

Oponentní posudek

Disertační práce

Autor: **Ing. Luboš Dittrich**
Název: *Analýza podmínek vzniku emisí a možnosti jejich snížení u stacionárních spalovacích motorů*
Program: *P2302 – Stroje a zařízení*
Obor: *2302V010 – Konstrukce strojů a zařízení*
Pracoviště: *Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci*

Oponent: *doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.*
Pracoviště: *Katedra jakosti a spolehlivosti strojů, TF, ČZU v Praze*

Ing. Luboš Dittrich vypracoval disertační práci v oboru *Konstrukce strojů a zařízení* s názvem "*Analýza podmínek vzniku emisí a možnosti jejich snížení u stacionárních spalovacích motorů*". Práce obsahuje 146 číslovaných stran, z toho se text práce (bez úvodních stran) nachází na straně 13 až 114. Rozsah práce je 102 stran textu a 19 stran příloh. Poměr vlastní práce a rozboru současného stavu nelze jednoznačně posoudit, protože práce nemá obvyklou strukturu.

Aktuálnost řešené problematiky

Řešená problematika je zcela jistě aktuální, protože se zabývá široce diskutovanou problematikou emisí v oblasti provozu spalovacích motorů. Hledání řešení jak snížit emise při provozu spalovacích motorů v dopravě nebo v rámci stabilních spalovacích motorů, například v energetice, je významnou činností a jakýkoliv příspěvek k této problematice je cenný, zejména zabývající se novými a méně prozkoumanými tématy.

Úroveň rozboru současného stavu

Vzhledem ke stanovené osnově práce nelze jednoznačně určit, kde začíná a končí literární rozbor. Literární rozbor se v práci věnuje problematice typů spalování, emisí z hlediska jejich vzniku, redukce a měření, na což navazuje přehled detonačních způsobů spalování. Seznam literatury obsahuje 72 odkazů, z nichž však na některé není v textu odkazováno. Celkový počet zdrojů se zdá dostatečný, i když by bylo možné uvažovat o jeho vyšším průměrném stáří. Přesto lze konstatovat, že rozbor současného stavu je pro práci zpracován dostačujícím způsobem.

Zvolené metody zpracování řešených problémů

Práce neobsahuje samostatnou kapitolu Metodika práce, což lze považovat za její nedostatek. V hrubých rysech je metodika práce roztroušena napříč kapitolami, ve kterých jsou prezentovány výsledky práce. Vzhledem k roztržitosti popisu metodiky měření je pravděpodobné, že výsledků jako autor již nikdo nedosáhne, protože nebude schopen přesně

opakovat postup měření. Na druhou stranu směr, kterým se zvolené metody v práci ubírají, je správný a vede ke splnění stanovených dílčích cílů.

Splnění cílů, výsledky práce

Cíle práce jsou definovány na stránce číslo 19. Výsledky jednotlivých dílčích cílů jsou roztroušeny napříč celou prací bez jasně definované osnovy. Přesto lze jednoznačně konstatovat, že každému dílčímu cíli je v práci věnována samostatná část a je tak každý dílčí cíl splněn, čímž je i splněno cíle hlavního. V rámci cílů práce bývá obvykle vhodné stanovit si nějaké pracovní hypotézy, jež jsou v závěru práce potvrzeny nebo vyvráceny.

Přínos práce

Tak jak je práce napsána a směřována by se mohlo zdát, že hlavní přínos práce spočívá v měření provozních parametrů spalovacího motoru v režimu detonačního spalování. Přesto se domnívám, že hlavní přínos studenta je v návrhu, výrobě a zprovoznění zkušebního stanoviště, které umožňuje realizaci detonačního spalování ve spalovacím motoru. Zde by však bylo vhodné, aby se práce této problematice věnovala podrobněji i za cenu upozadění vlastních měření v rámci detonačního spalování, které má především doložit práci studenta, že všechny realizované přípravy stanoviště skutečně vedly k možnosti provozovat spalovací motor v rámci detonačního spalování.

