

Posudek disertační práce

Název práce: **Metodika pro experimentální dvojrozměrnou analýzu samobuzených kmitů**

Autor: **Ing. Markéta Petříková, KEZ FS TU v Liberci**

Oponent: Prof. Ing. Karel Adámek, CSc.

Cíl práce

Téma práce je v souladu s konstrukčním zaměřením studijního oboru – konstrukce strojů a zařízení.

Ke splnění cíle práce, obsaženého v jejím názvu, byly stanoveny dílčí kroky:

- kvantifikace rizik a chyb hydrodynamické analogie, vytvoření směrnice pro výběr modelové kapaliny
- návrh a konstrukce snímače pro přesná měření výšek hladiny a frekvence kmitání hladiny, návrh a konstrukce traverzovacího zařízení
- vývoj metodiky provádění experimentu.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Dílčí problémy, stanovené v zadání, byly vyřešeny na současné úrovni techniky – jsou stanoveny vhodné značkovací částice a jejich aplikace do kapaliny bez shlukování a sedimentace, je vyřešeno vhodné zařízení k identifikaci výšky hladiny a jejího kmitání, s potlačením vlivu kapilarity, je aplikováno moderní snímání proudnic na povrchu kapaliny a jejich vyhodnocení atd. Je pravděpodobné, že tyto postupy a jejich výsledky lze jistě uplatnit i při řešení jiných problémů, než je zde uvedená vizualizace proudění v hydraulické vaně.

Současně je třeba konstatovat, že k řešení problematiky proudových polí jsou v současné době rozsáhlé a kvalitní programy pro numerickou simulaci. Bylo by třeba objasnit a zdůvodnit zamýšlenou aplikaci hydraulické analogie, zhodnotit provedené experimenty, zda navržená metodika dává spolehlivé výsledky a porovnat je s výsledky numerické simulace.

Postup řešení problému, použité metod a splnění stanoveného cíle

Postup je logický, použitá metoda zadané hydraulické analogie je konfrontovaná s numerickou simulací, zadané cíle byly splněny, jak je konstatováno v závěru práce. Z textu je patrné, že jsou k dispozici výsledky hydraulické analogie i numerické simulace. Nad rámec zadání by bylo vhodné stručně a výstižně zhodnotit, jestli se výsledky získané dvěma metodami shodují nebo ne, který postup je vhodnější, jaká jsou omezení při aplikaci apod.

Výsledky disertační práce a význam původního konkrétního přínosu autorky

Původní přínos autorky disertace je vyjádřen uděleným užitným vzorem na přesný snímač výšky hladiny a jejího kolísání, použitelný i v jiných oborech techniky. Další práce, provedené v souvislosti s plněním zadání a dokumentované v práci, jsou rovněž v souladu se studijním oborem disertační práce (konstrukce strojů a zařízení).

Jak je uvedeno výše, v závěru by bylo vhodné souhrnně zhodnotit výsledky získané dvěma použitými metodami a závěr, jestli metoda je životaschopná nebo ne (i negativní výsledek je výsledkem), atd.

Další dotazy k disertační práci

Nedalo by se problém kolísání tlaku ve vodovodní síti ve vstupu do modelu vyřešit vložením redukčního ventilu? Bylo by tak možné dosáhnout stálého průtoku, nezávislého na kolísání tlaku ve vnější síti.

Str. 66 – jsou v citované vlastní práci [A3] další experimenty, ze kterých by se dala zobecnit nějaká analogie mezi prouděním v modelu na hydraulické vaně, v numerickém modelu a v reálné pístě?

Str. 69, obr. 52: Není příčný rozměr kanálu 120 mm okolo vloženého válce o průměru 32 mm resp. 50 mm příliš malý? Neovlivní blízkost stěny obraz proudění okolo válce? Z obr. 54 na str. 74 se zdá, že k nějakému ovlivňování proudového pole blízkou stěnou dochází.

