

PREVÁDZKOVÉ PARAMETRE VZNETOVÉHO MOTORA S VYBRANÝM ALTERNATÍVNÝM PALIVOM OPERATING PARAMETERS OF DIESEL ENGINE WITH SPECIFIC ALTERNATIVE FUEL

LUCIA PÁLENKÁŠOVÁ – LUCIA VALOVIČOVÁ –
JURAJ JABLONICKÝ

Abstract

In this paper comparison of operation properties of the tractor diesel engine type Z - 8002 with diesel fuel and new sample of biodiesel are presented. The diesel engine mentioned above was tested by using of prony brake dynamometer type VD 110. During experimental test torque, speed, fuel consumption and smoke were measured. It was obtained that rated power of the tested engine with biodiesel is about 15 percent lower than with diesel fuel and specific fuel consumption with biodiesel is about 15 percent higher as compared with diesel fuel. On the other hand the maximum value of the smoke expressed by the coefficient k with the diesel fuel was 1,62 whereas with the biodiesel this value is 1,05. The values of smoke mentioned above were measurement under stationary load of the engine.

Key words: internal combustion engine, biodiesel, power, torque, smoke

Úvod

V dôsledku intenzívneho rastu produkcie poľnohospodárskej výroby a nadprodukcie potravín vlády hospodársky a technicky vyspelých krajín začali podporovať poľnohospodárov v prechode na pestovanie olejnatých plodín vhodných na výrobu tzv. bionafty. Význam bionafty je predovšetkým v tom, že takmer každý naftový motor je v princípe schopný spaľovať bionaftu. Keď zoberieme do úvahy skutočnosť, že až 90 % prepravy tovarov a osôb sa v súčasnosti vykonáva dopravnými prostriedkami spaľujúcimi naftu (nákladné automobily, autobusy, lokomotívy, lode, traktory), predstavuje to obrovský potenciál. Okrem toho existuje tiež veľký počet osobných motorových vozidiel vybavených naftovými motormi, ktoré by tiež mohli na pohon využívať bionaftu. V krajinách Európskej únie sa ich počet pohybuje v rozsahu 15 až 40 %. Použitie čistého rastlinného oleja v naftových motoroch však prináša určité ťažkosti, preto sa tento olej upravuje esterifikáciou na metylester u nás označovaný ako MERO (metylester repkového oleja), v zahraničí sa používa termín RME (rape seed metylester). Pod pojmom bionafta sa rozumie čistý rastlinný olej alebo MERO, pričom z energetického hľadiska je bionafta rovnocenná klasickej motorovej naftu. Na výrobu bionafty sa u nás ako vstupná surovina najčastejšie používa repkový olej. Z hľadiska možného širšieho využitia bionafty je veľmi dôležitá aj otázka energetickej bilancie pri jej výrobe. Energetická bilancia vyjadruje pomer množstva vloženej energie do výroby a získanej energie.

Bc. Lucia Pálenkášová, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Technická fakulta, Katedra dopravy a manipulácie.

Bc. Lucia Valovičová, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Technická fakulta, Katedra dopravy a manipulácie.

Ing. Juraj Jablonický, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Technická fakulta, Katedra dopravy a manipulácie. e-mail:juraj.jablonicky@uniag.sk, tel.:091018607

V r. 1992 bol predložený ešte vtedajšej vláde ČSFR tzv. Oleoprogram s tým, že v rámci prerozdelenia kompetencií sa uskutoční jeho realizácia na republikových úrovniach. Tento projekt mal za cieľ zaviesť využívanie repky olejnej na výrobu alternatívneho paliva pre vznetrové motory a biologicky odbúrateľných masťov (na prípravu metylesteru z repkového oleja – MERO sa zaviedla technológia spôsobom preesterifikácie rastlinného oleja metanolom).

Projekt vychádzal z predpokladu, že 10 až 12 % ornej pôdy možno použiť na pestovanie repky olejnej, z ktorej značná časť sa môže použiť na výrobu metylesteru repkového oleja a následne na výrobu ekologického paliva. Na základe tohto programu došlo na Slovensku k vybudovaniu sedem malokapacitných výrobní, ktorých ročná spracovateľská kapacita predstavuje 100 980 ton. Treba poznamenať, že nie všetky tieto výrobné majú postačujúcu lisovaciu kapacitu a túto bude potrebné dobudovať. Ďalej možno uviesť existujúce dve výrobné kapacity na bioetanol charakterizované údajom 7 600 ton/rok.

Materiál a metódy

Za účelom zistenia prevádzkových parametrov vznetrových motorov boli vykonané laboratórne merania so štandardnou motorovou naftou NM – 4 a metylesterom. Laboratórne merania boli vykonané za účelom zistenia vonkajšej otáčkovej charakteristiky motora s vyššie uvedenými palivami. Jednotlivé objekty skúšok a použité meracie prístroje a zariadenia ako aj samotný postup experimentálnych meraní je uvedený v nasledovnej časti predloženého príspevku.

