

Oponentní posudek na disertační práci

Doktorand: Ing. Josef Vaněk

Oponent: doc. Dr. Ing. Jan Kyncl

Téma disertační práce: „Stanovení hygienických podmínek pro efektivní užití sálavého vytápění“

Autor v práci shrnul základní zákony přenosu tepla zářením, uvádí normami a literaturou dané vztahy výpočtu sálavého toku, stručně pojednává problematiku tepelné pohody člověka. Dále autor uvádí metodiku a výsledky měření vlastností několika topných sálavých panelů a popis programu pro tepelně technické výpočty v budovách, který vytvořil. Až na kvalitu některých přejetých obrázků je grafické vypracování práce uspokojivé a jazykově (až na často chybné používání čárek) je práce v pořádku.

K práci mám následující dotazy a připomínky:

- Vztah 4-13 rozhodně nelze považovat za správný vzorec pro výměnu tepla sáláním mezi šedými tělesy. Vztah platí pro výměnu tepla sáláním pouze pro $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1$, tedy pro černá tělesa. Pro nečerná tělesa je třeba uvažovat mnohonásobné odrazy a vztahy jsou komplikovanější. Chyba pro uvažované situace pravděpodobně bude pravděpodobně malá (emisivita zářiče i povrchu člověka jsou blízké jedničce), bylo by však vhodné ji kvantifikovat.
- Veličiny F_{12} v rovnici 4-14 a 5-5 by bylo vhodné značit rozdílně.
- Obr. 6 je spíše nomogram, než monogram, stejně v názvu části 5.4.
- Vztah $1clo = R/0.155$ (str. 28) nemůže být definicí jednotky clo .
- V rovnici (6-7) jsou hodnoty t_a a x_a ve vytápěných prostorách obvykle nezáporné. Uvážíme-li je nulové, přesto dostáváme teplotu vydechovaného vzduchu $64.6^\circ C$.
- U empirických rozměrových vztahů, jako např. (6-7) a následující, je třeba vždy uvádět jednotky použitých veličin, nebo alespoň by práce měla obsahovat seznam symbolů a jejich jednotek. Navíc hovořit pouze o „vlhkosti vzduchu“ bez uvedení, zda jde o relativní nebo měrnou vlhkost, zda je vztažena k celkové hmotnosti směsi (obvyklé ve fyzice), nebo k hmotnosti složek směsi, které nepodléhají v uvažovaných oborech teplot a tlaků fázovým přeměnám (častější v technické termodynamice) je nevhodné.
- Autor se vyhýbá použití PMV-PPD metodiky hodnocení tepelné pohody člověka. Obrázky 7-1 a 7-2 nepostihují změny relativní vlhkosti vzduchu, oblečení, metabolismu, rychlosti proudění vzduchu atd. zdaleka tak detailně, jako obvyklé použití výsledků výzkumu prof. Fanger. Navíc PMV-PPD přístup je mnohem snáze implementovatelný do programů řešících vytápění.
- Metodika měření účinnosti sálavých panelů, která spočívá ve výpočtu rozdílu tepelného celkového výkonu panelu a výkonu sdíleného konvekcí do okolí, je správná pouze teoreticky; nejistota určení konvektivního výkonu je prakticky

vždy větší, než nejistota zjištění sálavého výkonu (měření emisivity a teplot a výpočet výkonu). Mimochodem, ve vztahu (9-1) je čtvrtá odmocnina a ve vztazích následujících zápis vypadá spíše jako čtyřnásobek druhé odmocniny. Příslušná mocnina teplotního rozdílu platí jen pro jistý rozsah hodnot součinu Grashofova a Prandlova čísla. Autor kontrolu na platnost vztahů v práci neuvedl. Dalším opomenutým faktem je, že součinitel přestupu tepla konvekcí je nezávislý na charakteristickém rozměru tělesa pouze v situacích, kdy platí

