

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Spalování Jatropha oleje v naftových motorech

Josef SOUKUP¹, Veikko SHALIMBA²

¹ Doc. ing. Josef Soukup, CSc., Fakulta výrobních technologií a managementu, University J. E. Purkyně v Ústí n. L., Na Okraji 1001, 400 96 Ústí n. L., soukupi@fvmtm.ujep.cz

² Bc. Veikko Shalimba, Fakulta výrobních technologií a managementu, University J. E. Purkyně v Ústí n. L., Na Okraji 1001, 400 96 Ústí n. L.

Abstrakt: *Je pojednáno o možnosti spalování oleje z rostliny Jatropha ve směsi s motorovou naftou v naftových spalovacích motorech. Jsou uvedeny vlastnosti oleje Jatropha, základní naměřené hodnoty získané při motorových zkouškách, včetně emisí při spalování směsi motorové nafty a oleje Jatropha. Práce byla zpracována ve dvou etapách, jako bakalářská a diplomová práce zahraničním studentem na naší katedře. Zpracována je pro Katedru strojírenství Polytechniky Namibie. Účelem práce je získání poznatků o možnosti využití neupraveného oleje ke spalování v naftových spalovacích motorech v podmínkách Namibie. V tomto příspěvku jsou uvedeny pouze vybrané výsledky.*

1. Úvod

Spalování alternativních paliv ve spalovacích motorech je cestou ke snížení spotřeby fosilních paliv. Alternativní paliva jsou v centru pozornosti zejména ve vyspělých zemích, kde jsou k dispozici i technologie pro výrobu těchto paliv [1]. Práce shrnuje výsledky zkoušek spalování oleje Jatropha ve směsi s motorovou naftou v naftových spalovacích motorech. K míchání paliva byla použita čistá motorová nafta (letní) bez příměsi methylesteru. Zkoušky byly v první fázi provedeny s elektrogenerátorem HDY 2500L o výkonu 2 kW. V druhé fázi proběhlo měření s traktorem Zetor Forterra 8641 na válcové zkušební stanici.

Olej Jatropha se získává lisováním semen stromu (keře) Jatropha curcas. Tato rostlina pochází ze Střední Ameriky, v 16. st. Ji Portugalští námořníci rozšířili i do dalších oblastí (Angola, Mozambik, Indie), kde se pro rychlý růst a nepoživatelné listy ukázali jako ideální rostlina pro živé ploty kolem obdělávaných ploch. V polovině 18. st. Se rostlina rozšířila na Madagaskar, do Beninu, Guinei atd. Využívala se i k zastínění domů a bytů. V některých zemích je tady rostlina i přes svou toxicitu využívána i v tradiční medicíně (Indie, Afrika) [3].

Jedná se o velmi odolnou, rychle rostoucí rostlinu o výšce asi 5 m, rozšířena je zejména

v tropických a subtropických oblastech. Plody, které obsahují olejnatá semena jsou toxické a nehodí se k potravinářským účelům ani ke V současné době se v Namibii rozbíhá projekt „integrovaný rozvoj venkova“ jehož součástí je i výsadba Jatropha curcas jako živých plotů na ochranu zahrad a polí proti zvířatům. Olej ze semen Jatropha může být použit v olejových lampách pro osvětlení, pro výrobu mýdla a v neposlední řadě i jako palivo pro vznětové spalovací motory. Předpokládá se, že tento systém (Jatropha systém) zajistí rozvoj venkova a pomůže především

- ke snižování chudoby (ochrana plodin, prodej semen)
- k ochraně půdy přes erozi (živé ploty)
- zajištění paliva pro stacionární motory (zajištění elektrické energie).

Očekává se, že postupně budou vyvinuta a především realizovány přijatelné a technicky nenáročné technologie na úpravu oleje (esterifikací) a tím zvýšení možností jeho využití. Některé metody jsou uvedeny v [1].

