

OPONENTNÍ POSUDEK BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení studenta: Patrik Skýpala

Název práce: Dynamický model vozidla Formula Student

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Škoda, Ph.D.

Oponent: Ing. Jiří Blekta, Ph.D.

1. Hodnocení bakalářské práce

Hodnocení	výborně	výborně minus	velmi dobře	velmi dobře minus	dobře	neprospěl
Splnění cíle a zadání práce	x					
Kvalita provedené rešerše	x					
Metodika řešení práce	x					
Odborná úroveň práce		x				
Přínos práce a potenciální aplikovatelnost výsledků	x					
Formální a grafická úroveň práce		x				

Hodnocení vyznačte x v příslušném políčku.

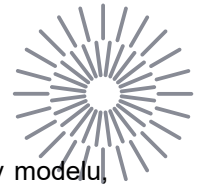
Výsledné hodnocení oponenta práce je dáno celkovým subjektivním hodnocením.

Klasifikace práce v bodě 5 je uvedena slovně, ne číselně ani písmenem

2. Připomínky a komentáře k bakalářské práci

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou, která je již ze své podstaty velmi komplexní – tvorbou dynamického modelu vozidla. Práce je přehledně členěna do 10 kapitol, které jsou uspořádány v logickém sledu.

V úvodní kapitole student stručným, avšak dostatečně výstižným způsobem vysvětluje zaměření práce a její cíle. Druhá kapitola vhodně představuje soutěž Formula Student, v jejímž rámci vzniká dané vozidlo. V této kapitole jsou přehledně popsány všechny testy, které musí vozidlo absolvovat. Student se správně soustředí zejm. na dynamické disciplíny, které jsou pro účely práce nejpodstatnější. Třetí kapitola se podrobněji věnuje pravidlům pro tyto disciplíny a z hlediska její stručnosti i z hlediska povahy logiky věci by mohla být bez problémů včleněna na závěr druhé kapitoly. Přehlednosti celé práce však její vyčlenění nijak neubírá. Čtvrtá kapitola se soustředí na jednotlivé komponenty vozidla, které jsou důležité pro stavbu dynamického modelu a které ovlivňují dynamiku pohybu automobilu. Student vhodným způsobem vystihuje nejpodstatnější principy vzniku jednotlivých dynamických účinků a dává je do správných souvislostí. Kapitola je členěna velmi přehledně. Jednotlivé podkapitoly jsou doplněny vhodnými a názornými obrázky, což výraznou měrou přispívá k přehlednosti celého textu. V páté kapitole se student věnuje popisu programového prostředí MSC.ADAMS, ve kterém byl dynamický model automobilu postaven. Stručně, avšak dostatečným způsobem vystihuje princip činnosti



jednotlivých modulů, typy uživatelského prostředí, hierarchii stavby modelu a důležité prvky modelu, které zajistí jeho správnou funkčnost. Šestá kapitola se věnuje popisu a sestavení zjednodušeného čtvrtinového modelu vozidla. Ten je používán k přibližnému odhadu jednotlivých silových účinků mezi vozovkou, neodpruženou a odpruženou hmotou vozidla. Student prokazuje obecnější orientaci v problematice svojí schopností správně nastavit jednotlivé parametry modelu dle předpokládané skutečnosti (hmotnosti vozidla či charakteristiky pružin a tlumičů), kdy vychází z reálných naměřených dat či z dat dodaných výrobcem. V závěru této kapitoly student simuluje přejezd přes obdélníkovou překážku. Silové účinky působící na pneumatiku vozu jsou dále porovnávány s výsledky simulace komplexnějšího dynamického modelu. Jeho sestavení je přehledně popsáno v sedmé kapitole. I zde bylo nutné model nejen sestavit, ale zejm. jej doplnit o správné parametry (kroutící moment motoru, charakteristiky pružin, tlumičů, převodovky, brzdné účinky a v neposlední řadě také rozložení hmoty a momenty setrvačnosti karoserie). V kapitole je dále uvedeno srovnání výsledků simulace tohoto modelu a čtvrtinového modelu. Osmá kapitola se věnuje ověření správnosti simulačního modelu porovnáním s daty, která byla naměřena v reálném testu. Student se zcela očekávaně potýká s velkou rozdílností mezi zjednodušeným pojetím simulačního modelu a realitou praxe. Správným způsobem však navrhuje možnosti přiblížení obou přístupů. Devátá kapitola je věnována úpravám parametrů stávajícího modelu a jejich posouzení na vypočtené dynamické silové účinky působící v různých částech vozidla, které by byly v reálných podmínkách na skutečném vozidle jen těžko měřitelné. V poslední kapitole student stručným a výstižným způsobem shrnuje všechny poznatky a navrhuje další možné směry pokračování do budoucna, což je velmi chvályhodné.