Připomínky a nedostatky formálního charakteru:

Lze konstatovat, že nejslabším místem disertační práce je její formální provedení, které mírně znehodnocuje autorem dosažené výsledky. Výsledná disertační práce velmi úspěšně zastírá penzum práce, kterou musel doktorand vykonat, aby splnil stanovené cíle. Tomu nahrává především neobvyklá struktura práce, která je od klasického provedení (úvod, rozbor současného stavu, cíl práce, metodika práce, výsledky, diskuze, závěr) velmi vzdálena.

- 1) Použití standardního obsahu by umožnilo lepší orientaci v práci, zejména pak v oblasti stanovených dílčích cílů, kdy by mělo být jasné, jaká metoda byla pro realizaci dílčího cíle zvolena a jakých bylo dosaženo výsledků, aby bylo možné ověřit jeho splnění. Nemá-li práce kapitolu 3.2 a 8.4.2, jeví se zařazení kapitoly 3.1 a 8.4.1 jako zbytečné. Standardní částí práce je také kapitola Diskuze, kde autor porovnává dosažené výsledky s výsledky jiných autorů.
- 2) Práce je psána kultivovaně, přesto se v ní objevují překlepy (např. str. č. 10 – g/KWh, str. č. 113 – ~~ted~~onační), či nejasné formulace vět (např. str. č. 13 – „Přísnější požadavky v 70. letech emise vedli ke snížení výkonů motorů atd.“, str. č. 24 – „Vzhledem k potřebě vysokých teplot nad 1200 °C (1500 °C) je disociace atd.“, str. č. 93 – „Z grafů vyplývá, že komůrka má vliv na rychlost vyhoření náplně do 50 % a to přibližně o 3 °. Ve fázi vyhoření paliva 50–90 % je prodloužení doby vyhoření o 3 °.“).
- 3) Práce by měla být psána v trpném rodě. Použitý pluralis majestatikus například na straně číslo 15, 20, 22, 27 atd. není vhodný pro tento typ práce.
- 4) Práce obsahuje Seznam zkratk a Seznam použitých veličin a jednotek, ale nejsou kompletní (2x definice M_p , schází např. značky Q_{vzd} , M_{vzd} , ω , ρ_{sani} (str. 73) atd.). Dále

je uvedeno, že zkratka CR znamená „Compression Ratio, kompresní poměr **nebo** Common Rail, systém vstřikování paliva“.

