

## Oponentský posudek diplomové práce Martina Vaňka

Předložená diplomová práce s názvem „Analýza vlivu rozmístění sušených objektů na proces sušení“ se zabývá matematickým modelováním a experimentálním výzkumem procesu konvektivního sušení kostkového cukru s důrazem na identifikaci parametrů, které ovlivňují druhou fázi sušení, tj. efektivní difuzní součinitel a součinitel přestupu hmoty na povrchu sušeného materiálu. Autor se také věnuje vlivu rozložení kostek cukru v sušící komoře na intenzitu přenosu hmoty na jednotlivých kostkách.

Práce je rozdělena do několika částí. Na začátku každé části nastiňuje autor otázky, kterými se bude v dané část zabývat a závěr každé části je věnován shrnutí poznatků v dané části získaných či představených.

V úvodu diplomové práce se autor věnuje obecnému popisu kinetiky sušícího procesu. Provádí nás jednotlivými fázemi sušení a zavádí parametry popisující proces sušení – koncentrace, vlhkosti, aktivitu vody, ... V další části práce se autor zabývá popisem charakteristických typů sušáren s nimiž se můžeme setkat a snaží se položit důraz i na sušárny a sušící procesy používané zejména v potravinářském průmyslu. Další část práce se již věnuje teoretickému popisu druhé fáze sušení, tj. fáze odpařování vázané vody. Zde se věnuje popisu klasického difuzního modelu, který doplňuje popisem implementace vlastního numerického řešení příslušné transportní rovnice. Navazující část se věnuje popisu numerického řešení proudění a přestupu tepla v sušící komoře obsahující různě rozmístěné sušené kostky cukru a následnému určení veličin charakterizujících intenzitu konvektivního přenosu tepla na povrchu sušených kostek. Tyto hodnoty jsou pak následně použity pro výpočet součinitelů přestupu hmoty na základě teorie popisující analogii mezi přenosem tepla a hmoty. Závěrečná, významná, část práce se zabývá měřením sušících křivek kostek cukru s pomocí laboratorní sušárny kteréžto jsou následně využity pro identifikaci parametrů matematického modelu sušení popsáno v předchozích částech práce.

Práce je velice komplexní a rozsáhlá. Autor se věnuje teoretickému i numerickému řešení transportních rovnic, numerickému modelování s pomocí programu ANSYS CFD a také práci v laboratoři. Diplomant musel věnovat vytvoření práce obrovské úsilí a musel se přenést přes velké množství problémů na něž při řešení práce určitě narazil. Myslím, že při řešení práce získal velké množství nových poznatků, zkušeností a dovedností. Právě pro tuto velkou rozsáhlost práce obsahuje práce menší množství formálních chyb, nepřesností a nejasností z nichž některé jsem se snažil vyjádřit přímo v textu práce. Příkladem může být i nevhodné citování literatury čísly za jednotlivými odstavci textu nebo dokonce v nadpise. Práce by si zasloužila striktnější rozdělení na část řešeršní a část, kde je vidět vlastní práce diplomanta a to zejména v části teoretické. Dle mého názoru vychází teoretický popis difuzního modelu z publikace Akosman (2004) (v práci je samozřejmě publikace citována), ale numerické řešení je řešením autora diplomové práce. Rozdělení práce na část řešeršní a teoretickou by pak vyvolalo otázku zdali není možné nalézt práce i jiných autorů zabývajících se difuzním modelem popisu druhé fáze sušení (a nemusí se jednat pouze o sušení kostkového cukru). Nebo je k dispozici opravdu jediná publikace zabývající se daným tématem?

Práce splňuje všechny náležitosti diplomové práce a diplomovou práci tedy hodnotím známkou

B (velmi dobře)

a prosím diplomanta o vymezení se k následujícím drobným otázkám či připomínkám.

