

Oponentský posudek disertační práce Ing. Stanislava Solnaře

Bezkontaktní metody měření přestupu tepla v procesních zařízeních a aparátech

Předkládaná práce je vypracována v rozsahu 128 stran a je vybavena 85 vyobrazeními a čtyřmi tabulkami. Práce je rozčleněna do osmi kapitol. Za hlavní vědecký přínos celé práce je možné považovat kapitoly čtyři a pět. Členění práce je logické, jazyková i grafická úroveň je velmi vysoká.

V první a druhé kapitole autor předkládá teoretické základy přenosu tepelné energie a metod jejího měření. Rozsah této části odpovídá teoretickým požadavkům, které jsou nutné pro pochopení metod a postupů použitých v následujících kapitolách.

Ve třetí kapitole autor jasně a srozumitelně definuje cíl práce a metody, které jsou nutné k jeho dosažení.

Ve čtvrté kapitole se autor zabývá oscilačními metodami měření přenosu tepla. V páté kapitole autor studuje přenos tepla pomocí metody tepelného skoku. Obě kapitoly mají shodnou strukturu.

Nejprve jsou rozvedeny základní vztahy použité v teoretickém úvodu a je široce diskutována citlivost a vhodnost jednotlivých metod pro různé způsoby přenosu tepelné energie. Následuje numerická simulace přenosu tepelné energie pro reálné experimenty, které jsou popsány v následující části textu. Experimenty jsou velmi pečlivě dokladovány, proto umožňují i nezávislé vyhodnocení. Výsledky experimentů jsou podrobeny důkladné kritice. Jsou konfrontovány s podobnými výsledky mnoha autorů, které jsou uvedeny v bohatě citované literatuře. Míra shody mezi výsledky experimentů dosažených autorem s citovanými výsledky je velmi vysoká.

Za hlavní vědecký přínos práce je možné považovat autorův návrh měřících metod a jejich realizaci ve formě několika experimentálních měřících aparatur. Každý experiment je založen na pečlivé teoretické studii bohatě citované literatury. Dále je provedena jeho matematická simulace, ze které lze usuzovat na jeho praktickou využitelnost a po té je podle autorova návrhu vyrobena měřící aparatura. Vzhledem k tomu, že experimenty jsou založeny na digitálních záznamech z infračervené kamery, je možné experimenty velmi přesně dokladovat a archivovat. To má význam zejména pro jejich budoucí opakování. Digitální záznamy pořízené v průběhu experimentu jsou průběžně vyhodnocovány. Vyhodnocení je tak rychlé, že výsledky experimentu jsou průběžně zobrazovány přímo v průběhu experimentu. V závěru obou kapitol jsou finální výsledky prezentovány ve formě grafů a tabulek včetně chyb měření nebo výpočtů a jsou porovnány s obdobnými výsledky dosaženými jinými autory.

K této části mám následující připomínky:

1. V úvodu celé práce se sice nachází seznam použitých matematických symbolů a proměnných, ale tento seznam není úplný. Pro čtenáře, který není plně orientován v matematických základech použitých metod to znamená, že musí celou práci listovat zpět, a pak se vracet ke studované části, což je nepraktické. Srozumitelnosti práce by prospěl stručný popis významu použitých proměnných před jejich prvním použitím v textu.
2. Vzhledem ke značnému množství grafických příloh je vhodné doplnit seznam obrázků. Urychlí se tak jejich vyhledávání při vzájemném porovnávání.
3. Je pochopitelné, že výsledky experimentů jsou většinou prezentovány ve formě vzájemných souvislostí mezi Nusseltovými, Prandtlými a Reynoldsovými čísly. To umožňuje srovnání dosažených výsledků s publikovanými hodnotami. Pro technickou praxi jsou ale více zajímavé výsledné hodnoty konkrétních koeficientů přestupů tepla, které popisují podmínky pro přenos tepelné energie v průběhu aktuálního experimentu, anebo experimentu, který probíhá za podobných podmínek, neboť koeficient přestupu tepla se vyskytuje v názvu předložené práce. Výsledné hodnoty koeficientu přestupu tepla jsou uvedeny pouze pro některé experimenty.

