

Posudek na bakalářskou práci

Michaela Kolaříka

s názvem

Studium vodního víru

Práce sestává z teoretické a experimentální části.

V teoretické části autor stručně pojednal o hydrodynamice kapalinového víru a odvodil aproximativní vztah pro závislost tvaru hladiny a rychlostního pole víru v reálné viskózní kapalině. Určil vírovost a tlak a výsledek analyzoval vzhledem k limitním případům nulové a nekonečné viskozity. Uvedl také bezrozměrný tvar diferenciálních rovnic víru. V závěru teoretické práce spočítal tvar hladiny a profil rychlosti pro vybrané konkrétní kapaliny.

V experimentální části proměřil několik vodních vírů pro různé parametry a měření porovnal s teorií.

Hodnocení práce:

Hodnotím-li teoretickou část jako celek, poněkud kontrastuje míra podrobnosti, s jakou se autor věnuje různým aspektům tématu. Tak například výpočet rotace rychlostního pole ideálního víru rozebírá na str. 19 velmi podrobně, viz rov. 2.62 až 2.66, jinde postupuje velmi „hutně“, např. na str. 13 – 14 odvození rovnice 2.29 až 2.35 ale i další. Některé konkrétní komentáře a poznámky k teoretické části jsou uvedeny v příloze.

I když název práce hovoří o studiu vodního víru, její součástí jsou i výpočty teoretického tvaru hladiny a rychlostních profilů vírů i pro jiné vybrané kapaliny. Jejich výběr (viz tab. 2. 2, 2.3) je poněkud zvláštní. Žádná z nich (kromě vody) není z praktických důvodů použitelná pro experiment v uspořádání, které použil autor. Viskozita mléka, piva, medu, není dobře definovaná. Autor také opominul fakt, že viskozita kapalin velmi výrazně závisí na teplotě. Například ochlazením vody k 0 C se s její kinematickou viskozitou přiblížíme k pivu (dle údaje v tab. 2.2). Pro modelové příklady by bylo asi vhodnější spočítat vír pro několik viskozit vhodně zvolených tak, aby očekávané efekty byly měřitelné. Tekutiny s určenou viskozitou pak vytvořit jako roztok vhodné látky, třeba cukru ve vodě (aparatura k měření viskozity je k dispozici v základním praktiku F1), měření uskutečnit a naměřené hodnoty porovnat s teorií. Viditelný formální nedostatek obsahuje tabulka 2.1 na str. 20, opravdu je nutné uvádět parametry modelových výpočtů na tolik desetinných míst? Překvapuje také velmi malý objemový průtok pouhých 4.3 cm³.

Co lze experimentální části vytknout jako celku je zpracování naměřených dat a způsob, jakým jsou výsledné hodnoty uváděny. Jde zejména o (ne)zaokrouhlování na smysluplný počet platných míst a absence nejistot měření. Například rychlost víru měřená pomocí polystyrénové koule je udávána na tři platná místa s konstatováním, že je to jen orientační měření. Kromě toho, výsledky a data jsou prezentovány dost nepřehledně. Podivně působí samostatně na stránce umístěná tabulka v podobě dlouhého vertikálního sloupce. Podobně ilustrační fotografie s malou výpovědní hodnotou, opět samostatně na stránce. V jednom případě jsou v tabulce prohozeny popisy veličin, ve dvou případech jsou chybně popsány osy grafů, ve dvou případech jsou v grafu nevhodně zvolená měřítka.

V jednom případě je zvolená logaritmická stupnice s nevhodným popisem měřítka str. 24 graf 2.3 proč? V jednom případě, str. 51 graf 3.23 je v grafu také záporné r , které nemá fyzikální smysl a hladina začíná o $r=0$ což také neodpovídá. Grafy rychlost - poloměr obsahují neuvěřitelné množství bodů, někde odhadem snad k tisícovce. To bylo provedeno tak velké množství měření? Tabulky 3.1, 3.3, 3.5, 3.7, charakterizující parametry experimentu 1 až 4 určují výtokový otvor jednou jeho průměrem a jindy poloměrem. Je to jiný nebo ten stejný otvor, číselně jsou oba údaje stejné. Atd. Je objemový tok kladné nebo záporné číslo? V tabulce 2.1 je v souladu se vztahem 2.32 uvedeno číslo záporné, ale v tabulkách 3.1, 3.3, 3.5, 3.7 kladné. Nikde nejsou uvedeny laboratorní podmínky a teplota vody.

Pokud jde o porovnání teorie s experimentem, lze říct, že tyto dvě části v práci dobře propojeny nejsou. Není jasné, v jaké míře se na zjištěných značných rozdílech podílí nejistota měření, neurčitost okrajových podmínek a adekvátnost modelu. Jinak řečeno, bez vyhodnocení nejistot v celém řetězci od měření k výpočtu není ke shodě teorie s experimentem mnoho co konstatovat.

Pozn.: Vzhledem k problému s určením okrajových podmínek by bylo pravděpodobně lepší nafilovat teoretické závislosti na naměřená data a pak diskutovat nalezené parametry s parametry určenými experimentálně.

Z hlediska typografického není práce zrovna nejzdařilejší. Je to patrné v části týkající se experimentu, která je dost nepřehledná. Různé překlepy a chyby související s přehlédnutím jsou v míře nad obvyklým průměrem.

