

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Osobní vůz pro rychlost 200 km/h s podvozký s vypružením ocelovými pružicími prvky
Jméno autora:	Bc. Michal Kuneš
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Oponent práce:	Ing. Zdeněk Moureček
Pracoviště oponenta práce:	VÚKV a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Projekt osobního vozu, který je obsahem diplomové práce, je velice rozsáhlý úkol, který v praxi řeší tým odborníků, projektant vozu a specialista na obrysy, konstruktér podvozků, specialista na návrhy pružících prvků a výpočtář zabývající se simulačními výpočty spolu s odborníkem na zkoušky.	
Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Diplomant zadání práce splnil kompletně, provedl návrh skříně vozu, konstrukce podvozků a parametrů vypružení. Ze svého pohledu specialisty na jízdní zkoušky postrádám v simulačních výpočtech ověření stability jízdy při vyšší ekvivalentní konicitě a vyhodnocení jízdního komfortu. Případné problémy by se mohly projevit při jízdních zkouškách a vést k nutnosti změny parametrů tlumení i vypružení (mimo jiné by se mohly projevit nedostatečné poměrné útlumy některých pohybů, které diplomant po jejich zjištění dále neřešil.	
Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Diplomant by mohl věnovat více pozornosti vlastnostem sekundárního vypružení v příčném směru. V práci není zřejmý postup návrhu parametrů torzního stabilizátoru.	
Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Diplomant ve své práci prokázal, že zvládl základy práce všech specialistů, kteří by se na podobném projektu podíleli, plně využil znalosti získané studiem a využíval správné normy. Velmi dobře zvládl práci s programem Simpack. V další praxi dokáže své znalosti jistě rozvíjet.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Diplomová práce je zpracována přehledně, z hlediska formálního zpracování a typografické a jazykové stránky nemám žádných připomínek.	
Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	

Použité zdroje informací jsou uvedeny správně.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Jedná se o rozsáhlou DP, dále se věnuji podrobněji jednotlivým bodům v souladu s členěním DP.

Především pro informaci diplomantovi uvádím i některé drobnější nedostatky.

Po rozsáhlém přehledu použitých veličin a jejich označení, následuje Úvod a dále jednotlivé body.

2. Přehled osobních vozů pro rychlost 200 km/h, které byly vyráběny pro provoz na evropské normálněrozchodné železniční síti po roce 2005 s uvedením jejich základních parametrů.

Bod 3. je věnován rešerši současných bezkolébkových podvozků osobních vozů s flexi-coil vypružením.

K výše uvedeným částem diplomové práce nemám připomínky.

Odst. 4 Návrh osobního vozu

Tímto odstavcem začíná vlastní stěžejní práce diplomanta.

Diplomant zvolil velkoprostorový vůz typu Z s interiérem 2. třídy inspirovaným vozem Bmpz s podvozkou vycházejícími z podvozků Y32. Možností uspořádání interiéru je samozřejmě více, v praxi by uspořádání interiéru bylo zřejmě dáno požadavky odběratele.

4.3 Popis podvozku

Obsahuje popis koncepce podvozku, rámu, brzdy, dvojkolí, přenosu sil.

V bodě 4.3.6 (nebo dále v práci po určení příčné tuhosti pružin) postrádám hlubší analýzu vlastností spojení podvozku se skříní v příčném směru - zejména závislost příčné výchylky na příčném zrychlení pro ověření, že při provozních hodnotách nedostatku převýšení není již vyčerpána příčná vůle až na tuhé narážky.

Funkce narážek na obr. 23 označených jako pozice 2 je pouze pojistná? Jsou tuhé nebo pružné?

5 – Základní hmotnostní bilance

- proveden poměrně podrobný rozbor hmotností jednotlivých částí skříně vozu, který obsahuje i souřadnice těžišť jednotlivých částí
- je určena celková hmotnost vozu a souřadnice těžiště celého vozu

5.1.– Výška těžiště vozu při provozním zatížení

Proveden výpočet zvýšení polohy těžiště v důsledku obsazení vozu sedícími i stojícími cestujícími a současně je uvažováno snížení polohy těžiště vozu v důsledku stlačení vypružení.

K bodům 5 a 5.1 lze říci, že diplomant provedl rozbor hmotnostní bilance a výpočet výšky těžiště precizně. Pouze není zcela zřejmé, jak je do bilance započtena i hmotnost vodní náplně systému WC a vodojemů. Hmotnost těchto náplní by měla být součástí rozdílu minimální hmotnosti prázdného a maximální provozní hmotnosti vozu. Jen drobná poznámka: v bodě 5 nejsou uvedeny zdroje hmotností jednotlivých komponent, jedná se odhady, či jsou stanoveny na základě nějakých katalogových podkladů, podobných vozů? (Toto nemíním jako výtka vůči diplomantovi, jeho informační zdroje jsou samozřejmě omezené, uvedené hodnoty působí věrohodně.)

