

Posudek disertační práce

New advanced methods in side crash testing

Ing. Jakuba Jelínka

Předložená disertační práce navrhuje nový přístup pro testování bočního nárazu vozidla. Práce popisuje značně rozsáhlé portfolio činností v oblasti ladění experimentálního zařízení v rámci projektu ALIS (*Active Lateral Impact Simulator*) ve společnosti TÜV-SÜD. Za pomoci virtuálního testování bočního nárazu celého vozidla odvozuje doktorand v práci parametry pro fyzické testování sáňovou zkouškou za účelem snížení nákladů vývoje vozidla. Používá numerické simulace s redukovanými modely za účelem naladění experimentálního zařízení a metodu *Design of Experiment* pro nastavení experimentálního zařízení ALIS pro náraz na kůl.

Svůj posudek rozdělují dle požadavků níže.

Dosažení v disertaci stanoveného cíle: Hlavním cílem disertační práce je nový přístup k experimentálnímu testování (v tomto případě naladění experimentálního zařízení ALIS pro analýzu bočního nárazu vozidla na kůl) za podpory matematického aparátu s využitím redukce modelu a metody *Design of Experiment*, který se skládá z několika postupných kroků. Konstatuji, že hlavní cíl disertační práce byl splněn.

S využitím simulace nárazu celého vozu byl s využitím redukce modelu simulován náraz na kůl s využitím simulátoru ALIS, jehož experimentální nastavení proběhlo numerickou cestou. Dále byly provedeny virtuální testy a srovnány s experimentálními testy, jednak s využitím redukováného modelu a jednak s celým vozidlem. Výsledky všech simulací a experimentálních testů byly porovnány a byla dosažena rozumná shoda mezi experimentální zkouškou celého vozidla, experimentální zkouškou s využitím simulátoru ALIS a stejně tak s virtuálními dvojčaty obou experimentů.

Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky: Doktorand prokazuje široké znalosti současného stavu v oblasti problematiky experimentálního testování i modelování a virtuálního testování s využitím numerických simulací. Do detailu popisuje historii testování, bezpečnostní systémy, využívané bariéry i figuríny. Shrnuji i adekvátní znalost biomechanických kritérií, na základě kterých jsou definována experimentální kritéria.

Teoretický přínos disertační práce: Teoretický přínos disertační práce není významný. Práce se zabývá převážně aplikovaným výzkumem s využitím stávajícího softwarového vybavení a experimentálního zařízení. Teoretický přínos disertační práce se v tomto ohledu omezuje na popis metodiky, nastavení modelů a použitých metod, které doktorand přebírá z daného software za účelem dosažení cílů.

Praktický přínos disertační práce: Praktický přínos disertační práce je značný. Doktorand vhodně kombinoval metodu redukce modelu pro naladění experimentálního zařízení ALIS s využitím metody *Design of Experiment*. Postup prezentovaný v disertační práci lze aplikovat i na další obdobné experimentální testování za účelem zrychlení prototypování bezpečného designu a snížená nákladů v procesu vývoje výrobku.

Vhodnost použitých metod řešení: Předložená práce adekvátně využívá kombinaci metod redukovaného modelu pro snížení časové náročnosti výpočtů a *Design of Experiment* pro naladění experimentálního simulátoru ALIS pomocí numerických simulací.

Způsob, jak byly použité metody aplikovány: Výše uvedené metody byly vhodně aplikovány za účelem dosažení stanoveného cíle. Byl využit redukovaný model celého modelu vozidla pro náraz na kůl, na základě kterého byly nastaveny parametry experimentálního simulátoru ALIS. Validace nastavení systému ALIS byla provedena opět vůči experimentu bočního nárazu na kůl celého vozidla.

Prokázání odpovídající znalosti v daném oboru: Doktorand prokazuje široké znalosti v oboru numerických simulací s využitím komerčního software, experimentu i potřebných základů biomechaniky.

