

## Oponentský posudek bakalářské práce Jana Sieratovského

Předložená bakalářská práce s názvem „Přenos hmoty a tepla v míchaném reaktoru“ se zabývá mechanismy přenosových jevů probíhajících v míchaném vícefázovém systému. V úvodní části literární rešerše bakalářské práce autor popisuje difuzní, přechodový a kinetický režim práce reaktoru. Následuje popis různých aspektů procesu míchání hojně využívaného v souvislosti s reaktory. Autor popisuje různé způsoby míchání, ale klade důraz na popis mechanického míchání. Vysvětluje základní pojmy, popisuje základní proudové vzory v míchané vsádce a uvádí odpovídající základní typy míchadel. Dále se věnuje popisu charakteristického geometrického uspořádání míchaného systému a věnuje se popisu základní charakteristiky míchadel jako je příkonová charakteristika. V dalším textu pak uvádí příkonovou charakteristiku odpovídající míchání homogenní kapaliny do souvislosti s příkonem potřebným k míchání v heterogenním systému odpovídajícím probublávané kapalině. Autor pak popisuje další jevy a parametry s nimiž se ve vícefázovém systému setkáváme jako je zahlcení míchadla, relativní zádrž plynu, velikost vznikajících bublin a mechanismy jejich spojování a rozbíjení a velikost mezifázového povrchu jakožto důležité charakteristiky probíhajících přenosových jevů na rozhraní kapalina – plyn. V poslední části literární rešerše autor bakalářské práce uvádí vybrané korelace pro určení intenzity přenosu tepla mezi míchanou vsádkou a teplosměnnou plochou (vnějším pláštěm reaktoru) a vybrané korelace umožňující určit velikost objemového součinitele přenosu hmoty  $k_L a$  mezi plynnou a kapalnou fází v aerovaném reaktoru či velikost součinitele přenosu hmoty  $k_L$ . Experimentální část bakalářské práce popisuje geometrické uspořádání jednoduchého válcového aerovaného reaktoru míchaného turbínovým míchadlem s dělicím kotoučem. Na geometrický popis navazuje popis metodiky měření objemového součinitele přenosu tepla mezi plynnou a kapalnou fází doplněný popisem používané měřicí techniky. Na obecný popis experimentální aparatury navazuje popis matematického modelu, který bude využíván při vyhodnocení objemového součinitele přenosu tepla – bilanční rovnice tepla s uvažováním tepla přeneseného z plynné fáze do fáze kapalné, tepla odvedeného odparem kapaliny a ztrátového tepla, které je zanedbáno. Autor následně vyjadřuje všechny další potřebné členy vystupující v modelu na základě známých experimentálních dat. Hledaný parametr (objemový součinitel přestupu tepla) v sestaveném nelineárním modelu pak autor hledá s pomocí metody nejmenších čtverců. Tuto metodu aplikuje na linearizovaný model. Své postupy autor ukazuje na jedné sérii naměřených experimentálních dat.

Práce je moc hezky zpracovaná jak po obsahové, tak po jazykové i grafické stránce. Je vidět, že autor věnoval práci veliké úsilí a nešil práci na poslední chvíli (na to ukazuje i fakt, že autor odevzdal práci dva týdny před termínem).

K práci mám pouze nějaké formální připomínky. U mnoha připomínek si sám nejsem jistý, jak je to se správnou používanou terminologií. Stručně.

- Trochu smutný jsem z toho, že autor používá násobků jednotek soustavy SI (kPa, kmol, ...) a u rozměrových vztahů už dále neuvádí jaké jednotky je nutné do vztahů dosazovat. Aplikací některých vztahů (Antoine, ...) s použitím základních veličin soustavy SI by pak došlo k nesprávnému výpočtu. Tento fakt je známý a je typický pro práce odborníků v oblasti přenosu hmoty a fyzikální chemie.
- Autor zajímavě označil používaná míchadla, například ŠMŠL. Asi neexistuje systém jednotného značení, ale proč nepoužít některý, který je více rozšířený – 6SL45, 6PBT, ...
- Jak již bylo uvedeno výše, tak v práci je mnoho rozměrových vztahů, korelací, ... Doporučoval bych v tomto případě nespolehat na seznam symbolů, ale u těchto vztahů uvést explicitně jednotky používané pro dosazování.
- Trochu mám problém s používáním některých výrazů, která dle mého názoru nejsou synonyma. Jedná se o vypařování – odpařování, přestup a prostup (tepla i hmoty), kde možná v případě me-

zifázového rozhraní je výhodnější používat termín přenos hmoty (například objemový součinitel přenosu hmoty). Je to ale asi i o zvyklostech používání odborných termínů v dané oblasti.

