

Prof. Ing. Pavel Šafařík, CSc.
Radomská 469
18100 Praha 8

O p o n e n t n í p o s u d e k

disertační práce Ing. Davida Albrechta: *Experimental and Numerical Investigation of Backward-Facing Step Flow*, Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Liberec, 2010.

Předložená disertační práce obsahuje celkem 147 stran textu se 105ti obrázky, 7mi tabulkami, 2ma dodatky, seznamem běžně užívaných označení, seznamem použité literatury, který má 67 literárních pramenů. V disertační práci jsou dále na 25ti stranách souhrny v jazyce českém a v jazyce anglickém, poděkování, prohlášení o autorství, obsah, seznam obrázků, seznam tabulek a titulní list.

Tématem práce je převážně experimentální a numerický výzkum proudění tekutiny v okolí a za ustupujícím schodem v kanále.

V rozsáhlém úvodu jsou popsány výsledky výzkumu proudění při obtékání ustupujícího schodu dostupné z odborné literatury. Jsou formulovány cíle disertační práce.

Ve druhé kapitole je popsáno experimentální zařízení pro výzkum obtékání ustupujícího schodu. Jsou popsány měřicí přístroje, postupy měření a postupy při zpracování výsledků experimentů.

Ve třetí kapitole je popsána numerická simulace pro řešení průtoku vzduchu kanálem, na jehož jedné stěně je ustupující schod. Jsou uvedeny principy výpočetních metod, tvorba sítě, jsou uvedeny okrajové podmínky. Zpracování výsledků výpočtů se zaměřuje na střední rychlosti, na identifikaci vírů.

Kapitola čtvrtá uvádí dosažené výsledky a diskusi o struktuře proudového pole se zaměřením na oblasti primárního a sekundárního recirkulačního proudu v kanále za obtékaným ustupujícím schodem.

V závěru jsou shrnuty poznatky z experimentálního výzkumu i z numerických simulací zaměřené hlavně na vliv geometrického uspořádání a Reynoldsova čísla a na strukturu proudu ve vyšetřované oblasti.

V dodatcích jsou porovnány rychlostní profilu z experimentů a z numerických simulací a vizualizace vírových struktur vyhodnocené z numerických řešení.

Hodnocení :

Jedno z aktuálních témat současného badatelského výzkumu v oboru mechaniky tekutin je odtržení proudu tekutiny od obtékaného tělesa nebo od stěn protékaného kanálu. Zpravidla je tento jev spojen s dalším významným a aktuálním tématem - výskytem vírových struktur v proudovém poli. Není tedy divu, že v poznatcích o proudových polích s odtržením a zavíráním proudu zůstává stále mnoho nepoznaného, nevyjasněného ba dokonce i rozporného. Autor předložené disertační práce si volí za cíl poskytnout soubor dat o obtékání ustupujícího schodu jak experimentálně tak i cestou numerické simulace. Právě obtékání ustupujícího schodu je geometricky nejjednodušší pro studium odtrženého proudění - totiž na hraně schodu je možné fixovat bod odtržení a potom už jen zkoumat vývoj parametrů proudového pole s výskytem oblasti odtrženého proudu. Autor disertace si však zvolil poměrně složitý problém – totiž geometrii kanálu provedl jako relativně úzký kanál (ve

