

RNDr. Milan Sedlář, CSc.
Centrum hydraulického výzkumu, spol. s r.o.
Jana Sigmunda 190
783 49 Lutín

Zhodnocení disertační práce Ing. Radima Burdy

„Cavitation collapse induced by unsteady pressure field“

Předložená disertační práce se zabývá problematikou experimentálního výzkumu a numerického modelování interakce kavitačních struktur s nestacionárním tlakovým polem vyvolaným kavitačním kolapsem, a to jak v mikroměřítku (při kolapsu jednotlivé bubliny v blízkosti stěny), tak i v makroměřítku (při kolapsu kavitačních struktur při proudění ve Venturiho dýze). Z tohoto důvodu ve členění své práce autor sleduje dvě paralelní větve s cílem ukázat rozdílné aspekty dynamiky kavitačních jevů při odlišných délkových měřítkách.

V první části se autor věnuje popisu potřebných fyzikálních jevů, především mechanismu kolapsu osamocené kavitační bubliny v závislosti na vzdálenosti od pevné stěny a popisu kavitačního proudění ve Venturiho dýze. Teoretická část je doplněna o potřebné matematické modely a numerické metody jejich řešení. Velká pozornost je věnována vlivu a možnostem modelování turbulence.

V druhé části práce autor popisuje experimentální výzkum kavitačního proudění ve Venturiho dýze realizovaný v hydraulické laboratoři odboru fluidního inženýrství Viktora Kaplana. V počátku je představena experimentální trať (včetně jejího stavu po předchozích experimentech), instalované senzory a prostředky vizualizace. Následuje podrobný popis režimů kavitace (závislých na kavitačním čísle i průtoku dýzou) včetně fotodokumentace doprovázené analýzou obrazu a analýzou koherentních struktur metodou ortogonální dekompozice (POD).

Třetí část práce je věnována CFD analýze kolapsu osamocené kavitační bubliny v závislosti na vzdálenosti od pevné stěny. Jsou modelovány dva režimy kolapsu, jednak při periodickém (sinusoidálním) průběhu okolního tlaku, jednak při náhlém poklesu a nárůstu tlaku. Analýza prvního režimu slouží především k ověření metodiky a vhodnosti použitých numerických modelů, druhý režim pak představuje klíčovou část teoretického přínosu práce.

Ve čtvrté části práce se autor soustřeďuje na CFD analýzu režimů kavitačního proudění ve Venturiho dýze uvedených v druhé, experimentální části. Hlavní výsledky jsou založeny na aplikaci modelu turbulence SBES (Stress-Blended Eddy Simulation), který poskytuje nejlepší shodu s experimentem a je popsán v první části práce.

Disertační práce má velký rozsah jak v teoretické části a poznacích literární rešerše, tak i v oblasti experimentálních výsledků (a jejich interpretace) a výsledků numerických simulací a obsahuje velké množství poznatků, které představují hodnotný přínos doktoranda k rozvoji vědních oborů souvisejících se zaměřením jeho studia.

Hodnocení:

- Téma disertační práce je vysoce aktuální a odpovídá současné úrovni teoretických poznatků i požadavkům aplikovaného výzkumu.
- Experimentální i numerický výzkum byl dobře naplánován a pečlivě proveden a zvolené metody řešení vedly k splnění stanovených cílů. Dosažené výsledky představují rozsáhlý soubor cenných dat, která bez pochyby budou podkladem pro řadu hodnotných publikací v odborném tisku. Autor prokázal hluboké znalosti

problematiky a současného stavu jejího řešení nejen při získání výše uvedených poznatků, ale také při jejich vyhodnocení a interpretaci.

- Celková náročnost navrhované práce i její odborný rozsah mají vysokou úroveň. Všechny cíle práce považuji za dosažené.
- Formální úroveň předložené práce je vysoká, stejně jako jazyková úroveň, prokazující dobrou znalost angličtiny. Přesto bych vytknul autorovi větší množství drobných gramatických a stylistických přehlédnutí, která vznikla podle mého názoru zbytečně a pod časovým tlakem. Kromě těchto přehlédnutí v textu bych autorovi vytknul jen použití zkratk turbulentních modelů SDES a DDES bez předchozího zavedení a bližšího kontextu.

Otázky a připomínky: K oponované práci nemám žádnou zásadní otázku ani zásadní připomínku. Přesto uvádím v následujícím textu několik otázek, které můžou sloužit při obhajobě práce jako podklad při diskuzi.

- Obrázky koherentních struktur získaných pomocí POD vykazují střídání červené a modré barvy bez jednoduše viditelného pravidla. Je zde nějaká interpretace barvy dané struktury?
- Literární prameny (např. Dular et al., 2006) uvádějí výraznou závislost erozního potenciálu kolapsu kavitačních bublin a kavitačního mraku na rychlosti proudění s mocninou 5-8. Pokusil se autor na základě grafů z obr. 81-83 odhadnout koeficienty závislosti axiálních a radiálních zrychlení a dynamického tlaku na průtoku (pro některé charakteristické kavitační číslo, např. cca 0.5, 0.7)?
- Moaré u obr. 102 bohužel neumožňuje bližší pohled na detaily výpočtové sítě. Byly u pevné stěny použity prizmatické prvky? Jak moc je síť izotropní?
- Při kolapsu osamocené kavitační bubliny jsou voda a vodní pára modelovány jako stlačitelné médium. Jak jsou definovány termodynamické vlastnosti vody?
- Při kolapsu kavitační bubliny v periodickém tlakovém poli (obr. 105) není úplně jasné, jak je skutečně definována poměrná vzdálenost od stěny. Autor nemluví o tvaru bubliny před kolapsem. Jaká je maximální velikost bubliny před kolapsem? $R_{eq} = 149 \mu\text{m}$? Jaký má bublina před kolapsem tvar (při poměrné vzdálenosti od stěny 0.76 nemůže být sférický). Stejně otázky platí i pro případ s náhlým poklesem a nárůstem tlaku.

Vyjádření k předloženým tezím:

K předloženým tezím nemám žádné připomínky. Teze jsou přehledně členěné a dobře shrnují zvolené metody i hlavní výsledky práce.

Rozsah předložené disertace ukazuje na dlouhodobou a systematickou práci autora na dané problematice. **Předložená práce má vysokou úroveň, a proto ji doporučuji ke schválení. Zároveň doporučuji udělit Ing. Radimu Burdovi akademický titul Ph.D.**

V Lutíně dne 22. 7. 2024
RNDr. Milan Sedlář, CSc.