Popis použitých meracích a skúšobných zariadení a metodický postup experimentálneho merania

Pri meraní vonkajšej otáčkovej charakteristiky bol traktorový motor zaťažovaný prostredníctvom dynamometra VD 110/6, ktorého technické údaje sú nasledovné:

Výrobca: MEZ Vsetín

Maximálny brzdový výkon: 110 kW

Rozsah otáčok: 300 až 6 000 min⁻¹

Krútiaci moment: 477,8 Nm pri 2200 min⁻¹

Skúšky boli vykonané na preplňovanom vznetrovom motore Z – 8002, ktorého technické údaje sú nasledovné:

Typ motora: Z – 8002 turbo

Výrobca: ZŤS a.s. Martin

Poloha a usporiadanie valcov: stojatý, radový

Pracovný cyklus: štvortaktný, preplňovaný

Druh vstreku: priamy

Druh spaľovacieho priestoru: toroidný v pieste

Počet valcov: 4

Objem valcov: 4,562 dm³

Vrtanie/zdvih: 110mm/120mm

Výkon pri menovitých otáčkach: 70,5 ± 5% kW

Max. krútiaci moment pri otáčkach 1650 min⁻¹: 343 Nm

Menovité otáčky: 2200 min⁻¹

Max. prebehové otáčky: 2450 min⁻¹

Vstrekovacie čerpadlo: PP 4M85K₁d 2480

Turbodúchadlo: HOLSET 3LD – 12

V priebehu experimentálnych meraní sme merali nasledovné parametre:

- krútiaci moment motora M_k

- otáčky motora n
- spotrebu paliva V_p

Na základe nameraných parametrov sme ďalej vypočítali nasledovné parametre:

- výkon motora P_e
- hodinová spotreba paliva M_p
- merná spotreba paliva m_{pe}



Obr. 1 Pohľad na snímač krútiaceho momentu T12



Obr. 2 Spaľovací motor Z – 8002 na ktorom boli realizované merania



Obr. 3. Súprava na meranie dymenia Maha MDO 2 LON

Výsledky a diskusia

Dosiahnuté výsledky z porovnávacích meraní sú prezentované v číselnej forme v tab. 1 až 4 a graficky znázornené na obr. 4 až 6.

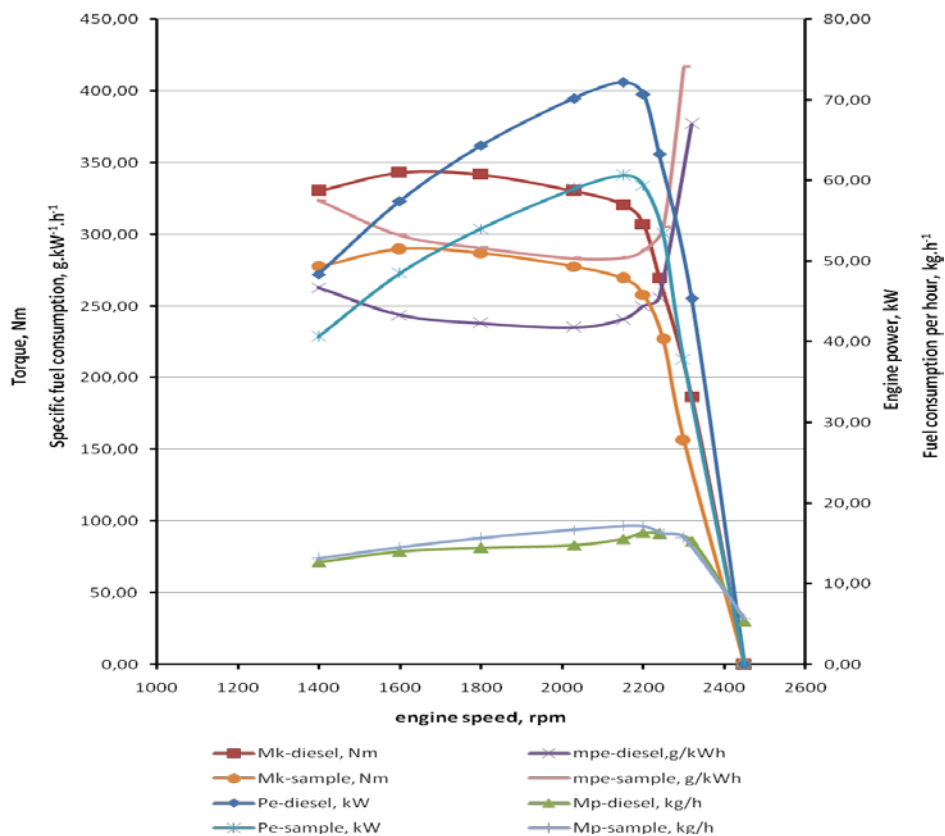
Tab. 1 Namerané hodnoty pre motor Z-8002 – motorová nafta NM 4