vstupní části 10 mm a ve výstupní části 20 mm) s ustupujícím schodem na jedné boční desce. Tato nesymetrie průtočného kanálu nutně musí v Poiseuilleově proudě v prostoru okolí schodu a za schodem způsobit složité proudové struktury vzájemně se ovlivňující a vývoj jejich parametrů může přinést řadu nevyjasněných problémů. Dokonce analýza vlivu bočních stěn bude značně obtížná. V disertační práci jsou uvedeny výsledky z experimentů i z numerických simulací. Rozbory těchto výsledků se omezují jen na popisy proudových polí a na dílčí diskuse, přičemž formulace a popis okrajových podmínek pro numerická řešení jsou zčásti nepřehledné. Lze konstatovat, že autor disertační práce splnil stanovené cíle tím, že získal pozoruhodné výsledky z experimentů i z numerických simulací. Použité moderní měřicí metody mu umožnily důkladně zobrazit parametry proudových polí, z nichž mohl určit vývoj a závislosti zón odtržení na variantách parametrů definujících provedení experimentů. Odpovídající numerické simulace umožnily získat nejen profily rychlostí v určených řezech ale i obrazy vířivosti a vírových struktur. Je škoda, že současně autor neposkytl údaje užitím klasických metod jmenovitě měření tlaku a že nevedl zpracování výsledků i na energetické bilance. Oponent v souvislosti s touto poznámkou klade otázku, zda autor se na základě dostupných dat z jeho experimentů nebo numerických výpočtů může vyjádřit k úrovni hodnot součinitele místní ztráty náhlým rozšířením a k závislosti tohoto součinitele na referenčních parametrech a zda může získat údaje o tlaku na dno schodu.

Předložená disertační práce je přínosná jako soubor dat z provedeného experimentu, který může přispět k úsilí výzkumníků porozumět vývoji složitých proudových polí s výskytem odtržení a vírových struktur. Autor při řešení úkolů nevyužil všechny možnosti, které dosažené soubory dat nabízejí. Práce dokazuje, že autor má dobré znalosti z vědního oboru mechaniky tekutin, z experimentálního výzkumu v mechanice tekutin a z numerického modelování a že autor má určité předpoklady k další tvůrčí práci. Oponent v práci, která je dobře zpracovaná a srozumitelná, shledal řadu nedostatků, které lze označit jako překlepy, tiskové chyby, přehlédnutí, drobné nedůslednosti i gramatická pochybení a autora je připraven na ně v osobním rozhovoru upozornit. Tyto nedostatky bude možné překonat v dalších nebo návazných publikacích. Jako čtenář si oponent musel zvyknout na dlouhé popisné věty a k autorovým přínosům se dopracoval až téměř v polovině textu. Uvedené poznámky nikterak nesnižují dobrou úroveň dosažených výsledků.

Závěr :

Předložená disertační práce má dobrou úroveň a je přínosná pro rozvoj vědního oboru mechaniky tekutin. Autor splnil stanovené cíle tím, že svým výzkumem získal soubor experimentálních i numerických dat o průtoku tekutiny v kanále s ustupujícím schodem. Prokázal svojí tvůrčí aktivitu a své dobré odborné znalosti. Jeho disertační práce je přínosná pro základní výzkum i pro praxi s tématem provedení experimentu a numerické simulace v oboru mechaniky tekutin. Oponent

doporučuje disertační práci Ing. Davida Albrechta k obhajobě

před komisí oborové rady studijního oboru 3901 V003 Aplikovaná mechanika a doporučuje, aby po úspěšné obhajobě byl Ing.D.Albrechtovi udělen akademicko-vědecký titul

Philosophiae doctor (PhD.).



V Praze 4. března 2011

Prof. Ing. Jaromír Příhoda, CSc.
Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 5, 182 00 Praha 8

Oponentský posudek disertační práce
Experimental and numerical investigation of backward-facing step flow
(Experimentální a numerické vyšetřování obtékání zpětného schodu)
autor: Ing. David Albrecht
studijní obor: Aplikovaná mechanika

Disertační práce, která je rozdělena do 5 kapitol, obsahuje celkem 147 stran, 105 obrázků, 7 tabulek a 2 přílohy. Jednotlivé kapitoly obsahují úvod, popis experimentálního zařízení a měřicí techniky, numerickou simulaci, výsledky a diskusi a závěr. Práce je zaměřena na studium prostorového proudění v kanálu obdélníkového průřezu s náhlým rozšířením průřezu, tj. obtékání tzv. kolmého zpětného schodu. Cílem práce je zejména rozšířit poznatky o 3D charakteru proudění a vlivu bočních stěn resp. šířky kanálu na obtékání zpětného schodu.

