

Dr. Ing. Petr FISCHER
prof. Ing. Jiří BAŠTA, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Jednotrubková otopná soustava s jezdeckým napojením otopných těles

Single-Pipe Heating System with „Riding“ Connection of Radiators

Recenzent
Ing. Petr Šerks

V teoretické části článku jsou popisovány jednotrubkové otopné soustavy, jejich různé způsoby provedení, jejich výhody a nevýhody. Dále je uvedena praktická část pro návrh jednotrubkové horizontální otopné soustavy s jezdeckým napojením otopných těles.

Klíčová slova: vytápění, horizontální jednotrubková otopná soustava, jezdecké napojení otopných těles, návrh

Theoretical part of the article describes single-pipe heating systems, their different ways of configuration, their advantages and disadvantages. It is followed by practical part dealing with design of a single-pipe horizontal heating system with „riding“ connection of radiators.

Keywords: heating, horizontal single-pipe heating system, „riding“ connection of radiators, design

ÚVOD

Jednotrubkové, zvláště horizontální otopné soustavy získávají v poslední době pro své mnohé přednosti stále více zájemců. Navrhují se jako soustavy s nuceným oběhem otopné vody. Jednotrubkové otopné soustavy s jezdeckým napojením otopných těles se začaly úspěšně realizovat již v 60. letech a je pozoruhodné, že v Německu jsou nainstalovány minimálně v 1,5 milionu bytů [2].

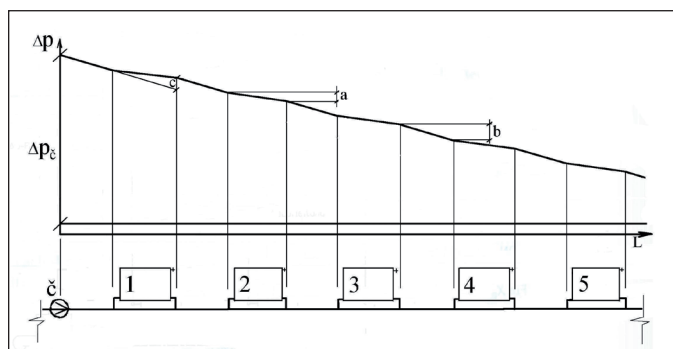
V dnešní době mají význam především moderní jednotrubkové horizontální otopné soustavy s obtokem či směšovací armaturou, a to s dvubodovým nebo jednobodovým napojením. Jednotrubková horizontální otopná soustava (dále jen JHOS) má svá specifika, která vyžadují mírně složitější způsob navrhování. Nejsou 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 otopnými tělesy v obtoku s nízkoodporovou armaturou. U JHOS se čtyřcestnými směšovacími armaturami jsme limitováni omezeným počtem otopných těles v okruhu (cca do osmi otopných těles), neboť se tlakové ztráty v okruhu sériově sčítají a rychle roste požadavek na čerpací práci. Proto se JHOS se čtyřcestnými směšovacími armaturami v našem příspěvku zabývat nebudeme.

TEORETICKÁ ČÁST

Jednotrubkové otopné soustavy lze rozdělit na *vertikální* (dále jen JVOS) a *horizontální* (JHOS). JVOS se používaly dříve hlavně v NDR, vzhledem k mnohým nevýhodám se však dnes již nepoužívají.

Nejjednodušším a nejlevnějším provedením je jednotrubková otopná soustava s otopnými tělesy (OT) zapojenými v řadě průtočně za sebou. Otopná voda postupně protéká všechna OT, tudíž potřebujeme vyšší dopravní tlak čerpadla. U takovéto soustavy se kromě dalších nechtostí projevuje nemožnost místní regulace u OT, a tak je jejich použití v EU nereálné. Částečná místní regulace tepelného výkonu je sice možná u konvektorů s regulační klapkou na straně vzduchu, ale je nedostatečná. Teplota vody se snižuje s každým protékáním OT, a tak se při požadovaném stejném tepelném výkonu na OT musí zvětšovat jeho přestupní plocha.

