

Oponentský posudok dizertačnej práce

Názov práce: „Spalování směsi vodíku se zemním
plynem v zážehovém PSM“

Autor: Ing. Michael FENKL

Pracovisko: TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ, Katedra vozidel a motorů

Študijný odbor: 2302V010 Konstrukce strojů a zařízení

Predložená práca obsahuje 115 strán textu včítane 4 príloh. Okrem písomnej časti je práca prezentovaná aj na CD nosiči. Práca sa zaoberá inovatívnym spôsobom výpočtu stavových veličín vo valci motora. Experimentálna časť práce pojednáva o emisných parametroch motora a vplyve rôznych zmien na priebeh teploty vo valci. Ako palivo sa používa zmes zemného plynu a vodíka s rôznym percentuálnym obsahom vodíka.

Hodnotenie práce

Cieľ dizertačnej práce

Hlavným cieľom práce bolo riešenie problematiky spaľovania zmesi vodíka so zemným plynom. V tejto súvislosti dizertant riešil otázky spojené so stanovením priebehu teploty vo valci, skúmal vplyv teploty na tvorbu emisií ako aj tvorbu emisií vo všeobecnosti. Ciele práce riešil výpočtovo aj experimentálne. Za cieľ v teoretickej oblasti možno považovať vytvorenie programu pre výpočet adiabatckej teploty plameňa daného zmesového paliva. Stanovené ciele práce boli splnené.

Úroveň analýzy súčasného stavu problematiky riešenej v dizertačnej práci

Analýzou súčasného stavu problematiky autor poukázal na problém miešania resp. tvorby zmesového paliva. Autor v práci analyzuje rôzne zriaďovacie parametre ktoré ovplyvňujú prevádzku motora. Ide predovšetkým o vplyv pridávania vodíka na optimálny predstih zážihu a jeho vplyv na optimálny začiatok a dĺžku jeho vstrekovania (vefuku). Bolo tiež analyzované pridávanie vodíku na vlastnosti spaľovacieho procesu (rýchlosť uvoľňovania tepla, hranice zápalnosti, emisie a pod.). Uvedenú analýzu pokladám za dostatočnú.

Teoretický prínos dizertačnej práce

Práca bola zameraná tak experimentálne ako aj teoreticky. Prínos v teoretickej oblasti spočíva vo vytvorení aplikácie pre výpočet adiabatckej teploty plameňa a základných dát charakterizujúcich zmesové palivo ako aj vo vytvorení aplikácie pre výpočet teploty plameňa v uzavretom termodynamickom systéme.

Praktický prínos dizertačnej práce

Praktický prínos je značný. Predovšetkým spočíva v úspešnej experimentálnej analýze procesov spaľovania zmesi zemného plynu a vodíka. K tomu bolo potrebné vybudovať zmiešavaciu trať pre plynne palivá, postaviť jednovalcový experimentálny motor ako aj realizovať experimenty na reálnom šesťvalcovom motore LIAZ.

Vhodnosť použitých metód riešenia

K dosiahnutiu cieľa práce boli použité vhodné metódy experimentálnej a teoretickej analýzy, ktoré sú v práci prezentované na dostatočnej úrovni. Stručne možno konštatovať, že autor práce použil všetky vhodné a dostupné metódy.

Spôsob, ako boli použité metódy aplikované

Použité experimentálne aj teoretické metódy doktorand zvládol kvalifikovane tak z hľadiska rozsahu ich použitia, ako aj z hľadiska vyhodnotenia nameraných výsledkov.

Preukázanie odpovedajúcich vedomostí v danom odbore

Doktorand presvedčivo preukázal odpovedajúce vedomosti v danom odbore. Značné množstvo realizovaných experimentov a diskusia o výsledkoch svedčia o tom, že doktorand má dobrý prehľad a odpovedajúce vedomosti v danom odbore.

