

Oponentský posudok doktorandskej dizertačnej práce

Názov práce: **Analýza účinnosti hnacieho ústrojí osobného automobilu**

Doktorand: **Ing. Josef Popelka**

Školiace pracovisko: **Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní**

Študijný program: **P2302 – Stroje a zařízení**

Študijný odbor: **2302V010 – Konstrukce strojů a zařízení**

Školiteľ: **prof. Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.**

Oponent: **doc. Ing. Dalibor Barta, PhD.**, Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina

1. Obsah, formálna úprava dizertačnej práce a jazyková úroveň

Predložená doktorandská dizertačná práca (DDP) sa zaoberá aktuálnou problematikou účinnosti hnacieho ústrojenstva osobného automobilu.

Práca pozostáva celkovo zo 101 strán, pričom text práce je uvedený na 85 stranách a je vhodne dopĺňaný tabuľkami, obrázkami a grafmi zväčša dobrej kvality, čím spĺňa požiadavky na rozsah prác tohto druhu. Ako použitú literatúru autor uvádza 15 zdrojov. Štruktúra práce, jej obsah, rozsah a umiestnenie jednotlivých častí je dané na základe stanovených cieľov.

Po obsahovej stránke je dizertačná práca členená na osem kapitol. Prvá časť práce sa venuje prehľadu súčasnej problematiky s objasnením zmyslu celej práce a stanovením cieľov práce. Nasledujúca kapitola uvádza popis zariadení použitých k experimentom, nevyhnutným úpravám motora a kalibrácii meracích zariadení. Najväčšia časť práce je venovaná experimentom so zameraním sa na získanie priebehov stratových výkonov, momentov a účinností jednotlivých častí hnacieho reťazca automobilu. Posledná časť je venovaná matematickému modelovaniu hnacieho ústrojenstva vozidla a verifikácii výsledkov modelovania s experimentálne získanými výsledkami, čo bol jeden z cieľov DDP. Zhodnotenie výsledkov a posúdenie možností ďalšieho výskumu v danej oblasti je predmetom posledných dvoch kapitol práce.

Po formálnej stránke možno povedať, že práca spĺňa všetky náležitosti. Vytknúť možno drobné jazykové nedostatky a preklepy (v zozname obrázkov, tabuliek a v zozname skratiek a pod.), pravopisné chyby či stylistické nepresnosti, ktoré sú vyznačené v práci. Uvedené nedostatky sa však v práci nevyskytujú vo veľkej miere a výrazne tak neznižujú jej úroveň. Časť venovaná experimentálnemu meraniu obsahuje veľké množstvo grafov a priebehov, pričom textová časť je dosť neobvyčajne, vo veľkej miere, zameraná na legendu k jednotlivým obrázkom. Skôr by som uvítal nejaký „stmelujúci“ text, ktorý by jednotlivé merania zviazal a objasnil z nich získané výsledky.

2. Aktuálnosť zvolenej témy DDP

Téma predloženej dizertačnej práce je neustále vysoko aktuálna, a to ako z teoretického, tak aj z praktického hľadiska, o čom svedčí neustály tlak na výrobcov automobilov a stále sa sprísňujúca legislatíva posudzujúca ekologické následky využívania spaľovacích motorov s ohľadom na spotrebu pohonných hmôt a produkciu emisií. Jednou z efektívnych možností ako pomôcť vyriešiť tieto problémy je zameranie sa na zvýšenie účinnosti prenosu výkonu od pohonnej jednotky ku kolesám.

3. Splnenie stanovených cieľov DDP

Doktorand si vo svojej dizertačnej práci stanovil hlavný cieľ „kompletnú analýzu mechanickej účinnosti a správania sa celého hnacieho ústrojenstva“ a následne 5 čiastkových cieľov, ktorých splnenie malo prispieť k dosiahnutiu celkového cieľa.