Při výpočtu soustav se většinou volí celkový teplotní spád menší, než je obvyklý u dvoutrubkových otopných soustav (místo 20 či 15 K pouze

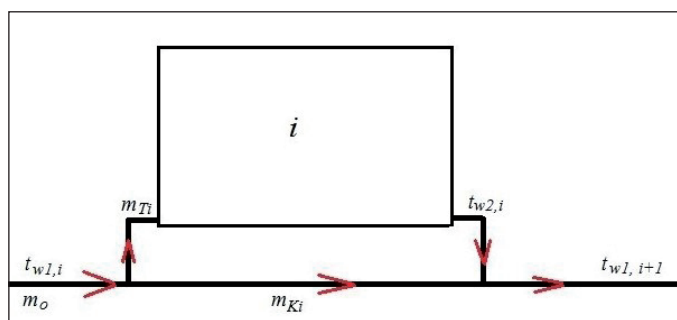


Obr. 1 Schematické znázornění jednotrubkové horizontální otopné soustavy s jezdeckým napojením otopných těles a průběhu přetlaků v okruhu

Fig. 1 Schematic representation of a single-pipe horizontal heating system with „riding“ connection of radiators and diagram of overpressure in the circuit

10 K), aby se výrazně neprojevila různá střední teplota na OT. Zlepšení jednotrubkových otopných soustav přineslo paralelní řazení OT ke kmenové trubce a rovněž použití termostatických regulačních ventilů (TRV). Tím se umožnila místní regulace tepelného výkonu otopných těles. U těchto soustav nejsou uměle zvyšovány hydraulické odpory pro zabezpečení teplotní a hydraulické stability, naopak je třeba používat nízkoodporové armatury, a tak je žádoucí co nejpřesnější návrh. Pro místní regulaci jsou vhodné nízkoodporové armatury s k_{vs} hodnotou v rozmezí 2,4 až 2,8 m³/h, které dovolují jak osazení termopohony či termostatickými hlavice, tak ruční ovládání [3]. Ze stejných důvodů nevolíme regulační šroubení, které by mělo příliš velký hydraulický odpor, ale používáme prosté šroubení.

K tomu, aby bylo dosaženo stejné tlakové ztráty v úseku přes OT a v úseku kmenové trubky pod OT, se používalo různého druhu škrcení na kmenové trubce. Patří sem použití třicestného ventilu, nebo např. regulovaný obtok škrticím ventilem, což znamenalo poměrně dlouho zaregulovat soustavu po montáži. Dále sem patří zařazení škrticích clony, která se dá velmi snadno přesně stanovit výpočtem, avšak po delší době provozu již není ověřitelná její světlost, tudíž i 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. Jakýsi pokus spočíval rovněž v částečném zapuštění přípojek do kmenové trubky. Nověji se použí-



Obr. 2 Napojení otopného tělesa v okruhu pro popis směšovacích rovnic

Fig. 2 Connection of a radiator to the system for description of mixing equations

vá sací fitinka v kmenové trubce u připojení vratného potrubí od OT. Ta sacím účinkem napomáhá průtoku potřebného množství vody přes OT. Návrhové parametry sací fitinky je možno odečítat z tabulek od výrobce. Ke všem způsobům škrčení obtoku je třeba podotknout, že jsou pouze nouzovým řešením, a proto je vhodné se dále zabývat pouze jezdeckým způsobem napojení otopných těles.

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 vody proudící k dalšímu OT. Následující OT může pracovat za hydraulicky stejných podmínek, ale tepelně pracuje oproti předchozímu OT s nižší vstupní teplotou (můžeme volit konstantní ochlazení vody na tělese, ale můžeme ho i optimalizovat). Vstupní teplota do OT se tedy postupně těleso od tělesa v hydraulické řadě snižuje, takže předepsaný teplotní spád se musí těleso od tělesa zohlednit velikostí přestupní plochy OT či naopak.

Pro zjištění průtoků u jednotlivých OT lze u místa odbočení z kmenové trubky k OT a místa napojení trubky z OT na kmenovou trubku využít směšovacích rovnic. Využijeme-li směšovacích rovnic podle popisu na obr. 2, můžeme dopočítat hmotnostní průtok OT a hmotnostní průtok v úseku kmenové trubky pod OT. To jsou důležité parametry pro vytvoření základní představy pro budoucí výpočty.

Směšovací rovnice pro rozdělovací uzel před otopným tělesem má tvar

$$t_{w1,i} \dot{m}_o = t_{w1,i} \dot{m}_{Ti} + t_{w1,i} \dot{m}_{Ki} \quad (1)$$

a pro směšovací uzel za otopným tělesem

$$t_{w1,i+1} \dot{m}_o = t_{w2,i} \dot{m}_{Ti} + t_{w1,i} \dot{m}_{Ki} \quad (2)$$

Úpravou obou rovnic získáváme teplotu vstupní vody do dalšího otopného tělesa v hydraulické řadě:

$$t_{w1,i+1} = t_{w1,i} + \frac{t_{w2,i} \dot{m}_{Ti} - t_{w1,i} \dot{m}_{Ti}}{\dot{m}_o} \quad (3)$$

Jednotrubková horizontální otopná soustava s jezdeckým napojením otopných těles nám skýtá mnohé výhody, mezi které patří:

- snadná přizpůsobivost stavební konstrukci,
- minimální počet svislých rozvodů, čímž odpadají četné prostupy stropními konstrukcemi, s tím souvisí zmenšení přenosu hluku mezi podlažími,

- zmenšení hlavní rozvodné horizontální sítě a usnadnění prostupů, neboť řešíme jen jednu trubku,
- u uzavřených okruhů je umožněno kalorimetrické měření spotřeby tepla bytových jednotek, jakož i jednotlivých odběratelských okruhů,
- jednoduchá montáž zároveň se stavbou objektu, podlaží je možno napojovat okamžitě na zdroj tepla,
- usnadněná zónová regulace a uzavírání po patrech či okruzích,
- při rekonstrukcích objektů je možné připojovat další okruhy,
- horizontální rozvody podél obvodových stěn lze snadno skrýt i u historických a památkově chráněných objektů.

I tyto soustavy však mají určité nevýhody, mezi které lze řadit to, že:

- střední teplota OT ve směru proudění okruhem neustále klesá, čímž klesá měrný výkon OT,
- při menším počtu těles na okruhu budou při vyřazení z provozu jednoho z nich ostatní ovlivněna (čím větší bude počet těles a čím menší ochlazení na okruhu, tím menší bude ovlivňování těles mezi sebou).

Tyto soustavy můžeme rovněž rozdělit podle provedení a zapojení jednotlivých okruhů.

Podle uživatelů:

- okruh bytový,
- okruh zónový.

Podle umístění stoupaček:

- okruh uzavřený (stoupačky jsou vedeny vedle sebe),
- okruh rozvinutý (stoupačka přívodní vody a napojení okruhu je dispozičně na jiném místě než stoupačka zpátečky a příslušné napojení zpátečky okruhu).

Okruh rozvinutý je výhodnější z hlediska spotřeby potrubí. Je to okruh, kde stoupačí přívodní a zpětné potrubí není vedeno v jednom prostupu. Jinak řečeno, rozdělovač a sběrač nemají společnou skříň. Jak rozdělovač, 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 vedení napojen samostatně. Jinak řečeno, rozdělovač a sběrač jsou v jedné skříni, což umožňuje pohodlně nainstalovat kalorimetrické měřiče tepla, provádět kalorimetrické měření spotřeby tepla celé jedné bytové jednotky a zainteresovat uživatele bytu na spotřebě tepla.

Variabilitu JHOS využíváme dle stavebního provedení objektu. Horizontální kmenové potrubí bez spádu je možné vést volně v témže podlaží pod OT, či ho vést v podlaze nad nosnou částí podlahy v mazanině nebo kanálku. Rovněž je výhodné vést potrubí v prostoru mezi nosnou konstrukcí a zavěšeným sníženým stropem nižšího podlaží (obchodní domy, provozovny s výrobou v nejnižších patrech atd.). K instalaci rozvodů je ideální použít měděné trubky spojované kapilárním pájením či lisováním.

U rekonstrukcí obchází kmenové horizontální potrubí obvodový plášť. U novostaveb upřednostňujeme kladení potrubí na nosnou část podlahy do potěru a přechod z místnosti do místnosti (od OT k OT) pod dveřmi. V tomto případě má být rozvod chráněn navlekovou tepelnou izolací, či alespoň plastovým povlakem, neboť měděné potrubí podléhá při kontaktu s anhydritem (sádra) intenzivní bodové korozi.

Návrh JHOS s jezdeckým napojením otopných těles

Postup návrhu by se dal shrnout do několika základních bodů, následovaných výpočtovými vztahy:

- provede se výpočet tepelných ztrát podle ČSN EN 12831,
- vzhledem k technickým možnostem a požadavku investora se volí typ okruhu (uzavřený, rozvinutý atp.),

- ❑ kontrola rozmístění stoupaček a jejich dimenzování,
- ❑ provedení tepelně-technického a hydraulického výpočtu a stanovení velikosti OT,
- ❑ pro tepelně a hydraulicky nejzatíženější okruh vypočítat pro zvolený teplotní rozdíl tlakovou ztrátu okruhu,
- ❑ vypočítat ostatní okruhy s příslušným teplotním spádem a určit doškracení každého jednoho okruhu regulační (lépe vyvažovací) armaturou.

