

## Odborný posudek na diplomovou práci

### Bc. Martin Holub: Studie lehkého terénního vozidla se speciálním podvozkem

Předložená diplomová práce je rozšířením prací, které se katedře mechaniky, pružnosti a pevnosti konaly v předchozích letech v rámci vývoje robotizovaného podvozku (zejména) pro pokročilý invalidní vozík. Ukázalo se totiž, že specifický typ náprav, patentovaný v ČR pod číslem 303603 a následně ve Spojených státech pod číslem 8,740,234, může být s výhodou použit i na lehké terénní vozidlo typu čtyřkolka ATV. Úkolem diplomanta bylo proto vytvořit studii takového vozidla.

Při zadání se navíc vycházelo z informací z okruhu závodního týmu pro Dakar, že standardní vozidla ATV mají velkou nevýhodu ve vysokém posazení jezdce, což způsobuje vysoké položení těžiště s neblahými důsledky pro ovladatelnost a manévrovací schopnosti stroje. Dalším důležitým bodem zadání diplomové práce bylo proto umístit jezdce co nejnižší za cenu zkrácení předních rovnoběžníkových náprav, ovšem při zachování zdvihu (propružení) náprav na min. 200 mm.

Diplomant se ujal svého úkolu s velkou vervou a invencí a vytvořil dílo, které zadání nejen splňuje, ale v mnoha ohledech i překračuje.

V úvodu, který zastupuje řešeršní část, se krátce zmiňuje o vzniku a vývoji koncepce vozidel ATV, a následně zmiňuje koncepci, kterou zvolil pro zpracování úkolu.

Za východisko studie zvolil diplomant ve druhé kapitole velmi správně tvorbu CAD modelu, který mu umožňuje kvantifikovat vstupy do výpočtových modelů v dalších částech práce. Kapitola, ač rozsahem nevelká, představuje ohromné penzum práce v CAD systému SolidEdge s výsledkem, který by umožnil prakticky okamžitě začít stavět prototyp vozidla. Oceňuji také důslednou snahu využít v maximální míře nakupované díly pro jednotlivé konstrukční uzly.

V kapitole 3 identifikuje autor hmotové charakteristiky vozidla včetně jezdce, pro kterého tvořivě uplatnil biomechanický model z relevantního zdroje.

V následujících čtyřech kapitolách se diplomant zabývá hlavním cílem studie, totiž implementací patentovaného řešení závěsů kol. Z řady patentovaných možností vybírá specifická provedení pro zadní kyvadlovou a přední rovnoběžníkovou nápravu, přičemž navrhuje a diskutuje i provedení, která nejsou součástí patentového spisu. Detailně je analyzuje z hlediska kinematického a silového za pomoci matematických modelů, které sám vytvořil v matematickém systému Maple. Výsledky analýz mu umožňují navrhnout parametry ozubených kol a hřebenů, typických pro patentované řešení, jakož i pružin a tlumičů, přičemž opět velmi správně dává přednost komponentám katalogovým. Nad rámec zadání zachází diplomant až do nejmenších detailů při návrhu uložení náprav na rám vozidla.

Rámec zadání překračuje i celá kapitola 8, v níž se diplomant zabývá výpočtem vlastních frekvencí obsazeného vozidla. Používá k tomu zjednodušený poloviční model a standardní výpočet. Výsledky jsou příznivé, protože vlastní frekvence leží mimo hodnoty nebezpečné pro lidský organismus.

Velmi cenné výsledky přináší kapitola 9, ve které měl diplomant kvantifikovat parametry pohonů pro realizaci poloaktivity obou náprav při rozjezdu a brždění. Pro oba případy vytvořil společný rovinný matematický model v systému Maple, který respektuje celou složitou kinematiku obou speciálních náprav a veškeré dynamické silové účinky spjaté s oběma typy manévřů. Velmi oceňuji i důvtipné zavedení dorazů do modelu. Model rezultuje do soustavy 6 diferenciálních rovnic, řešených numericky pro rozjezd resp. brždění na mezi



adheze zadních resp. předních kol. Výkony regulačních zásahů na obou nápravách jsou pak vypočteny za zjednodušujících předpokladů posouvajících výsledky na "bezpečnou stranu".

