

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Porovnání experimentů v hydrodynamické vaně s numerickou simulací turbulentního modelu k- ω

Markéta Petříková¹, Pavel Kryštůfek²

¹ Ing., Technická univerzita v Liberci, Katedra energetických zařízení, Studentská 2, 46117 Liberec 1, marketa.petrikova@tul.cz

² Ing., Technická univerzita v Liberci, Katedra energetických zařízení, Studentská 2, 46117 Liberec 1, pavel.krystufek@tul.cz

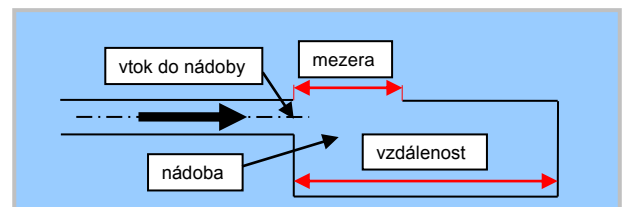
Abstrakt: Při vtékání ustáleného proudu tekutiny do nádoby vznikají opakující se pulsační jevy. Dochází k nim v důsledku přenosu energie tekutiny v nádobě při jejím plnění a částečném vyprazdňování. Tyto změny vznikají samovolně a závisí na geometrii sestavy a průtočném množství tekutiny a v určitých intervalech se opakují. Příspěvek je zaměřen na porovnání experimentů v hydrodynamické vaně s numerickou simulací turbulentního modelu k- ω .

1. Úvod

Při vtékání ustáleného proudu tekutiny do nádoby vznikají opakující se pulsační jevy. Dochází k nim v důsledku přenosu energie tekutiny v nádobě při jejím plnění a částečném vyprazdňování. Tyto změny vznikají samovolně a závisí na geometrii sestavy a průtočném množství tekutiny a v určitých intervalech se opakují. Příspěvek je zaměřen na porovnání experimentů v hydrodynamické vaně s numerickou simulací turbulentního modelu k- ω

Experimentální část byla realizována v hydrodynamické vaně [9]. Toto zařízení umožňuje vizualizovat dvojrozměrné proudění vody metodou vizualizačních částic na hladině tenké vrstvy vody. Vizualizačními částicemi je hliníkový prach o velikosti částic 20 μm , nanesené na hladinu vody. Voda byla obarvena černým barvivem, aby neprosvítaly částice z jiných vrstev.

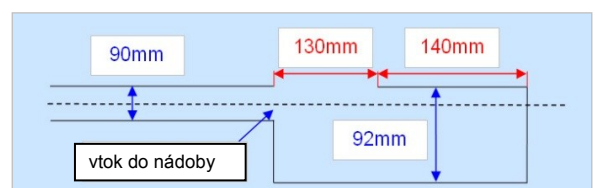
Model nádoby je tvořen vedením, díky kterému lze měnit geometrii, konkrétně hloubku nádoby a vzdálenost od vtoku. Šířka nádoby i tvarování i rozměr vtoku je pevný, nádoba je umístěna nesymetricky, s otvorem na jedné straně – viz obr. 1.



Obrázek 1: Schéma modelu nádoby

2. Nastavení experimentu

Ověření měření bylo provedeno pro jedinou variantu modelu a dvě rychlosti: 0,059 ms^{-1} a 0,081 ms^{-1} – viz obr. 2.

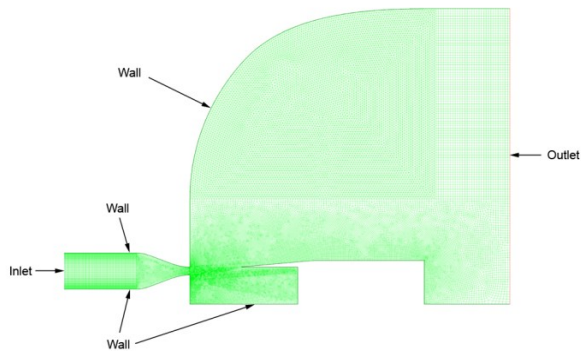


Obrázek 2: Měřený model - přítokový kanál o šířce 90mm je zakončen zúžením na 20mm (tryskou)