Pro výpočet jsou potřebné následující vztahy:

Tepelný výkon okruhu Q_o je dán součtem požadovaných výkonů otopných těles v okruhu, tj. tepelných ztrát, které mají jednotlivá otopná tělesa pokrývat.

$$\dot{Q}_o = \sum \dot{Q}_{OT} \quad [\text{W}] \quad (4)$$

Teplotní spád, či lépe ochlazení na okruhu δt_o projektant volí a lze doporučit 10 K.

$$\delta t_o = t_{w1} - t_{w2} \quad [\text{K}] \quad (5)$$

Hmotnostní průtok okruhem \dot{m}_o vypočítáme z kalorimetrické rovnice, kde tepelný výkon okruhu i teplotní spád máme již určen. Měrnou tepelnou kapacitu vody uvažujeme $c = 4187 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

$$\dot{m}_o = \frac{\dot{Q}_o}{c \cdot \delta t_o} \quad [\text{kg/s}] \quad (6)$$

Hmotnostní průtok otopným tělesem \dot{m}_T vychází z požadovaného výkonu otopného tělesa, resp. z tepelné ztráty, kterou má těleso pokrýt, a příslušného ochlazení vody v tělese. To nemusí být u každého otopného tělesa v okruhu stejné a můžeme ho úspěšně optimalizovat s ohledem na velikost otopného tělesa.

$$\dot{m}_T = \frac{\dot{Q}_o}{c \cdot \Delta t_{OT}} \quad [\text{kg/s}] \quad (7)$$

Poměr potřebného výkonu okruhu, tj. celkové tepelné ztráty, kterou má okruh pokrývat, a výkonu tělesa (opět tepelné ztráty, kterou pokrývá) nazvěme přepočtový součinitel n .

$$n = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_{OT}} \quad [-] \quad (8)$$

Poměr průměru přípojné trubky d a kmenového potrubí D pak udává následující vztah, který je velice důležitý pro určení dimenzí přípojních trubek ke každému otopnému tělesu.

$$\frac{d}{D} = \frac{\sqrt[4]{\varepsilon}}{\sqrt{n \frac{\Delta t_{OT}}{\delta t_o} - 1}} \quad [-] \quad (9)$$

kde je:

- d průměr přípojné trubky otopného tělesa [m],
- D průměr kmenové trubky [m], tj. i zkratu pod otopným tělesem, neboť kmenová trubka se pro celý okruh navrhuje o konstantním průřezu.

Teplotní spád na části okruhu pod otopným tělesem, tj. vždy za úsekem příslušného otopného tělesa Δt_o je

$$\Delta t_o = \frac{\dot{m}_T}{\dot{m}_o} \Delta t_{OT} \quad [\text{K}] \quad (10)$$

Pro přepočet tepelného výkonu otopného tělesa na skutečné teplotní parametry je důležitá střední teplota na otopném tělese t_{mT}

$$t_{mT} = \frac{t_{1T} + t_{2T}}{2} \quad [^\circ\text{C}] \quad (11)$$

Teplota na vstupu do následujícího otopného tělesa $t_{1Tnast.}$ ($= t_{w1,i+1}$) je pak určena díky teplotnímu spádu na části okruhu pod příslušným otopným tělesem a teplotě vstupní vody do předchozího otopného tělesa.

$$t_{1Tnast.} = t_{1Tpredch.} - \Delta t_o \quad [^\circ\text{C}] \quad (12)$$

Výkon libovolného otopného tělesa v okruhu Q_{OT} při našich teplotních parametrech získáme ze vztahu, ve kterém vystupuje jmenovitý výkon Q_N a teplotní exponent otopného tělesa n , které udává výrobce.

$$\dot{Q}_{OT} = \dot{Q}_N \left(\frac{\Delta t_s}{\Delta t_N} \right)^n = \dot{Q}_N f_{\Delta t} \quad [\text{W}] \quad (13)$$

Teplotní rozdíl mezi střední teplotou vody v OT a teplotou vzduchu v místnosti Δt_s je důležitý do vztahu pro přepočet tepelných výkonů OT.

$$\Delta t_s = t_{mT} - t_i \quad [\text{K}] \quad (14)$$

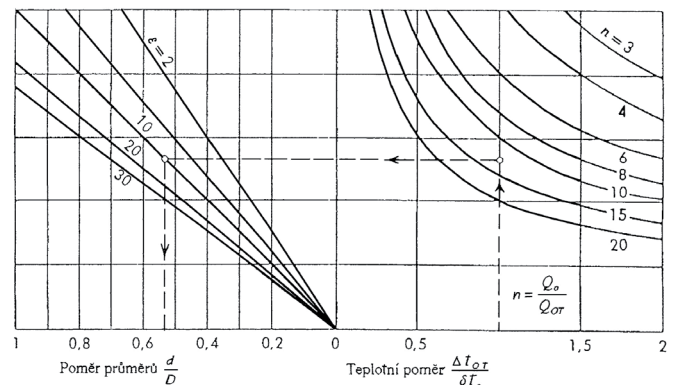
My však budeme hledat příslušné veliké OT se jmenovitým (75/65/20 °C), nebo katalogovým výkonem. A tak je potřeba z našeho vztahu vyjádřit jmenovitý výkon Q_N a nikoli skutečný Q_{OT} , tj. požadovaný výkon, neboť ten nám představuje tepelná ztráta, kterou máme pokrýt.