Pro dynamický model jsou potřebné souřadnice těžišť jednotlivých těles modelu (např. tedy skříně bez podvozků). Lze usuzovat, že hmotnost a poloha těžiště skříně je dána položkami 1 až 68 v tabulce 10, není to uvedeno, ale parametry tělesa skříně ve výpočtovém modelu vozu (odst. 10.1 – tabulka 60) tomu numericky odpovídají.

Pokud ale zkombinuji parametry skříně z tabulky 60 a parametry podvozků z tabulky 10 – položky 69 a 70, vychází výška těžiště celého vozu 1.48 a ne 1.518 uváděných v odst. 5.1, tabulka 11.

	m	hT	M
skříně	30108	1940	58409520
podvozek	7304	532	3885728
podvozek	7304	532	3885728
suma	44716		66180976
	celý vůz:	1480	

5.2. Nápravové zatížení

Stanoveno správně.

6. Základní návrh svislého vypružení

6.1 Maximální užitečné zatížení vozu

Stanovení hmotnosti obsazeného vozu – sedící cestující + 2 osoby na m² plochy pro stání

-obsazení cestujícími provedeno správně, není uvažována proměnná hmotnost vody

-z možného rozdílu výšky nárazníků správně stanovena max. hodnota užitečného sednutí vypružení a jeho celková minimální svislá tuhost (bod 6.2)

6.3

Tuhost správně rozdělena mezi primární a sekundární vypružení.

6.3.4 Vlastní frekvence netlumené dvouhmotové soustavy

Výpočet proveden správně, výsledné frekvence leží v doporučeném rozsahu.

7. Návrh pružícího prvku primárního vypružení.

Nemám připomínek, jen bych podotkl, že diplomant se zabýval i ne zcela jednoduchou, ale prakticky významnou, problematikou zvýšení tuhosti duplexní pružiny, které je způsobeno uložením v kývačce.

8. Návrh pružícího prvku sekundárního vypružení

K navrhovaným parametrům flexi-coil pružin a silentbloků nemám připomínek.

9. Obrys pro konstrukci vozu

Diplomant využívá hodnoty příčných vůlí, výšku pólu náklonu a součinitel náklonu předepsané pro vůz typu Z uvedené ve vyhlášce UIC 567-2. Ověření součinitele náklonu vozu s navrženými podvozky je provedeno v odstavci 12.2.4 (vyhodnocení součinitele poddajnosti ze simulace průjezdu obloukem R=1813 m). Bylo by potřebné ještě doplnit posouzení, zda výška pólu náklonu navrhovaného vozu odpovídá hodnotě hc předpokládané ve vyhlášce UIC 567-2.

10. Dynamický model vozidla pro výpočtové simulace.

- vytvořen v programu Simpack, koncepčně správně

- k popisu modelu nemám zásadních připomínek, pouze opět postrádám charakteristiku vazby – příčné narážky (obr. 23, pozice 2).

11. Analýza vlastností linearizovaného modelu

Diplomant správně konstatuje, že poměrné útlumy některých pohybů jsou nízké. Očekával bych proto další krok: použití tlumičů s vyšším tlumením nebo úpravu jejich polohy.

12.1.1.3 Změna kolových sil vyvolaná postavením podvozků

Stanovení zkušebního zborcení, jakožto i obecný vztah pro torzní tuhost dvounápravového podvozku i výpočet změny kolové síly dle tohoto vztahu, je v pořádku. V případě navržené koncepce podvozku bych navrhoval ještě prověřit vliv torzní tuhosti silentbloků kloubů kývaček při natočení dvojkolí spolu s kyvnými rameny oproti rámu podvozku (kolem osy x). Předpokládám, že mezi dvojkolím a kyvnými rameny je pouze jeden stupeň volnosti (rotace kolem osy dvojkolí) a je tak sestaven i model v Simpacku.

12.1.1.4 Změna kolových sil vyvolaná postavením vozové skříně

Vztahy pro výpočet torzní tuhosti vozu jsou uvedeny správně. Není mi zcela jasné, jak byl proveden návrh parametrů torzního stabilizátoru (TS) kolébání tab. 74. Za běžný postup návrhu TS bych považoval nejprve stanovení potřebné tuhosti stabilizátoru a poté stanovení jeho rozměrů vedoucích k dosažení potřebné tuhosti (s přihlédnutím k prostorovým poměrům v podvozku). Nutno uznat, že TS navržený diplomantem splňuje svoji tuhostí funkční požadavky na BPV a součinitel náklonu, což je v diplomové práci ověřeno. Tuhost TS může být více či méně ovlivněna i uložením tyče TS a tuhostí kloubů táhel. Bylo toto uvažováno?

