

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave**  
Ústav aplikovanej informatiky, automatizácie a mechatroniky  
Katedra aplikovanej mechaniky a mechatroniky

**doc. Ing. Milan Nad', CSc.**

tel.: +421 906 068 429; e-mail: [milan.nad@stuba.sk](mailto:milan.nad@stuba.sk)

Ulica Jána Bottu 25, 917 24 Trnava

## **Oponentský posudok**

habilitačnej práce

# **Redukcia prevádzkových tvarov kmitania pohyblivej konštrukcie**

**Autor:** Ing. Ondrej Chlebo, PhD.  
**Miesto habilitačného konania:** Strojnícka fakulta  
Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava 1  
**Odbor habilitačného konania:** Výrobná technika (od 22.2.2021 - Strojárstvo)

Oponentský posudok bol vypracovaný na základe menovacieho dekrétu, ktorý vydal dekan Sjf STU v Bratislave, Dr.h.c. prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD., listom č. 576/2024, dňa 21.02.2024, na základe súhlasu Vedeckej rady Sjf STU a v súlade so Zákonom č. 131/2002 Z.z., a o zmene a doplnení niektorých zákonov a s Vyhláškou MŠVVaŠ SR č. 246/2019 Z.z., § 1, odstavec 8.

### ***Charakteristika habilitačnej práce***

Habilitačná práca, ktorú predložil Ing. Ondrej Chlebo, PhD., je zameraná na oblasť hluku a kmitania mechanických sústav. Autor sa v habilitačnej práci zamerail najmä na experimentálne meranie a analýzu kmitania pohyblivej mechanickej sústavy - cisternového železničného vozňa. Cieľom bolo využiť získané poznatky na redukciu nežiadúcich vibroakustických prejavov počas prevádzky vozňa.

Habilitačná práca je napísaná v slovenskom jazyku a má v súhrne 149 strán, 151 obrázkov a 13 tabuliek. Z hľadiska štruktúry je okrem Úvodu, Záveru, Použitej literatúry rozdelená do ôsmich kapitol.

V časti Úvod sú prezentované dôvody a motivácia, prečo sa autor rozhodol venovať tejto problematike. Prvá a druhá kapitola sú venované stručnému popisu pôvodu a podstate vzniku kmitania v mechanických sústavách, vzniku hluku a šíreniu vibroakustických vln v konštrukciách a v okolitom prostredí. Základné princípy modálnej analýzy mechanických konštrukcií z teoretického a aj z experimentálneho hľadiska sú stručne obsiahnuté v tretej kapitole. Začiatok štvrtej kapitoly je venovaný návrhu štruktúry a charakteristike prvkov

meracieho reťazca pre realizáciu experimentálnych meraní. Prevažná časť kapitoly 4 je venovaná realizácii experimentálnych meraní na prototypu cisternového železničného vozňa. Merania, ktoré sú prezentované v tejto časti práce, boli vykonané v stacionárnom režime vozňa dvomi spôsobmi budenia - pomocou rázového kladivka vo vybraných miestach a pomocou gravitačného rázu. Výsledky merania ozvy na uvedené spôsoby budenia, merané vo vybraných bodoch rôznych komponentov vozňa, boli spracované pomocou FFT analýzy a sú v práci prezentované v tvare amplitúdovo-frekvenčných závislostí. Tento spôsob skúmania prenosu vibroakustických vln cez vzájomne štruktúrne prepojené komponenty vozňa umožnil určiť kritické frekvencie, v ktorých nastávajú rezonančné stavy. V dôsledku vzniku rezonančných stavov nastáva zvýšenie hladín kmitania a hluku emitovaných do okolitého prostredia. V podkapitole 4.9 je na výpočtovom modeli vozňa vykonaná modálna analýza pomocou metódy konečných prvkov (program ANSYS). V práci sú prezentované vlastné tvary kmitania a im prislúchajúce vlastné frekvencie. V piatej kapitole sú prezentované výsledky frekvenčných analýz merania amplitúd kmitania vo vybraných miestach a komponentoch vozňa, získané pri dynamickom zaťažení cisternového vozňa. Dynamické zaťaženie bolo vyvolané pomocou kinematického budenia jazdou vozňa na skúšobnej dráhe. Merania boli vykonané pre pohyb vozňa v rozsahu rýchlostí 40-120 km/h, čo je reprezentatívny rozsah zohľadňujúci reálne prevádzkové podmienky daného typu vozňa. Analýza hluku emitovaného do okolitého prostredia, počas jazdy cisternového vozňa po skúšobnej dráhe rýchlosťami od 40 do 120 km/h, je prezentovaná v šiestej kapitole. V kapitole 7 sa autor venuje skúmaniu a analýze prenosu vibroakustickej energie cez vybrané konštrukčné bloky podvozku vozňa počas jazdy na skúšobnom okruhu. Prenosové vlastnosti sú posudzované pomocou tzv. „prenosového útlmu“, ktorý je vyhodnocovaný vo frekvenčnom intervale do 3,2 kHz. Obsahom kapitoly 8 je návrh opatrení, ktoré by mohli viesť k obmedzeniu šírenia vibroakustickej energie konštrukciou vozňa a teda redukcii úrovne hluku emitovaného do okolitého prostredia. V závere autor zhodnotil výsledky vibroakustických meraní na prototypu konštrukcie cisternového vozňa z hľadiska zdrojov budenia, prenosu vibrácií a emitovania hluku počas prevádzky vozňa.

