

Oponentský posudek disertační práce ing. Aleše Dittricha „Iniciace zážehu směsi zapalovací svíčkou“.

Ing. Aleš Dittrich, (dále jen autor) předložil k disertačnímu řízení v oboru „Konstrukce strojů a zařízení“ svoji práci zaměřenou na problematiku iniciace zážehu směsi u spalovacích motorů zapalovací svíčkou.

Práce je rozsáhlá, obsahuje 155 stran včetně příloh: seznam použité literatury s 51 titulem, citace 48 publikací a spolupublikací autora (převážně v anglická verzi), seznam 12 funkčních vzorků autora a 4 užité vzory a patenty souvisí s řešenou problematikou.. Základní cíle, převážně experimentálně zaměřené disertační práce, jsou uvedeny v části 2.6., která je součástí přehledu stávajícího stavu řešené problematiky a dílčí části řešení bylo :

- sledování průběhu přípravy a hoření směsi v zážehových spalovacích motorech s využitím moderních metod měření, včetně realizace zařízení pro určení úrovně ionizace směsi,
- ověření a hodnocení vlivu konstrukčního provedení klasické zapalovací svíčky na provozní, výkonové a emisní parametry zážehového motoru,
- studium vlivu komůrkového zážehu směsi zapalovací svíčkou s integrovanou komůrkou různého konstrukčního provedení,
- posouzení tepelného zatížení obou variant řešení zapalovací svíčky,

Úvodní část práce (kap.1.0) uvádí důvody pro studium počáteční fáze hoření směsi v zážehových motorech vycházející z požadavků na úroveň zejména emisí a měrné spotřeby paliva spalovacího motoru.

Navazující přehled stavu řešené problematiky (kap.2) uvádí a analyzuje poznatky z citované literatury a vzhledem k cílům práce je proveden v dostatečném rozsahu. Část obsahuje a komentuje stav současného poznání:

- význam snižování variability pracovního oběhu zážehového motoru a její vliv na parametry zážehového motoru,
- teoretický popis procesu zážehu směsi a průběhu hoření, včetně mechanismu vzniku aktivních částic,
- negativního vlivu některých činitelů, zejména rychlosti oxidačních rychlostí do spálení 5% paliva ve směsi v místě ohniska hoření,
- vlivu ionizace plynů v prostoru elektrod zapalovací svíčky, zjišťovaný měřením ionizačního proudu.

K popisu variability pracovních cyklů, parametru ovlivňujícího provozní a ostatní vlastnosti zážehového motoru, autor uvádí základní bezrozměrnou číselnou charakteristiku označovanou VAR a Cov , která porovnává poměrovým způsobem odhady střední hodnoty a střední směrodatné odchylky zjištěné na dostatečně rozsáhlém souboru dat.

Část popisující problematiku zapalovací svíčky obsahuje analýzu obecných požadavků na zapalovací svíčku, konstrukční a hlavní technické parametry svíčky potřebné pro její spávnou funkci (hodnota přeskokového napětí, vzdálenost elektrod, vedení tepla, tepelná hodnota). Zapalovací svíčka je pouze částí systému pro iniciaci zapálení směsi v zážehovém motoru, proto se autor zabývá a porovnává i různé zapalovací systémy a uvádí jejich základní parametry (jsou citovány technické parametry z literatury o zapalování - elektronickém bezkontaktním, vysokofrekvenčním, laserovém a komůrkovém zážehu). Přehled je doplněn jednotlivými realizacemi zapalovacích systémů, především s komůrkovým zážehem.

Navazující kapitola popisuje provedené experimentální práce. Pro disertační práci bylo sestaveno zkušební stanoviště se zážehovým motorem s potřebným měřicím zařízením ke zjišťování vybraných veličin (indikační aparatura, vizualizační zařízení pro optický popis dějů ve spalovacím prostoru s variantními endoskopy). Experimenty byly provedeny stejnou metodikou pro dvě standardní zapalovací svíčky a pro svíčky s integrovanou komůrkou (4 provedení). Ověřování vlivu zapalovací svíčky na sledované veličiny autor provedl pro různé otáčkové režimy (19 variant) a různá zatížení motoru (7 režimů).