- 5) Použitý systém popisování obrázků je krajně nevhodný. Použité značky v obrázku nejsou popisovány u obrázku ale v textu, což by bylo přijatelné, pokud by se to nacházelo přímo u obrázku. Například obrázek číslo 6.1 na straně číslo 54 má část značek popsanych na straně číslo 54 (1, 2, 15), na straně číslo 55 (14, 3, 8) a na straně číslo 63 (17, 9, 5, 7, 18, 10, 12, 11) a některé mi unikly (4, 6, 13, 16, 19).
- 6) V rámci některých převzatých obrázků, například na straně číslo 45 a 46 jsou uvedené značky, které nikde nejsou popsány, což zkomplikuje orientaci.
- 7) Na obrázku číslo 6.2 a 6.3 je uveden počáteční a aktuální stav zkušebního stanoviště. Porovnání je však zcela nemožné.
- 8) Používaný formát tabulek např. strana číslo 82, tabulka číslo 8.1, se zdá méně vhodný a může se jevit nepřehledně („-“).
- 9) Řada obrázků se jmenuje stejně a zobrazuje odlišné hodnoty. Bylo by vhodné, to co je na obrázku vidět, případně za jakých podmínek, aby skutečně odrážel jeho název (např. stránka číslo 85, 86, 87, 92 atd.).
- 10) Na stránce číslo 109 je poslední odkaz na obrázek číslo 9.1. Dále práce obsahuje obrázek číslo 9.2 a tabulky číslo 9.1, 9.2, 9.3, ale komentář a odkaz k nim schází. Navíc je převrácené pořadí tabulek číslo 9.2 a 9.3.
- 11) Například na straně číslo 84 je uveden obrázek číslo 8.1, v němž je uvedeno například číslo -3E-05. Jedná se o typický formát Microsoft Excel a určitě by bylo vhodnější použít číslo ve formátu $-3 \cdot 10^{-5}$.
- 12) Během celé práce jsem čekal, za jakým účelem jsou v obrázcích použity rovnice polynomu druhého řádu, přičemž o použitém stupni by se dalo mnohdy významně pochybovat. Do konce práce jsem se toho nedočkal. Současně uváděný počet desetinným míst u zobrazovaných rovnic není pro jejich další použití dostatečný.
- 13) U použitých zařízení schází uvedení základních parametrů, minimálně pak rozsahů a přesnosti měření jednotlivých veličin. V kombinaci s tím, že ve výsledných datech se neobjevuje jejich statistické zpracování (např. směrodatná odchylka) je to velmi nepřehledné a může to vzbuzovat pochybnosti při interpretaci výsledků.
- 14) Práce neobsahuje seznam obrázků a tabulek.
- 15) Jsou-li k práci připojeny přílohy, mělo by na ně být odkazováno z textu práce, jinak se mohou jevit jako zbytečné.
- 16) Hlavička v příloze číslo 11.6 na straně číslo 136 je chybně uvedena.
- 17) Literatura obsahuje celkem 72 zdrojů, ale zdá se, že některé nejsou použité v textu, např. 9, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, což není obvyklé. Také systém organizace tohoto seznamu je nejasný a zápis některých např. 11, 19, 59 neodpovídají normě.

Dotazy:

- 1) Str. č. 26 – Prosím vysvětlíte obrázek číslo 4.4 ve vztahu k textu uvedeném nad ním. Je to v souladu?
- 2) Str. č. 60 Závislost kompresního poměru je stanovena včetně komůrky, nebo její objem je považován za zanedbatelný. Jaký je její objem v mm^3 ?
- 3) Str. č. 65 – Na obrázku číslo 6.17 máte uvedené schéma ovládacího panelu. Jakým způsobem vyhodnocujete detonační spalování?
- 4) Str. č. 83 – Prosím o vyčíslení rovnice číslo 8.8. Kde se vzalo $3,6 \cdot 10^6$?
- 5) Str. č. 83 – Jak si vysvětlujete jednu odlišnou hodnotu v tabulce číslo 8.5 (3,1) a není v tabulce číslo 8.4 podezřelá hodnota 17 (předstih zážehu) ve dvou otáčkových režimech?
- 6) Str. č. 83 – Byla hodnota výhřevnosti paliva ověřována měřením?
- 7) Str. č. 85 – V práci postrádám informaci o tom, jak byla stanovena horní úvrať a především kterému bodu na inkrementálním čidle (1250 imp/ot) odpovídá?
- 8) Str. č. 90 – Hodnota předstihu zážehu byla skutečně $-1,5^\circ \text{KH}$?
- 9) Str. č. 109 – Je tvrzení v prvních dvou větách na této straně ohledně sledovaných emisí oxidů dusíku pravdivé, nebo ne úplně ve vztahu k tabulce číslo 9.3?
- 10) Str. č. 128 – Jak přesně široké bylo sledované okno pro vyhodnocení měřených veličin?
- 11) Str. č. 138 – Například v příloze číslo 11.11 vysvětlíte, jak byly získány hodnoty, které jsou uvedeny v předchozích částech práce například na straně číslo 110 v tabulce číslo 9.3?
- 12) Stručně shrňte významné vědecké výsledky disertační práce a definujte, kde se práce láme z rozboru literatury směrem k vlastní práci.