Č.m.	n , min^{-1}	M_k , Nm	P_e , kW	M_p , $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	m_{pe} , $\text{g}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
1.	2450	0,00	0,00	5,35	-
2.	2320	186,78	45,36	15,31	377,00
3.	2240	269,80	63,26	16,24	256,00
4.	2200	307,03	70,70	16,24	250,00
5.	2150	320,80	72,19	15,29	240,80
6.	2030	330,40	70,20	13,70	235,00
7.	1800	341,60	64,36	13,72	238,00
8.	1600	343,00	58,50	14,48	247,57
9.	1400	330,21	48,39	13,06	269,89

Tab. 2 Namerané hodnoty pre metylester

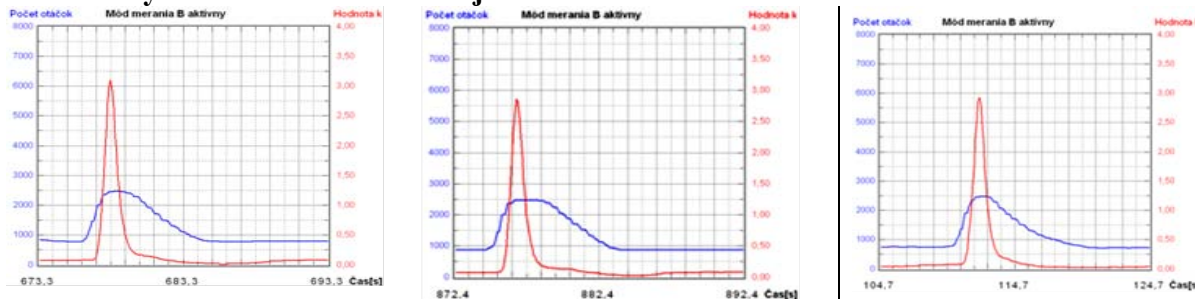
Č.m.	n , min^{-1}	M_k , Nm	P_e , kW	M_p , $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	m_{pe} , $\text{g}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
1.	2450	0,00	0,00	5,73	-
2.	2300	156,90	37,77	15,73	416,57
3.	2250	226,80	53,41	16,28	304,80
4.	2200	257,88	59,38	16,50	288,98
5.	2150	269,40	60,62	17,20	283,78
6.	2030	277,50	58,96	16,70	283,28
7.	1800	286,90	54,05	15,71	290,61
8.	1600	288,00	49,12	14,52	299,29
9.	1400	277,40	40,65	13,16	323,65

Engine speed characteristics



Obr. 4 Vonkajšia otáčková charakteristika – motor Z 8002

Meranie dymivosti metódou voľnej akcelerácie – motorová nafta NM 4

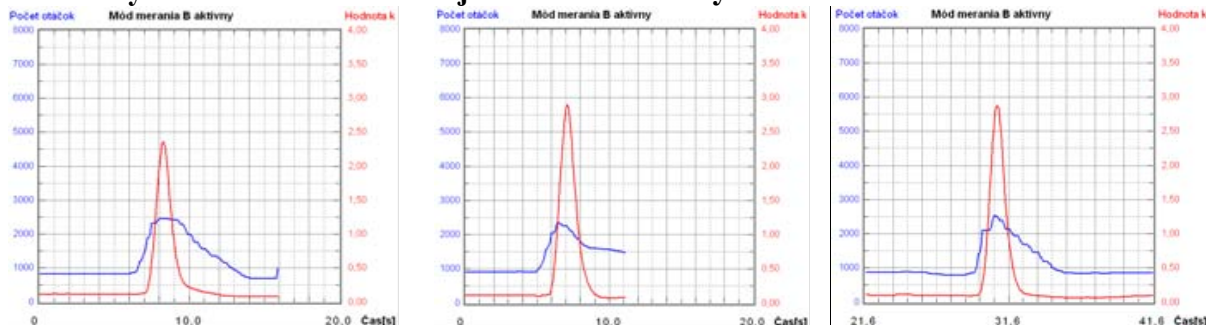


Obr. 5 Priebehy dymivosti získané prostredníctvom merania metódou voľnej akcelerácie pre motorovú naftu

Tab. 3 Hodnoty dymivosti motora Z – 8002 pri meraní metódou voľnej akcelerácie- motorová nafta NM4

Č. merania	Otáčky voľnobehu, min ⁻¹	Maximálne otáčky, min ⁻¹	Dymivosť, m ⁻¹
1	810	2450	3,09
2	820	2450	2,85
3	800	2450	2,92
Priemerná hodnota dymivosti			2,95
Rozptyl hodnôt dymivosti			0,24

