

Modelování přechodového proudění ve vnitřní aerodynamice

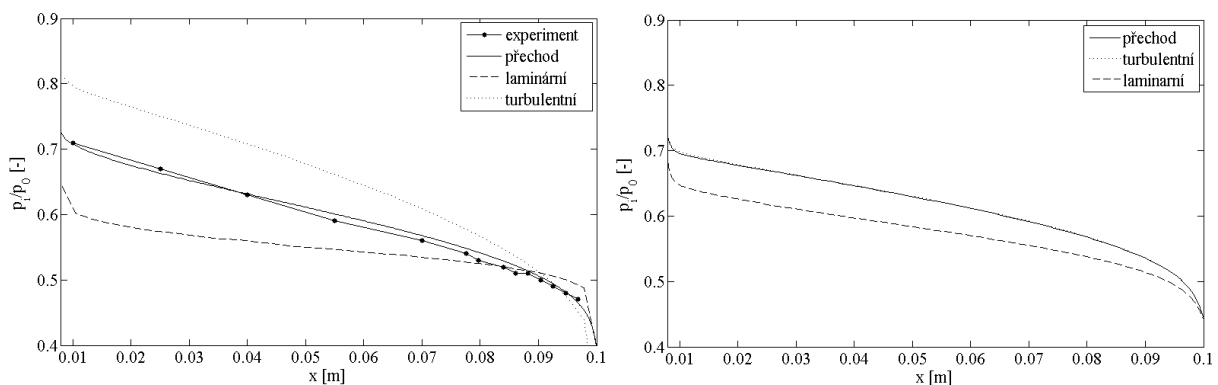
Helena Prausová¹, Ondřej Bublík², Jan Vimmr³

1 Přechodové proudění v úzké mezeře

Práce se zabývá modelováním proudění vzduchu v úzkých mezerách výšky 2 až 5 mm a délky 10 mm, za kterými následuje výtok do volného prostoru. Proudění je vyvoláno podtlakem v prostoru za mezerou, na vstupu do mezery je atmosférický tlak. Porovnání numerických simulací, provedených za předpokladu laminárního a plně turbulentního režimu proudění, s daty získanými experimentálním měřením ukazuje, že ani jeden z těchto přístupů není vyhovující. Průběh tlaku podél osy kanálku naznačuje v případě mezery výšky 2 mm spíše laminární režim proudění. Protože v úplavu za ní ale bude proudění určitě turbulentní, je potřeba vhodně zachytit přechod z laminárního režimu do turbulentního.

2 Numerická simulace

Numerické modelování turbulentního proudění je v prezentované práci založeno na přístupu FANS, tedy středování systému Navierových-Stokesových rovnic podle Favra. Tento systém středovaných rovnic je potřeba doplnit vhodným modelem turbulence, který aproximuje neznámé členy, jež vzniknou v systému Navierových-Stokesových rovnic středováním. V této práci je zvolen dvourovnicový model $k - \omega$ se členem příčné difuze podle Wilcoxe (2006). Pro modelování přechodu z laminárního do turbulentního režimu proudění je dále doplněn modelem $\gamma - Re_{\theta t}$ podle Langtryho a Mentera (2009), tvořeným dvěma transportními rovnicemi, jednou pro intermitenci γ a jednou pro Reynoldsovo číslo vztažené na hybnostní tloušťku $Re_{\theta t}$.

