

Ing. Tomáš Hyhlík, Ph.D.
ČVUT v Praze
Fakulta strojní
Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky
Technická 4
166 07 Praha 6

Oponentní posudek

diplomové práce Luboše Krauseho: Akumulace tepelné energie v PCM, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2017

Předložená diplomová práce je zaměřena na využití materiálů s fázovou změnou k akumulaci tepelné energie. Uvedený problém je řešen komplexně, protože práce se zabývá jak teoretickým rozбором, tak experimentálním měření a dokonce je vytvořen CFD model nabíjení tepelného zásobníku. Autor navrhl dva způsoby vyhodnocení naměřených dat, kde první způsob pracuje pouze s kontrolním objemem zahrnujícím tepelný zásobník a druhý způsob zahrnuje celé experimentální zařízení. Podstatným výsledkem práce je experimentální stanovení tepelného toku do PMC pouzdra a tepelné kapacity PMC pouzdra, kde je analyzováno několik PCM pouzder. V práci nejsou opomenuty ani nejistoty měření. Autor také diskutuje nesrovnalosti výsledků CFD modelu a měření.

V úvodu autor uvádí motivaci pro použití PCM materiálů k akumulaci energie, kde vyjmenovává několik důvodů pro akumulaci.

V druhé kapitole je diskutováno rozdělení akumulace podle využívaného fyzikálně chemického principu.

Třetí kapitola popisuje vlastnost PCM materiálů a uvádí příklady organických PCM materiálů, anorganických PCM materiálů, kovů a eutektických PCM materiálů. V závěru této kapitoly je popsána změna skupenství čisté látky a směsi. Nakonec jsou popsány možnosti zapouzdření PCM materiálů.

Čtvrtá kapitola se věnuje tepelným zásobníkům, kde je popsána konstrukce vodních zásobníků. Jsou popsány latentní zásobníky a je uvedeno několik příkladů průmyslových realizací.

V úvodní části se pátá kapitola věnuje popisu experimentu, který se soustřeďuje na měření tepelné akumulace PCM pouzder. Je popsán postup měření. Podstatná část páté kapitoly je věnována teoretickému popisu dvou způsobů vyhodnocení naměřených dat, kde první způsob pracuje s kontrolním objemem tepelného zásobníku a druhý způsob využívá kontrolního objemu, který tvoří celé experimentální zařízení. V podkapitole 5.4 jsou uvedeny výsledky stanovení tepelných toků a tepelných kapacit několika PCM pouzder. V závěru této kapitoly jsou diskutovány nejistoty měření.

Šestá kapitola se zaměřuje na problematiku numerické simulace nabíjení tepelného zásobníku. Je diskutována tvorba modelu a tvorba výpočtové sítě. Je uvedeno nastavení numerické simulace. Podrobně jsou uvedeny použité uživatelsky definované funkce UDF. Kapitola dále podrobně popisuje získané numerické výsledky.

Předposlední kapitola je věnována stručnému srovnání výsledků numerické simulace a výsledků získaných z měření.

V závěru práce jsou autorem komentovány hlavní výsledky předkládané diplomové práce. Autor podrobně komentuje získané výsledky. Důraz je kladen především na akumulační výkon jednotlivých pouzder a jejich měrnou tepelnou kapacitu. Jsou komentovány výsledky numerické simulace a její souvislost s naměřenými daty a daty od výrobce. Dále jsou diskutovány možné příčiny, které vedou k odlišnostem v numericky a experimentálně získaných datech. Je uvedena možnost zkvalitnění měření častějším zapisováním hodnot výkonu. Také jsou diskutovány možnosti

zdokonalení numerické simulace.

Celková vnější úprava a vzhled práce jsou dobré. Použité symboly a popisy odpovídají standardní symbolice užívané v mechanice tekutin a v termomechanice. Diplomová práce má přehlednou strukturu.

Připomínky k práci:

1. Některé grafy a tabulky jsou v textu uvedeny bez slovního popisu v místě vložení a jsou popsány pouze textu práce. Obdoba platí pro některé obrázky.
2. Grafy uvedené v práci nemají jednotnou formu, viz. např. graf 15 na str. 53 a graf 7 na straně 14.
3. Rovnice by bylo vhodné citovat s číslem v kulaté závorce a ne bez závorky, jak je to např. na str. 51.
4. Jednotky většinou autor uvádí v textu v hranatých závorkách, ale někdy je uvádí bez nich. Bylo by vhodné použít pouze jeden ze způsobů. Domnívám se, že stačí uvádět jednotky bez hranatých závorek. Dále by bylo možné použít seznam veličin a jednotek.

Otázky:

1. Vysvětlíte fyzikální podstatu efektu podchlazení, který vysvětlujete na straně 14. Je tento efekt nějak spojen s nerovnovážnou termodynamikou?
2. Uplatní se nějak efekty spojené s časovým vývojem v samotném proudovém poli, tj. v rychlostech a v tlacích? Stačí v numerickém řešení pouze nestacionární řešení energetické rovnice spolu s definovanými profily?
3. Co je to standardní Reynolds stress model? Zdůvodněte použití modelu Reynoldsových napětí pro řešení případ?
4. V kapitole 4 je uvedeno, že k rozvoji latentních zásobníků tepla došlo mezi lety 1990 až 2002. Došlo k dalšímu vývoji i po roce 2002?
5. V rovnicích (7) a (27) se podle mého názoru obecně vyskytuje také objemový integrál časové derivace tlaku. Diskutujte a vysvětlíte uvedené rovnice?

Závěr:

Autor diplomové práce splnil uložené zadání. Dále prokázal, že využívá poznatky získané v rámci studia a je schopen řešit problémy v mechanice tekutin, sdílení tepla a v počítačové mechanice tekutin. Prokázal schopnost pracovat s podklady z literatury. V neposlední řadě autor prokázal schopnost analytického myšlení při rozboru dosažených výsledků a při vytváření způsobů vyhodnocení naměřených dat. Jako oponent hodnotím předloženou diplomovou práci známkou **A - výborně** a po úspěšné obhajobě navrhuji udělit příslušný akademický titul.

V Praze dne 28.5.2017

Tomáš Dyblík