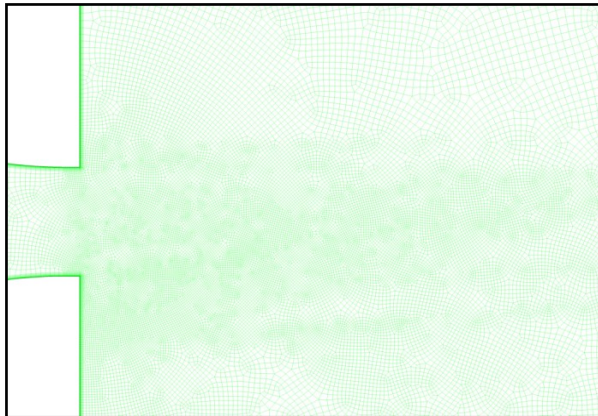
3. Numerická simulace

Síť modelu byla vytvořena v programu GAMBIT 2.3.16. Byla použita kombinace trojúhelníkových a čtyřúhelníkových elementů. Konečná síť obsahovala 102000 elementů; síť je zobrazena na obrázku 3. Detail síť v místě trysky je zobrazen na obrázku 4.

Samotná numerická simulace byla provedena v programu ANSYS Fluent v13.



Obrázek 3: Síť vygenerovaná programem GAMBIT.



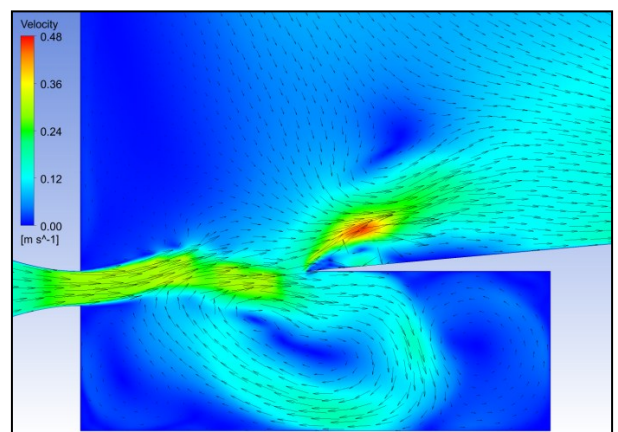
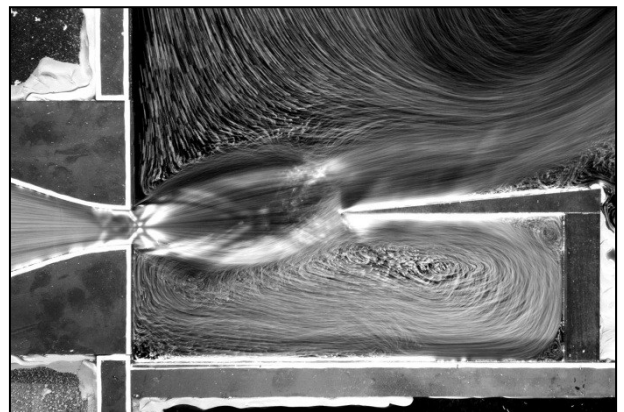
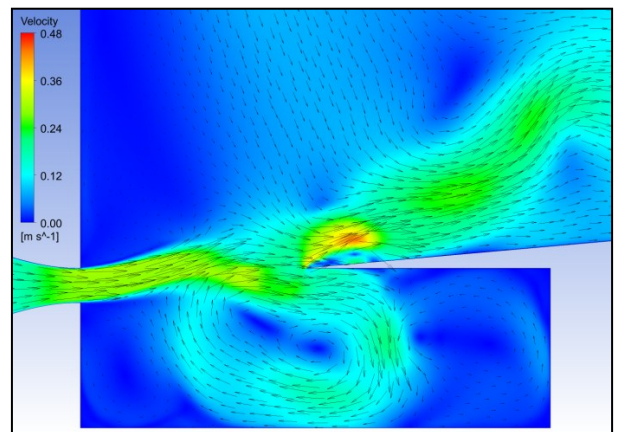
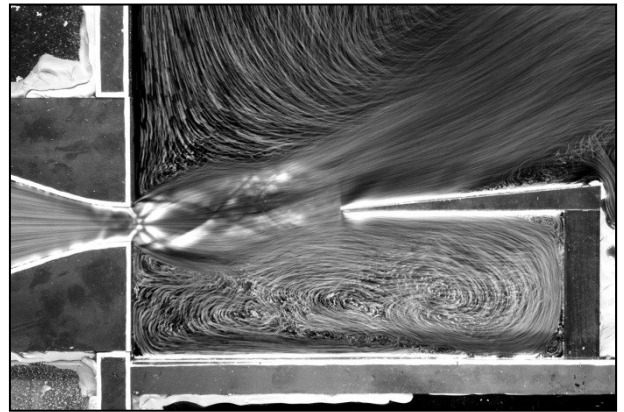
Obrázek 4: Detail sítě v ústí trysky

