

Posudek disertační práce

Autor práce: **RNDr. Ing. František Šot**
Název práce: Výzkum vlastností materiálů pro použití ve vysokoteplotním solárním tepelně-akumulačním zásobníku
Studijní obor: P3607 Stavební inženýrství (NDK)
Oponent: **prof. Ing. Jiří Vala, CSc.**
Ústav matematiky a deskriptivní geometrie
Fakulty stavební VUT v Brně, Veverí 331/95,
e-mail vala.j@fce.vutbr.cz

Datum zadání posudku: 1. března 2018

Aktuálnost tématu disertační práce

Využívání obnovitelných zdrojů energie, spojující pokročilé materiály, konstrukce a technologie s šetrným přístupem k životnímu prostředí včetně celosvětově diskutovaných změn klimatu, jakož i s dlouhodobou udržitelností staveb a s kvalitou života jejich obyvatel, představuje výzkumnou výzvu pro řadu oborů – od technických přes přírodovědné až po společenskovední. Z této dosti široké problematiky se disertační práce soustřeďuje na uplatnění senzibilních tepelně akumulacích zásobníků (tedy takových, které pro svou funkci nevyžadují změny skupenství materiálu) na bázi silikátových materiálů pro tzv. ostrovní solární systémy, jež mají být schopny samostatné existence bez vnějšího zásobování energií. Od seznámení s tímto zdánlivě jednoduchým principem je nicméně náročná cesta k realizaci takového objektu, vyžadující mezioborové znalosti od fyzikálních termomechanických principů přes matematické výpočtové algoritmy pro analýzu přímých i inverzních úloh až k teoretickým i praktickým poznatkům z několika inženýrských disciplín. Mimořádnou aktuálnost disertační práce je třeba vidět právě v tomto mezioborovém pojetí, jež však neoslabuje důraz na co nejlepší výběr materiálů pro zmiňované zásobníky, od nichž se očekává schopnost pracovat v dostatečně velkém teplotním rozsahu.

Hodnocení:

☒ vynikající	☐ nadprůměrné	☐ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Splnění cílů disertační práce

Cíle disertační práce byly formulovány ve 3 oblastech: 1) konstrukce akumulčního tělesa zásobníkového systému, 2) uspořádání izolačního opláštění akumulčního tělesa, 3) optimalizace energetického zásobníku z hlediska rozměrů i použitých materiálů. Práce směřující k dosažení těchto cílů je členěna do dvanácti částí, následovaných stručným závěrem a technickými přílohami. Prvních sedm částí představuje (nejen pro úzké potřeby této práce) užitečný přehled naznačené problematiky: ostrovních systémů, druhů zásobníků tepla (senzibilních a latentních), fyzikálních a chemických

kých vlastností silikátových materiálů pro senzibilní zásobníky, tvarových a vybraných dalších charakteristik žáruvzdorných materiálů, jejich fyzikálních vlastností, teoretických podkladů pro vyhodnocování experimentů a žáruvzdorných betonů portlandských a hlinitanových. Jádrem práce začíná osmou částí, věnovanou energetické bilanci pro dosažení tepelné pohody objektu, demonstrované na konkrétním rodinném domku v Bohuticích (u Miroslavi na jižní Moravě). Devátá část je pak věnována zkouškám tepelného zatížení a ochlazování různých variant zásobníku. Desátá část demonstruje modelování dynamického chování zásobníku v ANSYSu, jedenáctá identifikaci tepelné a tepelné vodivosti v MATLABu. Dvanáctá část shrnuje dosažené poznatky z teoretické i experimentální analýzy. I z tohoto přehledu je zřejmé, že stanovené cíle lze považovat za splněné, i když optimalizace byla provedena jen výběrem z konečného počtu variant a pro validaci výsledků je dosud k dispozici jediný modelový objekt; na potřebu dalšího upřesnění poukazuje (velmi poctivě a možná až příliš skromně) i závěr práce.

Hodnocení:

☐ vynikající	☒ nadprůměrné	☐ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Postup řešení problému – metody zpracování

Přístup ke zpracování práce dokládá velmi nadstandardní odborné i životní zkušenosti svého autora, které přesahují možnosti a schopnosti obvyklého studenta doktorského studijního programu na FAST VUT. Autor má inženýrské vzdělání z FSI VUT, ale také titul RNDr. z teoretické kybernetiky a teorie systémů na Masarykově univerzitě, což mu umožňuje zvládat naznačené přesahy vzdělání mezi výpočtovou matematikou, teorií řízení, technologickými systémy, plánováním experimentů i fyzikálním a stavebně materiálovým inženýrstvím. Z hlediska vysokého podílu původních výsledků autora je třeba ocenit metodiku deváté části, zaměřené na ověřování chování modelů konkrétních zásobníkových systémů, propojenou s odlišnými potřebnými přístupy v deváté a desáté části, souvisejícími s plánováním a výpočtovým vyhodnocováním experimentů (které tvoří samostatnou netriviální optimalizační úlohu) až po jejich zapojení do služeb naznačené optimalizace výběru materiálů.

Hodnocení:

☒ vynikající	☐ nadprůměrné	☐ Průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Význam disertační práce pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

S ohledem na aktuálnost problematiky a splnění cílů práce je potenciál jejího uplatnění v praxi i pro zobecnění dosažených vědeckých výsledků ve více směrech (od výpočtové optimalizace až po obdobnou analýzu pro další typy tepelných zásobníků) vysoký. Jistým omezením je dosud nicméně sepětí práce s jedním konkrétním technickým řešením podle projektu TA ČR reg. č. 02021231 (řešeným firmou Alumistr Hrušovany u Brna, za spolupráci za VUT zodpovídal školitel prof. S. Šťastník).

