

## Oponentský posudek disertační práce

název disertační práce: Compressible Fluid Flow through Narrow Channels  
autor disertační práce: Ing. Jindřich Hála  
oponent: Ing. Petr Straka, Ph.D.

Předložená disertační práce se zabývá výzkumem vlastností proudění stlačitelné vazké tekutiny úzkými kanály

V úvodu se autor věnuje popisu základních vlastností vazkého proudění v kanálech a potrubí.

Druhá kapitola popisuje na základě rešerže literatury současný stav znalostí problematiky proudění úzkými kanály.

V třetí kapitole následuje definice tří cílů disertační práce: 1) objasnit povahu vazkého stlačitelného proudění úzkými kanály (včetně stanovení vlivu drsnosti povrchu na vývoj proudění, případně na přechod do turbulence), 2) zjistit, zda za podmínek aerodynamického ucpání se vlivem tření skutečně liší kritické a sonické podmínky, jak udává dostupná literatura, 3) objasnit, zda se zmenšuje tloušťka mezní vrstvy a zda klesá tečné napětí na stěně v oblasti blízko výstupu z kanálu.

Ve čtvrté kapitole je v hrubých rysech popsán přístup k řešení uvedené problematiky.

Pátá kapitola se podrobně věnuje popisu experimentálních zařízení a měřících technik. Zvláštní pozornost je věnována popisu kalibračního zařízení pro sondy se žhaveným filmem. Je zmíněn i způsob stanovení nejistot měření.

V šesté kapitole autor popisuje fyzikální a matematický model proudění a geometrický model výpočetní oblasti použitý při numerické simulaci proudění v úzkých kanálech a v kalibračním zařízení. Ke stanovení „nejistot simulací“ je použita studie vlivu zjemnění výpočetní sítě.

Sedmá kapitola se podrobně věnuje kalibraci sondy se žhaveným filmem.

Osmá kapitola popisuje provedená optická měření, pneumatická měření a kvalitativní a kvantitativní měření sondou se žhaveným filmem.

V deváté kapitole jsou uvedeny a diskutovány výsledky měření a simulací. Postupně jsou zodpovězeny otázky všech tří cílů disertační práce.

Poslední desátá kapitola shrnuje závěry diskutované v předchozích kapitolách.

Lze konstatovat, že cíle disertační práce byly splněny v plném rozsahu.

Rozbor současného stavu znalostí problematiky proudění úzkými kanály je dostatečný. Definované cíle disertační práce z něho přímo vycházejí.

Teoretický přínos práce podle mého názoru leží především v kapitolách, které popisují a objasňují jev aerodynamického ucpání za podmínek dominantního vlivu disipace v důsledku vazkého tření. Přínosná je rovněž kapitola popisující vývoj transsonického proudového pole v oblasti výstupu z úzkého kanálu při překročení sonických podmínek.

Praktický přínos disertační práce vidím ve dvou rovinách. Nashromážděný bohatý materiál z experimentální části výzkumu lze jednak využít pro validaci při úpravách modelu turbulence a modelu přechodu do turbulence, jednak lze tato data využít při návrhu různých „úzkých“ průtočných částí strojů.

K vhodnosti použitých metod řešení a jejich aplikaci lze zaujmout následující stanovisko. V experimentální části výzkumu byly použity takové měřicí metody a takové typy sond/čidel, které vlastní proudění v prostorově velmi omezených úzkých kanálech neovlivňují vůbec, nebo jen minimálně. Zde je třeba vyzdvihnout pozornost, jaká byla věnována kalibraci sondy se žhaveným filmem (včetně stavby kalibračního zařízení). Co se týče numerické simulace, fyzikální i matematický model proudění plně odpovídají studovanému problému. Geometrický model/tvar výpočetní oblasti a volba typu okrajových podmínek dobře vystihují skutečnou situaci v měřicím prostoru. Volba numerického schématu (nastavení řešiče) i použitých modelů turbulence plně odpovídají řešené problematice (stlačitelné, turbulentní ve vnitřní aerodynamice).

V práci uvedené výsledky, stejně jako autorova publikační činnost jasně dokládají hluboké znalosti v oboru experimentální, numerické i teoretické mechaniky tekutin a termodynamiky.

Práce je obsahově plná, přehledně strukturovaná, srozumitelná, jednotlivé kapitoly na sebe logicky navazují. Po formální stránce je práce velice přehledná, vybavená všemi náležitostmi disertační práce.

V předložené disertační práci jsem nenašel žádný bod, který bych přímo rozporoval.

Na straně 59 je uvedena věta „The comparison reveals that both transitional models (Transitional SST and  $\gamma - Re_{\theta t}$ ) significantly over-predicts the entrance length...“. Termíny „*Transitional SST*“ a „ $\gamma - Re_{\theta t}$ “ jsou ve skutečnosti různá označení jednoho a téhož modelu. Na straně 37 je uvedeno, že pro některé případy byl použit i model přechodu  $k - k_l - \omega$ , zdá se, že výsledky tohoto modelu nejsou v práci nikde prezentovány.

Jistým překvapením je, že v kapitole 7.3 sonda se žhaveným filmem byla překalibrována podle výsledků numerické simulace proudění kalibračním kanálem. Prosím autora, zda by mohl stručně komentovat, jakých úprav kalibračního postupu a zařízení by bylo zapotřebí, aby rekalibrace podle numerické simulace nebyla nutná.

Velmi zajímavá je analýza problematiky aerodynamického ucpání v úzkých kanálech. V kapitole 9.2 proti sobě stojí výsledky numerické simulace a teoretický rozbor z práce (Hyhlík aj., 2001). Bylo by nesmírně přínosné diskuzi problematiky podpořit nashromážděnými daty z experimentálního výzkumu. Je známo rozložení statického tlaku (obr. C.56). Z interferometrických snímků (obr. D1) by mělo být možné vyhodnotit rozložení hustoty v ose kanálu. Potom by neměl být problém vyhodnotit rovnici (64) z experimentálních dat. Prosím autora, zda by mohl do grafu na obr. 47 vyznačit několik bodů z experimentálních dat.

Předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě před komisí.

V Kolíně 30.6.2021