V kapitole 10 provádí diplomant pevnostní výpočet těch uzlů vozidla, které jsou charakteristické pro použití patentovaných závěsů. Pro ozubená kola a hřebeny použil metodu konečných prvků aplikovanou na modely převzaté z CAD modelu v SolidEdge. Kontroloval se Hertzův tlak a maximální redukované napětí podle hypotézy HMMH při extrémním zatížení každé nápravy celkovou tíhou obsazeného vozidla. Výsledky vykazují solidní bezpečnost vzhledem k dovoleným hodnotám použitých materiálů.

V poslední, 11. kapitole navrhuje diplomant, opět nad rámec zadání a opět velmi účelně, konstrukční opatření k zakrytování ozubených partií podvozkových závěsů

V závěru diplomant shrnuje a hodnotí hlavní výsledky práce.

Autor připojil k práci ještě kompletní patentový spis aplikovaného vynálezu. Čtenář si tak může udělat představu o jeho tvůrčí implementaci

K práci náleží ještě "neviditelné" ale velmi podstatné přílohy. První z nich, CAD virtuální model vozidla, již byla zmíněna a oceněna. Druhou přílohu tvoří soubor programů v systému Maple, který představuje rozsáhlé, velmi dobře komentované programátorské dílo s mnoha stovkami programovými řádky.

Celkově má práce vynikající úroveň. Věcné chyby neobsahuje a také jazyková úroveň je velmi solidní. Vysoce hodnotím, jak diplomant uplatnil širokou škálu znalostí z celé řady předmětů přednášených v základním i navazujícím studiu, a jak důsledně uplatňoval ekonomické hledisko při návrhu vozidla.

Jediná zásadní připomínka se týká použití různých souřadnicových systémů v kapitolách 5, 7 a 9. Mělo být použito jednotně systému z kapitoly 9. Výsledky však touto neshodou ovlivněny nejsou.

Drobné připomínky lze mít k formální stránce práce:

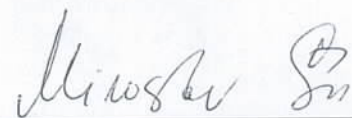
- kapitola 10 logicky patří za kapitolu 7.
- nerespektují se typografické zvyklosti při psaní matematických formulí (označování vektorů, tečky k vyjádření součinů, kurzíva pro zápis proměnných).
- ve schématech na Obr. 39 a Obr. 48 zakreslení záporných úhlových souřadnic a kladných korespondujících délkových souřadnic.

Na závěr prosím zodpovědět dvě otázky.

1. Pro regulační pohony jsou uvedeny netto výkony. Jaké budou výkony použitých motorů s přihlédnutím k převodovým poměrům a účinnostem použitých převodovek?
2. Zdvihy (propružení) jsou navrženy na 200 mm. Jaké zdvihy připustí kinematika závěsů při stlačení pružin "na doraz"? A dovolí takové stlačení tlumiče?

**PŘEDLOŽENÁ PRÁCE SPLŇUJE CÍLE ZADÁNÍ I POŽADAVKY NA UDĚLENÍ AKADEMICKÉHO TITULU INŽENÝR UCHAZEČI V PŘÍPADĚ ÚSPĚŠNÉ OBHAJOBY.**

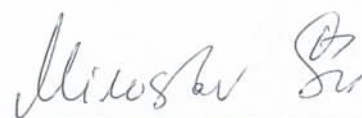
V Liberci 13. 6. 2014



doc. Ing. Miroslav Šír, CSc.

Diplomovou práci hodnotím stupněm  
**VÝBORNĚ**

V Liberci 13. 6. 2014



---

doc. Ing. Miroslav Šír, CSc.