

Rekapitulace

Náplní práce je posouzení využitelnosti paliv s vysokým obsahem butanolu pro spalování v zážehových motorech. Shrnují se tabelární podklady, popisující relevantní vlastnosti testovaných isomerů butanolu a vyvozují se kvalitativní odhady očekávaných provozních komplikací, zejména tvorby směsi po spuštění studeného motoru. Těžištěm práce je zřejmě experimentální průzkum dopadů použití butanolových směsí na energetické a emisní vlastnosti motorů různých rozměrů, provedení a určení. Tam, kde je to nutné, nebo žádoucí autor navrhuje a testuje úpravy palivové aparatury, resp. jejího řízení pro přizpůsobení specifikům testovaného paliva. Konstatuje se vcelku dobrá použitelnost butanolových směsí jako paliva s omezeným počtem přetrvávajících výzev, jejichž výčet je uveden jako námět pro činnost autorových následovníků.

Dílčí výhrady, komentáře, dotazy

Str. 17 - Domnívám se, že výpočty související s požadovanou změnou dávky paliva jsou zbytečně komplikované. Při použití v motoru s řízeným katalytickým systémem nutno dodržet složení směsi optimální pro účinnost dodatečné úpravy spalin a nutno se smířit s případnou změnou výhřevnosti směsi. U motorů s předem danou charakteristikou palivové aparatury je zřejmě požadavek na nejvýhodnější složení směsi nutno určit experimentálně.

Na str. 20 je zřejmě špatně uveden cíl křížového odkazu na obr. 3. Není vůbec jasné, co je na obr. 4. Sentence „experimentální zjištění množství vstřikovaného paliva v závislosti na nezměněné délce aktivačního pulzu“ (str. 30) se jeví jako nesmyslná. V obr. 10 a příslušném komentáři postrádám popis generátoru impulsu a charakteru impulsu samotného. Obr. 11 je zcela nečitelný.

Na obr. 14 na str. 35 je dávka paliva vynášena v nezvyklých jednotkách g.otáčka^{-1} . V následující rovnici (28) figuruje term m_c , který je v seznamu veličin deklarován jako dávka paliva na cyklus. Postupné dosazování do vzorce (28) je poněkud nesystematické a nepřispívá k vyjasnění této disproporce.

K celé kapitole 8 (začátek na str. 34) je popis experimentálního uspořádání neúplný, což způsobuje nesrozumitelnost některých konstatování v dalším popisu, např. meziválcového rozptylu parametrů, nebo významu hodnoty okamžité bohatosti směsi. Obecně velmi oceňuji, že průzkum účinnosti dodatečné úpravy spalin je proveden s přihlédnutím k parametrizaci zpětnovazebního řízení složení směsi což je často opomíjeno.

Na str. 53 je dodatečná oxidace CO a HC nazývána z neznámých důvodů redukcí.

V kapitole 8 (měření na motoru Lombardini) i kapitole 9 (měření na motoru 1.2 HTP) není uvedeno, jak byla stanovena hodnota součinitele přebytku vzduchu (průměrná / jmenovitá / okamžitá) a jakým nástrojem byly vytvořeny grafy popisující fázování hoření.

Ke vzorci (29): termy M_x (zřejmě molární hmotnost předmětné složky), n_x (zřejmě počet molů předmětné složky v množství směsi obsahující celkem n_{vp} molů), m_c (s tečkou, zřejmě hmotnostní tok uhlíku ve spalinách) a M_c (zřejmě atomová hmotnost uhlíku) nejsou nikde vysvětleny. Není jasné, proč M_c není vytknuto před závorku ve jmenovateli. Není jasné, který z možných významů pojmu koncentrace má autor na mysli. Vzorec funguje korektně pro údaj molárního zlomku jako hodnoty c_x . Udávaná perioda fluktuací složení směsi (např. 7 s na str. 73) se jeví jako extrémně dlouhá. Byla tato okolnost nějak analyzována?

