

DYNAMIKA OTOPNÝCH TĚLES A JEJICH VLIV NA SPOTŘEBU TEPLA

doc. Ing. Ondřej Šikula, Ph.D.¹, doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.²,

doc. Ing. Dalibor Rozehnal, Ph.D.³

¹ VUT v Brně, Fakulta stavební, Veverří 331/95 Brno

² VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2896/2 Brno

³ Univerzita obrany, Fakulta vojenských technologií, Kounicova 65 Brno

¹ e-mail: sikula.o@vutbr.cz

ANOTACE

Téma příspěvku spadá do oblasti výzkumu dynamických jevů při náhřevu a chladnutí otopných těles metodami počítačových simulací. Příspěvek využívá výsledky podrobného modelu náhřevu a chladnutí otopného tělesa s nucenou konvekcí a výkonově ekvivalentního deskového otopného tělesa pro standardizované podmínky 75/65/20 °C. Získané charakteristiky jsou pak návazně využity k tvorbě zjednodušeného náhradního modelu, který je implementován v softwaru TRNSYS, uvažujícího kvantitativní regulaci tepelného výkonu daného otopného tělesa termostatickou hlavicí. V tomto softwaru jsou pak provedeny simulace vytápění zvolené místnosti s reálnými klimatickými daty pro vybraný zimní den a porovnány výsledné spotřeby tepelné energie, tepelné ztráty a zisky místnosti a úroveň přetápění dané místnosti.

ÚVOD

Tlak na snižování energetické náročnosti budov, který je vtělen do závazných vyhlášek, nařízení, nebo norem nutí odbornou veřejnost hledat úspory tepla ve všech oblastech hospodaření s energiemi v budovách a jejich energetických soustavách. Tento příspěvek se zaměřuje na vyčíslení úspor při dynamickém provozu otopných těles (dále OT). Dynamickým chováním budov, otopných ploch a jejich řízením se zabývá řada publikací [1 až 12].

TEORIE

Obecně platí, že potřeba tepelného výkonu pro vytápění místnosti se v čase mění v důsledku měnících se tepelných ztrát, tepelných zisků a regulačních zásahů uživatele.

Pokud by byl celý otopný systém schopný na tyto změny reagovat přesně, byl tepelný stav interiéru vždy přesně takový, jak je požadováno a nedocházelo by k dočasnému nedotápění interiéru, nebo k jeho přetápění. S přetápěním se automaticky váže také určitá zvýšená spotřeba tepla. Z fyzikální podstaty vykazují všechny otopné plochy, vzájemně odlišnou, míru tepelné setrvačnosti při náhřevu a chladnutí, tedy vždy v určité míře nedotápějí, či přetápějí. Je zřejmé, že čím větší bude tepelná setrvačnost otopné plochy, tím větší bude (i když časově omezené) nedotápění a následné přetápění interiéru s kterým se také pojí zmiňovaná větší spotřeba tepla na vytápění.

POPIS ŘEŠENÉHO PŘÍPADU

Vliv dynamiky náhřevu a chladnutí otopných těles na tepelný stav vytápěné místnosti a energetickou náročnost vytápění byl posuzován počítačovou simulací chování teplovodních otopných těles v typické místnosti, metodou počítačové simulace v softwaru TRNSYS.

Specifikace simulovaných otopných těles

Ke zhodnocení vlivu dynamiky náhřevu a chladnutí byly zvoleny 2 odlišné typy otopných těles – deskové otopné těleso a konvektor [13, 14] – avšak o přibližně stejném tepelném výkonu. Základní specifikace a porovnání je uvedeno v tabulce 1. Je zde patrný dvojnásobný rozdíl v kompaktnosti obou OT – tepelného výkonu na m³ obestavěného prostoru. U obou těles je uvažováno s kvantitativní regulací výkonu škrcením otopné vody o teplotě $t = 75\text{ °C}$ termostatickou hlavici, která při své funkci reaguje velmi rychle na měnící se teplotu interiéru.

