

SIMULATION OF FLOW THROUGH THE NORMALIZED ORIFICE PLATE

Michal Šimberský

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xsimbe01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Soňa Šedivá

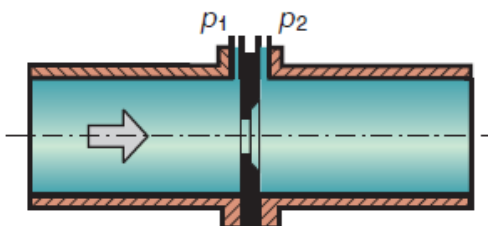
E-mail: sediva@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper describes the flow through the normalized orifice plate by using Computational Fluid Dynamics (CFD) with turbulence model $k-\varepsilon$. The main objective of this work is to determine the size of the mesh cells. Flow simulations are created in the Fluent.

Keywords: orifice plate, turbulent flow, turbulence model $k-\varepsilon$, CFD, Fluent

1. ÚVOD

Měření průtoku tekutin patří k nejčastěji měřené veličině v průmyslových aplikacích a podnicích. K měření průtoku se velmi často využívá principu tlakového rozdílu, který je vyvolán vložením škrticího orgánu do potrubí. Jedny z nejpoužívanějších škrticích orgánů jsou pro relativně nízkou cenu a snadnou údržbu kruhové clony.



Obr. 1-1 Kruhová clona v potrubí [1]

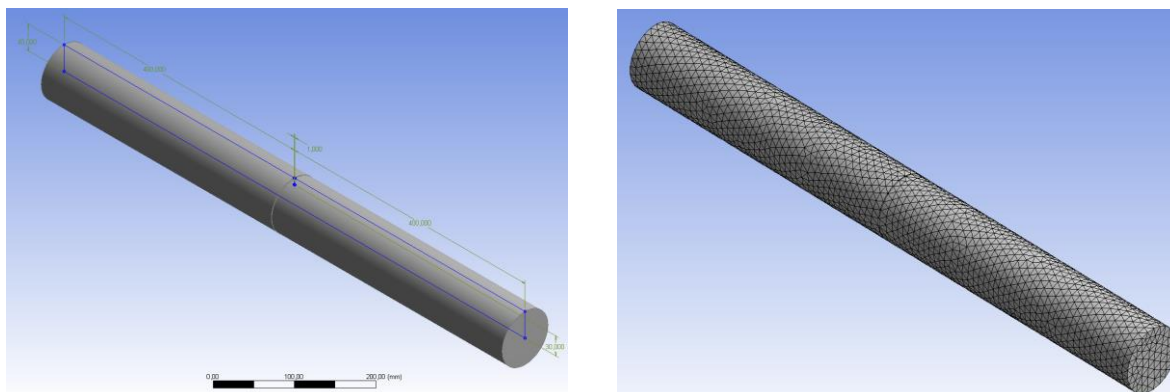
V dnešní době je výkon výpočetní techniky na takové úrovni, že lze proudění tekutin simulovat. Simulace slouží k výzkumu turbulentního proudění, které ještě není z fyzikálního pohledu vyřešeno, ale také k návrhu a vylepšení průtokoměrů. Jedním ze softwarů pro simulaci proudění je Fluent od firmy Ansys.

2. METODY MODELOVÁNÍ TURBULENTNÍHO PROUDĚNÍ

Turbulentní proudění je charakterizováno náhodným pohybem částic tekutiny a vzhledem ke složitosti nelze simulovat přímo, ale je nutné využít zjednodušené matematické modely. Modelem turbulence je soubor pohybových rovnic, empirických vztahů a přídavných rovnic. Nejpoužívanější modely jsou založeny na metodě Reynoldsova časovaného středování Navierových-Stokesových rovnic (RANS – Reynolds Averaged Navier-Stokes Equations). Tato metoda je založena na časovém středování veličin popisující turbulentní proudění a na časovém středování základních rovnic popisující proudění. Pro simulaci proudění skrz clonu byl vybrán model $k-\varepsilon$, který určuje turbulentní viskozitu dvěma transportními rovnicemi pro k a ε , kde k je turbulentní kinetická energie a ε je turbulentní disipace. Tento model je vhodný pro plně turbulentní proudění s velkým Reynoldsovým číslem. U stěn dosahuje horší přesnosti, ve větších vzdálenostech od stěny jsou výsledky přesnější. Více o modelech turbulentního proudění v [2].