Formálna úroveň práce

Niektoré formálne chyby som vyznačil priamo v práci. Celkove práca po formálnej stránke dosahuje dobrú úroveň.

Prípomienky k práci a námety na diskusiu:

1. Niektoré obrázky napr. Obr. 12, Obr.13 sú zmenšené a ťažko zrozumiteľné. Bolo by vhodné ich prezentovať vo väčšom formáte a jednotlivé krivky rozlíšiť farebne.
2. Predpokladám že vo vzťahoch (35), (36) chýba zlomková čiara a správne má byť napr. $(K_1 / K_2)^2$ v (36).
3. Na obr.34 so zvyšujúcim sa uhlom predstihu zapalovania klesá tvorba CO aj HC ale tvorba CO₂ zostáva stála. Ako si autor práce vysvetľuje tento jav? Kde sa stráca uhlík C?
4. Aký vplyv má medzicyklová variabilita parametrov spaľovania na tvorbu emisií NO_x, HC, CO, CO₂ vzhľadom na zmeny zloženia paliva?
5. Aký vplyv by mala recyklácia výfukových plynov (EGR) na dosiahnuté výsledky v predloženej práci?

Záver

Práca je spracovaná na dobrej úrovni. Dizertačnú prácu doporučujem k obhajobe a po jej úspešnom priebehu doporučujem udeliť Ing. M. Fenklovi vedecko-akademický titul PhD..

Bratislava, 16.6.2012


Doc. Ing. Marián Polóni, CSc.

Oponentní posudek

Disertační práce:

„Spalování směsi vodíku se zemním plynem v zážehovém PSM“

Doktorand:

Ing. Michael Fenkl

Školitel:

prof. Ing. Celestýn Scholz, Ph.D.

Školící pracoviště:

Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní
Katedra vozidel a motorů

Formální úroveň práce

Doktorská práce je vypracována v celkovém rozsahu 115 stran, z toho je 94 stran čistého textu, včetně 82 obrázků a tabulek. V práci jsou dále uvedeny 4 přílohy, seznamy použitých veličin, značek, zkratk a indexů. V práci nejsou uvedeny seznamy obrázků, přičemž jediná tabulka (základní parametry jednoválcového motoru, str. 34) je uvedena jako obrázek č.18. V práci rovněž nejsou samostatně uvedeny vlastní publikace autora. Po formální stránce je práce provedena pečlivě, pozitivně lze hodnotit grafickou úroveň převážné většiny rozsáhlého souboru obrázků a sporadický výskyt gramatických, interpunkčních, příp. slovesných chyb, resp. výskyt slangových výrazů.

Aktuálnost zvoleného tématu

Zvolené téma pokládám za velmi významné zejména z hlediska potřeby a případné aplikovatelnosti při řešení negativních dopadů v silniční dopravě ve smyslu snížení podílu fosilních paliv na celkovém složení paliva. Tento význam a aktuálnost tématu vyplývá ze základní skutečnosti, že konkrétně je zkoumána a řešena problematika spalování směsi zemního plynu s přídavkem vodíku. Předložená práce vytváří předpoklady a poskytuje některá vstupní data pro řešení potenciálních konstrukčních úloh v oblasti vozidlových spalovacích motorů, které mohou mít příznivý dopad na ekonomiku a potažmo na ekologii silniční dopravy.

Struktura práce

Strukturu předložené disertační práce lze označit jako neobvyklou, neboť jednotlivé kapitoly na sebe logicky nenavazují. Např. cíle práce by měly vyplynout na základě kritické analýzy z poznání „bílých míst“ v současném stavu řešení. Autor zařadil skromnou řešeršní kapitolu bez kritické analýzy až za cíle. V práci postrádám také samostatnou kapitolu metodiky práce, kde by mělo být zdůvodnění použitých metod a úvaha o možných problémech, které se mohou vyskytnout v průběhu řešení. Náznak metodiky je včleněn do úvodu kapitoly 4 „Nástroje pro řešení doktorské disertační práce“, přičemž některé pasáže o metodice jsou navíc zařazeny již v kap. 2 „Cíle doktorské disertační práce“

Dosažení v disertaci stanoveného cíle

Doktorand si pro řešení disertační práce stanovil jako hlavní cíl řešit problematiku spalování vodíku se zemním plynem v zážehovém motoru s vnitřní tvorbou směsi, za účelem ověřit známé a zjistit dosud neznámé důsledky spalování této palivové směsi v PSM, specificky pro válcové jednotky s větším objemem, v tomto případě 2 dm³ na jeden válec.