Plauzibilitu vztahu (30) na str. 76 by bylo žádoucí doložit a zdůvodnit jeho předností oproti přímému snímání MAF např. přes diagnostické rozhraní. Zejména chybí zmínka o kompensaci dopravního zpoždění a deformace průběhu odezvy analyzátoru spalin vlivem vyplachování měřicí kyvety a synchronizace údaje průtoku spalin a jejich kontaminace sledovanou složkou při dosazování do výpočtu celkového hmotového toku.

Podstata komponenty s názvem „odsávací turbina“ v obr. 79 na str. 97 by vyžadovala vysvětlení.

Globální poznámky a komentáře

U kapitol 4.4 až 4.7 není jasné jaký je podíl doktoranda na získání, zpracování a vyhodnocení uvedených skutečností a jaký je účel zařazení těchto kapitol do práce. Obdobně se to týká kapitoly 12. Z formulace cílů práce na str. 30 nejsem schopen identifikovat, co je náplní práce. Zcela chybí předpokládané kontrolovatelné výstupy. Rekapitulace splnění cílů v práci není uvedena vůbec. Přitom seznam původních prací, vztahujících se k tématu disertace (str. 119) je dost rozsáhlý, obsahuje i prestižní publikace a zřejmě by nebyl problém splnění cílů asociovat s příslušnými publikacemi.

Závěr

Disertant ve své práci prokázal schopnost samostatné tvůrčí činnosti, zejména v oblasti experimentálního zjišťování specifik použití alternativního kapalného paliva.

Práci doporučuji k obhajobě

prof. Ing. Michal Takáts, CSc.

Centrum vozidel udržitelné mobility

Roztoky u Prahy



Oponentský posudek disertační práce ing. Martina Pechouta „Zážehové motory při provozu na biobutanolová paliva“

Ing. Martin Pechout, (dále jen autor) předložil k disertačnímu řízení v oboru „Konstrukce strojů a zařízení“ svoji práci zaměřenou na problematiku náhrady paliva zážehových motorů palivou druhé generace vyráběné z obnovitelných zdrojů

Práce je rozsáhlá, obsahuje 152 stran včetně příloh, seznam použité literatury s 55 tituly a uvádí 12 spolupublikací autora (anglická verze), které převážně souvisí s problematikou paliv, jejich použitím ve spalovacích motorech a se způsoby měření a vyhodnocování emisí ve výfukových plynech. Základní cíle disertační práce jsou uvedeny v úvodu práce a v kap.6., a jsou členěny na:

- rešerši literatury a výběr izomeru butanu pro použití v zážehových motorech,
- shrnutí a popis vlastností izomeru butanu, které ovlivňují parametry spalovacího motoru,
- experimentální posouzení spalování a emisí ve výfukových plynech, zejména při reálných podmínkách provozu motoru,
- návrh limitů pro posouzení emisí při použití butanolu,
- návrhy řešení pro odstranění negativních vlastností butanolových paliv,
- publikaci získaných výsledků.

Úvodní část práce obsahuje hodnocení stávajících možností výroby butanolu, rozbor vlivu jeho vlastností na spalování v zážehovém motoru. Podrobněji je analyzován vliv butanolu na charakteristiku vstříkovací soustavy a uvádí se porovnání při provozu na benzin. Analýza změny dalších veličin zážehového motoru je posuzována z údajů získaných z experimentů (vliv na výkon, teploty, indikovaný tlak a další). Část experimentálních prací byla provedena v zahraničních zkušebních laboratořích při odborných stážích doktoranda. Experimenty se uskutečnily na různých čtyřdobých zážehových motorech a na jednom motoru dvoudobém. Zkoušky byly provedeny jak na stacionárním brzdovém stanovišti (upravené režimy standardního bodového testu), tak při reálném provozu vozidel na zkušební trati.