Tab. 1 Specifikace simulovaných otopných těles.

Specifikace	Zkrácené označení	Výkon při 75/65/20 °C [W]	Rozměry (výška / délka / hloubka) [mm]	Výkon na obestavěný objem [kW/m ³]	Připojení
deskové RADIK 20S CLEAN 80/90 cm	DESKOVÉ OT	1170	900/800/100	16,3	boční oboustranné úhlopříčné
konvektor Tomton R1 s nucenou konvekcí	KONVEKTOR	1216	570/502/135	31,5	spodní

Specifikace vytápěné místnosti

Zvolená místnost představuje dnes běžnou obytnou místnost se 2 ochlazovanými stěnami a oknem o podlahové ploše 20 m². Tepelně-technické vlastnosti odpovídají požadavkům normy na tepelný odpor a je uvažováno větrání infiltrací s konstantní intenzitou výměny vzduchu $n = 0,5\text{ h}^{-1}$.

Specifikace okrajových podmínek

Pro simulaci tepelného chování byl zvolen slunný lednový den s průměrnou teplotou venkovního vzduchu +2,24 °C na jižní Moravě. V místnosti byla požadovaná teplota interiéru zvolena následovně. V noci (od 21:00 do 4:00), kdy lidé obvykle spí, $t = 19\text{ °C}$, ráno, když vstávají a než odejdou do zaměstnání (4:00 až 6:00) $t = 20\text{ °C}$, v době, kdy jsou mimo domov (6:00 až 16:00) je uvažován útlum vytápění, kdy je teplota interiéru snížena na $t = 17\text{ °C}$ a konečně po návratu ze zaměstnání až do usnutí (16:00 až 21:00) je požadovaná teplota interiéru opět standardní $t = 20\text{ °C}$. Počáteční teplota v 0:00 je tedy zvolena na 19 °C.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Dynamika chování porovnávaných otopných těles byla zjištěna metodou podrobné nestacionární CFD simulace jejich náhřevu a chladnutí. Takto získaná data byla použita k tvorbě zjednodušených 1D modelů obou OT v softwaru TRNSYS, který dokáže, mimo jiné, odlišit i průběh energie dodávané otopnou vodou do OT a energie dodávanou OT do místnosti. Dosažené výsledky simulací jsou uvedeny v následujících tabulkách a grafu. Tab. 2 ukazuje jak požadované a dosažené teploty tak míru průměrného přetápění místnosti. Je zde patrné, že místnost vytápěná dynamičtější OT (konvektorem) vykazuje přesnější dodržení požadované tepoty místnosti a také menší průměrné nechtěné přetápění.

Tab. 3 porovnává tepelnou kapacitu daných OT, spotřebu tepla a její úsporu při modelovém, skokovém chladnutí plně nahřátých OT při teplotě místnosti 20 °C. Zde uváděná hodnota

77 % je teoretická, nejvýše dosažitelná hodnota úspory tepla na vytápění zvolenými OT. Reálná hodnota úspory bude vždy nižší, a to o tolik, o kolik méně dynamické změny v potřebě otopného výkonu při vytápění reálné místnosti nastanou.

Tab. 2 Teploty ve vytápěné místnosti během 24 h testovacího lednového dne.

OT	Teplota místnosti v 0 h	Teplota místnosti ve 24:00	Teplota místnosti skutečná průměrná	Teplota místnosti požadovaná průměrná	Průměrné přetápění místnosti
	t	t	t	t	Dt
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[K]
DESKOVÉ OT	19,00	18,69	18,74	18,33	0,41
KONVEKTOR	19,00	18,24	18,55	18,33	0,21

Tab. 3 Tepelná kapacita OT a jí odpovídající množství tepla odevzdané do místnosti.