12.1.1.5 Minimální kolová síla

Stanovena:

- analytickým výpočtem: $Q_{min}=Q - \Delta Q_+ - \Delta Q^*$
- simulačním výpočtem zkracovací zkoušky v programu Simpack

Výsledky vykazují dostatečnou shodu. V případě simulačního výpočtu zkoušky by bylo dobré uvést i způsob provedení zkrucování vozu – odpovídá reálné zkoušce? Zvedají se či spouštějí jednotlivá kola? Pokud ano, měly by být uvedeny i průběhy svislých pohybů jednotlivých kol.

12.1.2 Průjezd nepřevýšeným obloukem $R=150$ m

Síla Y stanovena:

- simulací v programu Simpack
- analyticky dle Heumannovy teorie.

Shoda výsledků je dobrá.

Spočtené výsledné průběhy simulačního výpočtu jsou uvedeny v příloze 3. K této příloze mám několik připomínek:

-všechny grafy na str. 4 této přílohy jsou označeny Vertical wheel forces, přestože evidentně obsahují i průběhy příčných sil. U grafů není uvedeno, ke kterému kolu se vztahují. Při zkoušce se měří i úhel náběhu, aby mohla být zkontrolována podmínka pro poměr Y/Q na vnitřním kole dle bodu 6.1.3. ČSN EN 14363.

V příloze 2 (DP str. 40) je provedena kontrola součinitele poddajnosti při průjezdu obloukem $R=1813$ m. Postup vyhodnocení není přesně uveden. Součinitel poddajnosti je hodnocen jako dynamická veličina.

Součinitel poddajnosti je možné vyhodnotit z jízdních zkoušek přímo postupem dle ČSN EN 14363, bodu D.2.5. Postup diplomanta lze také akceptovat, vzhledem k použití percentilu 0.15 namísto kvazistatických hodnot je z hlediska obrysu na „bezpečné straně“.

12.2 Simulace jízdně-technických zkoušek

12.2.1 Zkušební oblasti na trati

-požadavky na oblasti a úseky shrnuty v tab. 82. Asi je překlep u hodnoty I v prvním řádku, jinak v pořádku.

12.2.1.1 Výpočtové případy pro simulaci jízdně-technických zkoušek

Shrnuté v tabulce 83, parametry zkušebních úseků voleny správně, jsou zastoupeny všechny zkušební oblasti. Bylo by vhodné doplnit zkoušku stability při vyšší ekvivalentní konicitě.

12.2.2 Měřené a vyhodnocované veličiny

- stanovení měřených veličin dle normální metody a rozmístění snímačů provedeno správně

Simulační výpočty byly provedeny na trati s nerovnostmi koleje (s odchylkami GPK). Není uveden zdroj použitých nerovností a není provedeno vyhodnocení nerovností dle přílohy M ČSN EN 14363, či případně dle přílohy D vyhlášky UIC 518. Vzhledem k tomu, že zdroj nerovností není uveden, bylo by dobré nerovnosti takto charakterizovat.

Výsledné průběhy veličin v kapitole 2 vypadají věrohodně, stejně jako výsledné hodnoty uvedené v příloze 3.

Vzhledem k tomu, že jde o osobní vůz, bylo by vhodné věnovat více pozornosti hodnocení jízdního komfortu. V práci je z tohoto pohledu uvedeno pouze hodnocení max. hodnot zrychlení ve skříní a porovnání s hodnotami dle informativní přílohy L ČSN EN 14363. Toto je v souladu s aktuálně platným vydáním ČSN EN 14363. Při tom se ale předpokládá, že bude provedeno vyhodnocení jízdního komfortu dle ČSN EN 12229 (UIC 513), to provedeno není. Případně mohlo být provedeno informativní vyhodnocení rms hodnot zrychlení ve skříní a porovnání s mezními hodnotami dle vyhlášky UIC 518.

V návaznosti na DP doporučuji při obhajobě diplomové práce položit studentovi následující otázky:

- **návrh torzního stabilizátoru.**
- **Hodnocení jízdního komfortu osobního vozu**

Jak již bylo uvedeno výše, projekt osobního vozu, který je obsahem diplomové práce, je velice rozsáhlý úkol, který v praxi řeší tým odborníků, projektant vozu a specialista na obrisy, konstruktér podvozků, specialista na návrhy pružících prvků a výpočtář zabývající se simulačními výpočty spolu s odborníkem na zkoušky. Diplomant ve své práci prokázal, že zvládl základy práce všech specialistů, kteří by se na podobném projektu podíleli. Velmi dobře zvládl práci s programem Simpack.

Přes uvedené drobné nedostatky **hodnotím diplomovou práci jako výbornou, tedy **A**.**

Datum: 19.8.2021

Podpis:

Ing. Zdeněk Mouřeček