$$\dot{Q}_N = \dot{Q}_{OT} f_{\Delta t}^{-1} \quad [\text{W}] \quad (15)$$

Musíme rovněž respektovat, že otopné těleso v jezdeckém napojení představuje napojení otopného tělesa oboustranně „zdola – dolů“. Je třeba použít opravný součinitel na připojení otopného tělesa f_x , který bude v tomto případě roven 0,9.

$$\dot{Q}_{OT} = \dot{Q}_N f_{\Delta t} f_x \quad [\text{K}] \quad (16)$$

Jak jsme si mohli všimnout, prof. Reichov zavádí do vztahu pro určení průměru přípojky poměr celkových součinitelů místního odporu ε a doporučuje ho volit roven 10 [1]. Tak se dostáváme na rozumný podíl zatékání otopné vody do tělesa. Z této volby můžeme však vycházet pouze tehdy, máme-li termostatické regulační ventily s $k_{vs} \cong 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Při určování poměru ε vycházíme z rovnosti tlakových ztrát úseku přes OT a tlakové ztráty zkratu.



Obr. 3 Určení poměru d/D grafickou cestou podle Reichova [1]

Fig. 3 Determination of d/D ratio by the graphical method according to Reich [1]

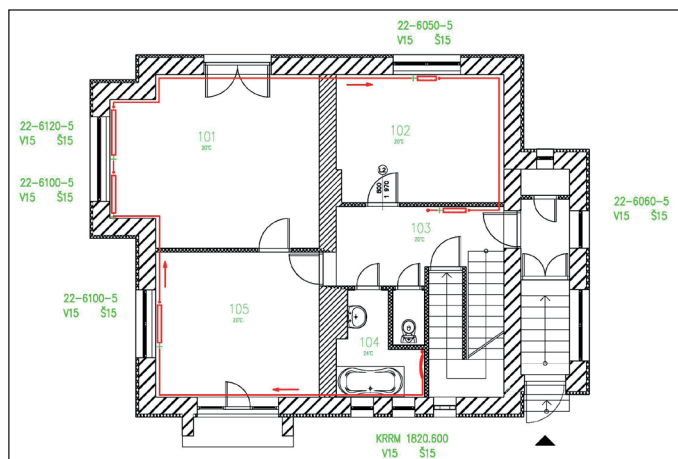
Základní rovnici návrhu, tedy rovnici vyjadřující podíl průměrů, lze vyjádřit i graficky. Tato grafická prezentace rovnice je znázorněna na obr. 3. Zde je vytažena hodnota součinitele $\varepsilon = 10$, která je pro návrh doporučována [1].

PRAKTICKÁ NÁVRHOVÁ ČÁST

Ruční výpočet u větších systémů je velmi pracný, a proto lze efektivně využít výpočetní techniku. Základem pro vytvoření programu byly odpovídající teoretické vztahy a experimentální měření prováděná Dr. Láznovským [5] s převodem výsledků do nomogramů. Pro tyto nomogramy pak byly vytvořeny matematické funkce vhodné pro výpočetní zpracování. Proto, aby soustava mohla spolehlivě fungovat, bylo nutné důkladné experimentální ověření.

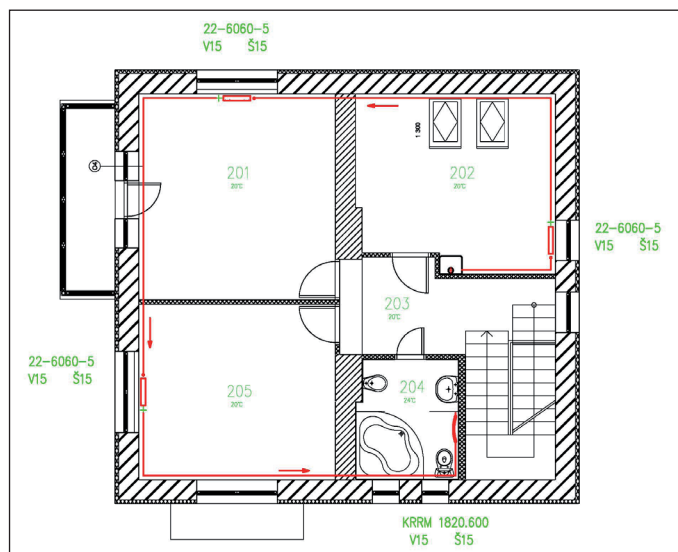
Programy jsou určeny pro konkrétní materiálovou základnu. Podrobně bude popsán program s použitím měděných trubek a otopných těles Radik Klasik. V programu jsou zabudovány rozměrové řady měděného potrubí (vnější průměr a tloušťka stěny) a otopných těles (výkon, typ a výška). Těmito řadami je zaručeno použití existujících materiálů.