Vhodnost použitých metod řešení a způsob jejich aplikace

Zvolené a použité metody řešení jsou rozptýleny do několika kapitol. Nicméně jsou adekvátní definovanému cíli práce, resp. dílčím cílům práce. Jsou založeny na analytické, experimentální a syntetické práci. Uplatněné analytické metody umožnily rozebrat a charakterizovat současný stav řešené problematiky v oblasti zkoumání průběhu spalování směsných paliv, konkrétně zemního plynu s vodíkem a popsat teoretický aparát. Experimentální část práce umožnila ověření aplikovatelnosti používaných metod a přinesla řadu konkrétních výsledků.

Náměty do diskuse při obhajobě

1. Upřesnění nejednotnosti formulací; (str.26) „přídavek vodíku má vliv na snížení mezicyklové variability“; (str.87) „vyšší hodnoty jsou způsobeny variabilitou pracovního oběhu“ ; (str. 101) „se vzrůstajícím zatížením motoru klesá mezioběhová variabilita“; (str.102) „je zapotřebí si uvědomit variabilitu přebytku vzduchu pro dosažení konstantního p_i “; v textu je řada formulací souvisejících s variabilitou maximálního tlaku, indikovaného tlaku, středního indikovaného tlaku, teploty, přebytku vzduchu a mnohdy se v textu obtížně hledá, ke kterému parametru se variabilita vztahuje.
2. Z rešerše i vlastních experimentů uvedených v předložené práci je zřejmá významná závislost faktorů (složení směsi, zatížení motoru, otáčky motoru) na relativně nízké (jednotkové) změně předstihu zážehu pro spalování vodíku se zemním plynem. V rámci obhajoby by měl autor nastínit možnosti optimalizace hodnoty předstihu zážehu a jeho řízení.

Závěr

Disertační práce pana Ing. Michaela Fenkla představuje výsledky teoretického a zejména rozsáhle experimentálně podloženého výzkumu metod a praktického provedení řešení problematiky spalování vodíku se zemním plynem v zážehovém motoru s vnitřní tvorbou směsi. Dosažené výsledky jsou přínosem pro rozvoj poznání v dané oblasti. Na základě uvedeného konstatuji, že disertant prokázal schopnosti k samostatné vědeckovýzkumné práci,

doporučuji proto práci k obhajobě

V Praze, dne 28. května 2012.


doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.
Technická fakulta ČZU v Praze
165 21 Praha 6 - Suchbát

O p o n e n t n í p o s u d e k

disertační práce Ing. Michaela Fenkla : *Spalování směsi vodíku se zemním plynem v zážehovém PSM*, Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Liberec, 2012.

Předložená disertační práce obsahuje celkem 115 stran textu se 78ti obrázky, 4mi tabulkami, 4mi dodatky, seznamem použitých označení, seznamem použité literatury, který má 41 literárních pramenů. V disertační práci jsou anotace v jazyce českém a v jazyce anglickém, souhrn, poděkování, prohlášení o autorství a titulní list.

Tématem práce je experimentální a teoretický výzkum procesů spalování směsi vodíku se zemním plynem v zážehovém pístovém spalovacím motoru.

Ve stručném úvodu jsou vytyčeny současné naléhavé úkoly pro výzkum v oborech zaměřených na stavbu a provoz spalovacích motorů.

