

Posudek disertační práce

Název práce: Dynamics of Heat Transfer during Cooling of Overheated Surfaces

Autor: Ing. Jan Štěpánek

Oponent: prof. Ing. Václav Uruba, CSc., Ústav termomechaniky AVČR, v.v.i.

Obsah práce

Práce je věnována problematice chlazení vysoce zahřátých povrchů. Tento vysoce dynamický proces zahrnující fázovou změnu chladicího média je zkoumán experimentálně, je navržen fenomenologický model tohoto procesu.

V kapitole 1 je vysvětlena fyzika obnovení kontaktu kapaliny se zahřátým povrchem („rewetting“). V kapitole 2 je představena situace, kdy v reaktoru dojde k náhlé ztrátě chladicí kapaliny (tzv. LOCA událost). V kapitolách 3 a 4 jsou představeny analytické modely a experimentální výsledky z dostupné literatury, které se přímo vztahují ke zkoumané problematice. Kapitola 5 představuje cíle disertační práce. V kapitole 6 je potom podrobně popsáno vybudované experimentální zařízení. Metodice experimentů a zpracování naměřených dat jsou věnovány kapitoly 7 a 8. Výsledky experimentů jsou potom uvedeny v kapitole 9, jsou rozděleny na tlaky, teploty, součinitele přestupu tepla a rychlosti pohybu čela procesu znovuzvlhčení. Kapitola 10 obsahuje doporučení pro podobné experimenty. Závěrečnými kapitolami jsou závěry (kapitola 11), plán pokračování prací (12), odkazy (13) a dodatky (14).

Celkem práce čítá úctyhodných 172 stran.

Dosažení stanovených cílů

Cíle formulované v kapitole 5 byly beze zbytku splněny na vysoké odborné úrovni.

Zahrnují návrh a výstavbu experimentálního zařízení, provedení sady experimentů a jejich vyhodnocení.

Konečným cílem bylo vytvoření fenomenologických modelů zkoumaných jevů.

Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky

Rešeršní část práce je velmi rozsáhlá, seznam odkazů na literaturu, ze které disertant čerpal, čítá 81 položek. Jedná se dle mého názoru o téměř vyčerpávající bibliografii týkající se zkoumané problematiky. Chybí ovšem základní literatura z oblasti sdílení tepla, proudění a fázových přeměn.

Disertant provedl kritický rozbor literárních zdrojů, ze kterého logicky vyplývá konkrétní zaměření předložené práce a volba vyšetřovaných případů.

Přínos práce

Řešená problematika souvisí s bezpečností jaderných reaktorů, z této skutečnosti vyplývá její praktický význam.

Byly zkoumány 3 konfigurace lišící se geometrií a materiálem potrubí. Pro tyto konfigurace byly získány kompletní sady experimentálních dat popisující dynamiku procesu zvlhčování přehřátého povrchu při různých počátečních teplotách stěny trubky v kombinaci s různými průtoky chladiva (vody) při atmosférickém tlaku. Takto získaná databáze posloužila k vytvoření fenomenologických modelů popisující zkoumané jevy.

Bohužel platnost těchto modelů je omezena na případy s velmi podobnými okrajovými a počátečními podmínkami.

Vhodnost použitých metod a jejich aplikace

Pro řešení úlohy byly zvoleny standardní experimentální metody měření tlaků, teplot a průtoků. Tuto volbu považuji za správnou.

Zpracování výsledků měření bylo provedeno pomocí běžných matematických metod, vhodných pro zpracování individuálních výsledků. Podle mého názoru by bylo vhodnější využít výsledků teoretických rozborů jevů a výsledky formulovat v bezrozměrové formě, jak je v mechanice tekutin a termodynamice zvykem. Bezrozměrové charakteristiky jsou definovány v kapitole 3, pro zpracování změřených výsledků tento přístup převážně použit není. Výsledky by potom měly obecnější charakter, řada křivek naměřených pro různé případy by pravděpodobně kolabovala do jediné závislosti, což by umožnilo výsledky zobecnit a zjednodušit navrhované aproximační vztahy. Toto se týká zejména vyhodnocených součinitelů přestupu tepla.

To, co disertant označuje jako „korelace“ (correlation) jsou ve skutečnosti „regrese“. Navrhované regresní vztahy jsou nejspíše numericky správné, nejsou však konzistentní z hlediska fyzikálních rozměrů – viz např. (9.1) a další. Fyzikální vysvětlení a zobecnění takovýchto vztahů je velmi problematické.

V práci je uvedena dosti podrobná analýza chyb určení měřených veličin včetně odhadu náhodné chyby výsledných veličin získaných regresí.

Úroveň znalostí disertanta v oboru disertace

Disertant prokázal přehled v problematice přestupu tepla z povrchů do tekutiny, v přípravě a provádění relevantních experimentů a zpracování naměřených dat. Kriticky zpracoval dostupné literární prameny a vyvodil příslušné závěry. Navázal na výsledky publikovaného výzkumu a dospěl k originálním výsledkům.

Podle mého názoru v práci disertant prokázal jak hluboké znalosti oboru, tak schopnost vědecké práce.

Formální stránka práce

Práce je napsána v anglickém jazyce. K hodnocení jazykové kvality se necítím zcela kompetentní. Překlepy jsem v práci našel pouze vzácně. Celkově je práce napsána velmi srozumitelně. Český název práce zcela neodpovídá anglickému, který je věcně správný.

Po formální stránce je práce celkově na dobré úrovni, také kvalita obrázků je velmi dobrá.

Práce je logicky a systematicky rozčleněna do kapitol a obsahuje všechny důležité součásti, jako jsou seznamy obrázků a tabulek, jakož i seznam použitých označení a zkratk. Velmi také oceňuji, že každá kapitola je opatřena souhrnem v jejím závěru.

Rozsah práce, 171 stran, považuji za hraniční. Bylo by bývalo lépe metodické části přesunout do dodatků, což by přispělo přehlednosti práce.

Publikace disertanta

V práci jsou uvedeny 4 publikace, jichž je disertant spoluautorem a které se vztahují přímo k tématu disertace. 8 dalších disertantových publikací je na jiná, příbuzná témata. 2 publikace z uvedených publikací jsou v kvalitním časopise.

Publikační činnost disertanta hodnotím jako dostatečnou.

Závěr

Disertant odvedl v rámci disertace velký kus práce, prokázal dobrou orientaci v problematice sdílení tepla na zahřátých površích s aplikací na problematiku související s provozem jaderných reaktorů.

Předkládaná práce je významným příspěvkem k výzkumu dynamických jevů, které souvisí s chlazením vysoce zahřátých povrchů.

Práce podle mého názoru splňuje požadavky dle zákona č.111/1998 Sb. §47 a proto práci doporučuji k obhajobě.

K práci mám následující dotazy:

- Jaké bylo Reynoldsovo číslo proudění chladiva v trubce při experimentech?
- Téma práce se bezprostředně dotýká problematiky označované jako „krize varu“. Můžete uvést přínos práce pro řešení tohoto problému?

Praha, 13.2.2019

prof. Ing. Václav Uruba, CSc.
ÚT AV ČR, v.v.i.