$\alpha = k \cdot (T_i - T_o)^{\frac{1}{3}}$, kdy se charakteristický rozměr vyruší (odmocnění Grashofova čísla a následně $\alpha = \frac{\lambda \cdot Nu}{D_{char}}$). Autor tedy použil empirické vztahy, které

nemohou přesně platit ani teoreticky: nejsou z automodelní oblasti a neobsahují charakteristický rozměr a změny látkových vlastností vzduchu s teplotou. Při korektním výpočtu se tyto vlastnosti (součinitel objemové roztažnosti, kinematická viskozita, Prandtlovo číslo, součinitel tepelné vodivosti) berou při teplotě $T_{def} = 0.5 \cdot (T_i + T_o)$ a nemohou být tedy zahrnuty ve čtvrté odmocnině rozdílu teplot. U panelů v místnosti nejde obecně o konvekci do neomezeného prostoru a je tedy nutno zkontrolovat, zda je tento vliv podstatný, nebo ne.

- Z textu není jasné, zda byla termografická měření korigována na vliv odrazů a správnou emisivitu.
- Zpracování měření by mělo obsahovat vyčíslenou nejistotu. Pokud tomu tak není, uvažuje se, že všechny číslice ve výsledku jsou platné. Sálavá účinnost panelu 56.41% ovšem nemůže být myšlena vážně: chyba určení součinitele přestupu tepla bývá (i při správném postupu uvažujícím charakteristický rozměr tělesa změny látkových vlastností s teplotou) spíše 10% než 5% v nejlepších situacích (použitá geometrie přesně odpovídá geometrii použité při měření kriteriálních vztahů $Nu = Nu(Gr, Pr)$). Obdobně je tomu prakticky u všech uváděných výsledků měření: počet platných cifer neodpovídá realistické přesnosti měření.
- Jaké jsou nejistoty uváděných účinností sálavých panelů?
- Výsledky měření (strany 36 až 43 a obdobně dále) patří spíše do příloh, než do vlastního textu práce.
- Označení (nad rovnicí (10-1)) $\Delta T = T^4 - T_o^4$ je velmi neobvyklé.
- Vztah (10-4) je chybně, pravá strana má rozměr m^{-1} a kosinus musí být bezrozměrný, ostatně podobně chybně je i (10-5).
- Je otázkou, zda je přínosem napsat program pro výpočet tepelných ztrát jednopodlažních domů: existují komerční (Energie 2014 od firmy KCAD, s.r.o., volně použitelné interaktivní programy na www.tzb-info.cz a další). Vytvořený program navíc pro spotřebu tepla na vytápění používá denostupňovou metodu, přičemž např. podle současných předpisů pro tvorbu PENB je nejkratší doba uvažující průměrnou teplotu jeden měsíc, použít průměrné hodnoty za celé otopné období je nepřijatelné.
- Autor neuvažuje tepelné zisky, které jsou zvláště u moderních staveb pro určení spotřeby energie na vytápění podstatné.

Závěry oponentského posudku:

Práce působí roztříštěně. Za původní a přínosné pro obor považuji dotazníkové šetření a vyhodnocení výsledků. Použité metody považuji za vhodné částečně.

Publikace autora považuji za dostačující.

Doporučuji práci přepracovat (zejména vyčíslit nejistoty měření, opravit výše uvedené chyby, doplnit seznam použitých symbolů o jednotky či rozměry veličin) a porovnat výsledky hodnocení tepelné pohody s PMV-PPD metodikou.

Ve smyslu zákona 111/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů práci k obhajobě nedoporučuji.

V Praze 30. 9. 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Hájek', written in a cursive style.

OPONENTSKÝ POSUDOK

dizertačnej práce

„Stanovenie hygienických podmienok pre efektívne využitie sálavého vykurovania“

Autor práce: Ing. Josef Vaněk
Školiteľ: prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.

1. Zhodnotenie významu dizertačnej práce (DP)

Aj keď elektrické sálavé, či infračervené zdroje tepla nepatria medzi zariadenia v okruhu moderných metód elektrického vykurovania uzavretých priestorov, téma dizertačnej práce Ing. Vaněka je aktuálna. Aktuálnosť témy vyplýva zo skutočnosti, že infračervené panely zažívajú určitú renesanciu, najmä v oblasti vykurovania rodinných domov, ale aj z dôvodov tvorby tepelnej pohody ich obyvateľom, vrátane hygienických podmienok. Téma dizertácie má preto opodstatnenie, spoločenský aj odborný význam. Žiaľ, na ujmu riešenia zvolenej problematiky, to isté sa nedá všeobecne konštatovať o vecnej náplni a formálnej stránke práce Ing. Vaněka.