Formální úroveň práce: Disertační práce je dobře vizuálně formátována a je psána slušnou angličtinou. Nicméně v ní existuje dle mého názoru nerodilého mluvčího mnoho „kostrbatých“ formulací (např. „*The author Miller ...*“ na str. 12 nebo „*... is not be modelled ...*“ na str. 45) nebo nedokončených vět (např. „*To sum those up.*“ na str. 17 nebo „*To sum all previously mentioned up, ...*“ na str. 19 nebo „*To be chosen all suitable variables ...*“ na str. 69) a překlepů (např. chybějící mezery před referencí v [...] na str. 10, 14, 15, 16, 17). Některé obrázky (např. 2, 3, 4, 7, 46, 65 – 70, 73) mají nečitelné popisky z důvodu miniaturního písma. V neposlední řadě disertační práce kompiluje značné množství aktivit a je rozdělena do mnoha kapitol a podkapitol, což stěžuje místy orientaci v celé práci.

K disertační práci mám následující další dotazy:

1. Často je v práci zmíněn autorský tým nebo využití práce třetích stran (TUV-SÜD). Můžete prosím jasně sdělit, co je konkrétně Vaší prací a Vaším přínosem?
2. Str. 30: Co myslíte větou „*... linear guide and impact structure will be modelled explicitly?*“
3. Kap. 5.1.2.4: Klíčovou oblastí celé práce je redukce modelu. Píšete, že některé struktury byly na základě zkušeností odstraněny. Můžete sdělit podrobnosti, podle jakých kritérií probíhala redukce modelu a jak se projevilo jejich odstranění na zbytek modelu?
4. Kap. 5.1.3.2: Píšete, že uvedené předpoklady jsou na základě zkušeností. Můžete více popsat tyto zkušenosti, případně dodat reference?
5. Kap. 5.1.3.3: Píšete, že na jednu stranu je třeba korektně definovat úchyty a zátěžní body, na druhou stranu píšete, že všechny tyto body jsou navrženy na základě poskytnutých 3D CAD dat, protože v modelu FE jsou často opomíjeny. Tomu nerozumím, prosím vysvětlit.
6. Kap. 5.1.3.4: Píšete, že struktura je analyzována příslušnými pulzy a v případě nutnosti upravena iteračním procesem, prosím o podrobnosti.
7. Na str. 52 píšete, že je využito 20 proměnných po 3 bodech na proměnnou, které jsou zřejmě zobrazeny na nečitelném Obr. 48, ale v Obr. 49 máte v nastavení 58 parametrů, prosím o vysvětlení.
8. Od str. 61 dále pracujete s 8 parametry v 8D prostoru. Dále dejte do souvislosti z 200 experimenty zmíněnými na str. 58.

9. Na str. 62 vyvozujete z Obr. 52 maximální čas na 48 ms, jak si můžete být jist, že toto bude platit i pro ostatní konfigurace?
10. Obr. 67 a 68 jsou nečitelné. Jak popisuje Obr. 67 vztah mezi vstupy a výstupy?
11. Co přesně značí shluky bodů na Obr. 68?
12. Dále objasněte Obr. 70, který je značně nečitelný. Pochopil jsem dobře, že srovnává výstupy s redukováného modelu s výstupy z konkrétní simulace? Co je měřítkem srovnání?
13. Jedním z klíčových výstupů se jeví Obr. 72, na základě kterého slovně srovnáváte odezvy. Proč jste nepoužil např. metodu CORA?
14. Dále popisujete ladění parametrů za účelem dosažení lepší shody mezi simulací a experimentem s využitím systému ALIS, na základě čeho jste parametry upravil, aby došlo k lepší shodě na Obr. 74?
15. Jaké je měřítko shody (zelená, žlutá červená) v Tab. 8 a 9?
16. Kap. 5.2 naznačuje druhou iterační smyčku, kdy vstupní data s plného experimentu vstupují do simulace za účelem finálního ladění. Dodejte prosím podrobnosti.
17. Kap. 6 by měla shrnout výsledky v celé šíři.

Na závěr se vyjádřete, zda práci doporučujete nebo nedoporučujete k obhajobě: Přestože předložená disertační práce shrnuje rozsáhlé aktivity v oblasti bočního testování vozidla nárazem na kůl, mám k ní celou řadu výhrad a připomínek shrnutých v otázkách výše. Nicméně disertační práci doporučuji k obhajobě, a pokud doktorand zodpoví na všechny mé dotazy a objasní uvedené nejasnosti, souhlasím s udělením vědecké hodnosti doktor.

V Plzni, 28. 6. 2021

doc. Ing. Luděk Hynčík, Ph.D.