V úvodní kapitole je proveden zevrubný popis současného stavu vyšetřování obtékání schodu. Většina prací se zabývá obtékáním schodu při 2D vstupních podmínkách a zejména vlivem Reynoldsova čísla na délku odtržení, i když existují práce věnované vlivu výšky schodu resp. štíhlosti kanálu. Z rozboru vyplynulo zaměření disertace na vyšetřování obtékání zpětného schodu v širokém rozsahu štíhlosti kanálu a širokém rozsahu Reynoldsova čísla od laminárního do přechodového režimu. Práce se nezabývá vlivem expansního poměru ani vlivem turbulence nabíhajícího proudu.

Ve 2. kapitole je popsáno experimentální zařízení se zpětným schodem pro 4 různé štíhlosti, použita dvousložková PIV měřicí technika a metodika zpracování dat. Experimenty byly prováděny při expansním poměru $ER = 2$ pro 4 šířky kanálu o štíhlosti $b/h = 5,3; 8; 17,3$ a $33,2$. V práci jsou popsány dva způsoby určení polohy odtržení resp. znovupřilnutí, jednak pomocí nulové hodnoty průměrné rychlosti a jednak pomocí tzv. podílu dopředného proudění γ_p . Při vyhodnocení výsledků byla použita metoda nulové podélné složky rychlosti.

Ve 3. kapitole je popsána numerické simulace proudění pomocí LES. Je uvedeno filtrování pohybových rovnic, vybrané subgrid modely, způsoby řešení v blízkosti stěny a zadání vstupních podmínek. Simulace byla provedena pomocí dynamického Smagorinského modelu s využitím software OpenFoam. Na vstupu bylo předpokládáno laminární proudění s parabolickým profilem. Pro identifikaci vírů bylo použito kritérium λ_2 získané pomocí vlastních hodnot tenzoru $S^2 + \Omega^2$.

V 4. kapitole jsou uvedeny výsledky a jejich diskuse. Výsledky jsou rozděleny na části: vlastnosti vstupního proudění, délka znovupřilnutí proudu ke stěně. Jsou uvedeny profily střední rychlosti a intenzity turbulence ve vstupním kanálu před schodem ve vzdálenosti $x/S = -1$. Převážně jsou vyneseny profily střední rychlosti napříč kanálem. Proudění ve střední části kanálu má 2D charakter ve všech vyšetřovaných případech. Rychlostní profil v ose kanálu je ve všech případech parabolický, tj. laminární, i když intenzita turbulence činí 0,8% při velké štíhlosti a téměř 3,5% při malé štíhlosti kanálu. Ukazuje se, že pro uspořádání se štíhlostí $AR = 8$, které má jiný tvar vstupu, je hladina turbulence vyšší (cca $Tu = 3\%$).

Vyhodnocení experimentálních i numerických výsledků je zaměřeno na podrobný rozbor 3D oblasti odtržení za schodem a na protilehlé stěně, které vzniká při malých Reynoldsových číslech. Je proveden rozbor dosažených výsledků při různé štíhlosti a

porovnán s experimentem Armaly a j. a s 2D numerickými výsledky. Pozornost je zaměřena výhradně na určení polohy znovupřilnutí proudu jednak v ose kanálu a jednak v závislosti na šířce kanálu. Vzhledem k malým Reynoldsovým číslům se za schodem vyskytuje kromě primární oblasti odtržení za schodem tzv. sekundární oblast odtržení na horní stěně kanálu za schodem. Vliv bočních stěn na oblast odtržení je demonstrován pro $AR = 33,2$. Je podrobně vyšetřována poloha znovupřilnutí proudu napříč kanálem pro různé štíhlosti a Reynoldsové čísla. Kusou informaci o rychlostním poli lze získat pouze z proudnic uvedených na obr. 4.25 a 4.26 pro $AR = 33,2$ a $Re = 476$ a 506 v různých řezech z/b , ale jen v blízkosti boční stěny.