Experimenty byly prováděny v ustálených provozních podmínkách. Vzhledem k použitým systémům brzdového stanoviště byly ovlivňující faktory při experimentech považovány za relativně stálé. Jejich vliv na nejistotu měření nebyl číselně vyhodnocen, byl považován za malý. Měřicí interval byl, dle otáčkových režimů, zvolen v rozmezí (30-50) s, soubory měřených veličin byly zjišťovány s frekvencí 1 Hz a obsahovaly 100 hodnot. Při experimentech se ověřovaly následující veličiny:

- začátek hoření směsi ve válci,
- střední indikovaný tlak ve válci,
- konec hlavní fáze hoření Q_{90} (z celkového přívodu tepla uvolněno 90%),
- polohy uvolnění (10 a 50) % přivedeného tepla do oběhu.

Výsledky experimentů jsou obsažené v části 4.3. Formou grafů autor nejprve uvádí průběhy vybraných veličin pro klasickou svíčku, včetně stručné analýzy příčin odlišností průběhů při různých otáčkách motoru. Dle obr. 4.6 a 4.7 správně konstatuje možný významnější vliv elektronické řídicí jednotky motoru (EŘJ). Na základě výsledků experimentů autor formuloval tvrzení, o poměrně malém vlivu na parametry motoru při odlišném provedení klasické zapalovací svíčky a různém zatížení motoru.

Výzkum vlastností při zážehu svíčkou s integrovanou komůrkou je v části 5. Experimenty byly provedeny pro odlišná konstrukční provedení komůrky a různý vnitřní objem komůrky (zkoumáno 40 provedení). Součástí jsou i experimenty k optimalizaci řešení svíčky s integrovanou komůrkou. Hodnoty posuzovaných veličin obsahují vlivy působení EŘJ (např. obr. 5.3 – průběh středního indikovaného tlaku).

Při experimentech autor zjistil u svíček s integrální komůrkou problém vyššího tepelného zatížení střední elektrody projevující se i poškozováním střední elektrody. Navrhl proto různé technologické a konstrukční úpravy a provedl následné měření teplot na svíčce klasickou metodou termočlánků. Autor dále použil simulační modely teplotního pole a zpracoval analýzu rozložení teplot různých provedení zapalovací svíčky.

Závěrečná část práce obsahuje jak popis postupu řešení, tak i hodnotící závěry z výsledků experimentální části práce. Dále jsou uvedena doporučení pro další postup řešení problematiky zapalovací svíčky s integrální komůrkou (využití metody měření ionizačního proudu mezi elektrodami).

Připomínky k obsahu práce:

- k popisu variability pracovních cyklů pomocí použitých veličin je použita pouze základní číselná charakteristika, označovaná VAR, CoV (variační koeficient), která poměrným způsobem hodnotí vztah odhadu střední směrodatné odchylky a odhadu střední hodnoty veličiny. Při dostatečně rozsáhlém souboru dat (použito 100 vzorků) lze tuto veličinu považovat za objektivní. Veličina je závislá na velikosti čtverců diferencí ke střední hodnotě a závisí na zastoupení velikostí jednotlivých hodnot a jejich četností. Při odlišném průběhu měřené veličiny (zastoupení velikostí hodnot diferencí) může mít variační koeficient stejnou hodnotu. Uvedený stav lze dále podrobněji posoudit např. histogramem velikostí hodnot veličiny, nebo je vhodné k přesnějšímu statistickému popisu variability použít dalších číselných charakteristik

- např. variační rozpětí, kvartilové rozpětí veličiny R_{50} nebo intervalové odhady veličiny, zaručující popis se zvolenou spolehlivostí,
- výsledky z experimentů jsou uvedeny grafickou formou, chybí popis např. funkcemi získanými regresní analýzou či tabulkové vyhodnocení poměrnými veličinami k základnímu provedení svíčky,
- v analýze výsledků nebyly použity histogramy rozložení hodnot sledovaných veličin v měřených cyklech,
- pro posuzování vlastností zapalovací svíčky nebyla využita metoda měření ionizačního proudu mezi elektrodami zapalovací svíčky.

Formální připomínky k práci:

Dále uváděné připomínky k řešení a provedení práce nejsou zásadní a významně nesnižují úroveň předložené práce, mezi nedostatky patří:

- nesprávná formulace v první větě aglického abstraktu,
- netradiční sjednocení seznamu veličin, symbolů a značek V seznamu jsou některé veličiny označovány různými symboly (např. p_i , IMER, IMERPn), nejsou definovány některé v textu použité parametry (např. Cov IMERG),
- obecně málo čitelný popis obrázků a grafů,
- variabilita je obecná vlastnost parametru nebo vlastnosti a vyjadřuje se různým způsobem, v práci se používá koeficient variability označovaný VAR,
- označení CoR (event. COR) souvisí s popisem vztahu veličin, nepopisuje proměnlivost hodnot,
- vztahy 2.5 a 2.6 jsou bezrozměrné, nejsou v (%) dle seznamu zkratk a symbolů, chybí násobení vztahů hodnotou 100,
- použito nesprávné označení katalyzátoru „3-cestný“ (str.46),
- posunutý text v obr. 3.34,
- používání převzatých obrázků s původním textem,
- v seznamu literatury, vlastních a ostatních publikací chybí tečky za některými citacemi,
- výsledky z experimentů jsou v práci převážně uvedeny grafickým průběhem sledované veličiny, většinou chybí alespoň stručná analýza s verbálním či číselným popisem (např. obr. 5.28, průběh variabilit je nahrazen lineárními úseky),
- v popisu obr. 6.10 až 6.19 je místo teplotní analýza modelu použit termín tepelná analýza.

Otázky pro obhajobu:

- provádí výpočtový software AVL CONCERTO před zpracováním výsledků v experimentálních souborech testy k vyloučení extrémních hodnot. Jaké testy lze použít pokud výsledky měření (náhodné veličiny) mají normální rozdělení,
- vysvětlíte průběhy spotřeby paliva ve vztahu k hodnocení vlivu variability pracovního oběhu (metodou variačního koeficientu VAR) na obr. 5.21 a 5.22. (str. 81). Jedná se o průběhy v oblasti malého točivého momentu, kde nižší variabilita pro svíčky s integrovanou komůrkou se projevuje vyšší spotřebou paliva,
- jaké byly příčiny neúspěšné realizace navrženého zařízení pro měření ionizačního proudu mezi elektrodami svíčky,
- změny se hodnoty a průběh sledovaných veličin u motorů s vyšším středním indikovaným tlakem,
- jsou zjištěny průběhy na obr. 5.19 a 5.20 při stejném součiniteli přebytku vzduchu. event. odhad tohoto vlivu,

- byly využity výsledky vizualizace při konstrukčních úpravách svíčky s integrovanou komůrkou.

Celkové hodnocení disertační práce:

- v práci je řešená problematika uspořádána s logickým členěním. Výsledky práce poskytují nové informace o variantním způsobu iniciace zapálení směsi v zážehovém motoru. K řešení byly použity vhodné vědecké postupy a metody, včetně základních prostředků statistického zpracování souborů dat,
- rozsáhlá je část experimentální provedená na různém konstrukčním provedení svíčky s integrovanou komůrkou,
- výsledky z disertační práce byly využity v patentovém spisu PV 2017-195. 6.4.2017.

Disertační práce obsahuje všechny předepsané části a byly v ní splněny stanovené cíle. Řešená problematika vlivu způsobů iniciace zapálení směsi v zážehovém motoru na variabilitu pracovních oběhů a následně na další parametry zážehového motoru je aktuální. Přínosem práce jsou nové poznatky o problematice. Publikační činnost autora je v příloze prezentována velkým počtem titulů. Vypracováním disertační práce autor prokázal, že ovládá vědecké metody a má dostatečné teoretické znalosti a dovednosti pro realizaci experimentů. Publikace, na kterých se autor podílel jako spoluautor, byly zveřejněny především ve významných zahraničních titulech. Disertační práci doporučuji k obhajobě.

V Liberci 23.1.2017



doc. Ing. Lubomír Moc, CSc.
Technická univerzita v Liberci

Oponentský posudok doktorandskej dizertačnej práce

Názov práce: **Iniciace zážehu směsi zapalovací svíčkou**

Doktorand: **Ing. Aleš Dittrich, Ing. Paed. IGIP**

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

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

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

Školitel: **doc. Ing. Josef Laurin, CSc.**

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

1. Obsah, formálna úprava dizertačnej práce a jazyková úroveň

Predložená DDP sa zaoberá aktuálnou problematikou iniciácie horenia palivovej zmesi v zážihových piestových spaľovacích motoroch.

Práca pozostáva celkovo zo 152 strán, pričom text práce je uvedený na 113 stranách a je vhodne dopĺňaný 34 stranami príloh, tabuľkami, obrázkami a grafmi dobrej kvality, čím spĺňa požiadavky na rozsah prác tohto druhu. Ako použitú literatúru autor uvádza 51 zdrojov. Štruktúra práce, jej obsah, rozsah a umiestnenie jednotlivých častí je dané na základe stanovených cieľov.

