

## Oponentský posudok doktorandskej dizertačnej práce

**Autor :** Ing. Michal Feilhauer  
**Téma :** **Řešení dynamické odezvy vodohospodářských konstrukcí v interakci s kapalinou**

V súčasnosti narastá na význame riešiť komplexne zviazané problémy prúdenia kvapalín a štruktúrálnej analýzy. Osobitne sa tieto problémy objavujú pri navrhovaní vodohospodárskych stavieb. Ak sú tieto numerické analýzy overované experimentálne na ekvivalentných modeloch, tak sa jedná o veľmi významné poznatky pri navrhovaní reálnych konštrukcií.

Predložená dizertačná práca „Řešení dynamické odezvy vodohospodářských konstrukcí v interakci s kapalinou“ je zameraná na experimentálnu a numerickú analýzu spriahnutých problémov interakcie konštrukčných prvkov vodohospodárskych stavieb a prúdiacej kvapaliny. Svojím zameraním práca patrí do študijného programu 3607V009 „Konstrukce a dopravní stavby“.

### ⇒ Aktuálnosť témy :

Zvolená problematika je aktuálna z hľadiska rozvoja nových poznatkov v experimentálnej a numerickej analýze interakcie prúdiacej kvapaliny a konštrukčných prvkov vodohospodárskych stavieb.

### ⇒ Charakteristika práce :

Práca je rozdelená do siedmych tematických kapitol s viacerými podkapitolami. V úvode práce je charakterizovaná skúmaná problematika so zameraním na definovanie základných problémov pri navrhovaní vodohospodárskych stavieb. Definujú sa tu základné predpoklady dynamických analýz konštrukčných prvkov v interakcii s kvapalinou. Súčasný stav riešenej problematiky je rozobraná v 2. kapitole. Ciele dizertačnej práce sú definované v 3.kapitole. Základné vzťahy a predpoklady riešenia danej problematiky sú opísané v 4.kapitole. Aplikácia priamej metódy riešenia kmitania konštrukcie v interakcii s kvapalinou je analyzovaná v 5.kapitole. 6.kapitola sa zaoberá aplikáciou nepriamej metódy riešenia kmitania konštrukcie v interakcii s kvapalinou. Dosiahnuté výsledky v oblasti experimentálnej a numerickej analýzy sú zosumarizované v kapitole 7. Použitá literatúra je uvedená v kapitole 8. Publikované práce sú uvedené v kap.10 až 12. V prílohe je uvedené makro v jazyku APDL pre riešenie daných problémov v systéme ANSYS. Autor dizertačnej práce nadväzuje na výsledky získané v rámci riešenia grantovej úlohy Ministerstva priemyslu a obchodu, 2A-1TP1/108, ktorej hlavným riešiteľom bol Ing. Aleš Skoták, PhD. a autor bol členom riešiteľského kolektívu. Súčasťou práce je zoznam použitých skratiek a symbolov a zoznam príloh.

Predložená dizertačná práca je veľmi rozsiahla s počtom strán 202, obrázkov 134, grafov 65 a tabuliek 36.

### ⇒ Hodnotenie práce a pripomienky :

Práca sa zaoberá aplikáciou metódy konečných objemov a metódy konečných prvkov pre statické i dynamické výpočty vodohospodárskych konštrukcií v styku s prúdiacou i neprúdiacou kvapalinou.

Z výsledkov verifikačnej úlohy riešenia vlastného kmitania – dosky ponorenej v kvapaline vyplýva dobrá zhoda s experimentmi a pôvodnými výpočtami realizovanými doc. Ing. Salajkom, CSc. Rozdiely môžu byť spôsobené citlivosťou modelu na podrobnosť delenia výpočtových sietí. Výsledky výpočtov potvrdili možnosť použitia nových akustických konečných prvkov typu FLUID220 a FLUID221. V práci sa rieši obežné koleso s rotorom prečerpávacej vodnej elektrárne PVE Dlouhé Stráně. Výpočtový model je možné hodnotiť ako originálny z hľadiska komplexnosti riešenia problému interakcie konštrukcie s kvapalinou. Výsledné vlastné frekvencie a vlastné tvary kmitov kompletného rotoru s obežným kolesom (torzné a ohybové) sa zhodujú s výsledkami experimentov na objekte. Je možné konštatovať, že zvolený výpočtový model a postup výpočtov je správny.

V ďalšej časti tejto práce bolo riešené vynútené kmitanie obežného kolesa s rotorom budeným kvazi-periodickým časovým a priestorovým tlakovým polom v kvapaline. Výpočtom boli získané časové priebehy premiestnení, dynamické zložky napätí v obežnom kolese a pole tlakov v kvapalinovej oblasti.