Dále uvádím některé připomínky k řešení a prezentaci práce, které nejsou zásadní a významně nesnižují úroveň předložené práce:

- v seznamu veličin a symbolů chybí rozměry veličin,
- tvrzení o zanedbatelném vlivu atmosferických podmínek na vlhkost ve výfukových plynech není doloženo číselnými údaji,
- u většiny grafů jsou uváděny nejistoty (variability) popisovaných veličin, není popsáno jakým způsobem byly tyto hodnoty zjišťovány a pro jakou spolehlivost byl proveden výpočet, číselné hodnoty nejistot nejsou v práci uváděny např. tab. 84 až 92,
- hodnocení variability veličin mohlo být doplněno také bezrozměrným poměrovým variačním koeficientem,
- analýza výsledků z experimentů je v práci převážně uvedena grafickým průběhem sledované veličiny či verbálním popisem. Číselnou kvantifikaci z těchto údajů je možné dodatečně získat, vhodnější je použití základních statistických postupů s výpočtem charakteristik. Vyhodnocení odchylek bohatosti od stechiometrického poměru (odchylky od součinitele přebytku vzduchu $\lambda=1$), průběhy na obr. 52-54, 56, 60-63, 66, 67 a v příloha D, je vhodné vyjádřit normální náhodnou veličinu i proto,

že popisovaná veličina je ovlivňována souborem dalších faktorů, nejen typem paliva. Číselné porovnání je možné provést střední hodnotou a rozptylem či poměrovými veličinami.

Otázky pro obhajobu:

- byly před zpracováním výsledků experimentu použity testy k vyloučení extrémních hodnot v souborech měření. Jaké testy lze použít pokud výsledky měření (náhodné veličiny) mají normální rozdělení,
- v režimech dynamických měření (za skutečného provozu, přílohy E až H) je nutné pro další výpočty určit přiřazené toky výfukových plynů, k měřeným objemovým koncentracím složek emisí, jakým způsobem byly toky zjištěny,
- bylo při výpočtech posuzováno zpoždění vzorku výfukových plynů u analyzátorů, event. reakční doby jednotlivých analyzátorů a byly dodrženy (kontrolovány) požadované průtoky vzorků analyzátorů.

Celkové hodnocení disertační práce:

- V práci je řešená problematika uspořádána s logickým členěním a s velkým počtem grafů. Výsledky práce poskytují nové informace o použití butanolu jako alternativního paliva pro zážehové motory. K řešení byly použity vhodné vědecké postupy a metody, částečně i základní prostředky statistického zpracování souborů dat.
- Rozsáhlá je část experimentální provedená na různých typech a použití spalovacího motoru

Disertační práce obsahuje všechny předepsané části a byly v ní splněny stanovené cíle. Řešená problematika využití paliv na bázi biobutanolu pro spalovací motor je aktuální. Přínosem práce je získání nových poznatků o použitelnosti biobutanolu jako alternativního paliva ve spalovacích motorech. Jsou ověřeny a doporučeny nutné úpravy zážehového motoru při přechodu na provoz s butanolem. Publikační činnost autora je v příloze prezentována dostatečným počtem titulů. Vypracováním disertační práce autor prokázal, že ovládá vědecké metody a má dostatečné teoretické znalosti. Publikace, na kterých se podílel jako spoluautor, byly publikovány především ve významných zahraničních titulech. Disertační práci doporučuji k obhajobě.

V Liberci 23.1.2017



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

Oponentní posudek

Disertační práce

Autor: **Ing. Martin Pechout**
Název: *Zážehové motory při provozu na biobutanolová paliva*
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. Martin Pechout vypracoval disertační práci v oboru *Konstrukce strojů a zařízení* s názvem *"Zážehové motory při provozu na biobutanolová paliva"*. Práce obsahuje 152 číslovaných stran, z toho se text práce (bez úvodních stran) nachází na straně 13 až 114. Rozsah práce je 102 stran textu a 33 stran příloh. Celá práce dále obsahuje 100 obrázků a 15 tabulek. Z hlediska poměru vlastní práce a rozboru současného stavu lze konstatovat, že práce obsahuje 18 stran rozboru současné problematiky a 84 stran vlastní práce.

