

Posudek doktorské disertační práce

Dne 18. 12. 2019 jsem obdržel k posouzení disertační práci pana **Ing. Ondřeje Křištofa** na téma „**Vytváření kapalinové clony pro absorpci plyných exhalací**“, která byla vypracována pod vedením školitele paní Prof. Ing. Tomáše Svěráka, CSc. v Laboratoři přenosu tepla a proudění, Fakulty strojního inženýrství, VUT v Brně.

Z formálního hlediska práce je poměrně rozsáhlá, celkem o 176 stranách, je členěna na 12 kapitol, tvořících ucelenou monografii. V prvních 3 kapitolách autor popisuje základní problematiku separačních procesů, rychlosti absorpce, absorpční zařízení, proces atomizace kapaliny, typy trysek, velikosti kapek a jejich měření apod. V další kapitole pak uvádí vlastní použité metody charakterizace rozstřiku spirálové clony. Za touto kapitolou pak následuje v rozsahu 30 stran souhrn získaných výsledků vlastních naměřených dat a simulace a jejich zpracování. Předkládaná práce představuje souhrn poznatků z oblasti procesů separace plyných polutantů při využití praček plynů. Je kladen důraz na výpočtové modelování a simulace proudu znečištěného vzduchu uvnitř skrápěcí hlavy a rozstřiku absorbentu. Pro rozstřík absorbentu byla vybrána spirálovitá tryska, což představuje velmi atypickou a komplikovanou geometrii. Z hlediska numerických simulací se jedná o velmi náročný úkol a také novost v globálním měřítku. V teoretické části jsou představeny absorpční separační procesy a vytyčeny modely pro predikci rozstřiku absorbentu z hlediska velikosti vznikajících ligamentů a kapek. K tomu byly využity modely pro rozstřík média dopadem a odrazem z horizontální roviny, čehož se využívá v protipožárních sprinklerech. Této analogie lze však využít jen částečně a soulad mezi teoretickými a experimentálně změřenými velikostmi kapek je spíše souhra náhod. Toto mělo být ověřeno měřením distribuce velikostí kapek pro různé průtoky. Nicméně srovnání s těmito modely pro spirálovitou trysku jen potvrzuje, že neexistují modely, které by byly schopny predikovat velikost kapek, což dokazuje disertabilitu zvoleného tématu. To bylo dokázáno i v literární rešerši prací, které se zabývaly výhradně stejným typem trysek a jichž bylo nalezeno jen velmi malé množství i přes jejich poměrně široké využití. Dále tyto práce představují jen základní experimentální charakterizaci těchto trysek, čili další novost lze nalézt v předložených numerických simulacích. Ty byly experimentálně verifikovány měřením dopadového tlaku rozstříkované kapaliny, které ukazují dobrou shodu. Práce tak nastiňuje možné směry dalšího výzkumu v této oblasti, tj. především vývoj modelu pro predikci velikosti ligamentů a kapek, především Sauterova středního průměru, který by byl zobecnitelný na spirálovité trysky s různými rozměry a pro různé velikosti vstupních tlaků rozstříkované kapaliny.

Dále byla studována distribuce proudu vzduchu uvnitř skrápěcí hlavy přiváděného tangenciálně. Byly opět jako v předchozím případě provedeny experimenty, pomocí nichž byly verifikovány numerické simulace, přičemž jako okrajová podmínka byl zvolen tlak vzduchu na výstupu ze skrápěcí hlavy. Dále jako verifikační body byly zvoleny tlaky vzduchu na vstupu do skrápěcí komory a na deflektoru. Soulad mezi experimentem a simulací potvrzuje dobrou shodu. Z charakteru experimentů i simulací vyplývá, že se jednalo o simulaci turbulentního proudění. V případě těchto simulací by bylo zajímavé uvést, jak bylo ošetřeno modelování mezních vrstev, ve kterých se zvyšuje efekt viskozity a kde nelze použít modely pro plně vyvinuté turbulentní proudění (např. k-ε).

Předkládaná dizertační práce prezentuje značný objem prací, které se soustřeďuje především na specifikaci velmi komplikovaného vývinu povrchu kapalně fáze, který se mění při rozpadu kompaktní vrstvy kapaliny vycházející z trysky přes ligamentové klastrové útvary až do velmi jemných kapek. Tato specifikace povrchů ať již experimentálně snímaná laserovou difrakcí, nebo vyhodnocováním dynamických účinků proudu kapaliny, simulovaná následně na počítačových programech jako je Computational Fluid Dynamics ANSYS CFD (FLUENT,

CFX) představuje výpočetní bázi pro výpočet přestupu hmoty absorpcí na scrubberech, která je základním cílem této práce. Pro tento výpočet jsou však nezbytné, vedle stanovení specifického povrchu, též znalosti závislosti relativní rychlosti povrchu kapalné fáze ve formě vyvíjejících se kapalinových útvarů a plynné fáze obsahující absorbát. Poněvadž v současné době zatím neexistují experimentální metody současného snímání relativních rychlostí plynné a kapalné fáze aplikováním Particle Image Velocimetry (PIV) 2dimensional, Stereoscopic PIV, pan dizertant obešel toto úskalí samostatným měřením a specifikací rychlostních profilů dispergované kapalné fáze v nehybném prostředí a samostatným měřením rychlostních profilů plynné fáze v pracovní komoře scrubberu. I když tímto postupem lze prostým následným vektorovým součtem jednotlivých rychlostí zúčastněných fází obdržet hodnoty aktuálních lokálních relativních rychlostí kapalné a plynné fáze, je zřejmé, že takový postup stanovení relativních rychlostí není exaktní. Při reálném měření rychlosti kontaktu plynné a kapalné fáze se tyto rychlosti fází budou navzájem výrazně ovlivňovat. Práce celkově nastiňuje zajímavé téma na základní i aplikovaný výzkum, kde jsou viditelné podstatné mezery. Jedná se především o modelování rozpadu konických sprejů, predikci Sauterova středního průměru velikosti kapek a o zmíněné specifikaci kontaktních rychlostí kapalné a plynné fáze. V průběhu studia uchazeč výsledky své experimentální a badatelské práce zveřejnil v jedenácti publikacích v odborném periodiku nebo sborníku konference.

Na základě výše uvedeného proto doporučuji předloženou disertační práci pana Ing. Ondřeje Křištofa přijmout jako podklad k obhajobě před státní komisí pro udělení titulu „PhD.“

Ve Zlíně, dne 13. 1. 2020



prof. Ing. Lubomír Lapčík, PhD.