Môžem skonštatovať, že ciele uvedené na str. 19 boli stanovené metodicky správne a splnenie všetkých čiastkových cieľov v jednotlivých kapitolách práce viedlo k **splneniu celkového cieľa**.

4. Zvolené metódy spracovania DDP

Doktorand si zvolil vzhľadom na definované ciele vhodné vedecké metódy, ako aj bežne používané výpočtovo simulačné i experimentálne metódy. Doktorand preukázal schopnosti pracovať experimentálne i výpočtovo. Zvolené metódy práce ako pri vlastnom výskume, tak aj pri spracovaní DDP preukazujú, že doktorand je schopný nie len dobrej práce na inžinierskej, ale aj vedeckej úrovni.

5. Výsledky DDP a nové poznatky

Dizertačná práca obsahuje teoretický rozbor problematiky, ktorý je následne doplnený o výsledky z experimentálnych skúšok na laboratórnom zariadení školiaceho pracoviska. V ťažiskovej časti sa práca zaoberá popisom dynamických zmien krútiaceho momentu, mechanickými stratami a účinnosťami častí hnacieho ústrojenstva. Pre potreby experimentov bolo potrebné navrhnuť a zhotoviť špeciálne meracie zariadenie s využitím brzdového stanovišťa Powertrain. Veľká časť práce bola venovaná práve popisu uvedeného meracieho zariadenia. Pre potreby kontroly správnosti metódy merania a popis mechanických strát spaľovacieho motora boli v priebehu experimentu sledované spaľovacie tlaky vo valci.

Za účelom sledovania krútiaceho momentu na vstupe do prevodového ústrojenstva bol navrhnutý celkom nový spôsob merania pomocou meracieho medzičlena zaradeného medzi motor a spojku s prevodovým ústrojenstvom. Mechanické straty hnacieho ústrojenstva boli vyhodnotené na základe porovnania stredných hodnôt momentu pre rôzne spojkové lamely. Výsledky experimentov ukázali, že použité spojkové lamely nemajú vplyv na stredné hodnoty efektívnych momentov a výrazne sa meniace amplitúdy prenášaných momentov sú spôsobené v prípade pevnej spojovej lamely vyššími mechanickými rázmi.

Účinnosť prevodového ústrojenstva bola vyhodnotená pre jednotlivé rýchlostné stupne so zameraním sa na stredné hodnoty výstupného momentu na kolesách.

Všeobecne známe fakty o dynamických vlastnostiach prenosu momentu hnacieho ústrojenstva osobného automobilu boli rozšírené o nové poznatky na základe sledovania priebehov hodnôt vstupného a výstupného momentu počas experimentálneho modelovania prejazdu zatáčkou. Výsledky meraní na spomínanom zariadení boli podkladom pre verifikáciu matematického modelu hnacieho ústrojenstva navrhnutého v programe Matlab Simulink - Simscape Driveline.

Z porovnania výsledkov experimentov a simulácií uskutočnených v novo-navrhnutom matematickom modeli realizovanom v prostredí Matlab Simscape sa ukázala veľmi dobrá zhoda nameraných a vypočítaných hodnôt o hodnote 12 %.

Oceniť treba širokú škálu experimentálnej práce doktoranda, od príprav a zostavenia skúšobného stavu až po vlastné experimenty.

6. Prínos pre rozvoj vedy a techniky

DDP obsahuje značne ucelený súbor poznatkov v tejto oblasti vychádzajúci z praktických experimentov a porovnaní s matematickým modelom a umožňujúci nadviazať v priemyselnej praxi na výsledky tohto výskumu. Prínosom pre rozvoj vedy sú najmä použité metódy skúmania ovplyvnenia účinnosti hnacieho ústrojenstva vozidla z rôznych pohľadov, pri použití rôznych typov spojok a pri simulácii pohybu vozidla mimo priamej dráhy, na ktoré je možné nadviazať ďalšími prácami. Celkovo je možné konštatovať, že získané výsledky sú prínosom pre priemyselnú prax, aj pre rozvoj v špecifickej oblasti študijného odboru Konštrukcia strojov a zariadení a sú okrem iného významné tým, že naznačujú, ktorým smerom sa výskum v oblasti zvyšovania účinnosti hnacích ústrojenstiev a zároveň znižovania zaťaženia životného prostredia môže uberať.