Tyto připomínky v žádném případě nesnižují odbornou kvalitu předložené práce.

K teoretické stránce předložené práce mám následující dotaz. Matematické modely, které autor použil pro odhad výsledků navrhovaných experimentů, jsou založeny na metodě konečných prvků. Programy, které modelují přenos tepla na základě této metody, jsou výpočetně náročné a většinou jsou finančně nákladné. Jejich použití v běžné praxi je tak poněkud komplikované. Vzhledem k tomu, že některé problémy autor sám řešil pomocí programu Matlab, nebylo by vhodné použít tohoto programu pro řešení jednodušších modelů založených na využití metody konečných diferencí? Tato metoda je výpočetně mnohem jednodušší a tedy i dostupnější pro běžného uživatele.

Dílčí hodnocení:

Dosažení stanoveného cíle: Cíl práce je jednoznačně definovaný a byl jednoznačně dosažen. Je možné konstatovat, že předložené výsledky zcela odpovídají cílům práce, jejich kvalita je vynikající a počet předložených experimentálních metod předpokládané cíle překračuje.

Úroveň rozboru současného stavu: Rozbor je široce založen a zcela pokrývá současné teoretické i experimentální znalosti. Významným přínosem práce je že autor předložil jednotný přehled teorie a experimentálních metod včetně moderních komputerových vizualizací. Tomu odpovídá i počet citovaných prací.

Teoretický přínos disertační práce: Z hlediska teorie se autor pohybuje na úrovni současných znalostí. Prokázal, že dokáže na základě znalostí teorie dokáže provést počítačovou simulaci experimentu a poté, že je schopen experiment prakticky realizovat. Výsledky experimentu dokáže zpětně teoreticky zdůvodnit, což je jedním z hlavních teoretických přínosů předložené práce.

Praktický přínos disertační práce: Autor provedl řadu unikátních experimentů a provedl analýzu jejich výsledků. Prokázal, že jeho výsledky jsou ve vynikající shodě s výsledky experimentů mnoha citovaných autorů. Hlavním praktickým přínosem jsou experimentální postupy navržené autorem – umožňují jednoduché, rychlé a levné stanovení koeficientů přestupů tepla a to pro velmi široké rozmezí okrajových a počátečních podmínek.

Vhodnost použitých metod řešení: Metody zvolené autorem jsou jednoduché a velmi účelné. Dosažené výsledky odpovídají výsledkům uváděných v literatuře. Proto je možné považovat použité metody za zcela vhodné.

Způsob aplikace použitých metod: Zvolené metody byly aplikovány přímo učebnicovým způsobem. Teoretický rozbor – numerická simulace – experiment – experimentální výsledky – stanovení přesnosti výsledných hodnot – diskuse a závěr. Právě aplikace použitých metod je nejpůsobivější částí celé předkládané práce.

Formální úroveň práce: Práce je vypracována na profesionální úrovni.

Celkové hodnocení:

Práce vynikajícím způsobem kombinuje teoretický i experimentální přístup k řešené problematice. Experimentálně dosažené výsledky jsou ve vynikající shodě s výsledky publikovanými v odborné literatuře. Skvělým praktickým výsledkem je návrh několika experimentálních aparatur, které umožňují provádět za exaktně definovaných podmínek opakovatelná měření koeficientů přestupu a přenosu tepelné energie. Významným přínosem je i předcházející teoretická studie. Pro každou aparaturu je tak předem znám rozsah použitelnosti a předpokládaná chyba měření. To významně zvyšuje její význam. Proto předloženou práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení:

OBHÁJENO BEZ VÝHRAD.

V Jičíně, 14. 7. 2021

Stanislav Bartoň