Po obsahovej stránke je dizertačná práca členená na sedem 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 a ďalšia časť je venovaná vplyvu konštrukčného prevedenia zapalovacích sviečok na vlastnosti zážihového motora. Najväčšia časť práce je venovaná výskumu a vývoju zapalovacích sviečok s integrovanou komôrkou ZSIK, čo bol hlavný cieľ DDP. V šiestej kapitole sa autor venuje tepelnému namáhaniu zapalovacích sviečok ako klasických, tak i s integrovanou komôrkou. Zhodnotenie získaných výsledkov a odporúčenia na nasledujúce možné kroky vývoja sú predmetom poslednej, siedmej kapitoly.

Po formálnej stránke možno povedať, že práca spĺňa všetky náležitosti. Vytknúť možno drobné jazykové nedostatky ako preklepy (v anglickej anotácii, 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 neznižujú tak jej úroveň.

2. Aktuálnosť zvolenej témy DDP

Téma predloženej dizertačnej práce je vysoko aktuálna, a to ako z teoretického, tak aj z praktického hľadiska, o čom svedčí stále sa sprísňujúca legislatíva posudzujúca ekologické následky využívania spaľovacích motorov v doprave či v priemysle, najmä s ohľadom na produkciu plynných emisií. Jednou z efektívnych možností ako pomôcť vyriešiť tieto problémy je zameranie sa na zefektívnenie vyhorenia palivovej zmesi a optimalizáciu iniciácie zážihu zmesi zapalovacou sviečkou u zážihových motorov.

3. Splnenie stanovených cieľov DDP

Doktorand si vo svojej dizertačnej práci stanovil hlavný cieľ „štúdium priebehu

spaľovania pripravenej palivovej zmesi v zážihovom spaľovacom motore zameraný najmä na posúdenie vplyvu konštrukčného prevedenia zapalovacej sviečky na počiatočný rozvoj horenia s následným prechodom do hlavnej fázy horenia“ a následne 5 čiastkových cieľov, ktorých splnenie malo prispieť k dosiahnutiu celkového cieľa.

Môžem skonštatovať, že uvedené ciele (str. 44) 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 systémový prístup, analýzu a syntézu, či metódu dedukcie a indukcie, ako aj bežne používané výpočtovo simulačné i experimentálne metódy, ktoré boli prirodzene limitované existujúcim vybavením školiaceho pracoviska. 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 rozsiahly teoretický rozbor, ktorý je následne doplnený o výsledky z experimentálnych skúšok na laboratórnom zariadení školiaceho pracoviska. Práca sa v ťažiskovej časti zaoberá problematikou analýzy vplyvu prevedenia iskriska klasickej zapalovacej sviečky a niekoľkých navrhovaných prevedení zapalovacích sviečok s integrovanou komôrkou bez samostatného prívodu paliva na parametre horenia palivovej zmesi a parametre motora. Z výsledkov vyplynulo, že zážih so zapalovacou sviečkou s integrovanou komôrkou má priaznivý účinok na rozvoj počiatočnej fázy horenia palivovej zmesi a v závislosti od zaťaženia dochádza k zlepšeniu, alebo zhoršeniu variability stredného indikovaného a maximálneho tlaku. Na škodu veci je, že nebolo možné vo všetkých prípadoch merania parametrov horenia a parametrov motora použiť otvorenú riadiacu jednotku a eliminovať tak vplyvy zásahu použitej sériovej ERJ. Tak nie je možné v plnej miere zhodnotiť pozitívne, či negatívne účinky navrhovaných riešení. Na základe meraní a počítačovej simulácie tepelného namáhania sviečok bolo navrhnuté nové usporiadanie zapalovacej sviečky s integrovanou komôrkou a wolfrámovým predĺžením strednej elektródy, ktoré zohľadňuje výsledky práce doktoranda a malo by umožniť zníženie teploty na čele strednej elektródy zapalovacej sviečky. Uvedené riešenie bude v spolupráci s praxou ďalej rozvíjané.

Z porovnania výsledkov experimentov pre rôzne varianty zapalovacích sviečok sa ukazuje, že zážih zmesi s integrovanou komôrkou má väčší potenciál pre zlepšenie priebehu spaľovacieho procesu zážihového motora ako rôzne prevedenia iskriska klasickej zapalovacej sviečky.

Oceniť treba širokú škálu experimentálnej práce doktoranda, od meraní charakteristík motora, cez vizualizačné merania spaľovacieho priestoru endoskopom, až po meranie tepelného namáhania púzdiar zapalovacích sviečok.

