

doc.Ing.František Palčák, PhD.,
Ústav aplikovanej mechaniky a mechatroniky,
Strojnícka fakulta, Slovenská technická univerzita,
Nám. slobody17, 812 31 Bratislava,

OPONENTSKÝ POSUDOK dizertačnej práce

Ing. Hynek Purš

Mechanizmy poranenia v oblasti extrémneho zaťaženia

Školiace pracovisko: Fakulta telesnej výchovy a športu, UK v Prahe
Školiteľ: prof. Ing. Jan Kovanda, CSc.

Plnenie cieľov dizertačnej práce

Predložená dizertačná práca je súčasťou skúmania náročných medziodborových súvislostí dynamiky vozidiel (vlastnosti dopravných prostriedkov, dynamika, pružnosť a pevnosť, riadenie a regulácia, počítačové simulácie, štatistika, optimalizácia,...) a biomechaniky (stavba a činnosť zložitých častí tela: hlava, chrbtica, končatiny) z pohľadu vzniku a dôsledkov poranení pri dopravných nehodách podľa platných hľadísk (kritérií) posudzovania.

Práca sa týka troch oblastí:

- nehodami chodcov pri náraze prednou časťou dopravného prostriedku (kapitola 5),
- zaťažením dieťaťa v sedačke pri bočnom náraze (kapitola 6) a
- poraneniami krčnej chrbtice v dôsledku myknutia (whiplash).

Doktorand si dal cieľ určovať priebeh dynamického zaťaženia osôb pomocou počítačového napodobnenia (simulácie) dopravných nehôd a v prípadoch keď sa v priebehoch vyskytnú hraničné hodnoty pre vznik poranení a podľa platných hľadísk (kritérií) posudzovania upozorňovať na potrebu úprav zádržných sústav a pohlcovačov dynamických účinkov nárazu.

Náročnosť zvolenej oblasti skúmania vyplýva z toho, že pri rozbere následkov nárazov na ľudské telo z pohľadu biomechaniky bolo cieľom posúdiť odolnosť častí tela voči trvalým zmenám tvaru ako aj z pohľadu zachovania plnenia poslania (funkcie) ako je zásobovanie krvou, čo si vyžadovalo zvládnutie názvoslovia a spoluprácu s odborníkmi z oblasti medicíny.

V kapitole 2 doktorand stručne uvádza, že na utváranie vzorov (modelov) počítačového nahradenia skutočných dopravných prostriedkov (motorka, osobné auto, viacúčelové auto MPV: multi-purpose vehicle, auto na športovacie účely SUV: sport utility vehicle, nákladné auto, autobus, električka, vlak) bude treba využiť počítačové nástroje na dynamické rozbory (analýzy) sústav viazaných tuhých aj pružných telies (multibody systems), ktoré umožňujú napodobnenie trvalých zmien tvaru častí, ale to, že použil program MADYMO od spoločnosti TNO uvádza až v kapitole 4, kde sú aj okolnosti nárazu a hľadiská (kritériá) posudzovania dôsledkov.

Za zvyčajný úvodný rozbor zdrojov k danej oblasti možno považovať kapitolu 3 kde je podrobné zdôvodnenie porovnávacích meradiel (kritérií) poranenia častí tela v dôsledku vplyvu nárazu, ktoré je mierou pravdepodobnosti vzniku poranenia: hlavy (HIC), krku (NIC), hrudníka (TTI), dolných končatín (FFC), panvy (PSPF) a brucha (APF).

Ukázalo sa, že pri čelnom náraze vozidla do chodca je hlava najzraniteľnejšia časť tela. Príroda síce použila na ochranu mozgu lebku, mozgové blany (meningy) a mozgomiešny mok, pričom nervové bunky nervovej sústavy chráni pred účinkami škodlivých látok z krvi súvislá vrstva (hematoencefalická bariéra HEB) veľmi tesne prepojených buniek, ktoré neumožňujú prechod látok medzibunkovými priestormi, ale stále treba hľadať cesty ako zmierniť následky nárazov.