7. Publikačná činnosť doktoranda

Publikačná činnosť doktoranda obsahuje 15 spoluautorstiev na funkčných vzorkách, prototypoch, technických a výskumných správach, ako aj 17 konferenčných príspevkov uverejnených v zborníkoch a vo vedeckých časopisoch.

8. Pripomienky a otázky k dizertačnej práci

- Práca obsahuje veľké množstvo grafov a údajov s rôznorodým označením, ktoré sú nie vždy zrozumiteľne vzájomne previazané textom, čo zhoršuje zrozumiteľnosť a čitateľnosť práce. K lepšej zrozumiteľnosti by pomohlo aj uvedenie metodiky
- Autor v texte práce používa zložité symboly a nie vždy využíva funkcie dolný a horný index (viď. zoznam symbolov alebo napr. strana 56 – Úč_{mg3}, alebo Pzp_{g4_sim-p...}). Niekedy je v zozname symbolov použitý symbol s rozdielnou veľkosťou písmen (napr. Úč_{mg3} v zozname a úč_{mg3} v texte a grafe na str. 56).
- Kvalita scanovaných obrázkov by mohla byť lepšia a hlavne s českým prekladom popisiek (napr. obr. 2 - 11).
- Pri rovniciach chýbajú popisy použitých veličín.
- Za skratkami obr. sú vynechávané bodky a chýbajú medzery medzi číslicou a jednotkou (napr. na str. 34 - 100Hz .. 10kHz)
- Pre lepšiu prehľadnosť by bolo vhodné v obr. 17 a 18 uviesť názvy jednotlivých zobrazovaných častí, ktoré by korešpondovali s nižšie uvedeným textom.
- Na str. 76 je uvedené „Jedním z cílů mé disertační práce je vytvoření vlastního matematického modelu odpovídajícímu fyzikálnímu modelu převodového ústrojí osobního automobilu,“ čo asi nie je celkom v zhode s textom na str. 19 cieľom bolo „Vytvoření matematického modelu hnacího ústrojí vozidla a jeho verifikace s experimentem.“
- Môže autor práce vysvetliť anomáliu v grafe na obrázku 46, kde pri treťom prevodovom stupni je vyššia účinnosť prevodového mechanizmu ako pri štvrtom, ak v ostatných prípadoch je to opačne?
- Aký je hlavný účel, resp. cieľ merania a vyhodnocovania momentov v tejto práci?

9. Záver

Dizertačná práca Ing. Josefa Popelku je spracovaná na požadovanej úrovni, spĺňa podmienky kladené na práce daného charakteru v plnom rozsahu v zmysle § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/98 Sb. a preto ju

- odporúčam -

k obhajobe pred komisiou a po úspešnom obhájení navrhujem udelenie akademického titulu „philosophiae doctor – Ph.D“.

V Žiline, 25. augusta 2019


doc. Ing. Dalibor Barta, PhD.
oponent dizertačnej práce

Oponentský posudek disertační práce Ing. Josefa Popelky
„Analýza účinnosti hnacího ústrojí osobního automobilu“.

Ing. Josef Popelka předložil disertační práci k obhajobě před komisí doktorského studijního programu Stroje a zařízení v oboru Konstrukce strojů na Fakultě strojní TU v Liberci. Celá práce je obsažena na 101 stranách. Vlastní (studijní a výzkumná) disertační práce je na 80 stranách textu (vč. grafů a tabulek), standardní náležitosti DDP (obsah, seznamy, literatura aj.) jsou na 21 stranách.

