

Oponentní posudek disertační práce

Portálový vír v úplavu modelu rotačního hyperboloidu

Autorka: Ing. Veronika Barraclough
Školitel: Prof. Ing. Pavel Šafařík, CSc.

Náročnost tématu

Tématem disertační práce je výzkum obtékání tělesa tvaru rotačního hyperboloidu se zaměřením na vírové struktury v úplavu za tělesem, především na portálový vír. Téma se odvíjí od praktické a aktuální problematiky, kterou je obtékání chladicích věží větrem. Řešení tématu práce je na úrovni základního výzkumu, je založeno hlavně na experimentálním měření v aerodynamickém tunelu (BLWT) a na teoretickém rozboru zkoumaných vírových struktur. Náročnost tématu je vysoká, což vyplývá z geometrie obtékaného tělesa a z podmínek obtékání v mezní vrstvě při vysoké intenzitě turbulence (tj. v podmínkách modelujících mezní vrstvu atmosféry).

Obsah práce

Disertační práce má včetně obrázků a tabulek rozsah 65 stran a je rozdělena do sedmi hlavních kapitol. Cíle práce jsou uvedeny na konci první kapitoly, shrnuty do tří bodů:

- experimentálně potvrdit existenci portálového víru za tělesem tvaru rotačního hyperboloidu;
- změřit geometrické a proudové vlastnosti portálového víru;
- kvantifikovat geometrickou podobu portálového víru a rozložení cirkulace podél tohoto víru, zhodnotit dynamické vlastnosti proudění v úplavu za tělesem.

Druhá kapitola popisuje použitá experimentální zařízení (BLWT a LSWT), dva zkoumané modely tělesa a měřicí metody – 2D PIV, HWA a vizualizaci proudového pole nitěmi. Ve třetí kapitole je popsán matematický aparát pro analýzu vírových struktur. Ve čtvrté kapitole jsou uvedeny vlastní experimentální výsledky autorky ve formě obrazů vektorových polí a rychlostních profilů v různých měřicích rovinách. Pátá kapitola je věnována podrobné analýze výsledků experimentů, ukazuje pokus o identifikaci víru na základě kritéria λ_2 , zjišťování vírového vlákna z rychlostního pole, poznatky o rychlostním profilu v úplavu za tělesem, analýzu rozložení cirkulace podél víru a rozbor energetických módů vyplývajících z metody vlastního ortogonálního rozkladu (POD). Šestá kapitola podává diskusi výsledků, poslední kapitola je věnována závěrům práce.

Hodnocení formální úrovně práce

I když výše popsaná struktura práce je adekvátní, autorka nedodrhuje žánr jednotlivých kapitol.

V kapitole 2.4 věnované popisu metody HWA se objevují bez dalších souvislostí výsledky (obr. 2.7 – Strouhalovo číslo v úplavu za modelem). Naopak kap. 4.1.3 začíná prezentací poznatků z literatury, které mají místo spíše v úvodní části práce (v kap. 1.3). Podobně kap. 5.3.3, kde je vyhodnocení cirkulace podél portálového víru, začíná definicemi vírového vlákna, vírové trubice a dalším obecným popisem cirkulace – to vše patří spíše do kap. 3.

Výsledky práce nejsou vždy prezentovány zcela srozumitelně. Jako negativní příklad bych uvedl popis rychlostních profilů na str. 44. Nesrozumitelnost souvisí mimo jiné s tím, že se popis výsledků neodvíjí od pevně stanoveného a dodržovaného systému souřadnic, jednoznačnosti poloh měřicích rovin a jejich pojmenování.

Velký problém je to, že u většiny obrázků došlo asi při tisku k jistému dvojitému zobrazení. Pro obrazy vektorů rychlostí to má téměř devastující účinek (např. obr. 4.14).

Text práce obsahuje zbytečné chyby, které svědčí o tom, že nedošlo ke kontrole textu po tisku – např. na str. 12, str. 13, popis obr. 5.1 na str. 37. Odkazy na vlastní publikace autorky na str. 38 a 51 chybně míří na práci jiného autora (Roshko, 1954). U vztahů (15) a (16) na str. 22 chybí symboly vektorů, bez nichž Stokesova věta ztrácí smysl.

Hodnocení obsahu práce

Těžiště práce je zcela jednoznačně v její experimentální části (kap. 4), která přináší nové poznatky v oblasti obtékání těles tvaru rotačního hyperboloidu v podmínkách mezní vrstvy atmosféry. Bylo provedeno množství náročných experimentů s užitím pokročilých metod měření. V práci bohužel chybí řada podstatných údajů o podmínkách provedených experimentů (např. podmínky modelované v aerodynamickém tunelu – typ a tloušťka mezní vrstvy, popis rychlostního profilu, intenzita turbulence), zda byla měření opakována, postupy vyhodnocení apod. Některé informace o experimentech jsou uvedeny až v úplném závěru práce (kap. 7). Není vždy jasně rozlišeno, kterou metodou (PIV, HWA) byly získány určité výsledky. Nejsou ukázány žádné výsledky vizualizačních experimentů s užitím nití obarvených fluorescenční barvou, pouze je uvedeno tvrzení, že tato metoda potvrdila přítomnost víru (str. 31).

