

dvou proudů vody o různé teplotě a tak k poklesu teploty pro další OT. Následující OT pracuje za hydraulicky stejných podmínek, ale tepelně pracuje oproti předchozímu OT s nižší vstupní teplotou. Vstupní teplota do OT se tedy postupně těleso od tělesa v hydraulické řadě snižuje, takže teplotní spád se musí těleso od tělesa zohlednit velikostí přestupní plochy OT.

JHOS můžeme rovněž rozdělit podle provedení a zapojení jednotlivých okruhů.

- Podle uživatelů:
- okruh bytový
 - okruh zónový
- Podle umístění stoupaček:
- okruh uzavřený
 - okruh rozvinutý

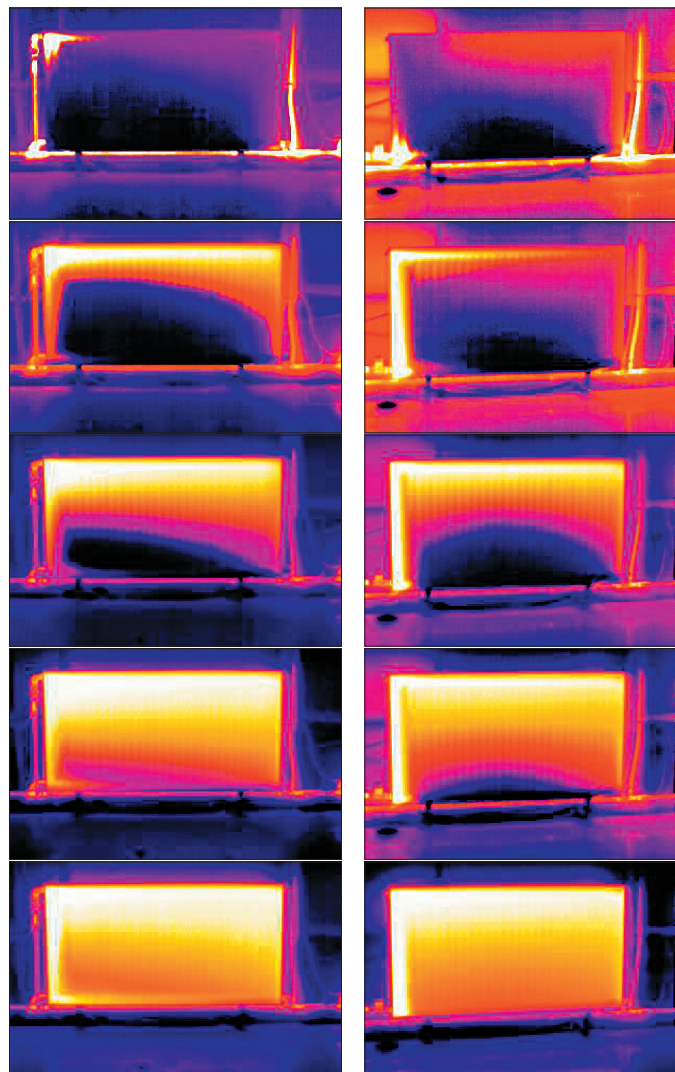
Okruh otevřený je výhodnější z hlediska spotřeby potrubí. Je to okruh, kde stoupačí přívodní a zpětné potrubí není vedeno v jednom prostupu. Jinak řečeno, rozvaděč a sběrač nemají společnou skříň. Jak rozvaděč tak sběrač jsou umístěny ve vlastní skříni a na patře zcela na jiných místech.

Bytové okruhy jsou navrhovány tak, že sledují jednotlivé bytové jednotky. Každý byt je na stoupačí potrubí napojen samostatně. Jinak řečeno, rozvaděč i sběrač jsou spolu v jedné skříni což umožňuje pohodlně nainstalovat měřiče tepla a tak měřit spotřebu tepla celé jedné bytové jednotky a zainteresovat uživatele bytu na úsporách tepla.

3. POZNATKY Z EXPERIMENTU

V experimentu jsme se zaměřili na rychlost nabíhání otopného tělesa v jednotrubkové horizontální otopné soustavě napojeného jezdeckým způsobem shora dolů (obr. 3) a zdola dolů (obr. 4) a na rovnoměrnost rozložení teplot na tělese po dosažení 93 % jmenovitého tepelného výkonu.

Jednotrubková otopná soustava byla uvedena do provozu a zahřátá na provozní teplotu. Dvě snímaná otopná tělesa byla odstavena (OT2 a OT3). Okamžik snímání teplotního pole na otopném tělese byl shodný s plným otevřením ventilu u otopného tělesa. Interval snímání byl nastaven na 5 s. až do jmenovitého výkonu 93 %. Poté byl změněn na 30 s. K dispozici pro vyhodnocení jsme tak získali ucelenou řadu obrázků teplotního pole tělesa z nichž je zde prezentováno vždy jen pět (obr. 3 a 4).



