

## Oponentský posudok habilitačnej práce

Ing. Marek Zvončan, PhD.  
Vedúci vývoja pre región Európa  
BOGE Elastmetall Slovakia a.s.  
Strojársená 5  
91702 Trnava  
Slovenská Republika

Názov práce : Nová metodika vývoja gumokovových prvkov pre uloženie elektrických hnacích jednotiek s využitím redukovaných modelov s podporou neurónových sietí.

Habilitant : Ing. Ján Danko, PhD.

Oponent: Ing. Marek Zvončan, PhD.

Oponentský posudok bol spracovaný na základe menovacieho dekrétu č.6400/2024 vystaveného dekanom Strojníckej fakulty Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislave, Dr. h.c. prof. Ing. Ľubomírom Šoošom, PhD. so súhlasom vedeckej rady zo dňa 15.10.2024.

### **Profesijný profil habilitanta**

Ing. Ján Danko PhD., t.č. pracujúci na funkčnom mieste docenta na Strojníckej fakulte Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislave sa v rámci svojej pedagogickej a vedecko-výskumnej praxe (18 rokov) dlhodobo venuje oblasti konštrukcie automobilov, podvozkových a hnacích mechanizmov v súlade s aktuálnymi trendami v predmetnej oblasti. Uvedené konštatovanie je podložené publikačnými výstupmi (66) vrátane ohlasov vo svetových vedeckých databázach (71) na tému elektromobility, autonómneho riadenia či simulácie systémov s implementáciou pokročilých algoritmov. Veľmi pozitívne možno hodnotiť aktívnu spoluprácu s praxou pri riešení projektových úloh, prednášky na zahraničných univerzitách ako i úlohu posudzovateľa výskumných projektov, pričom uvedené aktivity významne prispievajú k celkovému rozhľadu habilitanta v profesijnej oblasti.

Na základe podkladov vedecko-výskumnej a pedagogickej činnosti predložených na habilitačné konanie možno konštatovať, že Ing. Ján Danko, Phd. spĺňa a v mnohých ohľadoch viacnásobne prevyšuje minimálne kritériá stanovené na udelenie vedecko-pedagogického titulu docent (doc.)

## Spracovanie vybranej témy

Téma habilitačnej práce reflektuje na aktuálnu situáciu v oblasti vývoja produktov v oblasti automotive vzhľadom na dynamicky sa meniace konkurenčné prostredie. Opis aktuálneho vývoja v oblasti návrhu a simulácií gumokovových prvkov a potreba urýchlenia tohto procesu je v práci uvedená dostatočne a plne v súlade s aktuálnymi trendami v danej oblasti. Použitie procesov hlbokého učenia na predikciu statických a dynamických vlastností gumokovových prvkov predbieha aktuálny stav dostupných softvérových nástrojov a metódik zavedených v praxi.

Práca je z metodického hľadiska členená do kapitol (celkovo 7) a jednotlivých podkapitol, pričom v niektorých prípadoch by vzhľadom na obsahovú náplň podkapitol bolo dostačujúce menej detailné členenie.

Teoretické východiská spracované v kapitolách 1, 2 a 4 sú obsahovo spracované v súlade s potrebami pre riešenie danej problematiky definovanými v cieľoch práce a logicky na seba nadväzujú. Autor kombinuje teoretické vedomosti z oblasti tlmenia kmitov a konštrukcie gumokovových tlmiacich elementov s teoretickými podkladmi z oblasti numerických simulácií (predmetných gumokovových prvkov) a možnosťami aplikácie redukovaných modelov v týchto simuláciách čím vytvára potrebnú teoretickú bázu pre vlastné riešenie.

Kapitola 5 sa venuje samotnému návrhu metodiky implementácie procesov hlbokého učenia prostredníctvom využitia neurónových sietí na tvorbu redukovaných simulačných modelov a verifikácii metodiky prostredníctvom porovnania simulačných výstupov s výstupmi simulácií zo softvérov etablovaných výrobcov ako i experimentálneho merania, pričom správne poukazuje na rozptyl medzi výsledkami simulácií a experimentálnych meraní najmä v oblasti dynamických tuhostí. V metodike navrhnutý dizajn gumokovového prvku je zjednodušením reálneho produktu, avšak svojím poňatím plne zodpovedá typickému tlmiacemu elementu v uložení hnacích systémov elektromobilov. Zjednodušenie dizajnu gumokovového prvku možno hodnotiť pozitívne, nakoľko zachováva rozhodujúce faktory definujúce vlastnosti gumokovového prvku a obmedzuje sa na zjednodušenie menej významných faktorov. Vstupný simulačný model dynamickej tuhosti pre tvorbu redukovaného modelu je založený na generovaní 1000 výsledkov pre jednotlivé variácie vstupných parametrov, čo zo štatistického hľadiska možno považovať za dostatočne reprezentatívny počet avšak simulačný model statickej tuhosti je postavený iba na 30 opakovaníach. V závere piatej kapitoly sú uvedené výstupy simulácií redukovaných modelov z dvoch komerčne dostupných softvérov (Odysee CAD a Matlab) s porovnaním presnosti výstupov ako pre predikciu statickej tak i dynamickej tuhosti. Uvedená presnosť je v rozsahu od 8% pre najmenej presný výpočet po 1,3% pre najpresnejší výpočet.