3. SIMULACE

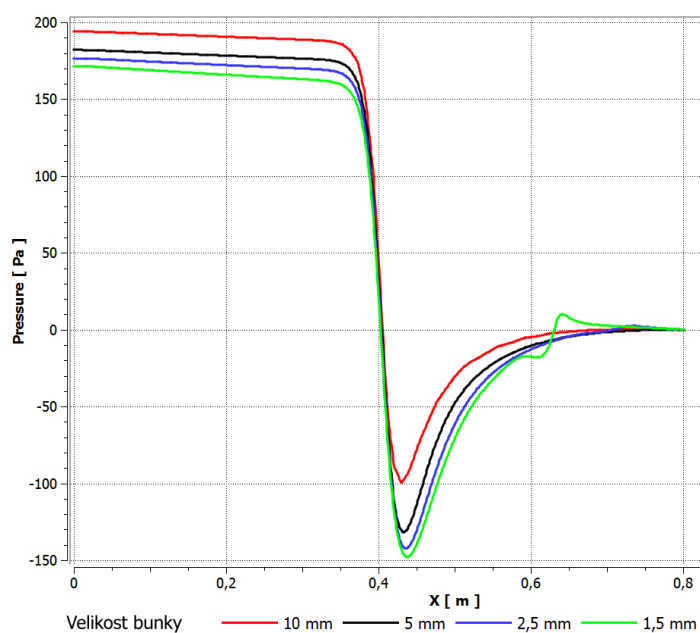
Před vlastní simulací je potřeba vytvořit model potrubí a clony a zvolit parametry proudící tekutiny. Proudící tekutinou je vzduch s rychlostí 10 m/s, kinematickou viskozitou $1,7894 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ a hustotou $1,225 \text{ kg/m}^3$, délka potrubí před clonou 0,4 m, délka potrubí za clonou 0,4 m, vnitřní průměr potrubí 80 mm, průměr otvoru clony 60 mm, šířka clony 1 mm (Obr. 3-1). Operační tlak je nastaven na hodnotu 101325 Pa.



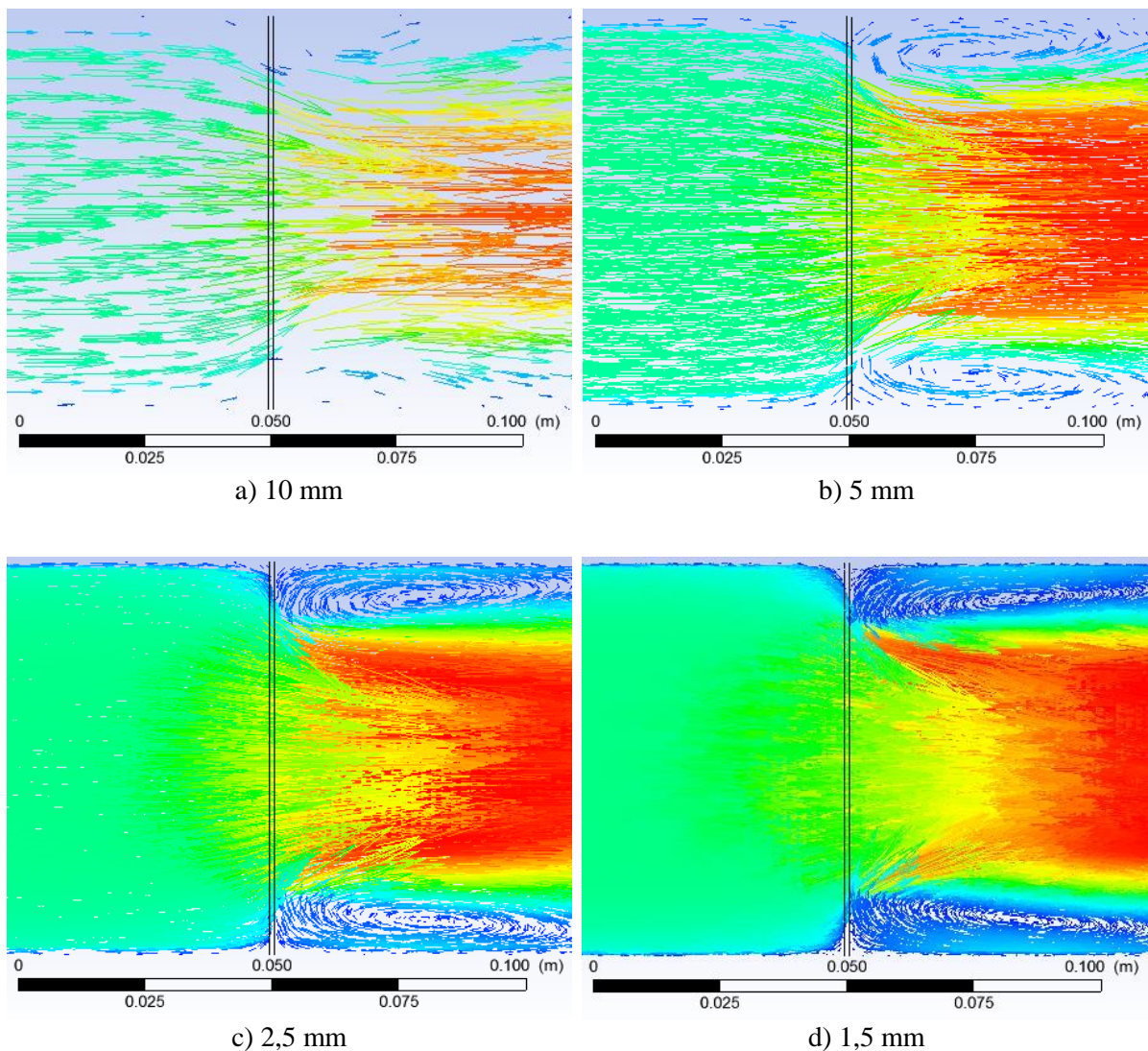
Obr. 3-1 Model potrubí se clonou, model s vytvořenou sítí