Provedené numerické výpočty jsou porovnány s experimentálními výsledky. Je uvedeno porovnání rychlostních profilů před schodem v obou příčných směrech a poloha znovupřilnutí proudu a velikost sekundární recirkulační oblasti na horní stěně. Dále je z numerických výsledků znázorněn vývoj vírových struktur v oblasti za schodem pomocí různých hladin parametru λ_2 .

V 5. kapitole jsou přehledně shrnuty dosažené výsledky experimentálního vyšetřování a numerického modelování obtékání schodu v kanálu s různou štíhlostí.

Poznámky a připomínky

- 1) Disertační práce je napsána anglicky s výjimkou krátkého abstraktu v češtině, kde lze nalézt řadu překlepů nebo pravopisných chyb.
- 2) V rov.(2.1.6.) chybí výška vstupního kanálu h . Obr. 3.1 a 3.2 mají stejný název. Poznámky pod čarou na str. xv jsou stejné a opakují se v textu u příslušných tabulek.
- 3) Proč má kanál se štíhlostí $AR = b/h = 8$ jiný vstup? Jinému vstupu odpovídá horší kvalita proudění (cca $Tu = 3,5\%$), jak vyplývá z hodnot Tu před schodem podle obr.4.6, a výsledky nelze dost dobře porovnávat.
- 4) Použité Reynoldsovo číslo Re je vztaženo na hydraulický průměr kanálu $Re = U_m d_h / \nu$, které do jisté míry charakterizuje proudění před schodem. Přitom je obtékání schodu charakterizováno Reynoldsovým číslem zpravidla vztaženým na výšku schodu případně výšku vstupního kanálu, rozšířením kanálu ER a štíhlostí kanálu AR . Obtékání schodu ve středním řezu kanálu lze spíše charakterizovat Reynoldovým číslem vztaženým na výšku schodu Re_s , které se v popisovaných experimentech pohybovalo v rozsahu 120 až 650, což je spíše laminární oblast než přechodová. Přitom se v úvodu kapitoly 4.2 uvádí, že experimenty byly prováděny v širokém rozsahu Reynoldsových čísel. Proč nebyly experimenty prováděny až do vyšších hodnot Reynoldsova čísla, které by zahrnovaly také turbulentní proudění?
- 5) Podle tab.4.1 byly experimenty prováděny v rozsahu Reynoldsových čísel $Re = 220$ až 1200 , ale na obr. 4.11 jsou uvedeny hodnoty polohy znovupřilnutí až do $Re \approx 2500$.
- 6) Na obr. 4.11 je pro porovnání vynesena průběh polohy znovupřilnutí, získané 2D numerickou simulací. V práci není uvedeno, jak byly tyto výsledky získány.
- 7) V práci se píše, že při numerické simulaci lze předpokládat vyšší přesnost výsledků získaných pomocí LES než pomocí RANS metod. Pokusil se autor porovnat výsledky obou metod?
- 8) Při numerické simulaci může délka výpočetní oblasti ovlivnit výsledky. Může být výsledek simulace pomocí LES metody závislý na délce oblasti za schodem vzhledem k použité výstupní okrajové podmínce $p = \text{konst.}$?
- 9) Kromě profilů střední rychlosti a fluktuací v kanálu před schodem nejsou v práci vůbec uvedeny profily střední rychlosti a fluktuací rychlosti v kanálu za schodem. Porovnání numerické simulace s experimentem je provedeno pouze pomocí polohy znovupřilnutí proudu. Získané výsledky lze tedy použít k testování matematických modelů proudění jen nepřímou – porovnáním stanovené délky oblasti odtržení.

- 10) V úvodu práce se píše o významu vyšetřované geometrické konfigurace pro technické aplikace. Pro praktické využití výsledků mají velký význam energetické ztráty, vznikající obtékáním schodu. Proč nebylo měření doplněno měřením tlaků ve vstupní a výstupní části kanálu, které by umožnilo určit ztrátu celkového tlaku?