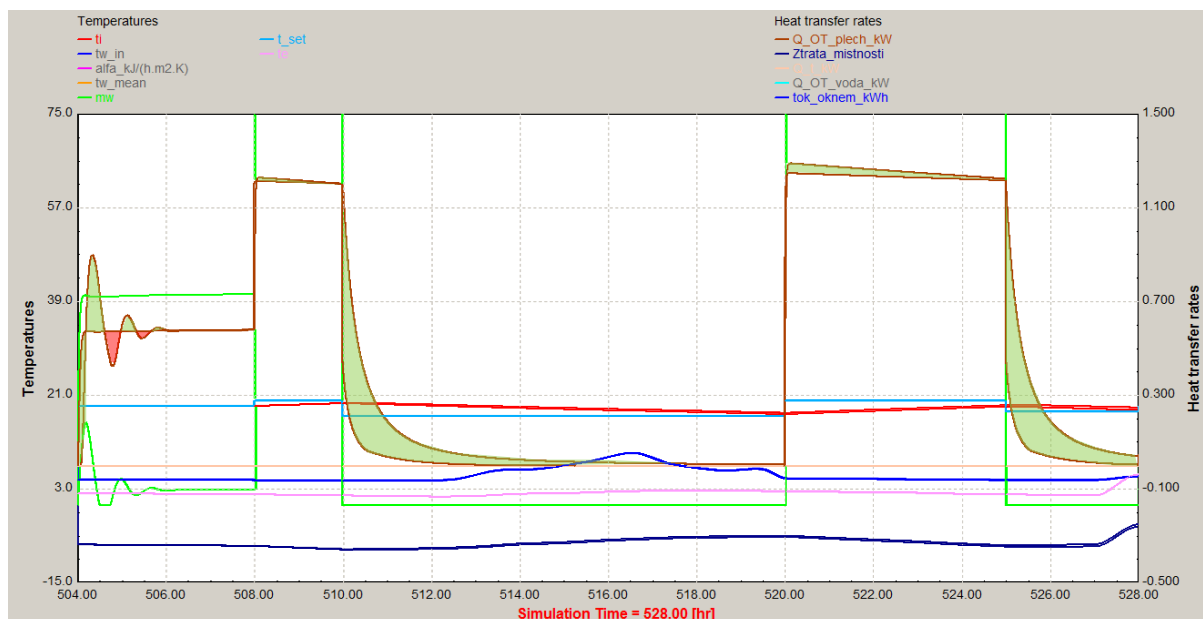
	tepelná kapacita	skokové chladnutí po dobu 3 000 s	skokové chladnutí po dobu 10 000 s
	C	E	E
	[J/K]	[kWh]	[kWh]
DESKOVÉ OT	38 259,04	0,082	0,600
KONVEKTOR	8 845,90	0,020	0,148
ÚSPORA [%]	77%	76%	75%

Tabulka 4 shrnuje podstatné složky tepelné bilance místnosti za testovaných 24 h. Z výsledků vyplývá, že ač má deskové OT lehce menší výkon než konvektor, tak kvůli své větší tepelné setrvačnosti, dodává do místnosti více tepla, čímž navyšuje její celkovou tepelnou ztrátu a v důsledku větší dosažené průměrné teploty místnosti, méně využívá tepelné zisky oken radiací. Nejvýznamnějším výsledkem je však úspora tepla při vytápění konvektorem oproti deskovému otopnému tělesu o hodnotě ~11 %.

Tab. 4 Bilance tepelné energie za 24 h testovacího lednového dne.

	teplo dodané do OT	teplo dodané OT do místnosti	tepelné ztráty místnosti prostupem	tepelné ztráty místnosti větráním infiltrací	tepelné zisky oken radiací	změna vnitřní energie místnosti
	E	E	E	E	E	E
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
DESKOVÉ OT	12,64	12,40	9,07	2,00	0,073457	1,40
KONVEKTOR	11,16	11,16	8,97	1,98	0,075702	0,29
ÚSPORA [%]	11,7%	10,1%	1,2%	1,2%	3,0%	79,4%

Průběh všech významných veličin pro oba způsoby vytápění místnosti současně je znázorněn na obr. 1. Zelené plochy prezentují úsporu tepla dynamičtějšího OT (konvektor) oproti OT méně dynamickému (deskové OT), u červených ploch je tomu naopak.