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 použité metódy skúmania správania sa horiacej palivovej zmesi po iniciácii zážihu pri využití zapalovacej sviečky s integrovanou komôrkou a tepelného namáhania sviečky, na ktoré 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 potrebné vyzdvihnúť. Jej rozsah predstavuje 56 článkov v zborníkoch z konferencií a v časopisoch, 12 funkčných vzoriek, 2 úžitkové vzory a 2 patenty, ktorých je spoluautorom.

8. Pripomienky a otázky k dizertačnej práci

- Akým spôsobom bola stanovovaná hodnota percenta vyhorenej palivovej zmesi resp. uvoľneného tepla uvádzaná na str. 55?
- Boli počas testov skúšané aj iné typy zapalovacích sviečok ako Brisk a Bosch?
- Je možné povedať že zapalovacia sviečka označená ako Brisk B je z hľadiska emisií vhodnejšia ako Brisk A?
- Pod obr. 5.2 chýba základný popis obrázka.
- Z obr. 5.9 nie je vidieť jednoznačnosť, s ktorou autor uvádza, že merná spotreba SMER je pri zapalovacej sviečke ZSIK (D) v celom rozsahu zaťaženia v stredných otáčkach nižšia ako v prípade klasickej zapalovacej sviečky.
- Je predpoklad, že keby výrobca motora zosúladiť funkciu riadiacej jednotky ERJ s niektorou s navrhovaných a testovaných sviečok, budú výsledky ešte pozitívnejšie?
- Za zmienku by určite stálo uviesť v závere vyhodnotenie získaných výsledkov z merania klasických zapalovacích sviečok s rôznym iskrisom uvedené v kapitole 4, najmä spotrieb.

8. Záver

Dizertačná práca Ing. Aleša Dittricha, Ing. Paed. IGIP 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 - PhD“.

V Žiline, 25. februára 2018


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



Prof. Ing. Jiří Stodola, DrSc.,

Univerzita obrany v Brně, Kounicova 65, 662 10 Brno

OPONENTSKÝ POSUDEK

**doktorandské disertační práce Ing. Aleše DITTRICHA, Ing. Paed. IGIP na téma
„Iniciace zážehu směsi zapalovací svíčkou“**

(Ignition Initiation of Mixture by Spark Plug)

Předložená doktorandská disertační práce pana Ing. Aleše DITTRICHA má rozsah 156 stran, včetně příloh. Práce je rozdělena kromě úvodu a šesti relativně samostatných částí, které zahrnují: důkladný přehled současného stavu řešené problematiky, zařízení použité k experimentům, autora, experimentální výzkum vlivu provedení zapalovací svíčky na vlastnosti zážehového motoru, experimentální výzkum a vývoj zapalovací svíčky s integrovanou komůrkou, tepelné namáhání a zhodnocení získaných výsledků. Předložená dizertace je zaměřena především na praktický experiment a relativně široký rozsah problémů v oblasti zážehu směsi zapalovací svíčkou, s cílem nalezení optimálního konstrukčního řešení zapalovací svíčky.

Autor si stanovil hlavní cíl disertační práce, a to posouzení konstrukčních řešení zapalovací svíčky, která zvýší rychlost počátečního hoření v ohnisku zážehu, jeho rychlý a stejnoměrný přechod do hlavní fáze a tím zvýšení tepelné účinnosti oběhu. Hlavní cíl je realizován s využitím pěti dílčích cílů. Konstatuji, že práce explicitně neobsahuje metody zpracování, i když použité metody následně plynou z uváděných experimentálních výsledků.

Autor velmi systematicky analyzoval současný stav problematiky, a to vlastní spalovací proces, vliv zapalovací svíčky, zapalovací systémy zážehových spalovacích motorů, komůrkový zážeh a stav výzkumu této oblasti na pracovišti dizertanta. Další částí dizertace jsou informace o zařízeních, která byla použita při zpracování disertační práce (motorová brzda, indikační a vizualizační technika, měřicí ústředna a emisní aparatura).

Vlastní experimentální výzkum vlivu konstrukčního provedení zapalovací svíčky byl realizován systémově s plánovaným programem měření, standardními způsoby vyhodnocování, zpracování a interpretace výsledků. Měření zahrnovalo výkonové a provozní parametry zkušebního motoru, parametry pracovního oběhu a průběhu hoření, emisní parametry a vizualizaci průběhu a rozvoje hoření.