Ve druhé kapitole jsou vytyčeny cíle disertační práce - hlavním cílem je ověřit známé a zjistit dosud neznámé důsledky spalování směsi vodíku se zemním plynem v pístovém spalovacím motoru.

Ve třetí kapitole je popsán současný stav výzkumu spalování směsi vodíku se zemním plynem. Výsledky z dostupných literárních zdrojů jsou zpracovány na dokumentaci prováděných experimentů a teoretických řešení na jiných pracovištích a na potřeby dalšího výzkumu vlastností spalovacího procesu a vlivů způsobu tvorby směsi, seřizovacích parametrů a produkce emisí.

Ve čtvrté kapitole jsou popsány výzkumné postupy, jak je autor disertační práce připravil k výzkumu spalování směsi vodíku se zemním plynem v pístových spalovacích motorech. Popsal přípravu jednoválcového motoru odvozeného z LIAZ ML 636, směšovací trati, šestiválcového motoru LIAZ ML 636 ENE se sběrem dat a teoretický nástroj založený na výpočtu teploty plamene ve válci pro uzavřený termodynamický systém.

V páté kapitole jsou podrobně popsány výsledky experimentů s rozboru vlivu seřizovacích parametrů na jednoválcovém motoru se zaměřením na tvorbu emisí a výsledky měření na šestiválcovém motoru s rozboru vlivu koncentrace směsi na průběh procesu spalování, na produkci emisí a další provozní parametry.

V závěru jsou podrobněji shrnuty dosažené poznatky z rozborů výsledků rozsáhlých experimentů při aplikaci teoretického postupu výpočtu průběhu teploty.

V přílohách jsou uvedeny popisy motorů a složení paliva (směsi vodíku se zemním plynem) uváděné v dostupné literatuře, formát textového souboru a protokoly o složení užitého zemního plynu a o čistotě užitého vodíku při prováděných experimentech.

Hodnocení :

Procesy spalování v zážehovém pístovém motoru jsou stále bezpochyby významným a aktuálním tématem současného výzkumu. Zaměřují se na ně nejen obory termodynamika a fyzikální chemie a obory stavby a provozu strojů, ale též obory nauky o životním prostředí. Je pravdou, že dosud v tématu o procesech spalování v zážehových pístových motorech naši předchůdci i naši současníci velmi hodně vybádali a přinesli cenné poznatky. Ale je také pravdou, že v těchto tématech zůstává mnoho nepoznaného, nevyjasněného, ba dokonce i

rozporného; a navíc nové naléhavé požadavky zejména ze strany dopadu provozu strojů na životní prostředí a na úspornost a spolehlivost provozu strojů kladou další naléhavé úkoly na současný výzkum. Předložená disertační práce si stanovuje za cíl získat nové věrohodné experimentální a teoretické poznatky o spalování směsi vodíku se zemním plynem v zážehovém motoru. V dostupných literárních zdrojích je jen velmi málo dílčích údajů o této problematice. Autor disertační práce připravil a provedl experimenty na dvou strojích, v nichž zkoumal parametry hoření palivové směsi a průběh teploty ve válci spalovacích motorů a vliv teploty na tvorbu emisí v závislosti na složení směsi paliva, na parametrech seřízení strojů, na přebytku vzduchu a na zatížení motorů. Dále připravil na základě termodynamických dat teoretický model pro výpočet adiabatické teploty plamene s výpočtovou aplikací na řešení průběhu teploty plamene ve válci motoru. Tím si vytvořil nezávislé přístupy, které se staly zdrojem výchozích dat pro získání nových poznatků a pro podrobné popisy a rozborů. Výsledky autorových výpočtů umožňují přiměřeně porozumět komplexním procesům spalování směsi vodíku se zemním plynem ve válci motoru při porovnání s výsledky experimentů na strojích. Autor tyto podklady a poznatky plně využívá v podrobných popisech a rozborech. Dospěl k důležitým závěrům nejen o vývoji parametrů při spalování palivové směsi ve stroji, ale též o závislostech produkce emisí. Lze konstatovat, že autor disertační práce splnil stanovené cíle a vytvořil účinný teoretický nástroj a získal původní data o procesech spalování směsi vodíku a zemního plynu v pístovém spalovacím motoru.

