

# Nelinearen sklopljeni dinamični model sistema voznik-sedež-kabina in napoved biomehanskega vedenja

Leilei Zhao<sup>1</sup> – Yuewei Yu<sup>1,\*</sup> – Jianhu Cao<sup>1</sup> – Yuewei Yu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tehniška univerza v Shandongu, Šola za transport in avtomobilsko tehniko, Kitajska

<sup>2</sup>Poklicni inštitut Zibo, Šola za avtomobilsko inženirstvo, Kitajska

Biomehanski odziv sistema voznik-tovornjak v dinamičnem okolju je eden od glavnih dejavnikov pri projektiranju in upravljanju tovornjakov. Za ovrednotenje voznega udobja sistema sedež-kabina je treba napovedati biomehanski odziv različnih delov voznikovega telesa v različnih smereh. Trenutno ni zanesljivih modelov in metod za učinkovito napovedovanje karakterističnega odziva sistema voznik-sedež-kabina.

Zato je bil na osnovi obstoječega biodinamičnega modela sedečega človeka s 7 prostostnimi stopnjami najprej ustvarjen nelinearen dinamični model sistema voznik-sedež-kabina z 10 prostostnimi stopnjami in izpeljane so bile diferencialne enačbe za popis vibracij. V naslednjem koraku so bili za simulacijo in verifikacijo eksperimentalno pridobljeni signali vibracij tovornjaka med vožnjo po cesti. V tretjem koraku je predstavljen specifičen postopek reševanja modela na osnovi integracijske metode Newmark- $\beta$ . Nelinearni koeficienti dušenja prednjih in zadnjih blažilnikov kabine so bili izmerjeni na preizkuševališču. Opravljene so bile simulacije na podlagi izmerjenih parametrov modela z zbranimi signali vibracij šasije kot vhodnimi podatki. Rezultati simulacije se ujemajo z rezultati preskusov, kar dokazuje, da lahko dinamični model učinkovito napove voznikove biomehanske odzive. Analiza s simulacijami je dala več uporabnih zaključkov.

- (1) Primerjava je pokazala, da se rezultati simulacije ujemajo z rezultati preskusov. Model je uporaben in njegova točnost je sprejemljiva. Predlagani model lahko uspešno napove voznikov biomehanski odziv in osnovne dinamične lastnosti tovornjakov, ki so med vožnjo po cesti podvrženi vplivu naključnih vzburjanj.
- (2) Časovne vrste vertikalnih sil in pospeškov spodnjega dela trupa, drobovja, rok, zgornjega dela trupa in glave pod vplivom naključnih vzburjanj med vožnjo s tovornjakom so si podobne.
- (3) Energija vertikalnih vibracij voznikovega telesa med vožnjo po asfaltirani cesti je koncentrirana v nizkofrekvenčnem območju (0 Hz do 10 Hz). Energija vibracij voznikovega telesa v visokofrekvenčnem območju (10 Hz do 100 Hz) je praktično enaka nič.

Predlagani model odpravlja pomanjkljivosti obstoječega modela in lahko bolje simulira pospeške voznikovega hrbtnega naslona in kolkov zaradi vibracij. Novi model je zato uporabnejši za projektiranje sistemov vzmetenja kabin. Primeren je tudi za analizo vibracij voznikovega celotnega telesa med vožnjo s tovornjakom kot teoretično osnovo za določanje učinkovitih ukrepov za preprečevanje poškodb voznikovega drobovja. Model ni primeren za analizo utrujanja človeškega telesa zaradi vibracij. Njegova pomanjkljivost je, da ne more točno reproducirati realnih vzdolžnih pospeškov. V nadaljnjih študijah bo zato treba upoštevati še vzdolžne prostostne stopnje kabine ter vdelati vodilni mehanizem sistema vzmetenja kabine v dinamični model.

**Ključne besede:** avtomobilska tehnika, kakovost vožnje, sistem voznik-sedež-kabina, voznikovo zdravje, dinamično modeliranje, biomehanski odziv