Jako konkrétní příklad je zde uvedeno vytápění domku s jedním okruhem, který zásobuje teplem obě patra. Důležitý je správný návrh vedení kmenového rozvodu. Takto lze minimalizovat počet prostupů stropem a vyhnout se prostoru schodiště.



Obr. 4 Půdorys 1. NP

Fig. 4 Ground plan 1st Floor



Obr. 5 Půdorys 2. NP

Fig. 5 Ground plan 2nd Floor

Tab. 1 Zadání pro výpočet

Tab. 1 Input data for calculation

Popis	Hodnota	Jednotka
Teplotní spád, resp. ochlazení na okruhu δt_o	10	[K]
Vstupní teplota vody do okruhu t_i	80	[°C]
Ochlazení vody v otopném tělese Δt_{OT}	10	[K]
Počet otopných těles v okruhu n	10	[ks]
Délka kmenové trubky l	74	[m]
Počet kolen m	19	[ks]
Vřazený odpor armatur pro připojení okruhu ξ	4	[-]

Tab. 2 Zadání velikosti otopných těles

Tab. 2 Assigned sizes of the radiators

č. OT	č. m.	výkon	t_i	typ OT	výška OT
[-]	[-]	[W]	[°C]	[-]	[dm]
1	202	1133	20	22	6
2	201	1072	20	22	6
3	205	1158	20	22	6
4	204	700	24	22	6
5	104	610	20	22	6
6	105	1701	20	22	6
7	101	1757	20	22	6
8	101	1757	20	22	6
9	102	860	20	22	6
10	103	915	20	22	6

Tab. 3 Volba dimenze kmenové trubky

Tab. 3 Selection of the main pipe dimension

Celkový hmotnostní průtok = 1011 kg/h					
č.	∅ potrubí	vnitřní ∅ potrubí	průřez trubky S	doporučený průtok od – do	
[-]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[kg/h]	
1	12×1	10,0	78,540	196,3	314,2
2	15×1	13,0	132,732	331,8	530,9
3	18×1	16,0	201,062	502,7	804,2
4	22×1	20,0	314,159	785,4	1256,6
5	28×1	26,0	530,929	1327,3	2123,7
6	35×1,5	32,0	804,248	2010,6	3217,0
7	42×1,5	39,0	1194,591	2986,5	4778,4
8	54×2	50,0	1963,495	4908,7	7854,0
Oprava zadání při vložení čísla trubky 0					
Vlož číslo trubky			4		
Rychlost v kmenové trubce			0,9 m/s		
Opravit trubku			<A/N> ?		

Tab. 4 Návrh otopných těles a dimenzí jejich přípojek

Tab. 4 Design of radiators and dimensions of their connection pipes

č.	č. m.	Q_i	t_i	OT	Délka	přípojky	výkon	Δt_{or}
[-]	[-]	[W]	[°C]	[-]	[m]	[-]	[W]	[K]
1	202	1133	20	RAD22-6 60	0,6	V 12 Š 12	1272	10
2	201	1072	20	RAD22-6 60	0,6	V 12 Š 12	1231	10
3	205	1158	20	RAD22-6 60	0,6	V 12 Š 12	1362	10
4	204	700	24	RAD22-6 50	0,5	V 12 Š 12	929	10
5	104	610	20	RAD22-6 50	0,5	V 12 Š 12	832	10
6	105	1701	20	RAD22-6100	1,0	V 15 Š 15	2242	10
7	101	1757	20	RAD22-6100	1,0	V 15 Š 15	2302	10
8	101	1757	20	RAD22-6120	1,2	V 15 Š 15	2399	10
9	102	860	20	RAD22-6 60	0,6	V 12 Š 12	1199	10
10	103	915	20	RAD22-6 60	0,6	V 12 Š 12	1304	10
Celkem 11 751 W								
Celkem otopných těles					5/RAD22-6 60			
Celkem otopných těles					2/RAD22-6 50			
Celkem otopných těles					2/RAD22-6100			
Celkem otopných těles					1/RAD22-6120			