Disertační práce se zabývá významnou problematikou provozních parametrů (emisí) spalovacího motoru v režimu detonačního spalování. Formální stránka práce je její největší slabinou společně s ne zcela šťastnou volbou obsahu. Práce budí dojem menšího množství odvedené práce, přestože ta je ve velké míře schována v pozadí při přípravě měřicího stanoviště, kde se student setkal s velkou řadou problémů, které musel za pomoci svých znalostí překonat a vyřešit, což svědčí o jeho mimořádných schopnostech. I přes výše uvedené nedostatky (především formálního charakteru) práci **doporučuji k obhajobě** a v případě jejího úspěšného obhájení a splnění dalších studijních podmínek souhlasím s udělení titulu „doktor“ (ve zkratce „Ph.D.“, uváděné za jménem).

V Praze dne 21. 6. 2020

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

ČZU, TF, Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Prof. Ing. Stanislav Beroun, CSc.
Na Výšinách 443
460 05 Liberec V

Oponentský posudek disertační práce Ing. Luboše Dittricha „Analýza podmínek vzniku emisí a možnosti jejich snížení u stacionárních spalovacích motorů“.

Ing. Luboš Dittrich předložil disertační práci k obhajobě před komisí doktorského studijního programu Stroje a zařízení v oboru Konstrukce strojů a zařízení na Fakultě strojní TU v Liberci. Celá práce je obsažena na 145 stranách. Vlastní (studijní a výzkumná) disertační práce je na 119 stranách textu (vč. příloh), standardní náležitosti DDP (obsah, seznamy, literatura aj.) jsou na 26 stranách. Seznam publikací disertanta svědčí o jeho vysoké aktivitě během DSP: celkem 15 titulů, všechny ve spoluautorství a většinou zahraničních.

DDP se zabývá studiem a experimentálním vyšetřováním možností ovlivnit počátek spalovacího procesu v zážehovém motoru samovznícením (autozážeh) části připravené směsi ve válci. Tento způsob iniciace spalovacího procesu probíhá v relativně nízkých teplotách ve válci a označuje se jako nízkoteplotní spalování a takto řízený spalovací proces ve válci motoru může být vhodný pro spalování chudých směsí v režimech nízkého zatížení motoru (snížení produkce škodlivin ve výfukových plynech i zvýšení celkové účinnosti motoru).

V kap. 2 (4 str.) disertant stručně zmiňuje různé typy spalování směsi v pístových spalovacích motorech. Téma a cíle disertační práce jsou uvedeny na str. 19 (kap. 3) velmi stručně, ale srozumitelně. S řešením jednotlivých problémů DDP byla spojena řada tvůrčích aktivit disertanta, jejichž úspěšné zvládnutí bylo podmínkou pro postupnou realizaci jednotlivých kroků ke splnění cílů. Disertant zvolil pro řešení hlavních cílů DDP postup, založený na kombinaci experimentálního vyšetřování vlastností zkušebního motoru ve standardním seřizení i seřizení pro autozážeh a na analytickém vyhodnocení výsledků.

Kap. 4 (14 str.) vysvětluje mechanismy vzniku výfukových emisí a způsoby jejich měření. Studijní část DDP ukazuje v kap. 5 (24 str.) podle zahraničních publikací realizace různých provedení spalovacích motorů s aplikací nízkoteplotní iniciace spalovacího procesu (vč. několika případů jejich praktické realizace). V přehledu použité literatury uvádí disertant celkem 72 publikací (převážně zahraničních).

Návrh a provedení experimentálního zařízení vysvětluje disertant v kap. 6 a 7 (27 str.). Použil zkušební jednoválec OKC Oktan v laboratoři KVM: zkušební stanoviště zásadně pozměnil a výrazně rozšířil vybavením pro připravovaný experimentální výzkumný program (systémy ovládání hlavních skupin příslušenství motoru a především měřicí a regulační techniku). Velké úsilí, které si vyžádala příprava experimentů, je však zčásti oslabeno mechanickým stavem letitého zkušebního motoru i některými nevhodnými úpravami, které provedl disertant (např. náhrada setrvačníku kotoučem s nízkým GD^2 vedla ke zvýšení nerovnoměrnosti chodu motoru). Nespornou předností použitého zkušebního motoru je však možnost snadné změny kompresního poměru motoru.