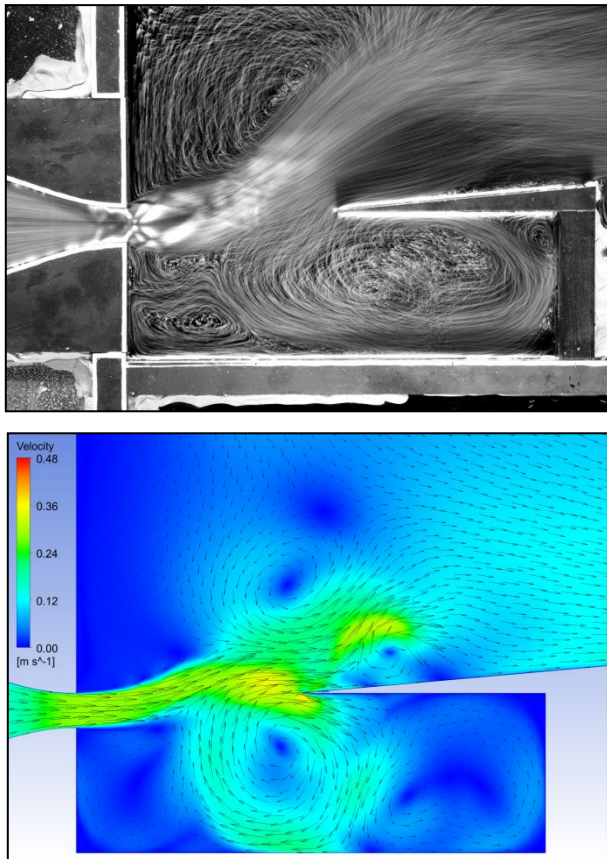
4. Nastavení modelu

Pro numerickou simulaci byl použit nestacionární nestlačitelný turbulentní $k-\omega$ model v SST modifikaci. Na vstupu „Inlet“ byly nastaveny dvě rychlosti o velikost $0,059 \text{ ms}^{-1}$ a $0,081 \text{ ms}^{-1}$ pomocí okrajové podmínky „velocity-inlet“. Výstupní okrajová podmínka byla nastavena jako „pressure-outlet“. Na stěny byly aplikovány okrajové podmínky „Wall“.

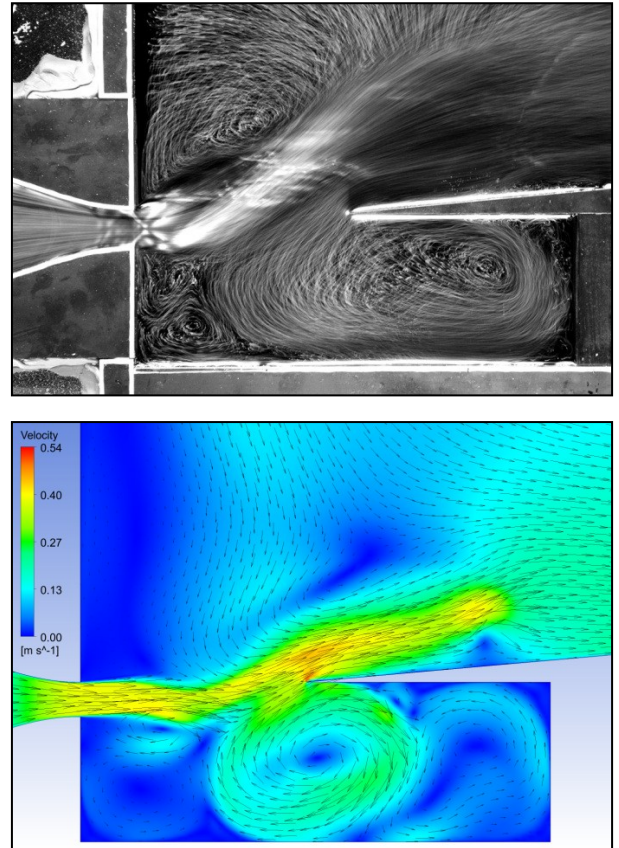
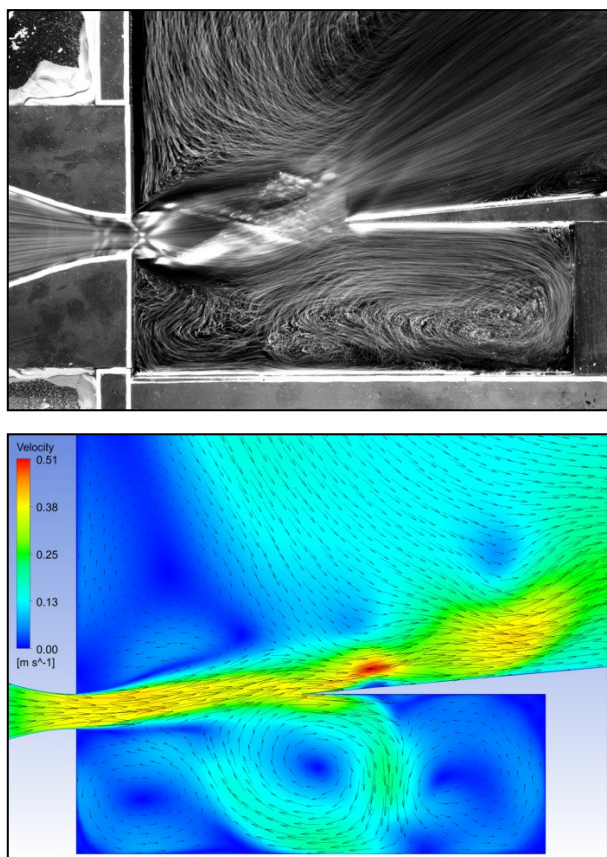
Časový krok byl nastaven na 0.02 s . Maximální počet iterací pro jeden časový krok byl nastaven na 100. Během výpočtu bylo zjištěno, že jedna časový krok zkonvertuje do 20 iterací. Podmínka konvergence byla nastavena na 10^{-4} pro všechny monitorované veličiny.