- Velký vnitřní boj samozřejmě svádím s používáním termínu součinitel prostupu tepla v případě, že není vztažen na jednotku teplosměnné plochy, ale jednotku délky (viz (14)). Myslím, že by bylo vhodné ho alespoň odlišit nějakým symbolem a nejspíše i modifikací názvu.
- U korelací (tabulka 4, 6, 7) by bylo vhodné uvádět podmínky jejich platnosti. U rozměrových korelací opět dosazované jednotky. Bez uvedení podmínek platnosti znamená, že ten kdo chce korelace použít, tak musí hledat primární literaturu.
- Bilanční rovnice (12) není tak úplně v pořádku a to ve znaménku v prvním členu na pravé straně. Znaménka obou zbývajících členů mohou být v pořádku, ale znamená to, že jejich kladné hodnoty odpovídají teplu dodanému do kontrolního objemu a to by mělo být zohledněno ve vyjádření těchto členů. Možná by stálo za to doplnit bilanční rovnici obrázkem s vyjádřením používané znaménkové konvence. Je zajímavé, že autor si problém s touto bilancí uvědomil při sestavování rovnice (35), kde ho vyřešil přidáním záporného znaménka u členu vyjadřujícího akumulaci. Myslím, že metodicky by bylo správnější uvažovat kladný akumulací člen, ale otočit znaménka členů na pravé straně.
- Škoda, že se v pracích našich studentů nevyskytují více algoritmy vyhodnocení experimentálních dat popsané s pomocí systému Matlab a mnoha knihoven v tomto systému obsažených (nelineární regrese). Dle mého názoru je zápis takovýchto algoritmů mnohem čitelnější než zápis s pomocí programu Microsoft Excel a navíc by v rámci práce mohli studenti ukázat dovednosti nabyté ve druhém ročníku studia.
- Myslím, že když už vypadá práce vypadá téměř dokonale, tak si mohu dovolit i pár poznámek k typografii. Vzhledem k tomu, že studenti většinou používají program Microsoft Word a jeho editor rovnic, tak již mnoho chyb nevzniká. Problémem tohoto editoru je ale to, že nerozezná některé entity, které se sází kolmým písmem – matematické funkce, diferenciál, jednotky. Také je dle mého subjektivního názoru škoda, že autor nepoužil harvardský citační styl, který je lépe čitelný než číselné odkazy na literaturu.

Práce splňuje všechny náležitosti bakalářské práce, hodnotím ji známkou

A (výborně)

a prosím autora o vymezení se k následujícím drobným otázkám či připomínkám. Protože se jedná o bakalářskou práci a protože jsou některé otázky dle mého názoru obtížné, prosím autora aby nevěnoval zodpovězení těchto otázek příliš mnoho času na úkor přípravy ke státní závěrečné zkoušce. Je možné, že na některé z těchto otázek autor narazil v rámci literární rešerše a může nám předat získané informace. Prosím též autora o zaslání odpovědí na tyto otázky v písemné podobě, stačí jím připravená prezentace doplněná odpověďmi, protože pro mne bude nejspíše problematičtější se zúčastnit obhajoby jeho práce.

- Autor uvádí, že zanedbává v bilanční rovnici energie ztráty do okolí. Bylo by možné tyto ztráty odhadnout (jednoduše) a porovnat s velikostí ostatních členů rovnice? Jak je to s energií disipovanou míchadlem? Bylo by možné i tuto odhadnout a zjistit zdali nemá významnější vliv? V práci trochu mizí vazba mezi rešeršní a experimentální částí? Zde by bylo možné alespoň ukázat na výpočet příkonu potřebného pro míchání. Bude se celý tento příkon disipovat a nebo pouze jeho část?
- V rešeršní části popisuje autor korelace pro výpočet součinitele přenosu hmoty (i objemového), ale není zde uvedena ani jedna korelace zabývající se součinitelem přestupu tepla. Důvodem

je nejspíše to, že autor práce žádné nenašel a v literatuře jsou tedy v této oblasti bílá místa. Bylo by možné využít analogie mezi přenosem hybnosti, tepla a hmoty k „odhadu“ objemového součinitele přenosu tepla na základě znalosti objemového součinitele přenosu hmoty?

- Má objemový součinitel přenosu hmoty  $k_L$  a součinitel přenosu hmoty  $\beta$ , pomineme-li rozdílně vyjádřený potenciál přenosu na něž jsou vztažené, nějakou souvislost?
- Autor používá zajímavý způsob hledání parametru  $\alpha S_b$ , kdy převádí úlohu nelineární regrese na regresi lineární se složitou transformační funkcí závisle proměnné. Tím se asi významně změnil předpoklady metody nejmenších čtverců a je otázkou zdali je hodnota nalezeného parametru optimální, resp. jak moc se liší hodnota nalezeného parametru v porovnání s hodnotou nalezenou při aplikaci nelineární regrese. Taktéž v tomto případě asi nelze použít standardní metody pro odhad velikosti konfidenčních intervalů hledaného parametru založené na aplikaci metody nejmenších čtverců nad lineární funkcí. Bylo opravdu nerealizovatelné použít metodu nejmenších čtverců nad primárními daty, tj. časem  $t$  a teplotou  $T_l$ ? Šlo by to s pomocí programu Microsoft Excel nějak realizovat?

Martin Dostál

v. r.

Ústav procesní a zpracovatelské techniky  
Fakulta strojní ČVUT

Praha, 13. srpna 2020