Hlavní částí DDP jsou kap. 8 a 9, doplněné záznamy z realizovaných experimentů v příloze (celkem 50 str.). Výsledky z provedeného výzkumu jsou shrnuty do grafů, ve kterých jsou vyznačeny jak měřeními zjištěné bodové hodnoty vyšetřovaných vlastností motoru v závislosti na otáčkách, tak jejich průběh, vypočtený z naměřených bodových hodnot pomocí regresní funkce (metodou minima nejmenších čtverců). Grafy přitom zřetelně ukazují, že realizovaný výzkumný program byl provázen obtížemi při udržování ustálených provozních režimů (zřejmě důsledek použití neověřených systémů ovládání a regulace příslušenství motoru i nevhodných konstrukčních úprav na motoru).

Shrnutí výsledků DDP je v kap. 10 (3 str.), kde disertant zmiňuje technické problémy na zkušebním stanovišti (pomalé reakce řídicích systémů na vstupní data, nestabilita chodu motoru). Experimenty se samovznícením části připravené směsi (hlavní cíl DDP) byly provedeny ve dvou variantách tzv. „asistovaného detonačního spalování“:

A. Zvýšený předstih zážehu, chudá směs s teplotou 100°C , dvě zapalovací svíčky.

B. Zvýšená teplota nasávané chudé směsi (69°C a 110°C), předstih zážehu 27°KH .

Z vyhodnocení výsledků měření disertant považuje za vhodnější variantu A.

Disertační práce se zabývá problémem, který je aktuální pro zážehové motory jak vozidlové, tak pro stacionární: koncepce HCCI nebo CAI je zajímavá i pro plynové motory kogeneračních jednotek. Celkově lze konstatovat, že stanovený cíl DDP byl splněn. Disertant však musel věnovat relativně velký objem prací časově náročné přípravě experimentálního výzkumu a výsledek je poznamenán jak výše uvedenými technickými problémy, tak zbytečně velkým počtem variant zkušebních režimů: tato okolnost zřejmě nakonec způsobila, že finále na DDP probíhalo v časové tísní, která se projevila na její kvalitě. Textové části DDP jsou doplněny grafy nebo obrázky, rozsah jednotlivých kapitol je však nevyvážený: např. v kap. 4 jsou až zbytečné podrobnosti k výfukovým emisím, v kap. 5 (která je důležitá pro předmět disertace) není ani základní teoretický pohled na mechanismus iniciace hoření směsi. Analýza výsledků měření je provedena stručně, pouze konstatováním základních souvislostí..

K předložené DDP mám některé konkrétní připomínky, dotazy a poznámky:

- Nesprávnosti (chybné formulace) na str. 16 v kap. 2.2 a str. 17 v kap. 2.4;
- Grafy na str. 26 nemají obecnou platnost, jsou pouze pro určité palivo;
- Doporučuji doktorandovi připravit pro obhajobu DDP srozumitelné vysvětlení k mechanismu iniciace hoření směsi (Arrheniův vztah, Semenov, aj.);
- Komůrka k zapalovací svíčce je nevhodně řešena – nebyla vytvořena komůrka, ale kanálek (str. 62, ZS má závit M14x1,25);
- Skupiny experimentů pro určitou variantu seřízení motoru jsou uvedeny rozpisem zkušebních režimů do tabulek (Tab. 8.1-str.82 až 8.16-str.103, ve kterých není jednoznačná srozumitelnost údajů k některým seřizovacím prvkům - např. α_{sk} je někde 3,5 a jinde 90, průměrné hodnoty p_i jsou zhruba stejné);
- Změny seřízení předstihu zážehu pro různé kompresní poměry nebo otáčky nemají logiku;
- Disertant uvádí na str. 82 známý vztah 8.5 pro výpočet bohatosti směsi, hodnoty potřebných veličin nejsou ale nikde uvedeny – uvádí však, že systém pracoval s širokopásmovou λ sondou: jak byla skutečně určována bohatost směsi?
- V kap. 8.3. Režimy asistované detonace – hodnota předstihu zážehu byla téměř standardní, tomu odpovídají i průběhy tlaku ve válci s většími či menšími detonacemi při spalování velmi chudé směsi ($\epsilon = 15,3$, $\lambda = 1,7$ a $t_{sání} = 100^{\circ}\text{C}$) se samovznícením části náplně válce na začátku spalovacího procesu, var. B na obr. 8.33 (str. 103) je typickým průběhem s klasickou detonací zbytku nespálené směsi ve válci ($\epsilon = 12$, $\lambda = 1,5$ a $t_{sání} = 69$ a 110°C).