Podstatnou částí experimentu, resp. původních informací v disertační práci je kapitola 4 „Experimentální výzkum konstrukčního provedení zapalovací svíčky na vlastnosti zážehového motoru“ a zejména kapitola 5 „Experimentální výzkum a vývoj zapalovací svíčky s integrovanou komůrkou“. Experiment byl realizován podle zpracovaného programu, byly variantně vyžity originálně navržené zapalovací svíčky s komůrkou uvnitř zapalovací svíčky, a to nejprve ve čtyřech variantách, tyto varianty se v průběhu experimentu měnily (provedení jiskřiště, varianty velikosti a počtu otvorů, objemy komůrky aj.). Výsledky experimentů jsou velmi pečlivě dokumentovány, graficky a obrazově vyjádřeny, analyzovány a interpretovány. Během experimentů zaznamenán masivní vliv tepelného namáhání zapalovací svíčky s integrovanou komůrkou, proto se kapitola 6 systematicky zabývá tepelným namáháním. Experimenty zahrnovali měření teplot v pouzdře zapalovací svíčky a v návaznosti na výsledky experimentu vytvoření výpočtového modelu teplotního pole, s využitím komerčního software, metody konečných prvků a okrajových podmínek. Výpočtový model velmi dobře odpovídá skutečným naměřeným hodnotám, bylo realizováno rovněž porovnání skutečných a modelovaných hodnot klasických zapalovacích svíček a zapalovacích svíček s integrovanou komůrkou.

Konstatuji, že rozhodující původní částí disertační práce jsou experimenty pro variantně realizované jiskřiště standardní zapalovací svíčky a dále varianty zapalovací svíčky s integrovanou komůrkou. Výsledky experimentů potvrdily význam způsobu zážehu na počáteční fázi hoření, při použití zapalovací svíčky s integrovanou komůrkou. Z výsledků měření plyne zlepšení variability středního indikovaného i maximálního tlaku. Významným výsledkem, který byl realizován na základě analýzy výsledků měření teplot, je navržení nové konstrukce zapalovací svíčky s integrovanou komůrkou.

Téma doktorandské disertační práce je velmi aktuální, neboť problematika optimalizace spalovacího procesu umožní lepší energetické využití paliva a splnění přísných emisních limitů. Relevantní výsledky experimentů a modelování mohou být využity pro v konstrukci moderních zapalovacích svíček.

Za původní výsledky získané autorem považuji rozsáhlou experimentální, její vyhodnocení a interpretaci s přesahem do praxe. Vyhodnocení a získané informace z experimentů jsou zpracovány velmi systematicky a podrobně.

Publikační činnost doktoranda pokládám za mimořádně významnou. Dizertant publikoval sám nebo jako člen kolektivu autorů 56 významných publikací, byl členem kolektivu autorů 12 funkčních vzorků a 4 užitných vzorů a patentů.

Dizertační práce je zpracována na dobré formální i grafické úrovni, k disertační práci mám následující dílčí připomínky, které však nesnižují výbornou odbornou úroveň:

- rozdílné (malé) písmo v obrázcích: 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.7, 2.10, 2.12, 2.13, 2.14, 2.16, 2.20, 2.21, 2.27, 2.32, 2.33, 2.34, 3.3, 4.4 - 4.14, 5.2 - 5.34, 6.2, 6.5 - 6.7, 6.9, 7.1 - 7.4, A1 - A28.



- anglický text v obrázcích: 2.2, 2.3, 2.22, 2.31, 7.1 - 7.4.
- ve vizualizaci Tabulky 1.1, Brisk A, 1.2 Brisk B, 1.1 ZISK, 1.2 ZISK, 1.3 ZISK, 1.4 ZISK, 1.5 Zisk, 1.6 ZISK, 1.7 ZISK, 1.8 ZISK a 1.9 ZISK není na několika prvních snímcích vidět žádný obraz.

Prosím, aby doktorand v průběhu obhajoby zodpověděl následující otázky:

1. Jaké jsou současně používané moderní zapalovací systémy pístových spalovacích motorů, resp. jak se budou dále vyvíjet?
2. Lze na základě Vašich experimentů procentuálně vyjádřit mezicyklovou variabilitu tlaku pro zkoušené zapalovací svíčky a rozdílné zatížení motoru?

Předložená doktorandská disertační práce zcela jednoznačně splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 Zákona č. 111/1998 o vysokých školách. Pan Ing. Aleš DITTRICH 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. Aleši DITTRICHOVI udělit titul Ph.D.

V Brně 12. února 2018