2. Hodnotenie postupu riešenia, použitých metód a splnenie cieľov dizertačnej práce

Hodnotiť splnenie cieľov práce je objektívne dosť obťažné, pretože nie sú v práci jednoznačne definované a jej čitateľ môže si ich iba domyslieť. Je to stanovenie hygienických podmienok pre efektívne využitie elektrických sálavých panelov (názov práce)? Je to – citujem autora – stanoviť presnejšiu hodnotu sálavej intenzity metódou merania tepelného toku sálaním (oproti akej metóde)? Podľa autora je to prvý cieľ práce, aké sú ďalšie? Hmlisté ciele práce vyplývajú aj z dôvodu, že dosiahnuté výsledky praktickej časti autor neanalyzuje a zásadne nekomentuje. Aj z týchto príčin sa ťažko hodnotí postup riešenia a použité metódy, aj keď sa javia prijateľné. Autor im venuje pomerne stručnú piatu kapitolu (str. 22 – 25), avšak bez diskusie k ich náročnosti, presnosti, dostupnosti a pod.

3. Stanovisko k výsledkom DP

Za mieru dizertabilnosti práce Ing. Vaněka pokladám kapitoly 6 až 17. Na prvý pohľad sa ich zdá veľa, ale je to len, predpokladám, nedôslednosťou autora číslovať kapitoly podľa ich obsahu. Napríklad, všetky merania pre určenie sálavej účinnosti panelu 300 W sú správne sústredené do jednej kapitoly (kap. 9), ale rovnaké merania panelu 700 W tvoria samostatné 4 kapitoly (kap. 11 – 14). Tej istej nepozornosti sa autor dopustil v kapitolách pre určenie merného sálavého výkonu: pre panel 300 W v kapitole 10, pre panel 700 W v kapitole 15 až 17. Z pohľadu prehľadnosti primeranú úroveň majú kapitoly 6 a 7. Najmä v kapitole 6 (Tepelný výkon človeka), autor sa správne a podrobne zaoberá výmenou tepla medzi človekom a okolím, vplyvom odevov a ďalšími kritériami z pohľadu optimálnej tepelnej pohody (7. kapitola). Nepodstatnej chyby sa dopustil vo vzťahu (6-5), ktorý ak má vyjadrovať tepelný tok, tak je v jednotkách výkonu, t.j. vo [W]. Vo vzťahu zároveň chýba súčiniteľ prestupu tepla α . Niekoľko podobných chýb je aj v predchádzajúcich kapitolách:

- str. 17, vzťah (4-1) – správna jednotka má byť $[\text{W}\cdot\text{m}^{-3}]$ a v čitateli tohto vzťahu chýba π ,
- str. 22, vzťah (4-14) – ak F_{12} má rozmer [1], tak Q má byť v jednotke $[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$ a vyjadruje teda merný (plošný) výkon,
- str. 22, vzťah (5-1) – ak Q je v $[\text{kcal}\cdot\text{h}^{-1}]$, tak jednotkou q je $[\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}]$ a nie $[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$,
- str. 23, prvý riadok nad článkom 5.2 – ak q je pomerná premenná, tak k akej premennej a nemôže mať jednotku $[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$.