Celá předložená disertační práce je psána dobrou češtinou – místy se však vyskytují formulační neobratnosti a nelogické vazby, zhoršující srozumitelnost popisovaných problémů.

Disertační práce splňuje požadavky na původnost výsledků disertace. S ohledem na výše zmiňované problémy považuji disertační práci pana Ing. Luboše Dittricha za uspokojivý výsledek jeho doktorského studia. Disertační práci doporučuji postoupit k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu doporučuji udělit panu Ing. Luboši Dittrichovi akademický titul Ph.D.

V Liberci, 18.6.2020

Oponentský posudok doktorandskej dizertačnej práce

Názov práce: **Analýza podmienok vzniku emisií a možnosti jejich snížení u stacionárních spalovacích motorů**

Doktorand: **Ing. Luboš Dittrich**

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

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

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

Školitel: **doc. Ing. Lubomír Moc, CSc.**

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

Doktorandská dizertačná práca predložená pánom Ing. Lubošom Dittrichom sa zaoberá problematikou analýzy podmienok vzniku emisií a možnosťami ich zníženia u stacionárnych spaľovacích motorov, ktorá patrí medzi aktuálne témy v kontexte riešenia horenia zmesí u spaľovacích motorov.

Práca pozostáva celkovo zo 146 strán, z čoho 19 strán predstavujú prílohy, ktoré grafmi vhodne dopĺňajú hlavný text práce bohatý na tabuľky, obrázky a grafy dobrej kvality, čím spĺňa požiadavky na rozsah prác tohto druhu. Ako použitú literatúru autor uvádza 72 zdrojov. Štruktúra práce, jej obsah, rozsah a umiestnenie jednotlivých častí je dané na základe stanovených cieľov.

Po obsahovej stránke je dizertačná práca členená na desať kapitol. Prvá časť práce sa venuje prehľadu súčasného stavu v oblasti emisií produkovaných spaľovacími motormi ich redukciou a meraním, ako aj spôsobom detonačného spaľovania s objasnením zmyslu celej práce a stanovením cieľov práce. Ďalšia časť práce je venovaná návrhu a prevedeniu experimentálneho zariadenia, riadiaceho systému motora, ako aj popisu ďalších zariadení použitých k experimentom. Najväčšia časť práce je venovaná samotným experimentom, pričom sa autor zameriaval na získavanie hodnôt emisií, spotreby paliva, účinnosti či priebehu tlaku a vyhorievaniu paliva, čo bol hlavný cieľ DDP. Zhodnotenie získaných výsledkov a odporúčania na nasledujúce možné kroky vývoja sú predmetom deviatej kapitoly.

Po formálnej stránke možno povedať, že práca spĺňa všetky náležitosti. Vytknúť možno pravdepodobne zabudnuté farebné zvýraznenie obsahu, ako aj číslovania obrázkov a odkazov na použitú literatúru v texte. Drobné jazykové nedostatky, preklepy, pravopisné chyby či štylistické nepresnosti sa v práci nevyskytujú vo veľkej miere a neznižujú tak jej úroveň. Ako príklad uvádzam: V celej práci je nesprávne uvádzané „a nebo“ miesto „anebo“. Str. 10 mpi, mpe – pe, pi nie sú ako dolný index. Skratka HCCI sa vyskytuje už v úvode, ale jej význam je vysvetlený až v kapitole 2. Na str. 16 v kapitole 2.2 je veta „Palivo je vstříknuto.....“ napísaná mätúcim slovosledom, ktorý mení jej význam.)