5. Porovnání výsledků





Obrázek 5: Set obrázků pro rychlost $0,059 \text{ ms}^{-1}$



Obrázek 6: Set obrázků pro rychlost $0,081 \text{ ms}^{-1}$

6. Závěr

Z několika ukázek (setů obrázků) pro dvě rychlosti proudění je zřejmé, že experiment se shoduje s numerickou simulací, a to zejména v oblasti okraje nádoby („u špičky“). Výrazná shoda je zejména při mezních odklonech proudu, tj. při proudění přímo do nádoby a při proudění ven (při vyprázdnování nádoby).

Menší shoda je v oblasti poblíž dna nádoby, kdy v experimentu je patrná velká intenzita víru, zatímco v numerické simulaci je vír slabší.

V následujících numerických simulacích i v experimentu bude upravena koncová oblast sestavy, protože v experimentu končí odtokovou komorou hydrodynamické vany a v numerické simulaci je koncový prostor volný. Další úpravy se budou týkat výstupní okrajové podmínky a parametrů turbulentního modelu $k-\omega$.

Závěrem je třeba podotknout, že numerická simulace byla pro jednoduchost provedena bez rozhraní fází, jako orientační. V dalších krocích bude provedena 3D simulace s rozhraním fází, která bude lépe odpovídat experimentu na volné hladině.

7. Literatura

- [1] Jirsák, Milan: Experimentální zařízení a metody v mechanice tekutin, ČVUT Praha 1977
- [2] Merzkirch, Wolfgang: Flow visualization, Academic press, New York and London 1974
- [3] Pavelek, M. – Janotková, E. – Štětina, J.: Vizualizační a optické měřicí metody, VUT Brno 2007, 2. vydání – jen vybrané kapitoly (tisk z www)
- [4] Řezníček, R.: Visualisace proudění (Optické metody vyšetřování proudění tekutin), Academia Praha 1972
- [5] Šoch, P. – Vrátný, J.: Experimentální metody v mechanice tekutin I., ČVUT Praha 1987
- [6] Unger, J. – Urbášek, J.: Visualisace průtoku mezikruhovými přechody, dílčí výzkumná zpráva, č. úkolu RS-03-124-004, VŠST Liberec 1976
- [7] Petříková, M. – Kryštůfek, P. – Kneř, J.: Hydrodynamická vana s nízkou hladinou, sborník konference Mechanical engineering 2007, STU Bratislava
- [8] Petříková, M.: Flow visualization in hydrodynamic bath, sborník konference Experimental fluid mechanics 2007, TU Liberec
- [9] Petříková, M.: Experimentální metodika a zařízení pro optimalizaci disipativních procesů vizualizačními metodami, TU Liberec 2008, interní text Katedry energetických zařízení
- [10] Kozubková, M.: Modelované proudění tekutin - FLUENT, CFX, VŠB TU Ostrava 2008
- [11] ANSYS Fluent v13 documentation

8. Poděkování

Tato práce byla podpořena projektem „Partnerství v oblasti energetiky a životního prostředí - reg. č. CZ.1.07/2.4.00/12.0001“