Obr. 3 Teplotní pole u otopného tělesa napojeného jezdeckým způsobem – shora dolů v jednotrubkové horizontální otopné soustavě s teplotou vstupní vody do tělesa 74,3 °C při teplotě okolního vzduchu 25,4 °C

- a) Teplotní pole 30 s po otevření ventilu
- b) Teplotní pole 1 min a 20 s po otevření ventilu
- c) Teplotní pole 2 min a 20 s po otevření ventilu
- d) Teplotní pole 3 min a 30 s po otevření ventilu
- e) Teplotní pole 6 min a 20 s po otevření ventilu

Obr. 4 Teplotní pole u otopného tělesa napojeného jezdeckým způsobem – zdola dolů v jednotrubkové horizontální otopné soustavě s teplotou vstupní vody do tělesa 69,5 °C při teplotě okolního vzduchu 25,2 °C

- a) Teplotní pole 15 s po otevření ventilu
- b) Teplotní pole 20 s po otevření ventilu
- c) Teplotní pole 40 s po otevření ventilu
- d) Teplotní pole 2 min po otevření ventilu
- e) Teplotní pole 5 min a 15 s po otevření ventilu

3.1 Napojení tělesa shora dolů

Na obr. 3 a vidíme na levé straně světlou přípojku o teplotě vstupní vody 74,3 °C a pod tělesem kmenovou trubku o stejné teplotě při teplotě okolního vzdu-

chu 25,4 °C. Nenechajme se zmást pravou stranou obrázku, kde světlá svislá čára přísluší hadici odběru tlaku, ale těleso je vpravo napojeno zdola. V levém horním rohu je patrná část tělesa v čase 30 s po otevření ventilu, která se již prohřála. Zbývá přestupní plocha tělesa má stále teplotu okolí. Obr. 3 b odpovídá stavu po 1 min a 20 s. Je vidět, že se horní rozvodná komora tělesa již prohřála a postupně se proti smyslu přirozeného vztlaku prohřívá otopné těleso shora dolů. Díky úhlopříčnému napojení tělesa, tj. odvodu vody spodem na druhé straně tělesa, a výraznějšímu působení přirozeného vztlaku v levé části se rychleji prohřívá pravá strana tělesa. Obr. 3c ukazuje otopné těleso po 2 min a 20 s. Obr. 3d pak po 3 min a 30 s od otevření ventilu. Obr. 3e pak představuje těleso již prohřáté při svém 93% tepelném výkonu (podle snímání střední teploty OT). I zde po 6 min a 20 s je stále patrné nerovnoměrné prohřátí otopného tělesa. Náběh na 100 % výkonu pak následuje zvolna (dalších cca 5 min).

3.2 Napojení tělesa zdola dolů

Na obr. 4 a vidíme světlý dolní levý roh tělesa, kde je připojeno přes TRV. Opět je zde patrná kmenová trubka v podobě světlé čáry pod tělesem a napravo ohřátá hadice odběru tlaku. Teplota přírodní vody je 69,5 °C a teplota okolního vzduchu měřená stíněným teploměrem 25,2 °C. Stav na obrázku předkládá teplotní pole po 15 s od otevření ventilu. Obr. 4 b odpovídá stavu po 20 s od otevření ventilu. Je patrné, že náběh tělesa je u napojení zdola dolů podstatně rychlejší než u napojení shora dolů. Teplé vodě, která za přispění přirozeného vztlaku natéká do horní rozvodné komory tělesa, nic nebrání v proudění a tak se horní rozvodná komora prohřívá po otevření ventilu rychleji, než je tomu u případu podle obr. 3. Na obr. 4 c je stav po 40 s a vidíme, že horní třetina tělesa je již po 40 s prohřátá na provozní teplotu. Obr. 4 d prezentuje stav po 2 min. Patrné je zde zjevné prohřátí dvou levých kanálek otopného tělesa, kterými voda proudí od ventilu do horní rozvodné komory. Obr. 4 e představuje těleso na svém 93% tepelném výkonu. Prohřátí tělesa je až na levé dva kanálky rovnoměrnější než u předchozího zapojení. Především jsme takového teplotního pole a 93% výkonem dosáhli po 5 min a 15 s, tj. o 1 min a 5 s dříve než u napojení shora dolů.

4. ZÁVĚR

U připojení shora dolů působí přirozený vztlak v otopném tělese proti práci čerpadla a tak se konečný teplotní profil otopného tělesa vyvíjí pomaleji. Těleso nabíhá na svůj jmenovitý tepelný výkon rovněž pomaleji. Teplotní profil je po dobu náběhu méně vyrovnaný než u zapojení zdola dolů a tak lze usuzovat, že sdílení tepla konvekci i sáláním do vytápěného prostoru je v průběhu otopného období díky regulačním zásahům rovněž po ploše tělesa nesouměrné.

