

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Název práce: Úplav za dvěma válci ve střídavé konfiguraci

Autor: Ing. Rut Vitkovičová

Oponent: prof. Ing. Václav Uruba, CSc., Ústav termomechaniky AVČR, v.v.i.

Předkládaná disertační práce popisuje experimentální výzkum příčného obtékání dvojice válců. Jsou uvažovány různé konfigurace válců, obtékání je vždy kolmé k osám rovnoběžných válců. Byly měněny průměry válců, jejich vzájemná poloha a Reynoldsovo číslo.

Rozsah provedených prací je úctyhodný. Byla zkoumána celá řada konfigurací za různých podmínek (při různých Reynoldsových číslech). Složitá proudová pole byla podrobena detailnímu měření a analýze pomocí různých metod. Výsledkem práce je potom popis fyzikálních mechanismů chování proudění v okolí dvojice válců za různých situací.

Dosažení cílů disertace

Cíle práce jsou jasně formulovány v kapitole 1.3, jedná se o 4 hlavní cíle:

- 1) Stanovit vliv geometrického uspořádání válců a Reynoldsova čísla na stabilitu v úplavu, jeho topologii a dominantní frekvence.
- 2) Identifikovat základní struktury v proudění vzniklých interakcí smykových vrstev a struktur formovaných oběma válci a jejich vliv na výsledné dominantní frekvence v úplavu.
- 3) Vyšetřit experimentálně ovlivnění dominantní struktury v úplavu změnou polohy druhého válce.
- 4) Implementovat metodu analýzy proudění POD na identifikaci struktur proudění a zhodnotit použitelnost dosažitelných výsledků.

Takto formulované cíle byly dle mého názoru splněny.

Úroveň rozboru současného stavu

Rešeršní část práce obsahuje podrobný rozbor problematiky obtékání jednoho i dvou válců. Je uváděno 31 literárních zdrojů, které se týkají obtékání samotného válce a dvojice válců. Z uváděné literatury byly zpracovány relevantní informace, které se týkají fyzikálních principů a mechanismů uplatněných v různých situacích souvisejících s různými variantami zadané úlohy. Výsledkem rešeršní části práce je jednak shrnutí dosavadních poznatků a z nich vyplývajících hypotéz. Dále jsou definovány konfigurace a situace, které nejsou v dostupné literatuře dostatečně popsány. Některé z těchto konfigurací jsou předmětem následné experimentální studie.

Teoretický přínos práce

Příspěvek k objasnění fyzikálních mechanismů při interakci úplavů válců. Práce přináší nové poznatky pro řadu vzájemných konfigurací válců a pro různá Reynoldsova čísla.

Praktický přínos práce

Situace, kdy se ocitá jedna válcová struktura v úplavu jiné je velmi častá v různých oborech strojírenství i stavebnictví. Vlastnosti proudění vzniklé touto interakcí mají přímou souvislost s aerodynamickým buzením konstrukce a tím i s bezpečností provozu celého zařízení. Z tohoto hlediska je důležité vytvoření spolehlivého modelu těchto jevů, aby bylo možno optimalizovat technické řešení již ve fázi návrhu.

Vhodnost použitých metod řešení

V práci byla použita celá řada experimentálních technik a metod zpracování získaných dat.

Pro získání experimentálních dat byly aplikovány metody měření fluktuací rychlosti pomocí žhaveného drátku, metoda PIV a metoda vizualizace proudění tekutiny pomocí barviva.

Hlavními metodami použitými pro zpracování naměřených dat je metoda výpočtu časových spekter a dále metoda POD.

Metoda POD se používá pro energetickou analýzu časo-prostorových dat a dále pro efektivní modelování složitých dynamických procesů modely s nízkým počtem stupňů volnosti. Tato metoda není vhodná pro určování dynamických charakteristik – spekter a význačných frekvencí. Toto se plně potvrdilo v předkládané práci. Výsledky spekter a význačných frekvencí (Strouhalových čísel) jsou velmi nepřehledné, často si odporující. Podrobnou a pečlivou analýzou těchto výsledků se doktorandka přesto dopracovala k rozumným výsledkům. Jednodušeji a přímočařeji by bylo bývalo možno tyto závěry docílit pomocí existujících speciálních metod pro frekvenční analýzu časo-prostorových dat, jako je např. metoda DMD a OPD. Dále, metoda určení informační entropie mohla být s výhodou použita pro kvantifikaci míry koherence jednotlivých případů.

Uvedené metody považuji za správně zvolené. Chybí ovšem aplikace klasických statistických metod, které poskytují základní informace o globální topologii proudového pole.

Způsob aplikace metod

Vybrané metody měření byly aplikovány správně, pokud lze usoudit z informací obsažených v disertaci. Pravdou ovšem je, že detaily aplikace experimentálních metod nejsou v práci uvedeny.