Olej k měření jsme obdrželi z Polytechniky of Namibia. Semena obsahují poměrně velké množství oleje (asi 60 % hmotnosti semen), který lze získat při optimálních podmínkách, v podmínkách Namibie se při lisování zastudena pomocí jednoduchých lisů (i ručních) získává pouze asi 1l oleje ze 4 kg semen.

V současné době nejsou v Namibii podmínky pro zvýšení výtěžnosti ani k esterifikaci tohoto oleje, proto se hledají cesty k jeho využití v surovém stavu, případně po jeho odsazení a filtraci.

Vzhledem k malému množství dodaného oleje bylo v první etapě provedeno měření na malém elektrogenerátoru v poměrně širokém rozmezí směšovacího poměru motorové nafty a surového oleje. V druhé fázi (po obdržení další dávky oleje) bylo provedeno měření na traktoru Zetor Forterra 8641 ve dvou koncentracích [2].

2. Vlastnosti paliva

Pro měření na naftových motorech byla použita směs čisté motorové nafty s olejem Jatropa v různých koncentracích. Vlastnosti použitých paliv byly stanoveny laboratorně (při 30 °C) – viz tab. 1 a 2 a obr. 1.

Tabulka 1 - Vlastnosti motorové nafty a oleje Jatropa

Ukazatel	Jednotka	Jatropa	MN
Hustota	kg.m ⁻³	903	808
Dynamická viskozita	mPa.s	49,5	2,9
Kinematická viskozita	mm ² s ⁻¹	54,8	3,6
Cetanové číslo	-	38	40-55
Bod vzplanutí	°C	210	46
Výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	38,2	42-46
Číslo zmýdelnění	-	198	-

Pozn.: MN – motorová nafta

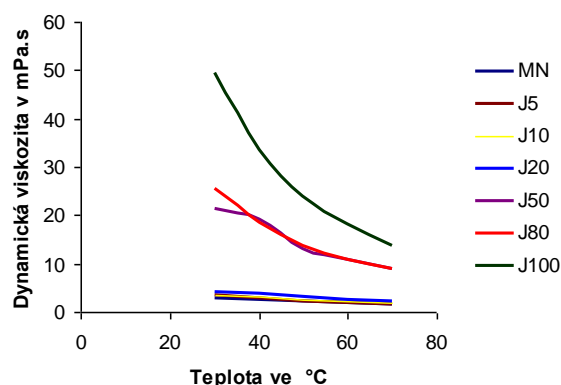
Tabulka 2 - Dynamická viskozita

T	MN	J5	J10	J20	J50	J80	J100
[°C]	[mPa.s]						
30	2,9	3,4	3,5	4,1	21,4	25,5	49,5
40	2,5	2,8	3,1	3,9	19,2	18,5	33,6
50	2,1	2,3	2,6	3,2	13,0	13,8	23,9
60	1,8	2,0	2,1	2,7	10,8	10,8	18,2
70	1,5	1,7	1,8	2,2	8,8	8,8	13,8

Vysvětlivky: T – teplota, MN – motorová nafta (čistá), Jx - směs MN a x % oleje Jatropa.

Z tabulky 1 je patrné, že olej jatropa má oproti motorové naftě velmi vysokou hustotu a vysoký bod vzplanutí. Ostatní parametry jsou

(cetanové číslo, hustota, výhřevnost) jsou srovnatelné. Na závadu je vysoké číslo zmýdelnění.