V kapitole Cíl disertační práce je stanoven hlavní cíl práce a tím je shnutí a rozšíření současného poznání ohledně použití butanolu jakožto paliva pro různé zážehové motory. Dále je v práci uvedeno několik dílčích cílů, které se však obtížně hledají a bylo by vhodnější je prezentovat formou odrážek.

Aktuálnost řešené problematiky

Řešená problematika je zcela jistě aktuální, protože se zabývá široce diskutovanou problematikou alternativních paliv v dopravě. Zvolené testované palivo butanol se také v poslední době ukazuje jako vhodné pro zážehové motory a dokonce jako příměs do paliv pro motory vznětové a to především na úkor současně používaného etanolového paliva.

Úroveň rozboru současného stavu

Rozbor současného stavu nemá obvyklý charakter. Stěžejní část rozboru současného stavu lze spatřovat především na stránce číslo 28 a 29, kde se objevují odkazy na literaturu. Také jsou výsledky práce nedostatečně diskutovány s jinými autory. Z textu práce se tak může zdát, že se autor pustil do měření bez důkladného rozboru současného stavu. Jak však ukazují další části práci, tak to mu zcela jistě není, jen se to nepodařilo vhodným způsobem přenést do práce v kapitole Rozbor současného stavu řešené problematiky.

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

Kontrola splnění dílčích cílů se v práci obtížněji provádí a to ze dvou hlavních důvodů. Prvním důvodem je nevhodný formát stanovených cílů (vhodnější by bylo použít odrážky než pouhý text) a druhým důvodem je osnova práce, která není k takovéto kontrole vhodná (jeden cíl = jedna podkapitola v kapitole Výsledky). Také se zdá nevhodné v cíli práce hovořit o tom, co bude upozaděno (chemické účinky na konstrukční materiály) a omezeno na souhrn poznatků získaných z literatury. Obecně však lze konstatovat, že hlavní cíl disertační práce (shrnutí a rozšíření současného poznání ohledně použití butanolu jakožto paliva pro různé zážehové motory) byl splněn.

Přínos práce

Přínos práce lze jednoznačně spatřovat v oblasti paliv a to především pro zážehové motory. Velkým kladem práce je ověřování použitelnosti butanolu jako paliva a to v motorech staršího, ale i moderního konstrukčního uspořádání. Výsledky měření jsou pak srozumitelně uspořádány a přináší řadu velmi zajímavých vědeckých poznání.

Připomínky a nedostatky formálního charakteru:

Lze konstatovat, že nejslabším místem disertační práce je její formální provedení, které mírně znehodnocuje autorem dosažené výsledky. Vzhledem k nadstandardní publikační činnosti autora je také otázkou, zda by nebylo vhodné disertační práci koncipovat jako komentovaný soubor autorových publikací.

- 1) Práce by měla být psána v trpném rodě. Poměrně často se v práci, zejména na jejím počátku, objevuje pluralis majestaticus.
- 2) Práce je psána velmi kultivovaně a jen velmi sporadicky se v ní objevují překlepy (např. str. č. 96 – se jedná o změnu, str. č. 111 – aby bylo zajištěno), nevhodná spojení (např. str. č. 33 – při perfektní opakovatelnosti, str. č. 39 – následující charakteristiky), či nejasné formulace vět (např. str. č. 43 – Celkově lze pak celkové požadavky atd., str. č. 109 – Patrně je pouze mírné snížení pro teplot n-butanol bez převládajícího vlivu použitého oleje).
- 3) Struktura práce je nevhodná. Obvykle má práce obsahovat tyto hlavní kapitoly, kterými jsou Úvod, Rozbor současného stavu, Cíl práce, Metodika práce, Výsledky, Diskuse, Závěr. Také je velmi dobré, když jsou jednotlivé dílčí cíle práce sladěny s obsahem, aby bylo možné nalézt jasnou metodiku, jak je daný cíl řešen a také jaké výsledky daný postup přinesl.
- 4) Práce obsahuje několik vztahů, přičemž popis značek je uveden v seznamu zkratk a symbolů. Bohužel však schází uvedení jednotek pro jednotlivé značky, což komplikuje kontrolu vztahů.
- 5) Na straně číslo 15 je uvedena tabulka číslo 1 bez uvedení citace.