U připojení zdola dolů pomáhá náběhu tělesa ještě přirozený vztlak působící na výšce tělesa. Tím dochází k intenzivnímu natékání teplé vody do horní rozvodné komory tělesa a to především prvními kanálky tělesa. Náběh tělesa je rychlejší a teplotní profil se rychleji ustaluje na poměrně vyrovnaných teplotách.

Závěrem lze tedy doporučit jako výhodnější zapojení těles zdola dolů, neboť přirozený vztlak pomáhá lepší „funkci“ otopného tělesa. Odezva na regulační zásah je rychlejší a řízení celého okruhu jednotrubkové horizontální otopné soustavy s jezdeckým napojením otopných těles je efektivnější.

Termovizní kamera byla zapůjčena ENKI o.p.s. Třeboň.

Literatura:

- [1] BAŠTA, J.: *Otopná tělesa* – sešit projektanta č. 5. STP 2000, ISBN 80-02-01351-4, 211 s.
- [2] BAŠTA, J.: *Otopné plochy*. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2001. – 328 s. – ISBN 80-01-02365-6
- [3] BAŠTA, J., KABELA, K.: *Otopné soustavy teplovodní* – sešit projektanta. Druhé přepracované vydání. STP 2001, ISBN 80-02-01426-X, 77 s.
- [4] BAŠTA, J.: *Jednotrubkové otopné soustavy*. In: VVI, 6, č. 1 (1997), s. 5-11. ISSN 1210-1389. ■

* Palivový článěk na topný olej

Na letošním hannoverském veletrhu představila německá firma *Aral AG, Bochum* a švýcarská *Sulzer Hexis AG, Winterthur* poprvé prototyp společně vyvinutého palivového článku na topný olej k výrobě elektrického proudu a tepla. Předpokládá se využití u rodinných domků. Dosud byl vývoj zaměřen na vytápěcí jednotky s palivovými články na zemní plyn nebo vodík. Firma *Aral* připraví pro praktické používání speciální topný olej.

Podle marketingového oddělení firmy *Sulzer* má být první model nového palivového článku k dispozici v druhé polovině roku 2002.

CCI 8/2002

(Ku)

* Aktivnější betonové jádro

Firma *Barcol-Air* vyvinula nové řešení aktivace betonových jader. Nový systém slibuje problém vyřešit a to při chladicím výkonu 60 až 80 W/m², oproti konvenčnímu statickému systému aktivace, který většinou dosahuje 25 až 45 W/m².

Pomalé a bezcílné „vybíjení“ betonového jádra směrem nahoru nebo dolů je zde řešeno integrací sekundárního okruhu, pracujícího na samotížném principu, kdy se urychluje vybíjení betonového jádra od stropu do místnosti. Samoregulačním efektem je možné i paralelní nabíjení (primární okruh) a vybíjení (sekundární okruh) při odpovídajících letních teplotách.

CCI 8/2002

(Ku)

* Plochá aramidová těsnění

Na bázi paraaramidové tkaniny s termoaktivním povlakem a impregnované PTFE a fluorelastomery, vyvinula firma *Burgmann Dichtungswerke GmbH & Co. Wolfratshausen* plochá těsnění *Burafit* k těsnění přírubových spojení pro vodu a páru do teploty 175 °C a tlaku 2 MPa.

Výhodou paraaramidové tkaniny je, že při dotažení přírubových spojení nedochází, na rozdíl od plochých těsnění z čistého PTFE, např. Teflon (DuPont), k tečení za studena a ztrátě těsnosti. Paraaramidová tkanina, např. Kevlar (DuPont) nebo Twaron (Akzo Nobel), jako základ těsnicího materiálu je vysoce pevná a odolná vůči opotřebení.

Termoaktivní povlak, jehož složení výrobce neuvádí, zajišťuje, že se zvýšením teploty dochází k nevratnému objemovému růstu tkaniny až o 22 % a tím k dotěsnění spoje, které trvá i při poklesu pracovní teploty. Při nominální tloušťce tkaniny 0,75 mm je její lineární růst až 0,158 mm. Těsnění snáší při teplotě 175 °C max. dotahovací tlak až 240 MPa. Netěsnost při tlaku 2 MPa a teplotě 20 °C představuje 24 mg. m⁻¹. s⁻¹, po 48 h na teplotě 175 °C pouze 0,01 mg. m⁻¹. s⁻¹. Vedle vody, páry a kondenzátů je těsnicí materiál vhodný k těsnění převodovek a olejových topných okruhů s teplotou oleje do 175 °C.

Výrobce nabízí kruhová těsnění podle standardních rozměrů přírub a vysekávaná těsnění podle výkresů zákazníka. Těsnicí materiál dodává rovněž v metrži o šíři 1 500 mm, z níž si může uživatel sám zhotovit těsnění požadovaných tvarů a rozměrů vysekávaním nebo ručním stříháním.

Pramen: [1] *Firemní informace Burgmann Dichtungswerke GmbH & Co. Wolfratshausen, 2002.* (AB)