Str. 102 a 103, obr. 79 a 80: Série vyobrazení typických výsledků obou postupů (hydraulická analogie versus numerická simulace). Jsou shodné resp. jsou k dispozici výsledky s jinou expoziční dobou? Který postup zabral méně času? Který je přesnější, vhodnější pro praktickou potřebu? Lze stručně uvést i další modelové aplikace, které porovnávají oba postupy?

Aplikace provedených dílčích kroků na slibné téma samobuzených kmitů je velmi stručná, bylo by třeba výstižným způsobem doplnit hlavní závěry. Snad jedině z grafu 25 a 26 na str. 98 a z obr. 79 a 80 na str. 102-103 lze vyčíst porovnání výsledků obou použitých metod - hydraulické analogie a numerické simulace. Je vidět kvalitativní shoda obou případů (tvary křivek), frekvence pro vzduch je zhruba o 3 řády větší a rychlosti pro vzduch jsou zhruba o 1,5 řádu větší. Je tomu tak vždy nebo to platí jen pro tento případ? Není zřejmé, jestli pozorované analogie výsledků, získaných různými metodami, mají obecnou platnost.

Uvedená a diskutovaná oblast „přefuku“ pro vzduch je zřejmě nějaký nespojitý přechod v rozmezí délek dutiny 24-34 cm mezi dvěma poměrně hladkými charakteristikami.

Systematicčnost, přehlednost, formální úprava a jazyková úroveň disertační práce

Práce má 108 stran textu, má dobrou formální úroveň, je přehledně a logicky členěná v souladu s postupem řešení. Použitá vyobrazení jsou přehledná a přispívají ke srozumitelnosti celé práce. V textu se ale vyskytují překlepy, opakovaná slova a nekonzistence (na příklad „obrázek Obr. xx“ nebo „obrázek xx“ apod.), zřejmě důsledek jejich automatického průběžného číslování během editace textu.

Publikační činnost disertantky

V přehledu citovaných podkladů je uvedeno 21 publikací autorky, částečně ve spolupráci s dalšími spoluautory. V souvislosti s uděleným užitným vzorem je uvedena podrobná patentová rešerše s 50 záznamy, týkajícími se snímačů hladiny. Další desítky literárních a internetových odkazů se také týkají tématu předložené práce.

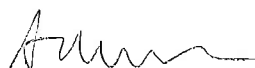
Závěrečné vyjádření oponenta

Přes výše uvedené výtky k práci (vypracování metodiky pro metodu z „předpočítačové“ doby, chybějící závěry z rozsáhlých výsledků provedených prací)

doporučuji práci k obhajobě,

protože předpokládám, že vzhledem k množství výsledků, získaných v průběhu řešení, budou na tyto výtky podány během obhajoby důkladné a jednoznačné odpovědi.

V Liberci, dne 22.6.2016


Prof. Ing. Karel Adámek, CSc.

Recenzný posudok doktorskej dizertačnej práce k získaniu akademicko-vedeckého titulu:
„philosophiae doctor“.

Recenzent: Doc.Ing.Karol Prikket,CSc.
Ústav energetických strojov a zariadení
Strojnícka fakulta STU, Bratislava
Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava

Autor práce: **Ing. Markéta Petříková**, TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI,
Fakulta strojní

Študijní program : P2302 –Stroje a zařízení
Študijní obor : 2302V010 – Konstrukce strojů a zařízení

Školitel : Doc. Ing. Jaroslav Šulc, CSc.

Názov:

Metodika pro experimentální dvojrozměrnou analýzu samobuzených kmitů

Recenzný posudok bol vypracovaný na základe poverenia prof.Dr.Ing. Petra Lenfelda,dekana fakulty zo dňa 26.5.2016 (TUL-2177007/2112)

Podkladom na spracovanie recenzného posudku bola doktorská dizertačná práca v rozsahu 115 strán.