Tab. 5 Výsledné hodnoty

Tab. 5 Resulting values

Kmenová trubka měděná	22×1 mm	20,0 mm				
Rychlost vody v kmenové trubce	0,89 m/s					
Celkové oběhové množství	1010,59 kg/h					
Celková tlaková ztráta okruhu	44,82 kPa					
Teplota zpátečky	70,0 °C					
Materiál:						
Potrubí	12×1	4,2 m				
Potrubí	15×1	1,8 m				
Potrubí	22×1	74,0 m				
Kolena	22×1	19 ks				
Přípojky:						
12×1	TRV	7 ks	šroubení	7 ks	T kus	14 ks
15×1	TRV	3 ks	šroubení	3 ks	T kus	6 ks
Celkový objem vody v okruhu 68 l						

Teplotní spád, resp. ochlazení na okruhu, vstupní teplotu a ochlazení na otopném tělese volíme. Vzhledem k dimenzím přípojek otopného tělesa je potřeba volit výkon otopného tělesa maximálně do 2000 W. Při požadavku na větší tepelný výkon je nutno volit větší počet otopných těles pro pokrytí příslušné tepelné ztráty. Pro určení tlakové ztráty je nutno zadat délku kmenové trubky, počet kolena a místní odpory použitých armatur pro připojení okruhu.

V dalším kroku program nabídne volbu dimenze kmenové trubky. Tato volba se provede výběrem čísla trubky podle doporučeného rozmezí hmotnostního průtoku kmenovou trubkou.

Program nabídne vizuální kontrolu rychlosti proudění vody v kmenové trubce a možnost její opravy. Následuje výpočet a návrh velikosti otop-

Tab. 6 Optimalizovaný návrh otopných těles a dimenzí jejich přípojek

Tab. 6 Optimized design of radiators and dimensions of their connections pipes

č.	č. m.	Q_i	t_i	OT	délka	přípojky	výkon	Δt_{or}
[-]	[-]	[W]	[°C]	[-]	[m]	[-]	[W]	[K]
1	202	1133	20	RAD22-6 60	0,6	V 15 Š 15	1228	7,0
2	201	1072	20	RAD22-6 60	0,6	V 15 Š 15	1184	6,8
3	205	1158	20	RAD22-6 60	0,6	V 15 Š 15	1322	7,6
4	204	700	24	RAD22-6 50	0,5	V 15 Š 15	870	5,1
5	104	610	20	RAD22-6 50	0,5	V 15 Š 15	773	4,5
6	105	1701	20	RAD22-6100	1,0	V 15 Š 15	2242	10,0
7	101	1757	20	RAD22-6100	1,0	V 15 Š 15	2302	10,0
8	101	1757	20	RAD22-6120	1,2	V 15 Š 15	2399	10,0
9	102	860	20	RAD22-6 60	0,6	V 15 Š 15	1145	6,7
10	103	915	20	RAD22-6 60	0,6	V 15 Š 15	1253	7,2
Celkem 11 751 W								
Celkem otopných těles					4/RAD22-6 60			
Celkem otopných těles					3/RAD22-6 50			
Celkem otopných těles					2/RAD22-6100			
Celkem otopných těles					1/RAD22-6120			