2. Aktuálnosť zvolenej témy DDP

Autor spracoval tému dizertačnej práce, o ktorej možno konštatovať, že patrí medzi vysoko aktuálne, a to ako z teoretického, tak aj z praktického hľadiska, nakoľko reaguje na súčasný trend ochrany životného prostredia pred plynnými emisiami produkovanými spaľovacími motormi využívanými nie len v doprave, ale aj v priemysle. Jednou

z efektívnych možností ako pomôcť vyriešiť tieto problémy je zameranie sa na efektivitu vyhorenia palivovej zmesi a optimalizáciu iniciácie zážihu zmesi použitím zapalovacej sviečky.

3. Splnenie stanovených cieľov DDP

Doktorand si vo svojej dizertačnej práci stanovil hlavný cieľ „analýzu podmienok vzniku emisií a možnosti ich zníženia u stacionárnych spaľovacích motorov“ a následne 6 čiastkových cieľov, ktorých splnenie malo prispieť k dosiahnutiu celkového cieľa.

Môžem skonštatovať, že uvedené ciele (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 použil vzhľadom na definované ciele vhodné vedecké metódy, ako analýzu a syntézu, systémový prístup či metódu dedukcie a indukcie, preukázal schopnosti pracovať s literatúrou, experimentálne i výpočtovo spracovať namerané hodnoty, analyzovať ich a správne vyhodnotiť. 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

Predložená dizertačná práca obsahuje rozsiahly teoretický rozbor, ktorý je následne doplnený o výsledky z experimentálnych skúšok vykonaných na laboratórnom zariadení školiaceho pracoviska. Práca sa v ťažiskovej časti zaoberá problematikou analýzy nízko-teplotného spaľovania v piestových spaľovacích motoroch a vplyvu rôznych veličín na obbeh motora. K tomu napomohol návrh a vybudovanie skúšobného pracoviska pre výskum nízko-teplotného spaľovania s novo navrhnutým riadiacim systémom pre chod motora v zážihovom aj detonačnom režime a zariadením na meranie emisií PEMS. Experimentálne bola posudzovaná tvorba emisií v zážihovom režime, režime s komôrkou a v asistovanom detonačnom režime v štyroch otáčkových režimoch, obvyklých pre stacionárne motory a pri rôznych teplotách nasávanej zmesi. Z výsledkov vyplynulo, že použitie komôrky a dvoch zapalovacích sviečok v spaľovacom priestore v režime detonačného spaľovania stabilizuje chod motora a znižuje variabilitu cyklu. Autor uvádza, že v porovnaní s režimom bez komôrky sa hodnoty variability znížili takmer o polovicu. Na variabilitu cyklu mal významný vplyv aj kompresný pomer, ktorého narastúca hodnota zvyšovala variabilitu cyklu. Ukázal sa aj pozitívny vplyv komôrky a asistovaného detonačného režimu pri nižších teplotách na nižšiu produkciu emisií NO_x , ale aj CO a HC.

V závere sa uvádza, že najvhodnejším variantom pre dosiahnutie asistovanej detonácie na skúšobnom motore je použitie varianty s nižšou teplotou nasávanej zmesi.

Práca obsahuje množstvo nameraných údajov, grafov a variantov, v závere mi však chýba nejaké výsledné grafické znázornenie porovnávaných režimov a veličín pri nich nameraných, z ktorých by bolo možné jednoznačne posúdiť vplyv toho-ktorého riešenia na danú meranú veličinu.