Je zrejmé, že problematika redukcie vibroakusticky nežiadúcich vlastností konštrukcií a technických zariadení je z vedeckého, ako aj praktického hľadiska požadovaná a veľmi aktuálna. Z hľadiska zlepšenia vibroakustických vlastností možno považovať získané výsledky za hodnotný zdroj poznatkov pre materiálové a konštrukčné modifikácie prototypu cisternového vozňa.

### ***Pripomienky k habilitačnej práci***

Rozsah a obsah práce zodpovedá stanoveným cieľom a požiadavkám kladeným na habilitačnú prácu. Z hľadiska štylistiky a slovosledu vo vetách sú niektoré vety obsahovo nejasné. V práci sa vyskytlo veľa preklepov, gramatických chýb a terminologických nepresností. K práci mám formálne pripomienky, ktoré výberovo uvádzam:

1. Autor sa často vyjadruje veľmi dlhými vetami (až 8 riadkov textu), čo komplikuje vyjadrenie zamýšľaného obsahu a zrozumiteľnosti vety.
2. Niektoré vyjadrenia uvádzané v práci sú nepresné:

str.14 - „Hluk vznikajúci valením kolesa po koľajnici ..., je závislý od viacerých parametrov ako napríklad drsnosť valivých plôch ... ." - skôr by malo byť "nerovnosť";

- str.54 - „Aplikované pružiny utlmujú kmitanie v širokom frekvenčnom pásme, ...“ - pružina nie je komponent používaný na tlmenie kmitania - vhodnejšie by bolo uviesť "... majú vplyv na amplitúdy kmitania...";
- str.57 - „Tieto frekvencie treba brať do úvahy ako budiacie frekvencie telesa nádrže, ktoré ...“ - v kontexte problematiky uvedenej v danom odseku by malo byť „... ako rezonančné frekvencie ...“;
- str.133 - odvolávka na Obr.9.4 - taký sa v práci nenachádza;
- str.136 - odvolávka na rovnicu (9.1) - má byť (8.1),
- str.142 - „... a tým aj množstvo kinematickej energie ktorá ...“ - má byť „kinetickej energie“.

Viacrát sú v texte používané vyjadrenia „... diskkrétne amplitúdy v sledovanom frekvenčnom pásme ... (str.40)“; „... diskkrétne budiacie amplitúdy ... (str.60)“; „... amplitúdy diskrétnych frekvencií ... (str.71,76)“; „... je potrebné amplitúdy týchto frekvencií redukovať ... (str.76)“ atď. Vzhľadom na kontext uvedených faktov (t.j. grafické zobrazenie a vyjadrenie frekvenčného spektra skúmaných veličín) tieto vyjadrenia nie sú terminologicky správne a z hľadiska ich obsahu deformujú význam popisovaných skutočností.