Téma doktorskej dizertačnej práce

V dizertačnej práci je riešená téma: experimentálna dvojrozmerná analýza samobudených kmitov. Riešenie tejto témy sa pravidelne objavuje na vedeckých pracoviskách s využitím najširšej škály možných postupov a zariadení, do ktorých patrí aj hydrodynamická vaňa.

Ciele doktorskej dizertačnej práce

Cieľom doktorskej dizertačnej práce je vývoj metodiky pre experimentálnu dvojrozmernú analýzu samobudených kmitov.

Čiastočnými cieľmi sú:

- kvantifikácia rizík a chýb hydrodynamickej analógie , vytvorenie smernice pre výber modelovej kvapaliny,
- návrh a konštrukcia snímača na presné meranie výšok hladiny a frekvencie kmitaní hladiny, návrh a konštrukcia traverzovacieho zariadenia,
- vývoj metodiky experimentu.

Metódy spracovania

Práca je orientovaná na riešenie problémov teoreticky-experimentálnym prístupom s využitím moderných prostriedkov na simuláciu prúdenia kvapalín a experimentálnym overením výsledkov.

Celý náročný postup prác, tak v teoretickej ako aj v experimentálnej oblasti je metodicky správne spracovaný.

Po formálnej stránke práca je dobre úrovni, obrázky, grafy a tabuľky sú prehľadné. Niektoré formálne nedostatky uvádzam nižšie.

Výsledky simulácií a experimentov sú znázornené prehľadne a zrozumiteľne.

Výsledky dizertácie

Autorka v predloženej práci podrobne riešila problémy hydrodynamickej analógie. Jednotlivé postupy riešení a zjednodušujúce podmienky sú prehľadne sformulované a výsledky sú podrobené kritickej analýze.

Za samostatný a významný prínos doktorandky považujem 6.kapitolu práce. V tejto kapitole sú riešené experimenty a simulácie. Myšlienka riešenia úloh hydrodynamicou analógiou v experimentálnej oblasti pomocou hydrodynamickej vane a súčasne pomocou CFD simulácie je novátorská a prináša nové možnosti pri spoznávaní jednotlivých dejov. Predovšetkým sú riešené úlohy so symetrickou dutinou a úlohy s nesymetrickou dutinou. Úlohy sú riešené komplexne včítane všetkých detailov.

Vedecko-technický prínos vidím v tom, že navrhnuté postupy sú plne realizované matematickým modelovaním a výsledky modelovania sú podrobne overené simuláciu ale čiastočne aj experimentálne. Prínosom pre odbor je, že bola vytvorená a overená metodika pre spoznanie samobudených kmitov tak periodických ako aj neperiodických. Nezanedbateľným prínosom je, že bolo navrhnuté a vyrobené unikátne zariadenie pre presnú identifikáciu samobudených kmitov. A nie v poslednom rade je cenné, že bolo vyvinuté a vyskúšané zariadenie na bodové meranie výšky hladiny a na meranie frekvencie pulzácií hladiny.

Výsledky môžu byť cenným príspevkom do ďalších prác tak na simulačných modeloch ako aj pri experimentálnom overení konkrétnych úloh z praxe..

Poznámky a otázky k obsahu dizertačnej práce:

a/ formálne nedostatky:

- Str.15: v rovnici 2.15 správne W_{xM}
- Str.17: rovn.2.36, správne „ t_{DU} “ a nie „ T_{DU} “
- Str.26 a 27: rovn. 2.75, 2.76, 2.77 sú chybné uvedené členy. Správne ide o Laplace-ov operátor v tvare:

$$\dots \left(\frac{\partial^2 W_{xM}}{\partial X_M^2} + \dots \right)$$

- Str.23: Obr.3, čierne šípky v rozložení hydrostatického tlaku nemajú byť, tlak je skalár.
- Str.25: rovnica 2.73 je rozmerovo nehomogénna (nedáva rozmer rýchlosti). Podmienka 2.74 je nejasná.

