

## NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ OBTÉKÁNÍ DESKY DVĚMI NEMÍSITELNÝMI TEKUTINAMI VE VRSTVĚ

*Numerical Modelling of Flow of Two Immiscible Fluids in Layer Past a Flat Plate*

T. Mužík, J. Nožička, P. Šafařík

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky tekutin a energetiky

### 1. ÚVOD

Stékání tenkého vodního filmu je problém vyskytující se v řadě inženýrských aplikací. Například na lopatkách turbinových mříží může kondenzující a stékající voda způsobit i mimořádné komplikace. Proto je třeba tento jev zkoumat a z tohoto důvodu se jím zabývá tato práce. Byla tedy zformulována a řešena 2D úloha obtékání desky vzduchem, na níž vstupuje vrstva vody. Řešené téma představuje úvodní studii řešení vývoje kapalných vrstev a interakce nemísitelných tekutin při obtékání těles.

### 2. NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ

V generátoru sítí Gambit byly vytvořeny dvě varianty geometrií desky se vstupem vody a následně v oblastech byly vygenerovány výpočtové sítě.

Proudění nestlačitelné tekutiny bylo řešeno CFD programem Fluent 6.3, který řeší soustavu Navierových–Stokesových [1] rovnic pomocí metody konečných objemů. Soustava se stává z

rovnice kontinuity: 
$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \quad (1)$$

a rovnice bilance hybnosti: 
$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho \frac{\partial (u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + F_i. \quad (2)$$

Pro výpočet mezifázového rozhraní, které lze popsat následující rovnicí:

$$\frac{1}{\rho_q} \left[ \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q) \right] = S_{\alpha_q} + \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}), \quad (3)$$

byl použit explicitní model VOF (Volume of Fluid):

$$\frac{\alpha_q^{n+1} \rho_q^{n+1} - \alpha_q^n \rho_q^n}{\Delta t} V + \sum_f (\rho_q U_f^n \alpha_{q,f}^n) = \left[ S_{\alpha_q} + \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}) \right] V, \quad (4)$$

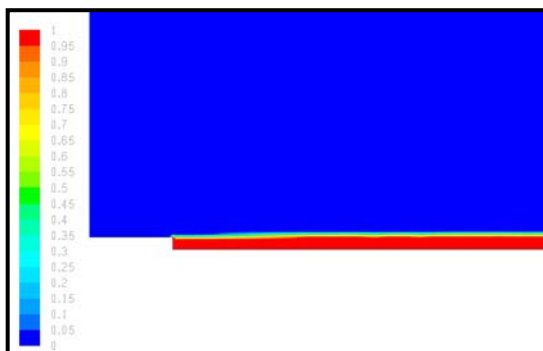
ktej je vhodný pro výpočet proudění dvou (nebo i více) nemísitelných látek. Pro výpočet fázového rozhraní bylo použito schéma Geo – Reconstruct.

#### 2.1 NASTAVENÍ PARAMETRŮ PROUDĚNÍ V PROGRAMU FLUENT

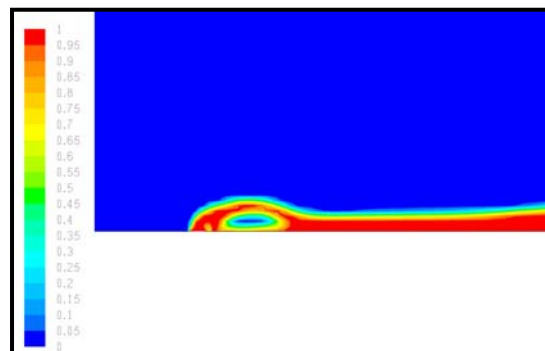
Proudění je uvažováno jako laminární, vazké, nestlačitelné, nestacionární. Rychlost vzduchu byla na vstupu zadána homogenně  $40 \text{ m.s}^{-1}$  a rychlost vody byla  $1 \text{ m.s}^{-1}$  ve variantách úhlu vstřiku  $0^\circ$  a  $90^\circ$ . Ostatní parametry byly nastaveny tak, aby simulovaly reálné prostředí.

### 3. VÝSLEDKY VÝPOČTU PROUDĚNÍ

Výsledky řešení ukazují vývoj koncentrace kapalně fáze od počátku vstřiku do ustálení proudové vrstvy vody. Na následujících Obr. 1 a 2 jsou zobrazeny hmotnostní podíly jednotlivých tekutin pro obě řešené varianty, v již ustáleném stavu.



Obr. 1. Hmotnostní podíl vody a vzduchu u varianty se vstupem  $0^\circ$ .



Obr. 2. Hmotnostní podíl vody a vzduchu u varianty se vstupem  $90^\circ$ .

Je vidět, že proud vody vstupující do oblasti z desky pod úhlem  $90^\circ$  nepřilne k desce hned po vstupu. Vytvoří se zde oblast obsahující vzduch pod oblastí vody. Výsledky výpočtu ukazují dále, že na vodním filmu a zvláště v úplavu za deskou vznikají vlny. Ve fázi rozběhu kapalně fáze lze pozorovat podle výsledků výpočtu rozpad kapalně fáze, který je vyjádřen zřejmým rozptylem koncentrace a který v postupu řešení v čase se posune přes výstupní okrajovou podmínku a proudění v řešené oblasti se ustálí. Tento výsledek je uveden v [1].

### 4. LITERATURA

- [1] Fluent 6.3 Documentation, Fluent Inc., 2006
- [2] T.Mužik, J.Nožička, P.Šafařík: Numerické Modelování obtékání desky dvěmi nemísitelnými tekutinami ve vrstvě, In: Dynamika tekutin 2007, CD-ROM, Praha, 2007

#### *Poděkování*

*Práce byla podpořena v rámci činnosti Výzkumného centra MŠMT reg.č.1M06059 PTSE.*