Tab. 7 Optimalizované výsledné hodnoty

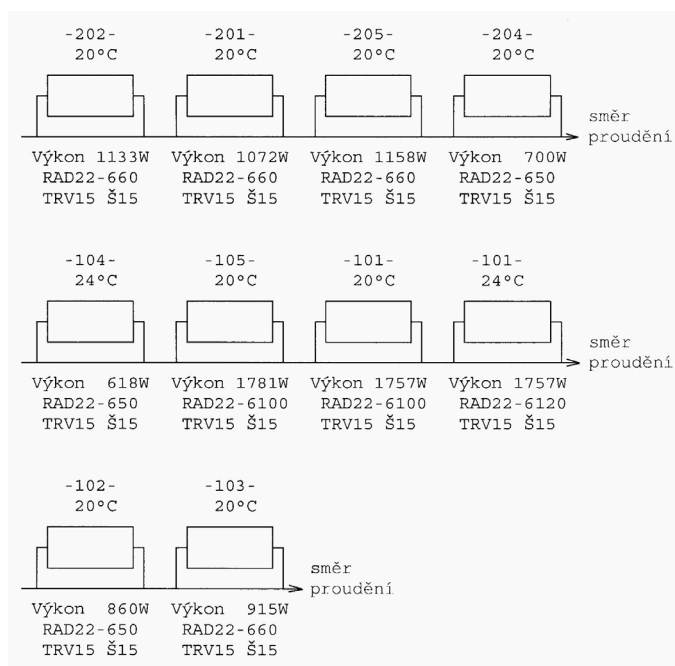
Tab. 7 Optimized resulting values

Kmenová trubka měděná	22×1 mm	20,0 mm				
Rychlost vody v kmenové trubce	0,89 m/s					
Celkové oběhové množství	1010,59 kg/h					
Celková tlaková ztráta okruhu	44,38 kPa					
Teplota zpátečky	70,0 °C					
Materiál:						
Potrubí	15×1	6,0 m				
Potrubí	22×1	74,0 m				
Kolena	22×1	19 ks				
Přípojky:						
15×1	TRV	10 ks	šroubení	10 ks	T kus	20 ks
Celkový objem vody v okruhu 68 l						

ných těles a jim příslušejících dimenzí přípojek otopných těles opět z rozměrové řady měděného potrubí.

Dalšími výsledky je skutečná rychlost ve zvolené kmenové trubce, celkové oběhové množství vody v okruhu, tlaková ztráta okruhu a teplota zpátečky. Program poskytuje rovněž kompletní výpis materiálu včetně objemu vody v okruhu.

Tím by se mohlo skončit, ale výpočet lze optimalizovat. V sortimentu měděných fitinek je cenově preferována dimenze 15×1 mm a připojení OT jsou též DN 15. Proto je zařazen alternativní výpočet, kde lze pevně určit dimenze přípojek a při kombinaci napojení více okruhů volit požá-



Obr. 6 Schéma zapojení okruhů jednotrubkové otopné soustavy
Fig. 6 Flow diagram of circuits of single-pipe heating system

dovanou tlakovou ztrátu. Průměr přípojek tak volme č. 2, tj. 15×1 mm a tlakovou ztrátu okruhu 45 kPa.

Výsledkem je návrh se stejnými dimenzemi odboček a s určenou tlakovou ztrátou okruhu okolo námi požadované hodnoty. Program iterativně mění teplotní spády (ochlazení vody) u jednotlivých OT a tomu přizpůsobuje jejich velikost a výběr. Rovněž upraví celkové oběhové množství okruhem jednotrubkové otopné soustavy.

V rámci kompletace dokumentace navrhované jednotrubkové horizontální otopné soustavy s jezdeckým napojením OT je proveden ještě výtisk schématu zapojení okruhu s popisem potřebných údajů.

ZÁVĚR

Při návrhu určitého typu otopné soustavy se nepohlíží vždy komplexně k použitelnosti otopné soustavy z hlediska výhod a nevýhod vzhledem ke stavebnímu objektu. Pokusy hodnotit kritériálně vhodnost otopné soustavy pro různé objekty učinila řada autorů. Uvedená problematika by měla být řešena jako celek systému stavební objekt – otopná soustava. Většina projektantů tuto otázku řeší svou zkušeností a citem spolu se základními znalostmi. Z jakého důvodu se stále více uplatňují jednotrubkové otopné soustavy a proč bychom měli změnit své návyky a konečně je začít více navrhovat, je zřejmé z výše uvedených výhod. Navíc je návrh (výpočet) docela jednoduchý.

Kontakt na autory: petr.fischer@gmail.com, jiri.basta@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] RECKNAGEL, H., SPRENGER, E., SCHRAMEK, E. R. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 2009/2010*. R. Oldenbourg Verlag München, 2009. ISBN 978-3-8356-3134-2.
- [2] ROSS, H. *Hydraulik der Wasserheizung*. Oldenbourg Verlag München, 1999. ISBN 3-486-26399-4.
- [3] BAŠTA, J., KABELE, K. *Otopné soustavy teplovodní – sešit projektanta*. Třetí přepracované vydání. STP, 2008. ISBN 978-80-02-02064-6, 96 s.
- [4] BAŠTA, J. *Otopné plochy – otopná tělesa*. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [5] LÁŽŇOVSKÝ, M., KUBÍN, M., FISCHER, P. *Vytápění rodinných domků*. PROCOM BOHEMIA, s.r.o., 1996. ISBN 80-901975-2-3.

Inteligentní systém odvodu tepla a kouře

Dokonalá týmová spolupráce pro bezpečnou protipožární ochranu a odvod kouře

- Minimalizace nákladů na údržbu vynecháním povinnosti výměny ložisek motoru a ventilátoru
- Plně tepelně izolovaný prostup střechou užitím ventilátoru DAX
- Frekvenční měnič certifikovaný pro odvod tepla a kouře
- Klapka pro odvod tepla a kouře až do rozměru 1200 x 2030 mm
- Komplexní odpovědnost