- Str.28: v rovnici pod čiarou správne má byť „9“, „T“-je bezrozmerný čas
- Str.31: rovnica 2.81 je chybná, správne „ r^4 “ a nie „r.4“
- Str.35,nadpis a 1. riadok: v práci na niektorých miestach sú pomiešané pojmy „kvapalina“ a „tekutina“
- Str.37: posledný riadok 4.2 správne „mPa.s“ a nie mPa.s⁻¹“
- Str.64: Nepresné formulácie: „nesmie byť príliš tesno“, „príliš blízko stien“, „pomerné presné merania“, „výška hladiny je relatívne stabilná“-str.67.
- Str.94,graf 22.: rozdiely tlakov majú 10x väčšiu hodnotu ako realita.
- Str.95 a 96: Graf.23 je na dvoch stranách

b/ otázky:

- Na viacerých stranách (73,80,90,91,105) je znázornený priebeh Strouhalovho čísla od Reynoldsovho čísla. Aké je praktické využitie týchto priebehov a existuje „ideálny priebeh“, ktorý by sme chceli dosiahnuť?
- Je možné navrhnuté postupy využiť aj na kvapaliny (newtonovské) s podstatne odlišnou kinematickou viskozitou:

Záver

Doktorandka riešila náročný teoretický a hlavne experimentálny problém. S predloženou prácou dokázala, že má dobrý prehľad o literatúre z danej problematiky, že je schopná pracovať s teoretickým aparátom a je zručná v experimentálnej činnosti.

Má bohatú publikačnú činnosť a jej práce sú kladne hodnotené odborníkmi z danej oblasti.

Autorka so svojou dizertačnou prácou a doterajšou publikačnou činnosťou preukázala schopnosť samostatne vedecky pracovať. Má hlboké teoretické vedomosti a ovláda vedecké metódy. Vo svojej práci splnila všetky vytýčené ciele a jednotlivé body zadania. Jej dizertačná práca prináša nové poznatky v odbore a poukazuje na ďalšie možné smery v riešenej oblasti.

Na základe úrovne predloženej doktorskej dizertačnej práce a dosiahnutých výsledkov **navrhujem** prácu k obhajobe a po úspešnom obhájení **navrhujem** Ing. Markéte Petříkovej udeliť vedecko-akademickú hodnosť :

„philosophiae doctor“..



V Bratislave 14.07.2016

.....
Doc.Ing.Karol Prikkel,CSc.

Oponentský posudek doktorské dizertační práce

Autor práce:	Ing. Markéta Petříková
Název:	Metodika pro experimentální dvojrozměrnou analýzu samobuzených kmitů
Studijní program:	P2302 – Stroje a zařízení
Studijní obor:	2302V010 – konstrukce strojů a zařízení
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jaroslav Šulc, CSc.
Oponent:	Ing. Michal Schmirler, PhD. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Technická 4, 16607 Praha 6

Přehled

Předložená dizertační práce je zaměřena na identifikaci samobuzených periodických nestacionarit a to jak experimentálně, tak numericky. Pro experimenty byla využita hydrodynamická vana, pro numerické výpočty řešič ANSYS Fluent.

Hlavním cílem práce je vývoj metodiky pro experimentální dvojrozměrnou analýzu samobuzených kmitů. Mezi stanovené dílčí kroky byly zahrnuty: a) kvantifikace rizik a chyb hydrodynamické analogie, vytvoření směrnice pro výběr modelové kapaliny, b) návrh a konstrukce snímače pro přesná měření výšky hladiny a frekvence kmitání hladiny, návrh a konstrukce traverzovacího zařízení, c) vývoj metodiky provádění experimentu.

Předložená dizertační práce je systematicky rozdělena do sedmi kapitol, obsahuje celkem 115 stran a to včetně 80 obrázků a 30 grafů. Součástí práce jsou 2 CD s digitální podobou práce a přílohami.

Kapitola 1 uvádí čtenáře příjemně stručnou formou do problematiky hydrodynamické analogie a vzniku samobuzených kmitů.