DDP se zabývá přenosem výkonu od setrvačníku motoru (spojkové lamely) přes převodová ústrojí až na hnací kola automobilu. Cíle disertační práce (kap. 2) jsou stručně a srozumitelně definovány na str. 19:

- Analýza vlastností hnacího ústrojí jak z hlediska účinností přenosu výkonu od hnacího motoru přes převodová ústrojí, tak průběhu přenášeného výkonu v charakteristických místech přenosového řetězce, postavená na detailním experimentálním výzkumu soustavy „hnací motor + převodovka s rozvodovkou + hnací kola automobilu“.
- Sestavení výpočtového modelu pro následné vyšetřování vlivu parametrů hlavních komponent v přenosovém řetězci na chování hnacího systému automobilu s využitím výsledků z provedených experimentů.

Provedená rešerše současného stavu (kap. 3 na str. 20-32) je velmi stručná. Zmiňuje přístupy několika autorů k vyšetřování vlastností hnacího systému vozidla, které jsou většinou postaveny na kombinaci experimentálního sledování a výpočtového modelování přenosu proměnlivosti točivého momentu a úhlové rychlosti klikového hřídele až na hnací kola vozidla. Disertant stručně hodnotí publikovaná technická řešení a dosažené výsledky (vč. jejich předností a nedostatků).

V kap. 4 je prezentován přístup disertanta k vlastnímu (původnímu) řešení vyšetřovaných problémů. Významným činitelem při rozhodování o uspořádání a rozsahu experimentů bylo technické vybavení laboratoře KVM a především schopnost disertanta tvůrčím způsobem využít tento potenciál pro řešení jednotlivých problémů disertace. Klíčový význam pro sledování toku výkonu od motoru na hnací kola vozidla měla sestava „hnací motor + převodovka s rozvodovkou + výstupní hřídele k hnacím kolům se zatížením jízdními odpory“, instalovaná na zkušebním zařízení Powertrain. Celá sestava byla doplněna dalším zařízením (řadicím robotem s ovládáním pedálu k řízení výkonu motoru a ovládáním spojky při řazení jednotlivých převodových stupňů při simulované jízdě vozidla) a snímači ke sledování většího počtu provozních veličin zapojených k měřicí ústředně pro automatizovaný sběr dat. Po oživení a odladění sestavy na zkušebním stanovišti v laboratoři byl vytvořen řídicí program i k automatizovanému provozu modelových jízdních zkoušek.

Disertant úspěšně vyřešil měření průběhu M_t na výstupu z motoru zástavbou snímače mezi klikový hřídel a setrvačník motoru: výsledek měření M_t snímačem ověřoval vysokotlakou indikací s termodynamickou analýzou ve všech válcích motoru (vč. kalibrace s ověřením linearizace měřicí sestavy a korekční opravou k zajištění souladu výsledků). Experimentální vyšetřování přenosu výkonu z motoru na hnací kola vozidla (kap. 5) bylo prováděno na

sestavě přepínávaného zážehového motoru EA 211 TSI (čtyřválec, $V_{zm} = 1,4 \text{ dm}^3$) s převodovkou MQ200GA (šestistupňová s mechanickým řazením), připojenou k motoru spojkou s torzně poddajnou lamelou (a variantně i s torzně tuhou lamelou). Řízení dynamometru Powertrain umožňovalo simulaci jak přímé jízdy, tak jízdu zatáčkou. Výsledky měření a jeho zpracování (obr. 43 až 69) ukazují možnosti experimentálního vyšetřování dějů v přenosové cestě výkonu z motoru na hnací kola vozidla (vč. účinnosti přenosu podle středních hodnot M_t i dynamiku přenosu výkonu v zajímavých úsecích jeho přenosu z motoru na kola).