- Na straně 11 popisuje autor možnost lineární aproximace rychlosti sušení na bezrozměrné měrné vlhkosti sušeného materiálu a následné použití této aproximace na výpočet doby trvání druhé fáze sušení. Jak je tato metoda přesná? Je používána v literatuře? Lze najít nějaké informace o porovnání této metody se složitějšími modely popisující druhou fázi sušení. Bylo by možné experimentální data autora prezentovat v bezrozměrné podobě a ukázat tak porovnání s touto metodou? Dala by se naměřená data (například obrázek 26) nakreslit v podobě rychlosti sušení tak, abychom byli schopni přesněji identifikovat fázi/e sušení?

- Na straně 21 práce je uvedena okrajová podmínka (23), resp. jak uvádí autor, dvě okrajové podmínky. Protože v seznamu symbolů, a ani v textu, není příliš vysvětlen význam veličin  $Y$ ,  $Y^*$ ,  $k_y$ , bylo by možné tyto veličiny osvětlit? Bylo by možné osvětlit také fakt, že autor hovoří o třech okrajových podmínkách pro diferenciální rovnici druhého řádu?
- Na straně 23 práce popisuje autor závěry difuzního modelu pro neomezenou desku. Charakteristickým rozměrem v tomto symetrickém modelu difuze v neomezené desce je polovina tloušťky stěny, tj.  $H/2$ . Autor však používá model pro případ, kdy na jedné straně desky je aplikována podmínka symetrie. Je v tomto případě charakteristickým rozměrem tloušťka desky? Jaký rozměr používal autor při simulacích? V programu je specifikován rozměr 27 mm což je délka kostky cukru ve směru proudění. Neměl by to být spíše rozměr kolmo na směr proudění? Jak se autor vyrovnal s tím, že modeluje třírozměrné objekty s pomocí jednorozměrné teorie a jak se s tím vyrovnal Akosman (2004)?
- Od strany 46 popisuje diplomant vyhodnocení parametrů difuzního modelu z naměřených dat. Škoda, že tato část je velice málo doplněna vstupními parametry tak, abychom přesně věděli co bylo a jak to bylo použito při vyhodnocení. Jaký byl charakteristický rozměr (viz část otázky výše), jaké  $\beta$  či  $Bi_m$  bylo použito a nebo bylo fitováno? V případě, že bylo fitováno, tak jak vychází v porovnání s hodnotami získanými numerickou simulací či s využitím standardní korelace pro obtékání desky? Diplomant uvádí, že výsledek je nutné považovat za velmi nepřesný. Proč? Vždyť se obrázky 27 a 29 zase tak neliší?
- Na straně 47 popisuje diplomant výsledky vyhodnocení experimentálních dat s pomocí numerické metody. Popisuje, že měl problémy s numerickou stabilitou řešení, resp. že výsledkem byla v podstatě náhodná hodnota součinitele difuze. Autor formuloval tuto úlohu jako problém se dvěma okrajovými podmínkami druhého druhu na povrchu, tj. zadanými toky (derivacemi). Lze vůbec v tomto případě, kdy vyjádříme hmotnostní tok vody se sušeného materiálu s pomocí experimentálních dat očekávat, že výsledkem bude něco jiného než odpovídající experimentální data vyjadřující množství vlhkosti v sušeném materiálu? Bude celkové množství vlhkosti závislé v tomto případě na součiniteli difuze a jak bylo vůbec celkové množství vlhkosti v materiálu počítáno? Proč nepoužil autor okrajovou podmínku třetího druhu, tj. podmínku konvektivního přenosu hmoty charakterizovaného součinitelem přenosu hmoty a nejspíše rovnovážné měrné vlhkosti, stejně jako Akosman (2004)?
- Autor v práci pracuje s bezrozměrnými čísly popisující přenos hmoty. V definici Sherwoodova čísla vystupuje součinitel difuze. Autor zde používá efektivní součinitel difuze  $D_{ef}$ , který určil na základě difuzního modelu popisujícího druhou fázi sušení a experimentálních dat. Je to tak v pořádku? Neměl by zde spíše být použit součinitel difuze vodní páry ve vzduchu?

Martin Dostál

v. r.

Ústav procesní a zpracovatelské techniky  
Fakulta strojní ČVUT

Praha, 19. června 2018