Vlastný prínos dizertanta s odvolaním sa na ním citovaný cieľ je čitateľný v kapitolách o stanovení sálavej účinnosti panelov (kap. 8, 9 a kap 11 a 14). Metodika postupu merania a následného výpočtu má svoju logiku, zaráža ma však veľkosť tepelných strát prúdením a teda nízka sálavá účinnosť panelov. Ide pravdepodobne o metodologickú otázku, či prestup tepla prúdením z aktívnej steny panelu patrí do kategórie strát. Je na úkor zrozumiteľnosti práce, že o tejto a podobných otázkach autor sa nezmieňuje. To isté konštatujem, vrátane uvedenej pripomienky, o kapitole 10 (300 W panel) a kap 15 – 17 (700 W panel), v ktorých sa stanovuje merný sálavý výkon. Nezamyslel sa autor nad tým, že ich hodnoty sú príliš nízke? Napr. pre panel 300 W vychádza len $7,02 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, čomu zodpovedá podľa vzťahu (4-12) merný sálavý tok z aktívnej plochy panelu len okolo $40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Ak sa len nahrubo spočítajú straty prúdením a autorom vypočítané sálavé toky, pre 300 W panel je to okolo 200 W, pre 700 W panel okolo 400 W. Kde sa stratil rozdiel? Znovu tu chýba komentár autora, čo vedie k pochybnostiam pri posudzovaní jeho výsledkov. V záverečných kapitolách 23 – 25 autor spracoval programy pre výpočet tepelných strát jednopodlažných domov podľa platných technických noriem.

4. Systémovosť, prehľadnosť, úprava DP

Dizertačná práca je písomná práca, ktorá okrem určitého stupňa odbornosti má mať aj náležitú prehľadnosť a formálnu úpravu. Ich úroveň v práci Ing. Vaněka napr. znižuje:

- nezvyklé číslovanie kapitol, práca začína 4. kapitolou,
- pravidelne chýbajú odvolávky na literárne pramene, najmä pri uvádzaní matematických vzťahov,
- nepozornosť pri uvádzaní jednotiek veličín,
- chýbajúce vysvetľujúce komentáre k jednotlivým výsledkom.

5. Publikácie študenta a použitá literatúra

V dizertačnej práci autor uvádza 9 vlastných publikácií. Dotýkajú sa riešenej problematiky. Ich počet pokladám za primeraný. Prekvapuje ma však nízky počet použitej literatúry. Literárnych odkazov je spolu 14, z toho je 10 internetových odkazov.

6. Záver

Dizertačnú prácu Ing. Vaněka s názvom uvedeným v záhlaví posudku, odporúčam k obhajobe a jej úspešnú obhajobu podmieňuje, aby všetky pripomienky boli autorom zdôvodnené a otázky uvedené v texte posudku náležite vysvetlené.

V Košiciach, 9.9.2014


doc. Ing. Pavel Novák, CSc.

Oponentský posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Josef Vaněk

Studijní obor „Elektroenergetika“

Téma práce: Stanovení hygienických podmínek pro efektivní užití sálavého topení

Zhodnocení významu a aktuálnosti práce pro obor

Pro vytápění rodinných domů a bytů jsou využívány různé techniky jejichž vývoj a zdokonalování jsou na pořadu dne. Poměrně novou technikou je sálavé vytápění jehož problematikou se zabývá předložená disertační práce. Téma předložené práce je velmi aktuální z hlediska dosažení optimálního využití elektrického sálavého topení v rodinných domech a bytech. Důležitou veličinou z hygienického hlediska je intenzita měrného osálení, jejímž stanovením se disertace zabývá. Cílem předložené disertační práce je stanovení přesnější sálavé intenzity pomocí metody měření tepelného toku sáláním z plochy na plochu, při které bude dodržena tepelná pohoda.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění cíle