Závěr:

Je třeba uvést, že autor neměl zrovna snadný úkol, jak pokud jde o teorii, tak experiment. Měření tvaru a rychlostního profilu víru je z řady důvodů obtížné a není k němu k dispozici standardní měřicí zařízení. Experimentátor si musel poradit s jeho neobvyklým tvarem hladiny, nečekaným efektem vlivu proudění vzduchu a dalšími komplikacemi. Také je zde otázka adekvátnosti modelu, například charakter a vliv mezní vrstvy u stěn nádoby, vliv turbulence kapaliny atd. S některými aspekty problému si autor poradil lépe s některými hůř.

Souhrnně vzato lze konstatovat, že i přes nedostatky uvedené výše lze bakalářskou práci uznat. Navrhuji klasifikaci známkou D.

V Brně dne 15. 6. 15

Pavel Konečný

Příloha 1:

Konkrétní připomínky a poznámky:

Úvodní strana Bibliographic Entry, Keywords: vortex místo wortex

Str. 9. proč by mělo být proudění ve stacionárním víru klasifikováno jako proudění turbulentní? Jedním ze znaků turbulentního proudění je chaotické promíchávání tekutiny, což není nutně případ ustáleného víru.

Str. 12. rov 2.9 Lze takto jednoduše zaměnit pořadí derivace a integrace, v našem případě podle času, když oblast, přes kterou se integruje, se (s časem) mění?

Str. 13. rov 2.14 Zde uvedená rovnice je Navier-Stokesova rovnice pro kapaliny, tedy nestlačitelné tekutiny. Obecná formulace rovnice zahrnuje jak kapaliny tj. nestlačitelné tekutiny tak plyny.

Str. 13. Jak je definované velké gama?

Str. 13. 7 řádek od vrchu. V textu se mluví o vírovém vláknu, aniž by tento termín byl v práci definován.

Str. 13 rov. 2.23. Na tomto místě by možná stálo za to zmínit řešení tzv. Burgersova víru.

Str. 14 rov. 2.25 v souvisejícím textu se mluví o elementu, tedy možná lépe $d\vec{M} = \vec{r} \times d\vec{F}$

Str. 14 rov. 2.28 lépe $d\vec{S} = -\vec{n}dS$

Str. 14. proč je v případě momentového působení pro irelevanci tlaku podmínkou nestlačitelnost tekutiny?

Str. 18. 2.51. vyšla podmínka pro dostředivou sílu pohybu po kružnici o poloměru r rychlostí v.

V teoretické části poněkud kontrastuje míra podrobnosti, s jakou se autor věnuje různým tématům. Tak například výpočet rotace rychlostního pole ideálního víru, což je víceméně standardní záležitost, je pojednán velmi podrobně str. 19 rov. 2.62 až 2.66, na druhou stranu např. str. 14, 2.24 až 2.29, str. 15, skok od 2.35 ke 2.36, ale i další.

Str. 20, odkaz na tabulku 2.2.8. která neexistuje, zato je uvedena tabulka 2. 1 s veličinami uvedených na 9 platných míst. Je to opravdu nutné?

Str. 20 tab. 2. 2, je uvedeno dvakrát mléko, zato ani jednou při jaké teplotě (a složení).

Str. 21. graf 2.2, chybný popis os, v místo h.

Str. 22 tab. 2.3, chybně uvedena viskozita rtuti, správná hodnota je o řád nižší a opět chybí údaj při jaké teplotě.

Str. 23 graf 2.3, nevhodná volba logaritmické stupnice $\ln(r)$ a popis měřítka nevhodnými číselnými údaji (0,04979 a 0,1353).

Str. 24 graf 2.6, nevhodný popis měřítka os.

Str. 27. obr 3.2, málo vypovídající obrázek samostatně na stránce.

Str. 34. obr 3.11, málo vypovídající obrázek samostatně na stránce.

Str. 38, chybí údaj o rozměru polystyrénové kuličky.

Str. 40, tab. 3.1 a další, nevhodný zápis o průtoku v m^3 (a opět bez uvedení nejistoty) lépe by bylo použít exponent.

Str. 42, graf 3.17, chybný popis, v místo h. Tento graf a další, kromě kalibračních závislostí a situacích, kdy je mnoho závislostí v jednom grafu a pletly by se, takto experimentální body nespojujeme.

Str. 43. tab. 3. 4, přehozený popis sloupců.

Str. 45 tab. 3.5, výtokový otvor o poloměru 0.035. Je to jiný otvor než podle tab. 3.3 str. 43? (A opět chybí nejistota).

Str. 46 tab. 3.6 a podobné, nevhodný tvar tabulky.

Str. 47 graf 3.20, jaký je počet naměřených hodnot?

Str. 48, str. 49, str. 50, tab. 3. 8. graf 3.23, opravdu začíná profil hladiny od $r=0$? Podobně str. 53 graf 3.26.

Str. 51 tab. 3. 9, opět počet platných míst a chybějící nejistota.

Čerpadlo do vody topí jednak hydraulickými ztrátami a možná také i teplem od motoru. Na druhou stranu, voda se odparem ochlazuje, cca 2500 J/g a uspořádání experimentu představuje svého druhu chladící věž. Teplota náplně se tedy může poměrně výrazně měnit a s tím i viskozita vody. To při modelově zjištěné citlivosti na změnu viskozity viz str. 21, graf 2.2 (mléko versus voda) by mohlo představovat určitý efekt. Byla měřena teplota vodní lázně v průběhu experimentu?

Pokud jde experimentálně měřené závislosti rychlosti na poloměru. Zatím co tvar hladiny kvalitativně celkem odpovídá teorii, rychlostní profil hladiny je mnohem plošší. Je pro to nějaké vysvětlení? Uvažovalo se o skluzu kuliček vůči vodě vlivem odporu vzduchu? Viz informace na str. 38?