Obr. 1: Závislost dynamické viskozity na teplotě paliva

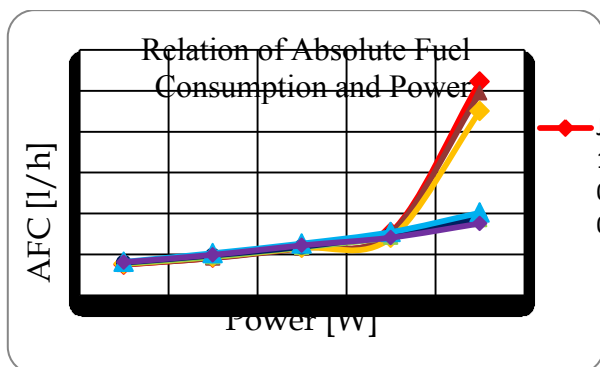
Viskozita oleje jatropa s rostoucí teplotou prudce klesá (oproti motorové naftě) – obr. 1. Koncentrace oleje v motorové naftě do 20% vykazují poměrně příznivý průběh viskozity. Při nízkých teplotách je, díky vysoké viskozitě olej ze semen jatropa bez úpravy nevhodný pro palivové systémy naftových motorů. Použití při koncentracích 50% a 80% oleje v motorové naftě lze použít jen při zvýšených teplotách.

3. Měření na motorgenerátoru

K ověření možnosti spalování v podstatě surového oleje ze semen Jatropa ve směsi s motorovou naftou byl použit naftový motorgenerátor typu HDY 2500L o maximálním elektrickém výkonu 2 kVA, trvalý výkon 1,7 kVA, 230 V. Naftový motor je jednoválcový, čtyřdobý, vzduchem chlazený o objemu 211 ccm a výkonu 3,1 kW (4,2 PS) při 3 200 ot.min⁻¹.

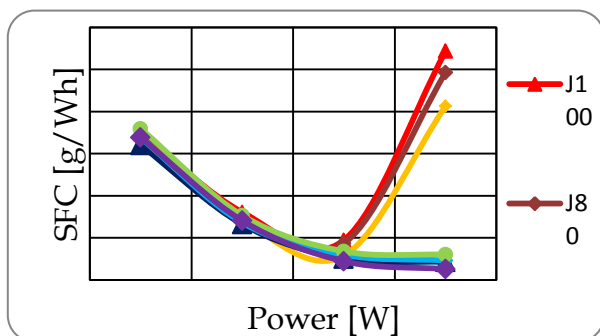
Generátor byl zatěžován odporovou zátěží. Startoval se pomocí motorové nafty, po zahřátí spaloval směs nafty a Jatropa oleje, případně čistého oleje. Po ukončení zkoušky byla spalována motorová nafta a po té byl motor zastaven. Měření bylo provedeno při konstantních otáčkách.

Měřena byla absolutní spotřeba paliva (AFC – absolute fuel consumption) a měrná spotřeba paliva (SFC – specific fuel consumption) – viz obr. 2 a 3. Palivo bylo z důvodu snížení viskozity přehříváno na 60 °C.



Obr. 2 Závislost absolutní spotřeby paliva na výkonu motoru pro různé druhy paliv

Z průběhu absolutní spotřeby paliva při vyšším výkonu je patrné, že při vyšších koncentracích oleje Jatropha (nad 20%) prudce stoupá spotřeba.



Obr. 3 Závislost měrné spotřeby paliva na výkonu motoru pro různé druhy paliv

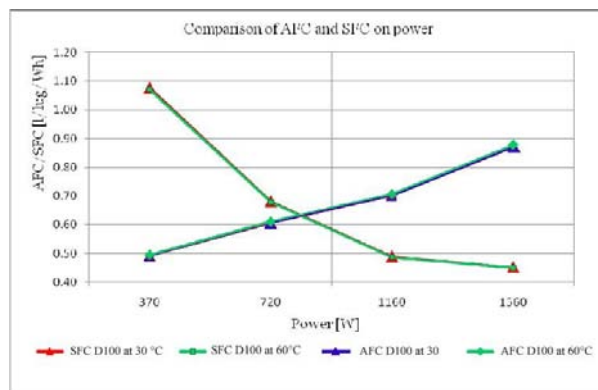
Obdobný průběh má i měrná spotřeba, kde nárůst spotřeby je zvláště výrazný, při koncentracích do 20% měrná spotřeba stále klesá.

Důvodem může být jednak nižší výhřevnost oleje Jatropha oproti motorové naftě a jednak podstatným růstem viskozity paliva (viz obr. 1) kdy pravděpodobně dochází k podstatně horšímu rozprášení paliva. Tento jev se neodstraní ani zahřátím paliva. Vliv má i skutečnost, že motor nebyl nijak upraven.