V části 6 je prezentován výpočtový model přenosové cesty výkonu z motoru na hnací kola, který disertant vytvořil k širší analýze vlastností přenosové cesty. Výpočet je sestaven pomocí nástrojů Simscape Driveline v prostředí Matlab Simulink a jeho struktura odpovídá uspořádání sestavy (s určitým zjednodušením) pro experimentální výzkum. Výsledky výpočtových simulací jsou uvedeny v porovnání s výsledky měření na obr. 76 až 87. Dynamika proměnlivosti změřených a vypočtených průběhů hnacích momentů vykazuje praktickou shodu, střední hodnoty M_t podle výpočtu a měření se odlišují do cca 10% (vyšší hodnoty ukazuje výpočtový model).

Disertant zvolil při řešení problémů pro doktorskou disertační práci postup, založený na kombinaci experimentů a výpočtových simulací. Koncepční i technické řešení fyzikálního modelu poskytuje velmi kvalitní podmínky pro komplexní výzkum vlastností hlavních komponent přenosu M_t . Disertační práce dokazuje, že Ing. Popelka úspěšně zvládnul jak řešení technicky velmi složitých problémů při stavbě fyzikálního modelu pro experimentální výzkum vlastností sestavy pohonu automobilu, tak výpočtového modelování dějů v sestavě pohonu.

Předložená disertační práce přesvědčivě dokládá, že stanovené cíle disertační práce byly splněny. Uspořádání fyzikálního modelu pro experimentální výzkum i výpočtové simulace jsou původní prací disertanta. Předloženou prací disertant prokazuje velmi dobré znalosti ve studovaném oboru a ukazuje, že ovládá vědecké metody i moderní prostředky pro řešení vědeckovýzkumných úloh výzkumu a vývoje v oboru motorových vozidel.

Zpracované téma patří mezi aktuální problémy výzkumu a vývoje pohonu automobilů. Přínos disertace pro obor je v přímém využití v průmyslu i v akademickém prostředí (např. využití výpočtového modelu pro kvalifikovaný odhad dosažitelných efektů zvažovaných konstrukčních změn při technickém vývoji automobilu).

Ing. Popelka se aktivně podílel i na dalších výzkumných programech školicího pracoviště: je jedním ze spoluautorů 9 výzkumných zpráv a 6 funkčních vzorků. Publikační aktivita doktoranda je velmi dobrá. Na odborných konferencích nebo v časopisech (tuzemských i zahraničních) publikoval výsledky v celkem 17 příspěvcích (9x jako autor, u ostatních spoluautor).

Disertační práce se vyznačuje logickou stavbou s vhodným uspořádáním textu i grafických doplňků. Jednotlivé části práce jsou obsahově vyvážené a jako celek disertace popisuje významné souvislosti ve vyšetřovaném problému. Jazyková úroveň disertační práce je vcelku dobrá, místy jsou však i vážnější prohřešky proti češtině (např. psaní řadových číslic).

K celé práci mám následující připomínky a dotazy:

- V práci se vyskytuje řada drobných chyb, které jdou na vrub nepozornosti, ale jsou i důsledkem uspořádání velkého počtu použitých označení (některé chyby označil oponent tužkou). V seznamu označení se některé veličiny opakují s různým symbolem.
- Stručný popis vybraných řešení a jejich hodnocení v kap. 3 je místy až nesrozumitelný. Podobně lze hodnotit některé komentáře k řešeným problémům, hodnocení výsledků a

popisů k obrázkům (grafům) v kap. 5 (srozumitelnost je místy zhoršena i špatnou čitelností označení v některých grafech i číslic na stupnici).