Podrobněji o modelování v mechanice tekutin a o hydrodynamické analogii pojednává Kapitola 2. Zde je nejprve ukázáno odvození vztahů potvrzujících platnost analogie a vymezení hlavního předpokladu, tedy skutečnosti, že se jedná o analogii proudění vody v tenké vrstvě nad vodorovným dnem a plynu s adiabatickým exponentem $\kappa = 2$. Dále je zde popsán analogický význam rychlosti vody, výšky hladiny a rozebrána analogie vodního skoku a rázové vlny. Navazující podkapitoly jsou věnovány chybám hydrodynamické analogie a to chybám způsobeným disperzí hladinových vln, chybám způsobeným vazkostí modelové kapaliny a stručně potom nejistotám měření. Podkapitola 2.2 je věnována reálně použitelné kapalině – vodě. Velmi zajímavý je detailní popis koloidních systémů – je popsáno chování viskozity, hustoty a povrchového napětí směsí vody s vizualizačními částicemi.

Následující Kapitola 3 popisuje možnosti zviditelňování proudění kapalin. Je popsána metoda sledování částic tvořících i netvořících vlákna a souvislé oblasti a dále metoda využívající změny povrchu obtékaných těles se speciálními povrchovými úpravami.

Kapitola 4 je věnována numerickým simulacím. Je zde popsán použitý software, nastavení řešiče a zvolené okrajové podmínky.

Pátá kapitola je již zaměřena na vlastní experimentální zařízení – hydrodynamickou vanu. Jsou popsána komerčně dostupná zařízení tohoto typu. Zde se však většinou jedná o zařízení pro 2D vizualizaci proudění a ne o hydrodynamické analogony. V dalším textu je popsáno zařízení vyskytující se na pracovišti dizertantky a to jak původní zařízení z roku 1970, tak i modernizované s novým příslušenstvím. Zvláštní odstavec je věnován měření průtočného množství a stabilitě průtoku. Využívaný princip vodního hospodářství se mi obecně jeví jako nepříliš vhodný (viz dále). Na toto téma navazuje problematika měření výšky vodní hladiny, jakožto jeden z hlavních pilířů celé práce. Jsou zde rozebrány různé možnosti měření a jejich výhody či nevýhody. Zvláštní pozornost je věnována měření dotykovým hrotem, speciálně problematice ulpívání kapaliny na hrotu. Na tuto část práce navazuje popis konstrukce nově vyvinutého měřiče výšky a frekvence kmitání vodní hladiny. Podkapitola 5.3 je věnována obecnému popisu funkčních možností (principů) hydrodynamické vany a zásadám volby modelů.

Kapitola 6 je věnována provedeným experimentům. Experimenty byly rozděleny na testovací a na experimenty s dutinami. U každého experimentu jsou uvedena schémata, ukázky výstupů a případně relevantní odkazy na příslušnou literaturu. Podkapitola 6.2 je zaměřena na metodiku provádění experimentů v hydrodynamické vaně. Experimenty jsou doplněny numerickými výpočty.

Poslední sedmá kapitola je shrnutím dosažených poznatků. Jsou zde shrnuty přínosy pro obor a předpokládané navazující činnosti.

Přínos dizertační práce

Hydrodynamická analogie je i v dnešní době velmi zajímavou alternativou časově i finančně náročných supersonických experimentů a to i přes její omezení. Pro udržení metody na poli experimentální mechaniky tekutin a termodynamiky je důležité přizpůsobovat měřicí techniky a metody současným trendům. Hlavním přínosem práce je právě shrnutí poznatků plynoucích z dlouholetých zkušeností dizertantky s prováděním experimentů na hydrodynamickém zařízení. Dalším přínosem je provedení porovnání výsledků analogie, vizualizace a numerického modelování.

Připomínky a dotazy

Uvedené připomínky rozdělují na formální a věcné. V diskusi se doporučuji zaměřit na věcné připomínky a dotazy.