Závěry a hodnocení

Předložená disertační práce se zabývá experimentálním vyšetřováním a numerickou simulací proudění v kanálu obdélníkového průřezu s náhlým rozšířením průřezu. Práce je zaměřena na studium prostorového charakteru proudění a vlivu šířky kanálu na obtékání schodu, zejména velikost oblasti odtrženého proudu.

Disertační práce splňuje stanovené cíle. Pomocí moderní PIV měřicí techniky bylo provedeno vyšetřování obtékání zpětného schodu při různé štíhlosti kanálu a Reynoldsově čísle v laminární a přechodové oblasti. Pro numerickou simulaci proudění v kanálu se schodem pomocí LES modelu byl využit výpočetní program OpenFoam. Byl proveden podrobný rozbor 3D oblasti odtržení na stěně za schodem a na protilehlé stěně, které vzniká při malých Reynoldsových číslech. Pomocí experimentálních dat a numerické simulace byla detailně zmapována poloha znovupřilnutí proudu jednak v ose kanálu a jednak v závislosti na šířce kanálu. Zvolený postup odpovídá soudobým metodám experimentálního vyšetřování i numerické simulace.

Autor disertační práce splnil stanovené cíle disertace a prokázal, že ovládá metody vědecké práce. Předložená disertační práce přináší původní výsledky, které byly publikovány, splňuje všechny podmínky podle zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. a proto ji doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 15. února 2011

Antoš

Oponentní posudek disertační práce

Ing. Davida Albrechta

zpracované na téma

Experimental and Numerical Investigation of Backward-Facing Step Flow

K posouzení byla předložena disertační práce o rozsahu 147 stran členěná do pěti kapitol včetně úvodu a závěru. V práci je uvedeno celkem 68 odkazů na literaturu, z nichž 1 odkaz je vlastní publikace doktoranda ke sledované problematice.

Disertační práce se zabývá experimentálním vyšetřováním a numerickou simulací proudění vzduchu ve 3D kanále s náhlým rozšířením jeho obdélníkového průřezu. V literatuře je tato úloha často označována jako obtékání kolmého zpětného schodu a slouží ke studiu proudění odtrženého od hrany schodu s následným výskytem vírových struktur v proudovém poli za schodem. Problematika odtržení proudění, s nímž se lze setkat v řadě technických aplikací vnitřní i vnější aerodynamiky, patří v současné době ke stále nedokonale probádaným oblastem dynamiky tekutin. Z tohoto pohledu je téma předložené disertační práce velice aktuální.

Na základě pečlivě provedené rešerše vědeckých článků publikovaných většinou v posledních deseti letech převážně zahraničními autory v oblasti jak experimentálního tak i numerického výzkumu proudění tekutiny v kanále s geometrií zpětného schodu byly doktorandem v úvodní kapitole formulovány cíle jeho disertační práce. Jeho hlavním záměrem je poskytnout rozsáhlý soubor experimentálních dat a numerických výsledků o proudovém poli ve 3D kanále s geometrií zpětného schodu pro široký rozsah štíhlosti kanálu (poměr šířky kanálu b a výšky kanálu h na vstupu) a pro široký rozsah Reynoldsových čísel odpovídajících laminárnímu a přechodovému režimu vždy pro daný expanzní poměr $ER = 2$ (poměr výšky kanálu H na výstupu a výšky kanálu h na vstupu). Vliv intenzity turbulence nabíhajícího proudu není v této práci uvažován.

Ve druhé kapitole autor disertační práce popisuje experimentální zařízení pro výzkum proudění ve 3D kanále se zpětným schodem, použitou moderní PIV měřicí techniku a metodiku zpracování naměřených dat. Dále zmiňuje dva způsoby určení bodu odtržení a znovupřilnutí. Proměřovány jsou 4 kanály o štíhlostech $b/h = 5,3; 8; 17,3$ a $33,2$ pro zvolený expanzní poměr $ER = 2$.