Ve 2. kapitole práce (Parametry experimentu) bych očekával zobrazení modelu tělesa ve zvoleném souřadnicovém systému (včetně zobrazení jeho počátku a os), avšak k tomu nedošlo. Také chybí jednoznačný popis rovin měření s definicí jejich polohy, který by měl být dodržen v celém rozsahu práce. Ani to se nestalo, viz např. rozpor v osách x a y na obr. 5.2, 5.3 a 5.4. Tyto nedostatky vedou k nejasnostem v popisu výsledků, ale také k jejich obtížnému hodnocení.

Rozbor proudění za obtékanými modely je věnována kap. 5. Autorka zde prokazuje schopnost podrobně analyzovat experimentální výsledky a konfrontovat je s předpoklady teoretické mechaniky tekutin. Za úspěšnou lze považovat identifikaci vírových vláken. Ostatní zde provedené analýzy (použití kritéria λ_2 , gradienty rychlostního pole, identifikace vícenásobné vírové struktury, POD) nepřinášejí příliš jednoznačné poznatky o vlastnostech proudění za obtékanými modely.

K vyhodnocení cirkulace mám výhrady, z nichž vyplývá moje otázka č. 4 k obhajobě. V této souvislosti nesouhlasím ani s úvahou na konci kap. 6.

Splnění cílů

První cíl práce byl téměř splněn, i když vrchní, víceméně horizontální část víru zůstala bez experimentálního důkazu.

Geometrie víru za tělesem, která byla součástí dalších dvou cílů práce, byla detailně prozkoumána.

Z toho vyplývající vizualizace portálového víru (obr. 5.7 a 5.8) však částečně zůstává na úrovni hypotézy. Vícenásobná vírová struktura v úplavu (její opakování po proudu) prokázána nebyla.

V rámci třetí skupiny cílů nepovažuji za úspěšné vyhodnocení cirkulace. Rozbor energetických módů získaných metodou POD vedl k závěru, že proudění v úplavu inklinuje ke vzniku centrovaného víru. Ostatní závěry mají málo konkrétní charakter, např. že tzv. vlastní tvary proudění oscilují v pásmu frekvencí 10^{-1} až 10^0 Hz, vír se může smršťovat a rozpínat apod.

Publikace autorky k řešenému tématu

Seznam těchto publikací je na str. 64 a obsahuje 1 článek v časopise Acta Machanica Slovaca, 2 práce publikované na konferencích zařazených do EPJ Web of Conferences a další 4 publikace na národních konferencích. Jedna publikace byla předložena k recenznímu řízení v impaktovaném časopise Building and Environment.

Otázky k obhajobě

1. V kontextu posledního odstavce na str. 8 a komentáře k obr. 1.6, 1.7 prosím o upřesnění významu pojmů a jejich vzájemného vztahu: *vířivost*, *vířivé* proudění a proudění *s vírovou strukturou*.
2. Na jakém modelu a jakou metodou (včetně způsobu určení znaménka hodnoty rychlosti) byla získána data prezentovaná na obr. 4.8 a 4.9?

3. Pokud měření v LSWT poskytlo „podobné výsledky“ (cit. ze str. 30) jako v podmínkách BLWT, lze vyloučit „destruktivní účinek silné turbulence v mezní vrstvě nabíhajícího proudu“ (cit. ze str. 30) na úplav za modelem? Proč v této části práce nejsou ukázány výsledky měření v LSWT?
4. Je pro daný případ proudění korektní vyhodnocovat cirkulaci z rychlostního pole naměřeného v rovině (kap. 5.3.3, s ohledem na vztah 2a na str. 19)? Jaký to může mít vliv na hodnoty prezentované na obr. 5.19?

Závěr

Doktorandka prokázala solidní úroveň znalostí experimentálních metod a teoretických základů v dané oblasti mechaniky tekutin. Disertační práce obsahuje nové poznatky o obtékání těles tvaru rotačního hyperboloidu v podmínkách mezní vrstvy atmosféry. Výsledky výzkumu autorka průběžně publikovala, převážně na národních konferencích s mezinárodní účastí. Z hlediska originality výsledků a úrovně použitých metod řešení podle mého názoru doktorandka splnila podmínky stanovené zákonem a studijními předpisy ČVUT v Praze pro závěrečné práce doktorského studia.

Výhrady mám k formě a úplnosti textu práce. Kvůli chybějícím údajům, malé srozumitelnosti a nejednoznačnosti popisu lze některé výsledky posoudit jen velmi obtížně. Tato disertační práce nebyla podána ve formě souboru publikací. Měla by tudíž obsahovat úplné a ucelené informace, a nevyžadovat dohledávání chybějících údajů v dílčích publikacích autorky. Záleží tedy na doktorandce, zda v rámci obhajoby dokáže podat srozumitelné a úplné informace o postupu řešení a dosažených výsledcích. S tím práci doporučuji k obhajobě.

V Praze 15. dubna 2021

Ing. Martin Barták, Ph.D.
Ústav techniky prostředí
ČVUT v Praze, Fakulta strojní