- 6) V některých částech práce se využívá desetinná čárka a někde desetinná tečka (např. str. č. 15, 25, 26).
- 7) Odečtené hodnoty předstihu zážehu z obrázku číslo 15 (str. č. 36) se nejspíše neshodují s tabulkami uvedenými v rámci obrázku číslo 15 (např. u točivého momentu nBu100 a u variačního koeficientu nBu30 – v obou případech 48°).
- 8) Odkaz na straně číslo 37 k tabulce číslo 4 na straně číslo 43 není vhodný. Obrázek či tabulka by měly následovat hned za odkazem.
- 9) Tabulka číslo 5 na straně číslo 47 nemá číslovány body měření, a proto odkaz na opakování prvního bodu není jednoznačný.
- 10) Kombinace různých jednotek pro stejnou veličinu není vhodná (např. str. č. 64 tlak – bar, str. č. 54 tlak – MPa).
- 11) Například na straně číslo 25 je uveden obrázek číslo 8. Zápis čísla na ose x je v nevhodném formátu (1.30E+07). Jedná se o typický formát Microsoft Excel a určitě by bylo vhodnější použít číslo ve formátu $1,3 \cdot 10^7$.
- 12) Vzhledem k velkému počtu dat (charakteristik) se staly některé obrázky špatně čitelné (např. str. č. 48, 64, 90, přílohy).
- 13) Práce neobsahuje seznam obrázků a tabulek.

Dotazy:

- 1) Str. č. 16 – Vyčíslete rovnici číslo 5.
- 2) Str. č. 31 – Jaká je přesnost použité váhy Bartolini Europe 3000?
- 3) Str. č. 35 – Co je to např. přibližný M_{max} ?
- 4) Str. č. 37 – Na jakém základě byly voleny směsná paliva nBu30, nBu60?
- 5) Str. č. 54 – Na obrázku číslo 31 jsou stanoveny provozní režimy motoru. Body číslo 1, 5 a 9 jsou, zdá se stanoveny na vnější charakteristice. Pro jaké palivo jsou body stanoveny a nemohlo použití těchto bodů mít vliv na produkci emisí u měření ostatních paliv? Nebo byly tyto body pro každé palivo stanoveny individuálně?
- 6) Str. č. 70, 71 a 72 – Jak si vykládáte rozdíl v měřených datech při provozu na benzín a to na počátku a na konci měření?
- 7) Str. č. 100 – Jakým způsobem byla ověřena homogenita porostu na rovinném pozemku.
- 8) Str. č. 100 – Byla během měření sledována rychlost pojezdu sekačky?
- 9) Str. č. 114 – Pokud by došlo k náhradě 50 % benzínu butanolem, máte představu o jeho možné produkci například v ČR?
- 10) Str. č. 114 – Jaký pohon si představujete jako pohon budoucnosti u silničních vozidel?
- 11) Stručně shrňte významné vědecké výsledky disertační práce.

Disertační práce se zabývá významnou problematikou použití alternativních paliv při použití ve spalovacích motorech. Autor práce se daného problému zhostil vynikajícím způsobem, provedl nadstandardní počet měření, která před jejich zahájením důkladně promyslel, což svědčí o jeho hlubokých teoretických znalostech. Vysoký počet publikací pak svědčí o tom, že zvolené téma je velmi zajímavé v oblasti vědeckého poznání. Díky vysokému počtu autorových publikací by formální stránce práce svědčilo, kdyby byla řešena jako komentovaný soubor publikací než jako samostatná práce, kde se autor nevyvaroval některých formálních chyb. 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 28. 2. 2017



doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

ČZU, JF, Katedra jakosti a spolehlivosti strojů