- Zakreslené průběhy grafech na obr. 24 a 25 jsou zřejmě výsledkem regresního zpracování souboru dat provedených měření: v takovém případě by tam měly být vyznačeny i naměřené body.
- Jak se shodují průběhy mechanické účinnosti motoru v zatěžovacích charakteristikách motoru, stanovené podle dat z obr. 24 a 25 s obvyklými průběhy mechanické účinnosti motor, stanovené jinou cestou ? Jaké je vysvětlení pro menší gradient průběhu M_{zm} pro nejvyšší hodnoty M_{em} v grafu na obr. 25 (a podobně i v grafu na obr. 24) ?
- V grafech č. 43, 45, 48 a 49 s výsledky zpracování změřených průběhů tlaků ve válci motoru a jejich přepočtu na průběh točivého momentu na výstupu z motoru je u stupnice pro točivý moment zapsána chybně jednotka [mm]. Doporučuji disertantovi, aby v prezentaci práce při obhajobě podrobněji vysvětlil (např. na grafech z obr. 43) co je změřeno a co je dopočítáno.
- Jak lze vysvětlit vliv torzní tuhosti spojkové lamely na ztrátový výkon převodovky ?

Celkově hodnotím disertační práci pana Ing. Josefa Popelky jako kvalitní výsledek jeho doktorského studia. Disertační práci doporučuji postoupit k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu doporučuji udělit panu Ing. Josefu Popelkovi akademický titul Ph.D.

V Liberci, 5.9.2019





Prof. Ing. Jiří Stodola, DrSc.,

Univerzita obrany v Brně, Kounicova 65, 662 10 Brno

OPONENTSKÝ POSUDEK

**doktorandské disertační práce Ing. Josefa POPELKY na téma „Analýza účinnosti
hnacího ústrojí osobního automobilu“**

(Analysis of the Powertrain Efficiency of a Passenger Vehicle)

Předložená doktorandská disertační práce pana Ing. Josefa POPELKY má rozsah 101 stran. Práce je vhodně rozdělena kromě úvodu a cílů do šesti základních částí, které zahrnují: stručný přehled současného stavu řešené problematiky, přípravu experimentu, měření mechanických ztrát a účinnosti hnacího ústrojí, tvorbu matematického modelu, zhodnocení získaných výsledků a doporučení pro pokračování v dalším výzkumu. Předložená dizertace je zaměřena na analýzu mechanické účinnosti hnacího ústrojí praktickým experimentálním měřením, vytvořením matematického modelu a verifikací modelu s využitím dat získaných během experimentu.

Autor si stanovil hlavní cíle disertační práce, a to ověřit a rozšířit stávající postupy měření mechanické účinnosti a ztrát pohonného ústrojí, rozšířit poznatky o přenosu točivého (krouťivého) momentu a vytvořit matematický model hnacího ústrojí automobilu a tento model verifikovat provedeným experimentem. K splnění těchto cílů využil autor měřicí nástroje (úprava hlavy válců a mezičlen k měření momentu motoru). Za rozhodující původní výsledek dizertace pokládám realizaci rozsáhlého experimentu, který relativně velmi podrobně sledoval přenos točivého momentu hnacího ústrojí, a to od motoru po vozidlová kola a získal cenné informace o účinnosti jednotlivých podskupin hnacího ústrojí. Významné je rovněž vytvoření matematického modelu hnacího ústrojí a verifikace tohoto modelu naměřenými daty. Konstatuji, že práce explicitně neobsahuje metody zpracování, i když použité metody následně plynou z uváděných experimentálních výsledků.

Autor v dizertaci analyzoval současný stav problematiky se zaměřením na průběh točivého momentu, určování ztrát a obecně diagnostiku točivého momentu různými metodami. Zde konstatuji, že existují další možnosti diagnostiky této veličiny, které autor nezmiňuje.



V experimentální části dizertace jsou relativně podrobné informace o zkušební metodice měření, měřícím zařízení, nutných úpravách, originálním měřícím stanovišti Powertrain a související problematice. Autor uvádí problémy, které bylo potřebné vyřešit. Experimentální část měření mechanických ztrát a účinnosti byla realizována systémově, standardními způsoby měření, vyhodnocování, zpracování a interpretací výsledků. Významným přínosem je realizace těchto měření na jednotlivé podskupiny hnacího ústrojí automobilu (motor, převodové ústrojí a jeho části) při simulaci přímé jízdy a změně směru jízdy.