Pro zjištění vlivu teploty paliva na absolutní a měrnou spotřebu byly tyto spotřeby porovnány pro motorovou naftu při teplotě 30 °C a 60 °C.

Z obr. 4 vyplývá, že u motorové nafty nemá teplota paliva na měrnou a absolutní spotřebu téměř žádný vliv. Zahřátím směsi motorové nafty a Jatropha oleje při koncentracích 5%, 10% a 20% oleje na 60 °C se viskozita blížila

viskozitě motorové nafty, u vyšších koncentrací nebylo snížení viskozity významné, což ovlivnilo spotřebu paliva (obr. 2 a 3).



Obr. 4 - Závislost měrné a absolutní spotřeby motorové nafty na výkonu při teplotě paliva 30 °C a 60 °C.

4. Měření na traktoru

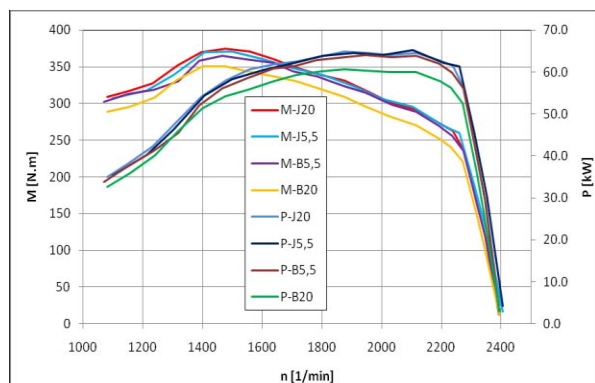
Po ověření možnosti spalovat v neupraveném naftovém motoru směs surového oleje Jatropha s motorovou naftou (i 100% surového oleje), byly provedeny zkoušky na traktorovém motoru, respektive traktoru Zetor Forterra 8641. K měření byl použit válcový dynamometr AW NEB 400. Mimo měření výkonu a spotřeby byly měřeny i emise.

Vzhledem k malému množství oleje Jatropha, které jsme měli k dispozici bylo měření provedeno pro koncentrace 5,5 oleje a 94,5% čisté motorové nafty (bez příměsí FAME) a 20% oleje a 80% motorové nafty. Výsledky byly porovnány s palivem směsi motorové nafty a FAME (ve stejných koncentracích).

Na obr. 5 je porovnán průběh výkonu (P) a točivého momentu (M) pro různé koncentrace oleje Jatropha v motorové naftě a pro motorovou naftu s příměsí FAME.

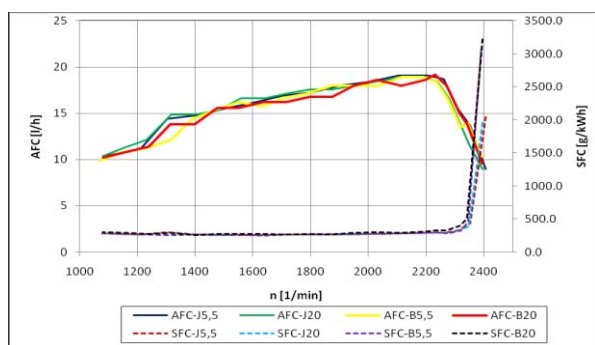
Průběh točivého momentu s příměsí oleje Jatropha (J5,5 a J20) je v používaném rozsahu otáček mírně příznivější než při spalování směsi motorové nafty a FAME (B5,5 a B20).

Obdobný průběh měl i výkon. Opět se ukázalo, že J5,5 vykazovala nejvyšší výkon, nejnižší výkon naopak motor podával se směsí B20. Rozdíl je patrně ve výhřevnosti směsi.



