

Oponentský posudek disertační práce

„Hodnocení přestupu tepla na skrápěném trubkovém svazku“

doktoranda Ing.Petra Kracíka

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Téma disertační práce doktoranda Ing.Petra Kracíka spadá do oboru přenosu tepla. Konkrétně se jedná o případ současného konvektivního přenosu tepla a přenosu tepla za přítomnosti varu. Jde o případ s částečnou fázovou přeměnou ohřivané látky. Studovaný děj byl realizován v laboratorním měřícím zařízení na idealizovaném skrápěném horizontálním trubkovém svazku (jedna řada trubek, která umožňuje dobré termovizní měření). Prostorově byl experiment uspořádán tak, že topné médium proudilo v prostoru uvnitř trubek a v prostoru vnějšího povrchu trubek byl idealizovaný horizontální svazek skrápěným ohřivaným médiem. Ohřivané médium bylo při experimentu přiváděno na nejvyšší trubku svazku v kapalně fázi po celé jeho délce. Kapalná fáze nevyplňovala celý objem prostoru přiléhajícího vnějšímu povrchu trubek, nýbrž tento prostor současně vyplňovaly jak kapalná, tak vznikající parní fáze. Obě fáze od sebe byly odděleny volnou hladinou určenou gravitačním prouděním obou fází vlivem rozdílnosti jejich hustot a povrchovým napětím. Volná hladina při experimentech významně měnila svůj tvar a to v závislosti na průtoku ohřivaného média skrápějího svazek. Zatím co povrch trubek byl pokryt „vařícím“ kapalinovým filmem, tak v prostoru mezi trubkami se v závislosti na průtoku formovaly různé prostorově a časově přibližně periodické proudové struktury od kapek, přes proudy až k přibližně listovému toku. Chování volné hladiny v experimentu tíhlo k nestacionárnímu chování při stacionárních okrajových podmínkách. Při tomto geometrickém uspořádání je tvar volné hladiny a jeho vývoj v čase parametr, který významně ovlivňuje celkový součinitel přenosu tepla mezi oběma látkami. Současně je z hlediska komplexnosti vlivů tento nestacionární tvar volné hladiny ještě stále prakticky nedosažitelný pro přímé matematické modelování. Hodnota součinitele přestupu tepla při tomto uspořádání stanovená z tepelné bilance na idealizovaném svazku je pak střední hodnotou složitěho procesu, ve kterém hrají významnou roli fluktuace tvaru volné hladiny od jejího časově „středovaného“ tvaru.

Autor disertační práce si byl výše uvedených faktů vědom při návrhu experimentu a analýze naměřených hodnot. Jeho práci lze rozdělit na:

- Návrh experimentálního zařízení, na kterém je možno studovat a měřit podstatné rysy studovaného typu přenosu tepla včetně výběru reprezentativních vzorků trubek svazku.
- Naměření hodnot pro identifikaci středního součinitele přestupu tepla na straně skrápěného povrchu z tepelných bilancí experimentu.

- Regresní analýza funkce pro střední hodnotu Nusseltova čísla na straně skrápěného povrchu z naměřených hodnot.
- Termovizní měření proudových struktur na straně skrápěného povrchu určených volnou hladinou
- Statistický rozbor termovizních měření a jeho zhodnocení.
- Srovnání dosažených výsledků s odbornou literaturou.

Předložená disertační práce tedy shrnuje rozsáhlou odbornou práci, která je založena na experimentu a pokračuje rozbořem naměřených dat. Z hlediska novosti a původního přístupu shledávám jako nejvýznamnější přínos:

- Termovizní měření a jeho statistické zpracování.

V tomto ohledu jsem jako oponent nenalezl v literatuře zabývající se těmito typy výměníků srovnatelný přístup, což je pro hodnocení práce rozhodně významné. Z hlediska komplexnosti časového vývoje volné hladiny je to zřejmě nejdokonalejší současná možnost jak kvantifikovat její vlastnosti, či spíše tepelné jevy na skrápěném povrchu spojené s jejím chováním.

Významným přínosem jsou odvozené kriteriální vztahy pro Nusseltovo číslo na straně skrápěného povrchu vzhledem k vztahům literárním, neboť:

- Vystihují lépe závislost Nusseltova čísla na průtoku skrápěcího media. Zvláště pak jeho pokles při nižších průtocích.

Dalším kladem práce je detailní popis použitých experimentálních zařízení a parametrů, za nichž byla měření provedena, což umožní reprodukovatelnost měření a možnost na něj navázat i na jiných pracovištích.

V neposlední řadě je nutno vyzdvihnout rozsáhlý a zřejmě velmi správně využitý aparát matematické statistiky.

Přes nesporné klady disertační práce vyslovuji i několik kritických připomínek.

Nejzávažnější připomínkou, kterou doporučuji k projednání v rozpravě, je:

- Použití termínu „vlnová délka“ v souvislosti s typickými útvary na volné hladině.

Tento termín je sice využit i v odkazované literatuře, avšak dle mého názoru, se v tomto případě nejedná o fyzikální jev nazývaný v češtině vlnění. Tento termín by měl být asi v budoucích pracích autora nahrazen, nebo lépe vysvětlen.

Dále je v práci u statistických rozborů občas použito názvosloví z programu MS Excel, přičemž ne vždy se překlady užitá českou verzí MS Excel kryjí se správným českým názvoslovím pro matematickou statistiku.

Drobná chyba je u vysvětlení obrázku č.3. Ten ukazuje chování etanolu a v textu se píše o vodě.

Závěr:

Disertační práce prokazuje vysokou odbornou úroveň doktoranda. Jeho předloženou disertační práci doporučuji u obhajoby k přijetí.

V Brně dne 19.4.2016



Oponent Ing.Milan Kořista,PhD