Samostatnou částí dizertace je matematický model, který s relativně podstatným, ale přijatelným zjednodušením odpovídá skutečnému (fyzikálnímu) modelu hnacího, resp. převodového ústrojí.

Disertační práce je aktuální a významná pro vědní obor, protože problematika analýzy mechanických ztrát a účinnosti hnacího ústrojí automobilu umožnila získání a ověření konkrétního podílu ztrát jednotlivých podskupin převodového ústrojí.

Postup řešení pokládám za vhodný, použité metody zpracování umožnily splnění stanovených cílů.

Za zcela původní výsledky získané autorem považuji rozsáhlou experimentální část a matematický model, vyhodnocení experimentálních dat a jejich interpretaci s podstatným přesahem do praxe. Vyhodnocení a získané informace z experimentů jsou zpracovány velmi systematicky a podrobně.

Publikační činnost doktoranda pokládám za velmi významnou. Dizertant publikoval jako autor nebo člen kolektivu autorů 30 publikací, byl členem kolektivu autorů 6 funkčních vzorků a software.

Dizertační práce je zpracována systematicky, na pouze přijatelné formální, grafické a jazykové úrovni. K dizertační práci mám následující dílčí připomínky, které však nesnižují velmi dobrou odbornou úroveň:

- na konci kapitol 3, 4, 5 a 6 poněkud chybí dílčí závěry, kde by měl autor velmi stručně shrnout podstatu příslušné části,
- v kapitole 9 uvádí autor relativně málo zahraničních literárních pramenů a též poměrně starších,
- rozdílné (malé, popř. příliš velké) písmo v obrázcích: 2, 3, 4, 5, 7, 23, 24, 25, 70, 71, 72, 74 a 75.
- anglický, popř. česko-anglický text v obrázcích: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 23, 43, 45, 48 a 49.
- rozdílná velikost rovnic: (2), (3), (4), (11), (12), (13) a (24).
- rovnice je obdobou standardního slovního vyjádření - věty, tj. na konci rovnice by měla být tečka nebo čárka,



- rovnice (23) uvádí pouze valivý odpor a odpor vzduchu, ale měl by zde být ještě odpor stoupání, protože podle textu pod touto rovnicí je uvedeno, že se jedná o zatáčku v kopci,
- závěrem upozorňuji, že existuje dosud platná ČSN ISO 7144. *Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. Praha 1997, Český normalizační institut.

Prosím, aby doktorand v průběhu obhajoby zodpověděl následující otázky:

1. Jak si vysvětlujete relativně velké rozdíly v účinnosti převodového ústrojí pro jednotlivé rychlostní stupně, zejména pro 6. rychlostní stupeň, obr. 46 (str. 58) čemuž odpovídají ztrátové výkony, např. spojky, obr. 52, str. 63?
2. Z fyzikálního modelu, obr. 32 a schématu, obr. 36, plyne, že v měřicím řetězci nebyly hnací a kloubové hřídele? Domnívám se, že by bylo velmi zajímavé analyzovat účinnost a ztráty na těchto součástech, prosím o Váš názor.
3. Realizoval jste velmi náročné experimentální měření, měřil jste též vibrace hřídelů - torzní kmity?

Předložená doktorandská disertační práce zcela jednoznačně splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 Zákona č. 111/1998 o vysokých školách. Pan Ing. Josef POPELKA prokázal, že ovládá vědecké metody, má potřebné teoretické znalosti a jednoznačně přispěl k novým poznatkům v oboru. Doktorandskou disertační práci **d o p o r u č u j i** k obhajobě a po úspěšné obhajobě navrhuji panu Ing. Josefu POPELKOVÍ udělit titul Ph.D.

V Brně 2. září 2019