Oceniť treba širokú škálu experimentálnej práce doktoranda, množstvo variantných riešení pri návrhu riadenia motora pre daný účel, ako aj spolupodieľanie sa na vývoji meracieho zariadenia na meranie emisií za prevádzky vozidla.

6. Prínos pre rozvoj vedy a techniky

DDP obsahuje značne ucelený súbor nových poznatkov v tejto oblasti vychádzajúci

z praktických experimentov a umožňujúci nadviazať v priemyselnej praxi na výsledky tohto výskumu. Prínosom pre rozvoj vedy sú najmä výsledky skúmania správania sa horiacej palivovej zmesi po iniciácii zážihu dvomi zapáľovacími sviečkami a pri využití komôrky. Na tieto výsledky bude treba nadviazať ďalšími prácami. Celkovo je možné konštatovať, že získané výsledky sú prínosom pre priemyselnú prax, aj pre rozvoj v špecifickej oblasti študijného odboru Konštrukcia a strojov a zariadení a sú okrem iného významné tým, že naznačujú, ktorým smerom sa výskum v oblasti znižovania zaťaženia životného prostredia plynnými emisiami môže uberať.

7. Publikačná činnosť doktoranda

Publikačnú činnosť doktoranda je priemerná. Jej rozsah predstavuje 15 článkov v zborníkoch z konferencií a v časopisoch.

8. Pripomienky a otázky k dizertačnej práci

- Obrázok 6.16 na strane 62 mohol byť jasnejší a doplnený o popisky hlavných častí, resp. aspoň spomínaných zapáľovacích sviečok.
- V grafoch a obrázkoch autor hojne používa anglické skratky veličín a označení (BMEP, TDC, BDC, NSFC, NMEP,...), ktoré majú bežné české ekvivalenty, čo nie je v súlade s pravidlami písania záverečných prác.
- Na strane 90 v tabuľkách 8.8 až 8.11 chýbajú jednotky uvedených veličín (predstih zážehu, bohatosť zmesi, uhol natočenia škrtiacej klapky, stredný indikovaný tlak).
- Tabuľka 8.15 nie je umiestnená podľa poradia, ale pred Tabuľkou 8.13.
- Obrázky 8.33 a 8.34 sú zjavne zle pomenované. Tabuľky 9.2 a 9.3 sú vymenené. V závere spomínané obrázky 11.1 – 11.4 s fotografiami v práci chýbajú.
- Na strane 91 dole sa uvádza, že „V grafu dosažené účinnosti (obr. 8.14) je vidieť vliv bohatosti směsi na výslednou hodnotu“. Môže autor toto konštatovanie bližšie zdôvodniť?
- Je popis na strane 26, odstavce 1 v súvislosti s obrázkom 4.4 správny?
- Aký je pravdepodobný dôvod na spomalenie vyhorevania náplne od 50 % vyhorenia zmesi uvedený v kapitole 8.3.3?
- Aký bol dôvod, aby bol pri meraniach uvedených v kapitole 8.3.5 „Režim asistované detonace – vliv teploty nasávané směsi“ použitý kompresný pomer 12 oproti 15,3 použitému v kapitole 8.3 „Režim asistované detonace“?
- V zhodnotení meraní by sa žiadalo jednoznačnejšie vyjadrenie posudzujúce pozitívne, alebo negatívne dopady každého riešenia na jednotlivé posudzované veličiny, nie len vyjadrenie, že niečo na niečo má vplyv. Napríklad na strane 108: Z naměřených hodnot vyplývá vliv komůrky na spotřebu paliva v první polovině otáčkového spektra.
- Celkovo mohla byť sumarizácia výsledkov urobená prehľadnejšie a zrozumiteľnejšie s uvedením prínosov pre rozvoj vedy a techniky.

8. Záver

Dizertačná práca Ing. Luboše Dittricha 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

- o d p o r ú č a m -

k obhajobe pred komisiou a po úspešnom obhájení navrhujem udelenie akademického titulu „*philosophiae doctor - PhD*“.

V Žiline, 15. júla 2020

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