V dizertačnej práci je opísané riešenie viazaných fyzikálnych polí s využitím software ANSYS založené na princípoch metódy konečných prvkov (MKP) a metódy konečných objemov (CFD). Ako základné úlohy boli vypočítané statické analýzy s prenosom tlaku z CFD do MKP pomocou autorom vytvorených makier v jazyku APDL – 1-WAY FSI. Táto metodika bola použitá pre reálne úlohy (obežné koleso reverznej Francisovej turbíny Dlouhé Stráně a rozvádzacia lopatka v blízkosti steny). Hlavným prínosom je nová metodika pevnostných výpočtov s reálnym rozložením tlakov na obtekaných plochách vodohospodárskych konštrukcií.

Uvedené postupy umožňujú úspešné riešenie veľkého množstva praktických statických i dynamických problémov vodohospodárskych konštrukcií a stavieb. Prezentované metódy výpočtov sa dajú použiť v mnohých odboroch (stavebníctva, strojárstva, lekárstva, energetiky, dopravy atd.). Výsledky niektorých analýz boli verifikované experimentmi priamo na reálnych konštrukciách.

Doktorand preukázal svojou prácou dobrý prehľad o riešení danej problematiky v odbornej literatúre aj vo vedeckých článkoch. V práci sú rovnako zužitkované skúsenosti a výsledky výskumov na školiacom pracovisku, ako aj v zahraničí. Doktorand preukázala schopnosť pracovať s náročnými programami na báze MKP. Vie definovať algoritmy riešenia a programovo úlohu spracovať. Doktorand v práci uvádza 18 príspevkov na konferenciách a 3 články v odborných časopisoch. Okrem toho uvádza 28 správ v oblasti odborných analýz problémov z praxe súvisiacich s danou problematikou.

V práci som nenašiel vecné a ani teoretické chyby, len niekoľko formálnych nedostatkov (desatinná bodka/čiarka, obr. 97 je uvádzaný 2x, formát v opise obrázkov a pod.)

### ➤ Otázky k spracovanej problematike :

- V práci sa uvádza riešenie úloh prúdenia v systéme ANSYS CFX. V prípade turbulentného prúdenia sa jedná o riešenie nelineárnej úlohy, ktoré často naráža na problém konvergencie riešenia. Na čom závisí konvergencia riešenia a ako ju zabezpečíme ?
- Na reálnych konštrukčných prvkoch vodohospodárskych stavieb dochádza k zmene polohy v dôsledku rozkmitania počas prúdenia vody v blízkom okolí. Ako vplýva táto neurčitnosť na namáhanie daného konštrukčného prvku ? Aké sú ohraničenia, resp. limity uplatnenia danej metodiky na presnosť riešenia odozvy a návrh spoľahlivého konštrukčného prvku ?

☞ **Vedecký prínos práce a prínos pre prax** vidím v nasledovnom:

Vytvorenie novej metodiky riešenia úlohy dynamickej interakcie kvapaliny a konštrukcií vodohospodárskych stavieb a zostavenie efektívneho algoritmu v jazyku APDL pre použitie v systéme ANSYS. Uplatnenie danej metodiky bolo overené na odpovedajúcich experimentoch, ako aj na skutočných konštrukciách. Prezentované metódy výpočtov sa dajú použiť v mnohých odboroch (stavebníctva, strojárstva, lekárstva, energetiky, dopravy atd.).

**Záver :**

V závere je možné konštatovať :

- Dizertačná práca splnila stanovené ciele úlohy - „Cílem práce bylo popis a postupy výpočtů frekvenčních a modálních charakteristik konstrukcí v kontaktu s vodou, naplněných vodou nebo ponořených do vody, výpočty dynamické odezvy konstrukcí na buzení účinky tlakových pulzací vznikajících ve vodě, výpočty statické odezvy konstrukcí na zatížení obtékající vodou a výpočty dynamické odezvy poddajných konstrukcí na buzení vlivem obtékající vody. Výsledky některých výpočtů budou srovnány s naměřenými hodnotami na dílech nebo fyzikálních modelech.“.
- Postup riešenia problému bol logický a spĺňa kritériá na vedecký prístup k riešeniu technických problémov v danom vednom odbore.
- Výsledky práce sú prínosné pre projektantov v oblasti návrh bezpečných a spoľahlivých vodohospodárskych stavieb.
- Formálna úprava práce a jazyková úroveň je na veľmi vysokej úrovni. Práca je prehľadne a precízne napísaná, je „čitateľná“, pre inžinierov z praxe a absolventov stavebných fakúlt.
- Autoreferát v stručnej forme charakterizuje ciele práce, aktuálny stav, metodológiu a dosiahnuté výsledky. Doktorand v práci uvádza 18 príspevkov na konferenciách a 3 články v odborných časopisoch. Okrem toho uvádza 28 správ v oblasti odborných analýz problémov z praxe súvisiacich s danou problematikou.

**Dizertačná práca spĺňa podmienky stanovené zákonom č. 111/1998 MŠMT ČR a po úspešnej obhajobe navrhujem udeliť Ing. Ing. Michala Feilhauera vedeckú hodnosť PhD.**

**prácu odporúčam k obhajobe**

V Bratislave, 10.11.2016

  
*Prof. Ing. Juraj Králík, CSc.*