Předložená práce je bezpochyby přínosná jak pro teorii tak i stavbu strojů s požadovanými parametry, ale přispívá též svými výsledky i pro praktický provoz strojů. Za přínos je nutné považovat získání pozoruhodných experimentálních dat i to, že autor disertační práce připravil laboratorní zařízení, které je schopné poskytnout taková data o procesu spalování plyné směsi vodíku a zemního plynu v pístovém motoru. Autor při řešení úkolů plynoucích z cílů disertační práce postupoval správně. Práce dokazuje, že autor má znalosti v oborech konstrukce a provozu strojů a termodynamiky strojů na vynikající úrovni nejen v experimentu ale i v teorii. Oponent hodnotí předloženou disertační práci jako kvalitní s tím, že z ní plynou oprávněné předpoklady k dalšímu odbornému růstu jejího autora a k jeho další tvůrčí práci. Oponent v práci, která je přehledná, shledal jen několik drobných nedostatků, které lze označit jako překlepy, tiskové chyby, přehlédnutí nebo drobné nedůslednosti, a je připraven na ně autora v osobním rozhovoru upozornit. Tyto drobnosti bude možné překonat v dalších návazných publikacích. Oponent poukazuje v této souvislosti na nedokončený Obrázek 33 na str.61 až 62. Autor disertační práce by měl tento obrázek dokončený předložit při obhajobě disertační práce. Dále v komentáři k Obrázkům 76 až 82 oponent vyjadřuje, že si nedokáže představit směs se zápornou koncentrací ani s koncentrací větší než 100%. Uvedené poznámky k formální stránce nikterak nesnižují velmi dobrou úroveň celé disertační práce.

Oponent pro řízení k obhajobě disertační práce klade tyto otázky :

1. V disertační práci jedinkrát není uveden pojem "oktanové číslo paliva". Může autor disertační práce k této veličině uvést poznatky právě pro palivo směsi zemního plynu s vodíkem?
2. Teoretický model umožňující řešení adiabatické teploty spalování směsi plynů otevírá další možnosti pro rozvoj a užití teoretických poznatků z chemické termodynamiky. Zvažuje autor disertační práce rozšíření teoretického modelu i na chemickou kinetiku zvláště s ohledem na rychlé procesy spalování?
3. Moderní výzkumy produkce exhalací při spalovacích procesech ukazují na podstatné snížení kyslíčků dusíku ve spalínách pro dokonale promíchaná plyná paliva. Setkal se autor disertační práce s takovými poznatky?

Oponent vyzývá autora, školitele i pracoviště, aby dosaženým výsledkům dali potřebnou publicitu.

Závěr :

Předložená disertační práce má velmi dobrou úroveň a je přínosná jak z teoretického hlediska tak i pro praxi při konstrukci a provozu strojů. Autor splnil stanovené cíle tím, že získal původní experimentální výsledky o spalování směsi vodíku se zemním plynem v zážehovém pístovém spalovacím motoru při různých provozních podmínkách a vytvořil na základě teoretického přístupu nástroj na řešení adiabatické teploty spalování směsi plynů. Užitím experimentálních a teoretických přístupů provedl podrobné rozборы dat o spalování směsí. Prokázal svojí tvůrčí aktivitu a své vynikající odborné znalosti. Oponent

doporučuje disertační práci Ing. Michaela Fenkla k obhajobě

před komisí oborové rady studijního oboru Konstrukce strojů a zařízení a doporučuje, aby po úspěšné obhajobě byl Ing.M.Fenklovi udělen akademicko-vědecký titul

Philosophiae doctor (PhD.).

V Praze 18. června 2012