Jedním z nejdůležitějších kroků pro získání správných výsledků simulace proudění je vytvoření výpočetní oblasti - sítě. Sít' rozdělí model na konečný počet na sebe navazujících nepřekrývajících se buněk. Buňka může mít tvar šestistěnu, klínu nebo čtyřstěnu. Jako nejlepší volba pro kruhové potrubí s vloženou clonou je buňka s tvarem čtyřstěnu. Důležitá je i velikost buňky (Obr. 3-3). Se sítí s buňkou o velikosti 10 mm není možné zachytit zavíření. Při velikosti buňky 5 mm je již zavíření patrné. Při velikosti buněk 1,5 až 2,5 mm je zavíření již detailní a lze tuto velikost buňky i vzhledem k časové náročnosti simulace považovat za dostatečnou.

Vložení clony do potrubí vzniká tlaková ztráta, pomocí které lze pak na základě Bernoulliho rovnice určit průtok. Tlak středem potrubí pro modely s různou velikostí buněk je na Obr. 3-2. Hodnota tlaku na Obr. 3-2 je ve Fluentu zobrazena relativně k nastavenému tlaku operačnímu. Tento tvar je vhodný pro rychlý odečet tlakové ztráty.



Obr. 3-2 Relativní tlak k operačnímu tlaku středem potrubí pro různé velikosti buněk



Obr. 3-3 Detail zavíření proudění za clonou pro různé velikosti buňky

4. ZÁVĚR

Tato práce měla za cíl seznámení se softwarem Fluent na simulování turbulentního proudění a určení dostatečně jemné výpočetní sítě pro kruhové potrubí s vloženou clonou. Cíle práce byly splněny. Výsledky průběhu tlaku ve středu potrubí získané simulací, kdy dochází k poklesu tlaku před clonou, nejnižší hodnoty tlak dosahuje za clonou a pak se začne zvyšovat, dokud se jeho hodnota neustálí na nižší hodnotě, než která byla před clonou, odpovídají teoretickým předpokladům. Výsledky této práce budou dále využity pro další simulace se zaměřením na trvalou tlakovou ztrátu.

REFERENCE

- [1] KADLEC, Karel. Snímače průtoku: principy, vlastnosti a použití (část 1). *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha: FCC Public, 2006, č. 10, s. 5-9 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/download/au100605.pdf>
- [2] ANSYS, Inc. *ANSYS FLUENT: Theory Guide* [online]. 2011 [cit. 2014-02-03]. Dostupné z: http://cdlab2.fluid.tuwien.ac.at/LEHRE/TURB/Fluent.Inc/v140/flu_th.pdf