Obr. 1 Průběh sledovaných veličin během dne

ZÁVĚR

Z dosažených výsledků vyplývá, že vytápění zvolené místnosti dynamičtějším otopným tělesem (konvektorem) vykazuje v daném případě:

- nižší tepelné ztráty místnosti prostupem;
- nižší tepelné ztráty místnosti infiltrací;
- větší pasivní využití solární tepelných zisků o ~3 %;
- menší průměrné přetápění místnosti o ~0,2 K;
- úsporu tepla na vytápění ~11 %.

LITERATURA

- [1] BOHÁČ, J. a J. BAŠTA. 2016. Temperature fields dynamic of panel radiators. Vytapeni, Vetrani, Instalace. ČVUT v Praze, Fakulta Strojní, Ústav Techniky Prostředí, Czech Republic, 25(1), 2-5.
- [2] BAŠTA, Jiří a Roman VAVŘIČKA. 2006. Otopné plochy (I): Charakteristiky otopných těles. TZB-info [online]. 2006(2006), 1-9. ISSN 1801-4399.
- [3] JIŘÍ, Bartůšek. 2014. Dynamika topných ploch a těles včetně regulačních ventilů [online]. Brno [cit. 2017-01-18]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
- [4] JANČÍK, Luděk a Jiří BAŠTA. 2008. Setrvačnost náběhu a chladnutí otopných těles. TZB-info [online]. 2008(1), 1-3. ISSN 1801-4399.

- [5] MAKAL, Tomáš. 2015. Hydraulika deskových otopných těles [online]. Praha [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/63638>. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Jiří Bašta.
- [6] BAŠTA, Jiří a Jindřich BOHÁČ. 2013. Dynamické chování otopných těles s ohledem na regulační zásah. TZB- info [online]. 2013(2013), 1-3. ISSN 1801-4399.
- [7] JANČÍK, Luděk a Jiří BAŠTA. 2008. Posouzení dynamického chování otopných těles termografickou metodou. In: JAROŠ, Michal, ed. Simulace budov a technika prostředí 2008: Sborník 5. konference IBPSA-CZ. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, s. 45-48. ISBN 978-80-254-3373-7.
- [8] PETRÁŠ, Dušan. 2001. Nízkoteplotné vykurovanie a obnovitel'né zdroje energie. Bratislava: Jaga group, 271 s. ISBN 80-889-0512-5.
- [9] RECKNAGEL, H, E SPRENGER a E SCHRAMEK. 2001. Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik (Handbook of Heating and Air-conditioning Technology). 70. Auf. München: Oldenbourg, 2017 s. ISBN 34-862-6450-8.
- [10] ŠIKULA, Ondřej. 2011. Simulace provozních režimů otopných systémů s velkou akumulací. Vytápení, Vetrání, Instalace. Praha, 2011(5), 12-14.
- [11] ŠIKULA, Ondřej a Josef PLÁŠEK. 2010. Vliv nočního útlumu vytápění na roční potřebu tepla. Vytápění, větrání, instalace: odborný časopis Společnosti pro techniku prostředí. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 19(3), 124-130. ISSN 1210-1389.
- [12] ŠVARC, Ivan. Automatické řízení. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, vi, 348 s. ISBN 978-80-214-4398-3.
- [13] Radik desková otopná tělesa. Katalog výrobce 12/2016. Korado, a.s. Česká Třebová. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik.html>
- [14] Radiátor TOMTON R1. Technická specifikace. Dostupné z: <http://www.tomton-radiators.com/produkt/radiator-tomton-r1/>

SEZNAM OZNAČENÍ

Q	výkon	[W]
E	tepelná energie	[kWh]
C	tepelná kapacita	[J.K ⁻¹]
t	teplota	[°C]
Δt	rozdíl teplot	[K]

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za podpory specifického výzkumu FAST-S-16-3387.