Práce má celkem 107 stran včetně příloh. V úvodu práce autor předkládá teoretickou část, kde jsou uvedeny zákony z oblasti sálavého přenosu tepla. V kapitole 5 jsou uvedeny aktuální možnosti výpočtu sálavého výkonu. V kapitolách 6 a 7 se autor zabývá tepelným výkonem člověka a tepelnou pohodou. Od osmé kapitoly pak začíná stěžejní část práce, která zahrnuje měření sálavé účinnosti a sálavého výkonu pro dva typy sálavých panelů pro různé výšky jejich zavěšení. Navazuje pak část s vyhodnocením subjektivních pocitů 53 osob zúčastněných v experimentu (použit písemný dotazník). V dalším je jedna kapitola věnována specifickému případu využití sálavého panelu při obsluze varhan kde bylo k měření použito také infrakamery. Kapitoly před závěrem jsou věnovány zpracování programů v Excelu (výpočet tepelných ztrát jednopodlažních domů, výpočet tepelných ztrát vstupem tepla, výpočet potřeby tepla denostupňovou metodou, stanovení počtu sálavých panelů, výpočet sálavé účinnosti panelu, výpočet měrného sálavého výkonu mezi dvěma plochami. Postup řešení, který autor zvolil považuji za správný. Po teoretickém úvodu autor použil experiment, reálné měření s vyhodnocením. Na základě poznatků z měření zpracoval program ke stanovení počtu sálavých panelů pro různé typy místností a jejich tepelné ztráty. Na základě obsahu disertační práce, ze získaných výsledků a návrhů konstatuji, že disertant splnil cíle disertační práce uvedené na str. 14.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu jejího předkladatele

Výsledky disertační práce podle mého názoru přispívají k prohloubení dosavadních poznatků z oblasti využití sálavých panelů pro vytápění bytů a rodinných domů. Jedná se o složitou a aktuální problematiku s dopadem na efektivní využití a rozvoj elektrického sálavého vytápění. Předložená práce dává rámcový pohled na řešenou problematiku. Mezi hlavní přínosy a výsledky práce patří pak výsledky experimentů týkajících se různých způsobů umístění sálavých elektrických panelů ve vytápěné místnosti s vyhodnocením subjektivních pocitů osob včetně vytvoření výše uvedených výpočtových programů. Získané poznatky jsou přínosem pro další rozvoj vědy a jejich aplikací v praxi za účelem zefektivnění využití elektrických sálavých panelů pro vytápění. Práce je přínosem pro obor „Elektroenergetika“

Vyjádření k systematicce, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Dle mého názoru autor postupoval při řešení problematiky a zpracování disertace systematicky. Seznam použité literatury obsahuje 14 položek, převážně internetových odkazů. Ke zpracování práce mám níže uvedené poznámky. Některé výsledky a tabulky nejsou v textu dostatečně komentovány. Zpracovaná měření by měla mít vyčíslené nejistoty. Grafické zpracování je dobré až na horší kvalitu některých obrázků. Jazyková úroveň je uspokojivá.

- Poznámky: str. 6 - .s plochy
str. 15 - ...srážek částicí(m)
str. 20 - v rovnici (4-8) má být S místo A
str. 22 - $F_{1,2}$ F_{12}
str. 23 - obr. 5-1 nekvalitní
str. 29 - poměr sálání i_p
str. 36 - je uvedena Tab.9 a před tím poslední Tab. 6 (přeskočené číslování v rámci práce
str. 71 - jsou uvedeny dvě totožné tabulky a chybí komentování v textu
str. 73 - nahoře .. obsluha budu ... a přímot ..
str.103- v závěru se píše o panelu 500 W s uváděním některých hodnot, které nejsou v práci nijak dokumentovány (např. teploty panelu 300 a 500 W)

Vyjádření k publikacím disertanta

Disertant uvádí v přehledu vlastní publikační činnosti - dvě publikace v knize (kapitoly), 2 publikace ve sbornících mezinárodních konferencí (Athény, Wien) a další publikace v tuzemsku. Uvedeno je celkem 9 prací a příspěvků, ve kterých prezentoval výsledky své práce v oboru disertace.

Náměty do diskuse při obhajobě disertační práce

- Objasnění uvedených připomínek a nedostatků.
- Popsat způsob a průběh měření teplot osálané plochy i sběru dat v průběhu experimentu.
- Jaké je předpokládané využití a aplikace výsledků disertace?

Závěr

Konstatuji, že Ing. Josef Vaněk vykonal množství práce při realizaci cílů disertace a **doporučuji disertační práci k obhajobě**. Výše uvedené připomínky a nedostatky považuji za námět do diskuse. Po úspěšné obhajobě doporučuji i udělení vědecké hodnosti PhD..

V Plzni 28.08.2014

prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.