3. Označenia meracích miest a označenie série merania uvádzané v tabuľke 4.1 sú pre čitateľa trochu zmätočné.
4. V popise Obr.7.2 je uvedené „Frekvenčné rozloženie prenosového útlmu ...“ - podľa hodnôt je v týchto grafoch zobrazené frekvenčné spektrum zrýchlenia.

### **Otázky k obhajobe habilitačnej práce**

1. V popise meracieho reťazca (str.21-22) uvádzate použitie viac typov akcelerometrov a meracích mikrofónov. Neboli touto "rozmanitosťou" použitých akcelerometrov ovplyvnené výsledky meraní?
2. Podľa akého kľúča, resp. akým systémom boli zvolené miesta, t.j. pozície pre upevnenie snímačov na konštrukcii cisternového vagóna a jeho komponentoch?
3. Výsledky modálnej analýzy (podkapitola 4.9), t.j. vlastných tvarov a vlastných frekvencií (13,8 Hz; 26,1 Hz; 52,3 Hz; 600,8 Hz; ...) sú uvádzané vo vzostupnom poradí? Ak áno, čím si vysvetľujete taký veľký rozdiel medzi frekvenciami 3 a 4? Aké boli okrajové podmienky pre uvedený MKP model?
4. Na str.57 tvrdíte: „Vo frekvenčnej oblasti nad 2 kHz je však prenosový útlm minimálny až negatívny.“ Je toto tvrdenie korektné? V tejto súvislosti prosím vysvetlite čo je myslené pojmom negatívny prenosový útlm.
5. Prejavil sa, resp. bol pozorovaný pri akustických meraniach aj hluk spôsobený výlučne nárazom povrchu valiaceho sa kolesa na nerovnosti povrchu koľajníc? Ako významný je tento hluk?
6. Názov habilitačnej práce je „Redukcia prevádzkových tvarov kmitania pohyblivej konštrukcie“. Akým spôsobom boli tieto prevádzkové tvary redukované? Boli tieto okolnosti a ich vplyv na kmitanie pohyblivej konštrukcie vyhodnocované?

### **Závěrečné hodnotenie**

Habilitačná práca, ktorú predložil Ing. Ondrej Chlebo, PhD. je aktuálna a možno ju zaradiť do oblasti, ktorá z hľadiska zamerania a obsahu ideovo korešponduje s cieľmi a zameraním študijného odboru Výrobná technika (od 22.2.2021 - Strojárstvo).

Z hľadiska súčasného stavu vedeckého poznania, ako aj vzhľadom na požiadavky inžinierskej praxe v oblasti odboru Strojárstvo, má predložená habilitačná práca požadovanú vedeckú úroveň.

Jednotlivé kapitoly habilitačnej práce sú prezentované na požadovanej vedeckej úrovni. Z hľadiska pedagogického a didaktického je spracovanie habilitačnej práce taktiež na primeranej úrovni. Počet a kvalita publikovaných prác autora, ako aj ohlasy na jeho práce a aktivity svedčia o jeho vedecko-odbornej erudícii. Taktiež výsledky v oblasti pedagogiky, ktoré uvádza, možno hodnotiť pozitívne.

Habilitačná práca, ktorú predložil Ing. Ondrej Chlebo, PhD.

#### ***spĺňa požiadavky***

kladené na vypracovanie habilitačnej práce v zmysle zákona č. 131/2002 Z. z. o vysokých školách, ako aj Vyhlášky č. 246/2019 MŠVVŠ SR z 01.09.2019 o postupe získavania vedecko-pedagogických titulov docent a profesor.

Habilitačná práca, doterajšie pedagogické, odborné a vedecké výsledky a ich ohlas preukázali, že uchádzač Ing. Ondrej Chlebo, PhD. splnil príslušné požiadavky a zákonné predpisy na začatie habilitačného konania. V prípade úspešnej obhajoby a po vyjadrení sa k uvedeným otázkam ***odporúčam*** udeliť Ing. Ondrejovi Chlebovi, PhD.

vedecko-pedagogický titul „***docent***“

v odbore Výrobná technika (od 22.2.2021 - Strojárstvo).

Trnava, 07.05.2024

doc. Ing. Milan Nad', CSc.  
oponent