V kapitole 5 sa doktorand zamerával na podrobné skúmanie, ktoré okolnosti (faktory) sú rozhodujúce z hľadiska vplyvu na zranenie chodca pri zrážke s dopravným prostriedkom. Pre vieryhodnosť výsledkov a opakovateľnosť uvedených pokusov chýbajú údaje o spôsobe riadenia práce riešiča pre dosiahnutie spoľahlivosti (konvergencie) priebehu výpočtu, vyžadovanej presnosti výpočtu a čo najvyššej rýchlosti výpočtu.

Náplňou kapitoly 6 je rozbor zaťaženia dieťaťa v sedačke pri bočnom náraze v prostredí programu HyperWorks od spoločnosti Altair s cieľom posúdiť vhodnosť opierky hlavy na sedačke. V tejto časti uvádza doktorand podstatne viac údajov o riadení práce riešiča Radioss ako to bolo v kapitole 5, ale Východiskom pre počítačovú náhradu (model) skutočnosti a okolnosti nárazu boli výsledky merania od spoločnosti Dekra.

V kapitole 7 sa doktorand podujal na náročnú úlohu zostaviť vzor (model) krčnej chrbtice aby čo najviac zodpovedal skutočnosti. Podľa uvedeného opisu sa dá usúdiť, že je tento vzor (model) veľmi zjednodušený, preto sa dá súhlasiť so záverom, že ho bude treba v budúcnosti spresniť tak, aby náhradný vzor (model) umožňoval všetky druhy skutočných pohybov:

- predklon a záklon (anteflexia, retroflexia), pootočenia okolo priečnej osi y,
- úklony (laterálna flexia), pootočenia okolo pozdĺžnej osi x,
- otáčanie (rotácia), pootočenia okolo zvislej osi z,
- pružiacie pohyby, posunutia pozdĺž osí x, y, z.

Známe sú spôsoby spresnenia tvaru častí chrbtice pomocou Beziérových kriviek, alebo na základe počítačovej tomografie (Computed Tomography, CT rezy).

Odporúčania

Z hľadiska zvýšenia bezpečnosti cestnej premávky je cieľom znižovať výskyt a vážnosť následkov nehôd, preto je dôležité hľadať spôsoby ako nehodám predchádzať. Pre budúci výskum v tejto oblasti treba zovšeobecniť doterajšie prípady nehôd a doplniť ich overenými prístupmi predurčovania, predvídania a predpovedania. Pre odhalenie prelomových možností tvorivého využitia medziodborových súvislostí mal pre ľudstvo zásadný objav zákonitostí vývoja zdokonaľovania techniky (Altšuler 1946), ktorý bol základom pre prístup TRIZ (Teória-zovšeobecnene zákonitosti ako Riešiť Invenčne-nápadito Zadania). Je to dôsledok pôsobenia

hnacej sily všetkého diania v prírode, ktorou je Zákon zdokonaľovania (zákon najmenšieho účinku), podľa ktorého je snaha dostať sa čo najbližšie k nedosiahnuteľnému cieľu, ktorým je dokonalá účinnosť (úspešnosť) ako výsledok dokonalej účelnosti (užitočnosti) a dokonalej úspornosti (umiernenosti). Príklady využitia tohto prístupu pre oblasť automobilového priemyslu sú v príspevku: Kanikdale, T., Shankar M.: 40 Inventive Principles of Automotive, TRIZ Journal aug. 2015-08-20 (<http://www.triz-journal.com/>).

Pripomienky

Hodnotu každej dizertačnej práce zvyšuje jej zrozumiteľnosť, preto odporúčam zásadu uprednostňovať slová v rodnom jazyku a príslušné cudzojazyčné slová dávať do zátvorky.