Po stránce stylistické hodnotím uvedenou práci velmi pozitivně. Student disponuje dobrými vyjadřovacími schopnostmi, které je schopen správně transformovat do technického jazyka. Prezentované přístupy jsou přehledné a shrnují nejdůležitější poznatky pro účely této práce.

Po odborné stránce je nutné konstatovat, že se student dobře vyrovnal s komplexitou dané problematiky. V průběhu celé práce dokazuje, že je schopen kriticky posoudit celou šíři vstupních parametrů a správně je redukovat na ty nejnútnejší pro použití v dynamickém modelu (důkazem toho jsou např. dobře zhodnocené vstupní parametry pro model pneumatiky na str. 74).

Po formální stránce práce taktéž splňuje požadavky kladené na studenta bakalářského studijního programu a skýtá velmi dobrý potenciál k pokračování v dalším navazujícím studiu. Z tohoto důvodu si dovoluji uvést jen několik drobných připomínek pro zlepšení:

- a) Některé obrázky neobsahují zakres všech silových účinků, byť v textu jsou tyto účinky správně popsány (např. obr. 4.14 – chybí moment valivého odporu T_y).
- b) Některé obrázky jsou velmi špatně čitelné, bylo by vhodné je zvětšit či překreslit (např. obr. 4.23, či hodnoty na osách v případě obr. 7.21, 7.22 atd.).
- c) V případě, kdy dochází k porovnání dvou časových průběhů, je vhodné oba grafy opatřit časovými osami, ideálně ve stejném měřítku (viz. např. obr. 8.33 vs. obr. 8.34).

3. Otázky k bakalářské práci

K této práci mám několik otázek, které mají mít spíše vysvětlující charakter:

- a) Pro porovnání čtvrtinového modelu a dynamického modelu volíte v dynamickém modelu počáteční rychlost automobilu 30 km/hod s postupným zrychlováním a pro čtvrtinový model funkci STEP s časovou konstantou 0.025 s na změnu. Rád bych položil 2 otázky:
 - a. proč jste v případě dynamického modelu zvolil manévr s postupným zrychlováním, a ne s konstantní rychlostí?
 - b. Na základě čeho jste spočítal časovou konstantu 0.025 s pro funkci STEP v případě čtvrtinového modelu?



- b) V kap. 8 porovnáváte dynamický model se skutečností. Jak byla v tomto případě nastavena funkce rychlosti automobilu během simulace? Z obr. 8.3 plyne, že vozidlo z počáteční rychlosti 20 km/hod po průjezdu manévrem „fish hook“ postupně zrychlovalo, byť je celkové zrychlení vozidla ve směru jízdy záporné a ukazuje na jeho zpomalování (viz. obr. 8.4). Naopak při počáteční rychlosti 40 km/hod rychlost po průjezdu manévrem postupně klesá (obr. 8.15). Analogicky platí i pro vyšší počáteční rychlosti.
- c) Jaká byla zvolena vzorkovací frekvence v systému ADU, kterou byla snímána data ze sensoru GPS a akcelerometru ve vozidle? Při porovnávání průběhů signálu je vhodné mít dostatečnou vzorkovací frekvenci obou signálů pro vykreslení všech špičkových hodnot (obr. 8.29 vs. obr. 8.30).
- d) V obr. 8.29 se pohybuje střední hodnota signálu vertikálního zrychlení v okolí hodnoty 0.4 g. Čím si toto vysvětlujete?

4. Vyjádření oponenta, zda bakalářská práce splňuje požadavky na udělení akademického titulu a zda je doporučena k obhajobě

I přes množství mých otázek hodnotím bakalářskou práci jako velmi povedenou. Připomínky jsou míněny spíše jako doplnění či upozornění na aspekty, které by bylo vhodné brát v úvahu při pokračování studentových aktivit v navazujícím studiu a nijak zásadním způsobem neovlivňují celkový velmi kladný dojem z bakalářské práce. Dle mého názoru tato práce v některých aspektech překračuje rámec požadavků kladených na studenta bakalářského studijního programu.

Předložená práce splňuje cíl zadání i požadavky na udělení akademického titulu bakalář uchazeči v případě úspěšné obhajoby. Předloženou práci doporučuji k obhajobě.

5. Klasifikace oponenta bakalářské práce

Bakalářskou práci hodnotím při zohlednění všeho výše uvedeného stupněm
výborně mínus.

V Liberci dne 12. června 2023

.....
podpis oponenta bakalářské práce