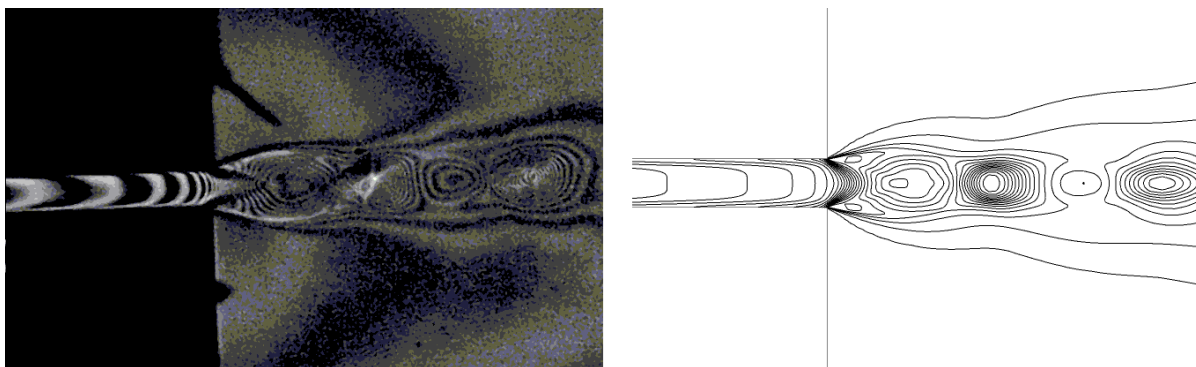


Obrázek 1: Poměr statického a stagnačního tlaku podél osy kanálu výšky 2 mm (vlevo) a 5 mm (vpravo); experimentální data: Ing. Martin Luxa, Ph.D., Ústav termomechaniky AV ČR

¹ studentka doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: prausova@kme.zcu.cz

² Západočeská univerzita v Plzni, Nové technologie pro informační společnost, e-mail: obublik@ntis.zcu.cz

³ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky, e-mail: jvimmr@kme.zcu.cz



Obrázek 2: Interferogram (vlevo) a izočáry hustoty vypočtené numerickou simulací (vpravo) na konci mezery a ve volném prostoru za ní; experimentální data: Ing. Martin Luxa, Ph.D., Ústav termomechaniky AV ČR

Úloha je modelována jako dvourozměrná, což je možné díky dostatečné šířce mezery použité pro měření. Uvedený matematický model je tvořen šesti transportními rovnicemi, pro jejichž prostorovou diskretizaci je použita nespojitá Galerkinova metoda konečných prvků (DGFEM), např. Cockburn a Shu (2001), a pro časovou integraci Rungeova-Kuttova metoda třetího řádu.

3 Závěr

Na obrázku 1 je zobrazen průběh poměru statického a stagnačního tlaku podél osy kanálu pro tři numerické simulace v porovnání s experimentálními daty. Z levého grafu pro mezeru výšky 2 mm je vidět dobrá shoda přechodového výpočtu s naměřenými hodnotami. Laminární ani plně turbulentní výpočet nevyhovuje. Při zvětšování výšky minikanálu se zvětšuje Reynoldsovo číslo a lze tedy očekávat, že proudění bude více turbulentní. Pravý graf na obrázku 1 ukazuje průběh poměru statického a stagnačního tlaku podél osy kanálu výšky 5 mm. Výsledky z přechodového výpočtu se prakticky shodují s výsledky z plně turbulentní simulace. Tedy rozdíl od užší mezery zde dochází k přechodu do turbulentního režimu již na začátku mezery. Obrázek 2 ukazuje interferogram pořízený během experimentu (vlevo) a izočáry hustoty získané z numerické simulace s přechodovým modelem (vpravo), obojí pro mezeru výšky 2 mm. Struktura rázových vln vznikajících ve volném prostoru za mezerou je numerickou simulací dobře zachycena. Dalším cílem práce je prozkoumat mezery různých šířek jak experimentálně, tak numericky.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen studentským grantovým projektem SGS-2013-036.

Literatura

- Cockburn B., Shu C.-W.: *Journal of Scientific Computing*, Vol. 16, 2001, 173 - 261.
 Langtry R. B., Menter F. R.: *AIAA Journal*, Vol. 47(12), 2009, 2894 - 2906.
 Wilcox D. C.: *Turbulence Modeling for CFD*, DCW Industries, La Cañada, 2006, 3rd edition, p. 522.