- narážajúce auto (impaktor), str.3,
- overenie (validovanie), str.13,
- sústava viazaných telies (multibody systems), str.15,
- prvý krčný stavec: nosič (atlas), str.16,
- spodný krčný stavec (occipital), str.16,
- otras mozgu, (concussion), str.19,

Na str.21 by bolo vhodné doplniť, že porovnávacie meradlo (kritérium) poranenia hlavy (HIC: Head Injury Criterion) je mierou pravdepodobnosti vzniku poranenia hlavy v dôsledku vplyvu nárazu. HIC získame vhodne upraveným integrálom trvania (15 ms) zrýchlenia pri náraze, rozmer je $g^2,5$. Hodnotu meradla poranenia hlavy (HIC) môžeme považovať za výkon zrýchlenia, ktorý vystihuje dôsledky časového pôsobenia zrýchlenia a súvisí s veľkosťou plochy pod časovým priebehom zrýchlenia.

- hľadiská (faktory), str.53,
- z plošiek (facetový), str.54,
- myknutie (whiplash), str.104

V prehľade prác v danej oblasti chýbajú najnovšie výsledky z doterajšieho výskumu.

Otázky k obhajobe

- Aký je rozdiel medzi kinematickými a geometrickými väzbami?
- Aké sú zásady riadenia práce riešiča pre dosiahnutie spoľahlivosti (konverencie) priebehu výpočtu, vyžadovanej presnosti výpočtu a čo najvyššej rýchlosti výpočtu?
- Aké sú možnosti predchádzať nárazom?

Záver

Predložená dizertačná práca patrí do oblasti moderného medziodborového a počítačom podporovaného prístupu utvárania vzorov (modelovania), rozboru-analýzy a zlepšovania (optimalizácii) vlastností biomechanických sústav. Prínosom práce je, že zohľadňuje náročné medziodborové súvislosti (dopravné prostriedky, dynamika, pružnosť a pevnosť, riadenie a

regulácia, počítačové simulácie, štatistika, optimalizácia,...) a biomechaniky (stavba a činnosť zložitých častí tela: hlava, chrbtica, končatiny).

Téma dizertačnej práce a použité postupy (metodika) sú žiaduce najmä z pohľadu potreby výskumu účinného spôsobu zníženia dôsledkov poranenia pri nehodách.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že **doktorand splnil vytýčené ciele** a má uskutočniteľné predstavy o ďalšom rozvíjaní daného vedného odboru.

Vedecký prínos dizertačnej práce spočíva v tom, že obsahuje overenie výsledkov numerických simulácií skutočnými pokusmi (experimentálne merania), ktoré vykazuje prijateľnú zhodu.

Využitelný (praktický) prínos dizertačnej práce vidím v tom, že výsledky počítačových rozborov (analýz) umožňujú znížiť mieru poranenia pri nehodách.

Vzdelávací (pedagogický) prínos dizertačnej práce spočíva vo vypracovaní postupov (metodiky) pre spojenie experimentálneho a medziodborového počítačom podporovaného prístupu pri modelovaní, analýze a optimalizácii vlastností biomechanickej sústavy.

Doktorand vo svojej práci preukázal, že zvládol teoretické východiská pre verné počítačové napodobnenie (matematické modely) skutočných dopravných prostriedkov aj zásady utvárania biomechanických vzorov (modelov). Nástroje medziodborovej počítačovej podpory využil pri rozbere (analýze) a posudzovaní príčin poranení osôb pri dopravných nehodách, čo je východiskom pre zdokonalenie zádržných sústav a pohlcovačov dynamických účinkov nárazu a prísľubom pre uplatnenie výsledkov v ďalšom výskume aj vo vzdelávaní.

Na základe uvedeného potvrdzujem, že **predložená dizertačná práca spĺňa vyžadované podmienky** a preto **dizertačnú prácu odporúčam k obhajobe** a navrhujem, aby po jej úspešnom obhájení doktorand Ing. Hynek Purš získal vedeckú hodnosť PhD.



V Bratislave, dňa 1. 8. 2017

doc. Ing. František Palčák, PhD.,