

Prof. Ing. Stanislav Beroun, CSc.
Na Výšinách 443
Liberec 5

Oponentský posudek disertační práce Ing. Ivana Bortela „Potenciál vznětového dvoupalivového motoru z hlediska snižování emisí skleníkových plynů“

Ing. Ivan Bortel předložil disertační práci k obhajobě před komisí studijního oboru Dopravní stroje a zařízení: disertační práce byla vytvořena na Ústavu automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel na Fakultě strojní ČVUT v Praze. Celá práce je obsažena na 127 stranách popisné a výsledkové části, z toho vlastní tvůrčí práce je na 105 stranách (vč. 16 stran příloh) a na 22 stranách jsou obvyklé náležitosti (obsah, seznamy aj.). Seznam použité literatury obsahuje 140 titulů (z toho 29 odkazů na internetové zdroje) vč. 23 publikací disertanta s přímou nebo nepřímou vazbou na problematiku disertační práce (většinou ve spoluautorství se školitelem a spolupracovníky ze školícího pracoviště i ze zahraničí).

V úvodu disertační práce (str. 10÷12) autor kriticky hodnotí současný nátlakový přístup legislativy na výrobce automobilů ke snižování traťové produkce CO₂ a v této souvislosti vysvětluje smysl výzkumu dvoupalivových vznětových motorů. Srozumitelně ukazuje možnosti ke snížení traťové produkce CO₂ při použití paliv získaných různými technologiemi.

V kap. 2 disertant popisuje současnou situaci řešené problematiky. Vysvětluje možnosti snižování produkce CO₂ konverzí vozidlového vznětového motoru na plynový dvoupalivový (plynový) vznětový motor. Hodnotí vlastnosti vhodných paliv pro takovou konverzi (nafta, hydrogenovaný rostlinný olej-HVO, zemní plyn, vodík), vysvětluje seřízení motoru pro dosažení potřebného snížení produkce CO₂ a ukazuje rizika přehřívání vstříkovací trysky u plynových vznětových motorů.

Cíle disertační práce jsou jasně a velmi stručně formulovány na str.40 (kap.3); disertant stanoví celkem 5 úkolů ke splnění cílů disertace. Pro řešení jednotlivých problémů disertant využil unikátní experimentální zázemí na školícím pracovišti a výsledky provedených experimentů zpracoval vhodnou kombinací do grafů (kap. 4).

5. kapitola obsahuje shrnutí podstatných výsledků z experimentů na zkušebním jednoválcí. Výsledky z provedených experimentů byly přeneseny do teoretických návrhů fiktivního motoru s $V_z = 2 \text{ dm}^3$ pro dvoupalivové varianty vznětových vozidlových motorů MN + CNG a MN + H₂. V závěrečné 6. kapitole disertant rekapituluje poznatky z řešení jednotlivých úloh (cílů) disertační práce.

Disertant zvolil při řešení problémů pro doktorskou disertační práci postup, založený na kombinaci studijních, teoretických, experimentálních a výpočtových přístupů. Předloženou disertací Ing. Ivan Bortel prokazuje kvalitní znalosti ve studovaném oboru a ukazuje, že ovládá vědecké metody i moderní prostředky pro řešení vědeckovýzkumných úloh.

Téma disertace patří mezi aktuální problémy výzkumu v oboru spalovacích motorů pro pohon silničních vozidel. Výsledek disertační práce poskytuje rozsáhlý materiál k pokračování výzkumu a vývoje nízkoe emisní alternativy vozidlového vznětového motoru. Cíle disertační práce byly splněny.

K disertační práci mám následující připomínky a dotazy:

- Stručný popis i komentář k výsledkům v kap. 5.1, 5.2 a 5.3 spolu s odkazy na dřívější publikace disertanta (většinou jako spoluautora – to je samozřejmě logické, protože

současný experimentální výzkum na motorech s masivním nasazením zkušebnícké a měřicí techniky je týmovým dílem) ztěžuje hodnocení postupu řešení a výsledků experimentů.

- Vzhledem k procedurám při optimalizaci spalovacího procesu u dvoupalivového motoru překvapuje, že v disertaci je uveden pouze 1 indikátorový $p-\alpha$ diagram (obr.5-34 na str.76) s vyhodnocením průběhu hoření směsi ve válci motoru (komentář k diagramu je však zbytečně neúplný).
- Přečhod ze vznětového motoru na dvoupalivý vznětový motor se může projevit i určitým zvýšením maximálního tlaku ve válci: v disertační práci ukazuje graf na obr. 5.29 (str.71) prakticky stejné (nebo mírně snížené) hodnoty p_{max} u dvoupalivového motoru – to je výsledek optimalizace seřízení motoru? Přijatelné zvýšení p_{max} u dvoupalivového vznětového motoru by se příznivě projevilo poklesem teploty výfukových plynů.
- Spolehlivým ukazatelem průběhu spalovacího procesu je především indikátorový diagram a jeho analýza (CA50); vhodné seřízení bohatosti plyno-vzdušné směsi pro vyšetřované režimy může být stanoveno i s využitím senzoru klepání. Na průběh spalování plyno-vzdušné směsi z hlediska rizika klepání má vliv i teplota plnicího vzduchu - o té není v disertaci žádný údaj.
- Na obr.5-48 (str.92) jsou zakresleny měrné emise H_2 pro dvoupalivový vznětový motor $MN+H_2$ ($HVO+H_2$) s nesprávnou jednotkou (podobný obr.5-32 na str.75 je správně): není zvyšování obsahu vodíku ve výfukových plynech při vyšších otáčkách motoru spalujícího chudou vodíko-vzdušnou směs rizikem z hlediska možné exploze vodíko-vzdušné směsi ve výfukovém potrubí ?
- Vozidlový dvoupalivový vznětový motor vzniká konverzí původního vznětového motoru s tím, že jednoduchou změnou musí být schopen zase pracovat jako původní vznětový motor pouze na naftu. V tabulkách 5-26 a 5-35 uvedené energetické podíly CNG a H_2 pro dvoupalivový fiktivní motor, které pro var. $MN+CNG$ snižují ve vybrané provozní oblasti vstříkovanou dávku MN na 4% a u var. $MN+H_2$ dokonce na 2%, se zdají pro plynový vznětový motor bez dalších účinných opatření velmi rizikové z hlediska možného nevratného poškození vstříkovačích trysek. Významnou roli zde však hraje i průtok nafty tryskou a teploty ve válci v režimech s nejvyšším energetickým podílem H_2 a to lze ověřit pouze dlouhodobějším provozem.
- Měřená teplota konce vstříkovací trysky na obr.10-4 (str.117) je vysoká - pokud ale nebyl termočlánek alespoň zčásti zasunutý a utěsněný do materiálu konce trysky, údaj ukazuje spíše teplotu termočlátku (i když byl přivařen k materiálu trysky) než teplotu konce trysky. Např. teploty konců trysek dvoupalivového motoru na obr. 2-12, 13, 14 a 17 (str. 32 a 34) jsou o $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ nižší.

Předložená disertační práce se i přes výše uvedené připomínky vyznačuje vyváženým uspořádáním textu a názorných grafických doplňků. Je psána dobrou češtinou, jednotlivé části práce mají logickou stavbu. Disertační práce Ing. Ivana Bortela je příspěvkem k popisu významných technických souvislostí vyšetřovaných problémů.

Disertační práci pana Ing. Ivana Bortela doporučuji k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu doporučuji udělit panu Ing. I. Bortelovi akademický titul Ph.D.

V Liberci, 15.6.2021