Pro účely analýzy topologie proudových polí jsou ukázány náhodné okamžité topologie proudění a dále je aplikována metoda POD. Popis výsledků je velmi detailní, ne pro všechna tvrzení jsou v práci uvedeny relevantní materiály.

Znalosti doktorandky v oboru

Doktorandka v disertační práci prokázala dobré znalosti mechaniky tekutin, měřících metod i matematických metod statistického zpracování dat.

Formální úroveň práce

Po formální stránce je práce na dobré úrovni, zpracování je pečlivé, grafická úprava je také dobrá, překlepů je minimální množství. V textu je často používána odborná „hantýrka“, lépe by bylo v takovéto práci používat důsledně spisovné a obecně zavedené výrazy.

Popis jevů je místy velmi krkolomný, je obtížné jej sledovat. Navíc mnohé závěry jsou formulovány na základě pozorování, která nejsou v práci dostatečně podrobně dokumentována. Místo slovního popisu by bylo lépe popsat výsledky matematicky, např. lokalizovat středy vírových struktur a kvantifikovat jejich vzájemnou polohu, vykreslit jejich trajektorie a podobně.

Publikace disertantky

Publikace disertantky zahrnují 8 prací, které přímo souvisí s tématem disertace a 20 dalších publikací na jiná témata. Jedná se vesměs o příspěvky na konference a výzkumné zprávy. Bibliografie disertantky dále zahrnuje 1 průmyslový vzor a 12 funkčních vzorků.

Z uvedených publikací je 7 zařazeno v databázi Web of Science, $h=2$.

Přesto, že bibliografie neobsahuje žádnou publikaci v časopise, považuji publikační činnost disertantky za přiměřenou.

Závěr

Všechny cíle práce byly splněny.

Práce představuje přínos v oblasti teorie proudění v okolí dvojice válců. Výsledky lze aplikovat ve formě konstrukčních doporučení u zařízení, která obsahují příčně obtékané válcové prvky.

Aplikace zvolených metod měření a vyhodnocení je adekvátní, popis konkrétní aplikace není ovšem v práci úplný.

Doktorandka prokázala schopnost nastudovat relevantní literaturu a aplikovat získané poznatky na řešení konkrétního problému.

Práce podle mého názoru splňuje požadavky dle zákona č.111/1998 Sb. §47 a proto práci doporučuji k obhajobě.

Dotazy a připomínky

Je známo, že závislost Strouhalova čísla na Reynoldsově čísle má pro 1 válec silně hysteretní průběh. To souvisí s výskytem 2 módů odtrhávání vírů s rozdílnou topologií (paralelní a šikmá). Byla hystereze pozorována také u 2 válců? Pro řízení hystereze je třeba použít speciální opatření (např. šikmé koncové desky), bylo použito?

V práci je sledováno vzájemné ovlivnění frekvencí vírů odtrhávaných z jednotlivých válců. Pro topologii úplavu je důležitý také fázový posun jednotlivých procesů. Byl sledován?

V práci chybí detailní informace o měření žhaveným drátkem, použitá metodika kalibrace a vyhodnocení, v kterých bodech se měřilo, atd.

Chybí také detaily o použití metody PIV, jaká byla frekvence PIV měření, atd.? Byly porovnávány kvantitativně výsledky měření PIV a HW?

V práci chybí podrobnější analýza nejistot výsledků měření při použití jednotlivých metod měření a zpracování dat.

Na obr. 23 není spektrum, ale periodogram, ten není přímo použitelný pro analýzu. Průběh pro frekvence nad 1kHz je nefyzikální, jde o výsledek elektrického rušení. Není také uvedeno, z jaké veličiny byl periodogram určen, z elektrického napětí či z rychlosti? Jakou metodou, FFT?

V práci chybí informace, jaké veličiny jsou použity při výpočtu podobnostních kritérií Re a Sh .

Topologie úplavů je popisována na okamžitých snímcích (např. obr.9-17, 72-78). Ve skutečnosti je na snímcích pouze náhodná fáze pseudoperiodického děje, není dokumentována celá perioda. Bylo by vhodné při srovnávání různých konfigurací alespoň zachovávat na všech obrázcích stejnou fázi, jako je tomu na obr. 4, jinak je srovnávání dosti problematické.

Globální pohled na proudové pole určuje rozložení středních hodnot a variancí rychlosti, toto ovšem v práci není uvedeno.

Dost zvláštní je pojem „mohutnost“ ve smyslu, ve kterém je používán v práci. Přitom jde o sumu rozptylů (variancí) sledované veličiny, respektive o kvadrát amplitudy daného POD módu.

V práci jsou uváděna některá nepřesná, nebo i nesmyslná tvrzení, např. „ Re dává do poměru síly setrvačné se silami vazkými“.

V „seznamu použitých symbolů“ chybí u některých veličin jednotky (např. u fluktuací rychlosti).

Praha, 7. 11.2018

prof. Ing. Václav Uruba, CSc.
ÚT AVČR