Hodnocení:

☐ vynikající	☒ nadprůměrné	☐ průměrné	☐ podprůměrné	☐ slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Formální úpravě disertační práce, sepsané v korektní češtině, pouze s povinným stručným anglickým abstraktem, nelze nic zásadního vytknout. Občas se vyskytují drobné ortografické či stylistické nedokonalosti, např. podivná interpunkce v poslední větě na str. 42, nejednotné používání kurzív-

ních symbolů ve vzorcích (39) a (43) na str. 39 a 40, nadbytečná čárka před „byla transformována“ ve druhé větě části 9.2.2 na str. 71, kolísání jednotek „h“, „hod“ a „hodin“ na str. 72, či chybějící čárka před „byla zaznamenána“ v první celé větě na str. 112, na str. 117 lze navíc v poslední větě nalézt text „lambda“ namísto řeckého symbolu „ λ “, celkově je jich však s ohledem na množství odborných zdrojů, jež bylo nutno sjednotit, velmi málo. Při bedlivé kontrole lze nalézt i typografické prohřešky, např. nelogickou mezeru uprostřed textu na str. 91 (obdobně i na str. 12 zkrácené verze disertační práce), případně nejednotné zarovnání popisů tabulek 14 a 15 na str. 89. Vyzvednout je však třeba vysokou kvalitu mnoha autorových původních obrázků, např. 26 až 29, které dokládají šíři jeho odborné erudice. Typografická dokonalost matematických vzorců naproti tomu evidentně utrpěla pořízováním v MS Wordu, jehož editor rovnic se nevyrovná profesionální sazbe v LaTeXu či AMSTeXu.

Hodnocení:

☐	vynikající	☒	nadprůměrné	☐	průměrné	☐	podprůměrné	☐	slabé
--------------------------	------------	-------------------------------------	-------------	--------------------------	----------	--------------------------	-------------	--------------------------	-------

Hodnocení publikační a jiné činnosti doktoranda

Samotná publikační činnost doktoranda je zdánlivě skromná: zahrnuje pouze 3 položky, přičemž odkaz na třetí z nich (na str. 35 zkrácené verze disertační práce) je neúplný (chybí stránkový rozsah ve sborníku). Aktivita doktoranda je však třeba hodnotit i z pohledu uskutečněných přednášek, které nesporně oslovují (přínejmenším domácí) odbornou veřejnost více než práce v zahraničních konferenčních sbornících; 2 podíly na publikacích v zahraničních vědeckých časopisech přitom prokazují autorovu schopnost poctivé vědecké práce. Ocenění zaslouží (ve formálním přehledu aktivit nezdůrazněný) podíl doktoranda na zdárném dokončení zmiňovaného projektu GA ČR.

Hodnocení:

☐	vynikající	☐	nadprůměrné	☒	průměrné	☐	podprůměrné	☐	slabé
--------------------------	------------	--------------------------	-------------	-------------------------------------	----------	--------------------------	-------------	--------------------------	-------

Poznámky a připomínky k textu práce

Precizaci textu věnoval autor evidentně mnoho času a energie. Zde proto stačí omezit se na stručné otázky, jež by měly být vyjasněny v rámci odborné diskuse:

- 1) Grafy v jedenácté části práce zřejmě vypovídají o rozdílech mezi experimentálními a vypočtenými průběhy teplot při identifikaci tepelné a teplotní vodivosti metodou horkého drátu, které nelze vysvětlit jen měřením teploty s přesností 0,1 K, zejména za vysokých teplot. Bylo by vhodné vysvětlit, jaké další fyzikální jevy a procesy mohly měření ovlivnit a zda a jak by je bylo možno potlačit.
- 2) Identifikace tepelných charakteristik uvedených v 1) spoléhá na klasické vzorce ze str. 32 a 33 pro přímé výpočty, díky nimž lze použít i v inverzní analýze iterační postupy pracující s gradienty předem neznámých charakteristik. Ke zvážení je, jaký (pokud možno efektivní) postup doporučit v případě, že namísto klasických vzorců máme k dispozici jen jednotlivé numerické výsledky z programové „černé skříňky“, např. z ANSYSu podle desáté části práce. To se týká i obecněji využitelnosti různých moderních výpočtových přístupů pro identifikaci vlastností materiálů.
- 3) Je reálná v dohledné době instalace obdobných tepelných zásobníků jako součástí navržené technologie ostrovního solárního systému i mimo studovaný modelový objekt? Za jakých podmínek by mohla být pro investory (v běžných domácích podmínkách, nikoliv pro majitele a provozovatele odlehlých alpských chat připomínajících známý Schiestl Haus na Hoch-

schwabu, resp. potenciální příjemce dalších dotací) i finančně zajímavá? Závěr práce je v tomto velmi opatrný...

Závěr

Uchazeč se znalostmi a zkušenostmi, získanými celoživotní odbornou prací, výrazně přesahujícími úzce chápaný obor Fyzikální a stavebně materiálové inženýrství, předložil práci na aktuální téma optimalizace výběru materiálů pro jistou třídu tepelně akumulčních zásobníků jako součásti technologie využívající sluneční energie. Stanovených cílů práce se podařilo dosáhnout.

Uchazeč zpracováním disertační práce prokázal způsobilost k samostatné tvůrčí vědecké práci ve smyslu § 47 zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změnách a doplnění dalších zákonů, v platném znění.

Doporučuji, aby disertační práce **byla přijata k obhajobě** a aby v případě jejího úspěšného obhájení byl

RNDr. Ing. Františku Šotovi

udělen akademický titul „doktor“ (ve zkratce „Ph.D.“ uváděné za jménem).

Datum: 24. dubna 2018

Podpis oponenta: 