Třetí kapitola je věnována numerické simulaci proudění vzduchu 3D kanálem se zpětným schodem. Je zde pouze schematicky popsán princip metody LES, je uveden systém filtrovaných Navierových-Stokesových rovnic pro proudění nestlačitelné tekutiny včetně tří vybraných subgrid modelů. Dále je popsán způsob řešení v blízkosti stěny a způsob předepsání okrajových podmínek na vstupu. Výpočetní síť byla pro 3D numerické simulace vytvářena blokově a její parametry jsou v práci popsány. Všechny numerické simulace byly provedeny užitím dynamického Smagorinského modelu pomocí otevřeného a volně dostupného CFD výpočtového softwaru OpenFoam. Pro vizualizaci vírových struktur bylo použito kritérium λ_2 navržené Jeongem a Hussainem.

Získané experimentální a numerické výsledky jsou přehledně prezentovány ve čtvrté kapitole. Tato kapitola je z celé práce nejobsáhlejší, neboť je zde provedeno detailní vyhodnocení a diskuse dosažených výsledků. Nejprve jsou uvedeny experimentálně zjištěné profily střední rychlosti ve vstupní části kanálu, tj. ve zvolené vzdálenosti před schodem,

zobrazené v horizontální rovině nebo v rovině symetrie kanálu pro různé štiřlosti kanálu a různá Reynoldsova čísla. Některé z těchto profilů jsou následně porovnány rovněž s numerickými výsledky. Dále jsou vykresleny experimentálně zjištěné hodnoty intenzity turbulence ve vstupní části kanálu a to opět v horizontální rovině a v rovině symetrie kanálu pro různé štiřlosti kanálu a různá Reynoldsova čísla. V této kapitole se autor rovněž zaměřil na stanovení polohy znovupřilnutí proudu ke spodní stěně kanálu za schodem v rovině symetrie kanálu. Experimentálně zjištěné hodnoty porovnává pro různé štiřlosti kanálu v rozsahu Reynoldsových čísel $Re < 2500$ a zároveň svoje výsledky konfrontuje jak s experimentálními tak i numerickými výsledky jiných autorů, např. Armaly (1983), Nie & Armaly (2004), Kitoh (2007). Dále je diskutována poloha znovupřilnutí proudu napříč kanálem pro primární oblast odtržení proudu za schodem a pro sekundární oblast odtržení proudu na horní stěně kanálu za schodem opět pro různé štiřlosti kanálu a různá Reynoldsova čísla. Experimentální výsledky jsou porovnány s numerickými výsledky. V závěru kapitoly je provedena vizualizace vírových struktur podle λ_2 kritéria zjištěných numerickou simulací.

V páté kapitole jsou shrnuty dosažené experimentální a numerické výsledky pro proudění vzduchu ve 3D kanále s geometrií zpětného schodu s důrazem na stanovení vlivu štiřlosti kanálu a Reynoldsových čísel na charakter proudového pole v uvažované oblasti.

Hodnocení disertační práce:

Problematika odtržení proudění řešená v této disertační práci patří stále k nedokonalé probádaným oblastem dynamiky tekutin, což dokazuje i doktorandem pečlivě provedená rešerše vědeckých článků publikovaných k tomuto tématu v posledních deseti letech, převážně zahraničními autory. Z tohoto pohledu je téma předložené disertační práce velice aktuální. Cíle, které jsou v práci formulovány, byly zcela splněny. Autor přispěl svými původními experimentálními i numerickými výsledky k prohloubení současných poznatků o charakteru proudění ve 3D kanále s geometrií zpětného schodu a rozšířil tak znalosti týkající se vlivu bočních stěn na charakter proudového pole uvnitř kanálu pro široký rozsah Reynoldsových čísel v laminární a přechodové oblasti pro zvolený expanzní poměr $ER = 2$. Pomocí těchto výsledků detailně určil polohu znovupřilnutí odtrženého proudu jak v rovině symetrie kanálu tak i napříč kanálem pro různé štiřlosti kanálu a různá Reynoldsova čísla. Z mého pohledu zajímavé (pro mne neočekávané) jsou například experimentální výsledky udávající polohu znovupřilnutí odtrženého proudu ke spodní stěně kanálu za schodem v rovině symetrie kanálu pro případ štiřlosti kanálu $b/h = 17,3$ v závislosti na Reynoldsových číslech, viz obr. 4.11. Rovněž významné je zachycení polohy sekundární oblasti odtržení proudu na horní stěně kanálu za schodem v blízkosti roviny symetrie kanálu pro štiřlost kanálu $b/h = 33,2$ při Reynoldsových číslech $Re > 900$, viz obr. 4.19. Experimentálních výsledků bylo dosaženo pomocí moderní PIV měřicí techniky. Všechny numerické simulace byly provedeny metodou LES užitím dynamického Smagorinského modelu pomocí otevřeného a volně dostupného CFD výpočtového softwaru OpenFoam. To je zřejmě důvod, proč se autor ve své práci nezaměřil více na detailnější popis metody a její numerickou implementaci.

Disertační práce je přehledná a má velmi pěknou grafickou úpravu. Práce je napsána relativně dobrou angličtinou, v textu však lze najít drobné chyby. Nemohu se však nevyjádřit ke krátkému abstraktu předložené disertační práce, který je napsán v češtině. Tolik překlepů a hrubých gramatických chyb koncentrovaných na jedné straně textu jsem ještě neviděl. Bohužel tato jedna strana kazí celkový dojem z celé, po obsahové stránce velmi kvalitní, práce. Domnívám se, že hrubé gramatické chyby by se v kvalifikační práci tohoto druhu vůbec neměly vyskytovat.

Rovněž mě trochu překvapila nízká publikační aktivita doktoranda. V disertační práci se odkazuje pouze na jednu svojí publikaci. Jedná se o příspěvek publikovaný ve sborníku

konference Experimental Fluid Mechanics, která se konala v Liberci v roce 2006. Od té doby nepublikoval nic ani jako spoluautor? Doporučuji, aby se doktorand pokusil některé cenné výsledky svojí práce publikovat alespoň v některém recenzovaném časopise vydávaném v ČR.

K práci mám jen několik drobných připomínek, resp. otázek k doktorandovi:

- Překlepy v rovnicích (2.1.6), (3.1.4), (3.1.5).
- V kapitole 3 autor zmiňuje vyšší přesnost výsledků numerické simulace proudění pomocí metody LES v porovnání s modely založenými na přístupu RANS. Má autor k dispozici nějaké porovnání výsledků získaných užitím obou přístupů?
- Proč se liší hodnoty Reynoldsových čísel Re_{true} uváděných v tab. 4.1 pro štíhlost $b/h = 17,3$ od Reynoldsových čísel, pro něž byla vykreslována experimentální data odpovídající této štíhlosti kanálu?
- Jakým směrem se bude ubírat další vědecko-výzkumná práce doktoranda?

Závěr:

Předložená disertační práce obsahuje řadu původních výsledků, které jsou přínosné v oblasti experimentálního i numerického modelování v mechanice tekutin, a splňuje všechny požadavky kladené na disertační práci. Jsem přesvědčen, že doktorand Ing. David Albrecht nepochybně prokázal odpovídající znalosti v oboru a je schopen samostatně vědecky pracovat. Disertační práci doporučuji k obhajobě. V případě její úspěšné obhajoby doporučuji udělit doktorandovi akademicko-vědecký titul Ph.D. ve smyslu příslušného zákona.

V Plzni dne 23. dubna 2011



doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.

ZČU v Plzni,
Fakulta aplikovaných věd,
Katedra mechaniky,
Univerzitní 22, 306 14 Plzeň