V kapitole 6 autor prezentuje vlastnú aplikáciu na výpočet statickej a dynamickej tuhosti, ktorej algoritmus je založený na výstupoch prezentovaných v predošlej kapitole. Spracovanie aplikácie je intuitívne, pričom zvolené parametrické vstupy zodpovedajú geometrickým

charakteristikám gumokovových prvkov v maximálnej miere ovplyvňujúcich ich vlastnosti. Prezentovaná rýchlosť výpočtu vplyvu zmeny vstupných parametrov na priebeh statickej a dynamickej tuhosti je v porovnaní s FEM výpočtom s využitím aktuálne dostupných komerčných simulačných softvérov (napr. Abaqus) významne vyššia a líši sa rádovo (sekundy verzus hodiny).

Posledná, 7. kapitola je venovaná experimentálnemu overeniu výsledkov simulácií s využitím redukovaného modelu i FEM analýzy. Uvedené výsledky preukazujú funkčnosť a presnosť navrhutej metodiky, avšak vzhľadom na nízky počet variantných porovnaní je otázne nakoľko možno toto hodnotenie považovať za reprezentatívne. Z uvedeného je zrejmé, že so zvyšujúcou sa výchylkou deformácie gumokovového prvku sa presnosť predikcie redukovaného modelu znižuje.

### **Vlastný prínos**

Vytvorenie metodiky pre tvorbu redukovaných modelov s využitím viacerých prístupov (POD a MLP) a následné porovnanie týchto výstupov s výstupmi softvérov etablovaných výrobcov ako i experimentálnych meraní možno hodnotiť vysoko aktuálne vzhľadom na aktuálny vývoj v danom odvetví priemyslu. Aplikácia pokročilých algoritmov do vývojových procesov má potenciál výrazne znížiť náklady spojené s vývojom nových produktov.

Spracovaním metodiky aplikácie redukovaných modelov, konkrétne neurónových sietí, do simulácie výstupných charakteristík v závislosti od zmeny vstupných parametrov nelineárneho materiálu autor položil základy pre ďalšiu vedecko výskumnú činnosť v tejto oblasti. Uvedenú metodiku možno relatívne jednoducho zovšeobecniť a aplikovať do rôznych oblastí využitia FEM simulácií čím prínos uvedenej metodiky významne prekračuje aktuálnu aplikáciu, v habilitačnej práci prezentovanú formou návrhu gumokovového prvku.

Výstup navrhovanej metodiky využitia redukovaného modelu v simulácii gumokovových prvkov je prezentovaný formou aplikácie s možnosťou parametrizácie základných rozmerov. Napriek zjednodušeniu vstupného modelu gumokovového prvku je prezentovaná časová úspora v kombinácii s deklarovanou presnosťou (overenou i experimentálnym meraním) významná. Predmetná aplikácia má pri predpoklade rozšírenia o viaceré dizajnové varianty a materiálové varianty a po dostatočnej verifikácii experimentálnym meraním výrazný komerčný potenciál, čo podčiarkuje významný potenciálny prínos pre prax.

## **Pripomienky a otázky**

1. Na strane 79 je uvedený krok posunutia v simulácii 0,5 mm. Považujete veľkosť 0,5 mm za vhodnú vzhľadom na rozsah možných tuhostí gumokovových prvkov v závislosti od zmeny geometrie?
2. Na strane 88 uvádzate počet tvarových variácií simulácií 30 pre statickú tuhosť a 1000 pre dynamickú tuhosť. Akým spôsobom ste sa dopracovali k uvedeným počtom tvarových variácií za účelom zabezpečenia dostatočnej presnosti výsledkov?
3. Na str. 84 uvádzate budiacu amplitúdu simulácie dynamickej tuhosti v rozsahu 1-300Hz s veľkosťou 0,1 mm. Považujete uvedenú amplitúdu za dosiahnuteľnú v uvedenom frekvenčnom rozsahu pri reálnom meraní ? V prípade, že uvedená amplitúda nebude reálne dosiahnutá, aký bude mať tento rozdiel vplyv na výsledky tuhosti ?
4. Na str. 105 prezentujete výstup simulácie tuhosti prostredníctvom ROM aplikácie, kde možno pozorovať významné zvyšovanie odchýlky v závislosti od deformácie gumokovového prvku. Čomu tento jav pripisujete?
5. Je možno efektívne zvýšiť univerzálnosť aplikácie pre iné typy vstupnej geometrie ?

Po štylistickej stránke sa autor nevyhol drobným nedostatkom, ktoré však výrazne negatívne neovplyvňujú celkovú kvalitu predloženej práce.

## **Celkové hodnotenie habilitačnej práce**

Na základe predložených podkladov dokumentujúcich vedecko-pedagogickú činnosť habilitanta a tu uvedeného posudku habilitačnej práce hodnotím prácu ako vhodnú na obhajobu a

### **odporúčam**

predloženú habilitačnú prácu na obhajobu v odbore aplikovaná mechanika. Zároveň súhlasím, aby po úspešnej obhajobe bol Ing. Jánovi Dankovi, PhD. udelený vedecko-pedagogický titul docent (doc.)

V Trnave, 20.11.2024

Ing. Marek Zvončan, PhD.  
oponent