Formální:

- V práci je často zaměňován výraz „analogický“ za „analogový“ (např. str. 9 a str. 12) ač významově se jedná o něco jiného. Při popisu hydrodynamické analogie by měl být zřejmě používán výraz „analogický“.
- Práce obsahuje několik překlepů, které by bylo vhodno odstranit (např.: dutin str. 10, mezifázová plocha str. 31 dole, ... nemá žádný analogon ... str. 25 dole, ... S hodnota objemového str. 69, ... bylo uvažován... str. 68 apod.).
- Špatná citace rovnice (2.65) v textu na str. 23.

Věcné:

- Str. 42 – řízení průtoku – obecně shledávám zvolený způsob vodního hospodářství ve srovnání s cirkulačním systémem za méně vhodný a to právě z důvodu kolísání průtoku, změn teploty a kvality vstupní vody. Regulace na základě „přímého pozorování experimentu“ mi přijde v dnešní době poněkud subjektivní a nespolehlivá.
- Str. 46 – popis grafu č. 4 - ... byly zaznamenány minimální odchylky – blíže specifikovat, kolik to je?
- Práce je zaměřena metodicky, přesto některé formulace jsou dle mého názoru buď obecné, nebo zaměřené na konkrétní experiment. V práci postrádám bližší specifikaci u některých doporučení. Např. str. 64 – „dost místa kolem modelu“, „dostatečně dlouhý vstupní kanál“, „v příčném směru nesmí být příliš těsno“ apod.
- U experimentu s obtékáním válce s vyhodnocováním frekvence pulzací postrádám informaci o poloze snímače výšky hladiny, eventuálně ukázku surových dat ze snímače.

Dotazy:

- Prosím o vysvětlení odvození rovnice (2.69) z rovnice (2.68).
- Jakým způsobem je svázána hodnota Ma s rychlostí nabíhající vody a výškou hladiny? Lze tyto dvě hodnoty od sebe při nastavování parametrů oddělit pouze řízením průtoku?
- Byl zkoumán vliv koncentrace vizualizačních částic na získané výsledky, event. je možné takový dopad zaznamenat?
- Měřič výšky hladiny – i přes významnou inovaci mám pocit, že vyvinutý měřič výšky hladiny je stále zatížen problémem ulpívání vody na hrotu. V závěru práce uvádíte přesnost měření na 0.1mm. Jaká je reálná hystereze měření výšky hladiny s ohledem právě na ulpívání vody na hrotu? Jaký vliv na to mají vizualizační částice a přípravky na snížení hladinového napětí? Nebylo by možné tento nedostatek eliminovat použitím hydrofobního povlaku hrotu?

Hodnocení dizertační práce

Předložená práce je velmi dobře čitelná a ukazuje na velmi dobré teoretické i praktické znalosti dizertantky. V práci se odráží dlouholeté zkušenosti s řešením vybrané problematiky a schopnost samostatného a systémového přístupu k výzkumné práci, o čemž svědčí i bohatá publikační činnost. Formální úroveň práce je, i přes některé nedostatky, velmi vysoká.

Vzhledem k metodické povaze práce jsou některá tvrzení či doporučení dosti obecná a zasloužila by si alespoň částečná zpřesnění, která by budoucím experimentátorům ještě více usnadnila přípravu a vyhodnocování experimentů tohoto typu.

Za velmi názorné považuji vizualizace proudu kapaliny kolem válce a při plnění dutin, které jsou přiloženy na CD.

Věřím, že předložená práce paní Ing. Markéty Petříkové je významným přínosem pro následnou vědeckou i pedagogickou činnost. Zároveň mohu konstatovat, že práce naplnila vytčené cíle a proto ji doporučuji přijmout k obhajobě. Po úspěšné obhajobě doporučuji udělit Ing. Markétě Petříkové akademický titul Ph.D.

V Praze, 15.7.2016



Ing. Michal Schmirler, Ph.D.