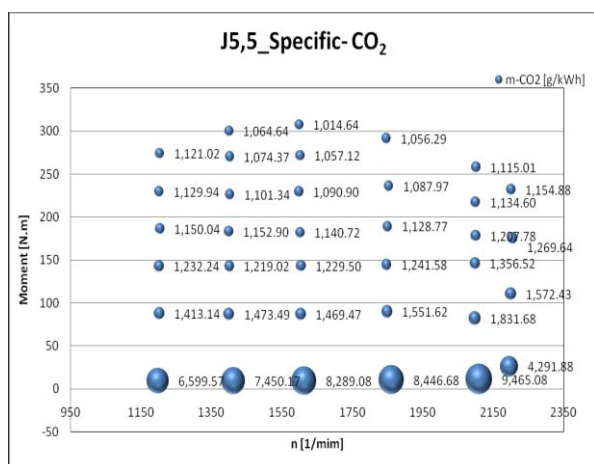
Obr. 5 Závislost výkonu a točivého momentu naftového motoru traktoru Zetor Forterra 8641 při spalování různých druhů paliv

Rovněž spotřeba paliva byla u všech druhů paliv srovnatelná (obr. 6).



Obr. 6 Měrná a absolutní spotřeba paliva při spalování J5,5, J20, B5,5 a B20

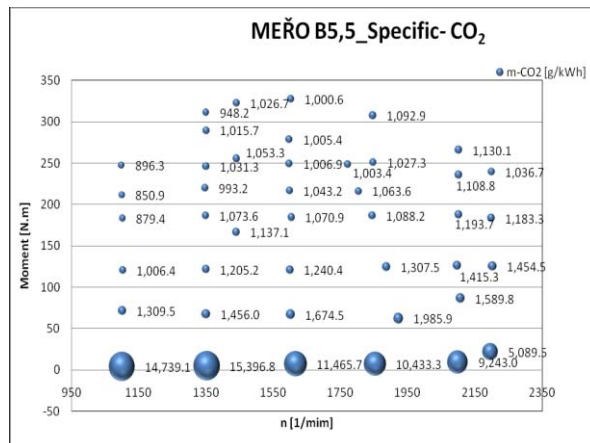
Měřeny byly rovněž emise. Na následujících obr. 7 a 8 je ukázka emisní mapy CO₂ při spalování J5,5 a B5,5.



Obr. 7 Emisní mapa CO₂ při spalování J5,5

Z emisních map vyplývá, že emise CO₂ jsou při spalování J5,5 nižší než při spalování B5,5. Obdobné výsledky byly dosaženy i u J20 a

B20 a to nejen u CO₂ ale i u dalších škodlivin (NO, CH, O₂, opacita). Celkové emise byly při spalování směsi motorové nafty s olejem Jatropha výrazně nižší, než při spalování směsi nafty a FAME.



Obr. 8 Emisní mapa CO₂ při spalování J5,5

5. Závěr

Provedená měření prokázala možnost spalování směsi surového oleje z rostliny Jatropha curcas s motorovou naftou v koncentracích do 20% oleje bez nutnosti úpravy motoru. Při vyšších koncentracích se doporučuje motor upravit.

V podmínkách Namibie je možné zahájit používání motorů bez úpravy při nízkých koncentracích oleje z rostliny Jatropha. Pro úspěšné rozšíření je nutné zajistit dostatek lisovacích kapacit a síť výkupu semen.

V další fázi se předpokládá návrh jednoduchých úprav motorů (palivových soustav) tak, aby mohly být užívány i vyšší koncentrace (do 40% až 50%).

6. Literatura

- [1] LÁBAJ, J., KAPJOR, A., PAPUČÍK, Š.: *Alternatívne palivá pro energetiku a dopravu*. Žilina, GEORG Žilina, 2010
- [2] SHALIMBA V.: *Spalování směsi motorové nafty a oleje Jatropha ve spalovacích motorech*. Ústí n. L., Diplomová práce, FVTM UJEP v Ústí n. L., 2011
- [3] SHALIMBA V.: *Test and analysis of preheated jatropha oil blend with petro-diesel*. Připraveno k vydání v Jihoafrické republice