Meranie dymivosti metódou voľnej akcelerácie – metylester



Obr. 6 Priebehy dymivosti získané prostredníctvom merania metódou voľnej akcelerácie pre metylester

Tab. 4 Hodnoty dymivosti motora Z – 8002 pri meraní metódou voľnej akcelerácie – metylester

Č. merania	Otáčky voľnobehu, min ⁻¹	Maximálne otáčky, min ⁻¹	Dymivosť, m ⁻¹
1	810	2450	2,39
2	820	2450	2,89
3	810	2450	2,87
Priemerná hodnota dymivosti			2,70
Rozptyl hodnôt dymivosti			0,50

Výpočet priemernej hodnoty:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i, \text{ m}^{-1} \quad (1)$$

kde: N – rozsah súboru, ks

i – označenie jednotky súboru (i = 1, 2, ..., N),

x_i – hodnota premennej X i-tej jednotky, m⁻¹.

Výpočet rozsahu hodnôt dymivosti:

$$V_R = x_{\max} - x_{\min}, \text{ m}^{-1} \quad (2)$$

kde: x_{max} – maximálna hodnota dymivosti v súbore, m⁻¹

x_{min} – minimálna hodnota dymivosti v súbore, m⁻¹

Za účelom zhodnotenia prevádzkových vlastností vznetového motora pri použití paliva metylester je treba navzájom porovnať číselné ukazovatele dosiahnuté so štandardnou motorovou naftou NM - 4, ktoré sú v číselnej forme prezentované v tab. 1 a tie isté ukazovatele dosiahnuté s palivom metylester, ktoré sú uvedené v tab. 2. Pre názornosť sú tieto číselné údaje graficky znázornené na obr. 4. Na obr. 4 je graficky znázornená vonkajšia otáčková charakteristika pre obidva druhy porovnávaných palív, pričom sú v závislosti na otáčkach motora graficky znázornené nasledovné ukazovatele:

- efektívny výkon motora P_e, kW,
- krútiaci moment motora, M_k, Nm,
- merná spotreba paliva m_{pe}, g. kW⁻¹.h⁻¹,

Najdôležitejším ukazovateľom z prevádzkového hľadiska je efektívny výkon motora P_e (kW) a jemu zodpovedajúca merná spotreba paliva m_{pe} ($\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) ako rozhodujúci ekonomický ukazovateľ pre prevádzku motora.

Tieto ukazovatele resp. ich číselné hodnoty sú zvlášť dôležité pri menovitom režime motora, ktorý je charakterizovaný menovitými otáčkami 2200 min^{-1} , pričom týmto otáčkam zodpovedá maximálny výkon motora, ktorý je v technickej dokumentácii označovaný ako menovitý výkon.

Zo vzájomného porovnania experimentálne nameraných výsledkov vyplýva, že pri použití motorovej nafty motor dosahuje pri menovitých otáčkach 2200 min^{-1} výkon $70,7 \text{ kW}$ čomu zodpovedá merná spotreba paliva $250 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, čo je napokon zrejmé z údajov prezentovaných v tab. 1.

Čo sa týka paliva metylester motor pri menovitých otáčkach 2200 min^{-1} dosahuje efektívny výkon $59,38 \text{ kW}$ pri mernej spotrebe paliva $288,98 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

Z uvedeného vyplýva, že pri použití metylesteru sa pri menovitom režime výkon motora znižuje cca o 10 kW čo predstavuje približne 15% . Avšak na druhej strane pri použití metylesteru sa zvyšuje merná spotreba paliva z pôvodných $250 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ na hodnotu $288,98 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, čo znamená zvýšenie o $38,98 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, čo v percentuálnom vyjadrení znamená zvýšenie zhruba o $15,6\%$.

Teda na základe dosiahnutých výsledkov, ktoré sú prezentované v predloženej príspevku jednoznačne vyplýva, že pri použití paliva metylester zníženie menovitého výkonu motora o 15% zodpovedá súčasnému zvýšeniu mernej spotreby paliva približne o $15,6\%$, takže existuje vzájomná zhoda medzi znížením výkonu a zvýšením spotreby paliva.

Táto skutočnosť je podmienená do značnej miery zníženou výhrevnosťou metylesteru v porovnaní s výhrevnosťou motorovej nafty. Samozrejme, že pri vzájomnom porovnaní vyššie uvedených číselných údajov čo sa týka motorovej nafty a metylesteru je potrebné v plnom rozsahu zohľadňovať aj hustotu uvedených druhov palív, keďže táto je u použitej motorovej nafty $\text{NM} 4$ $0,82 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ zatiaľ čo u metylesteru táto hodnota predstavuje $0,88 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. To znamená zvýšenie hustoty u metylesteru o $0,06 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oproti motorovej nafti, čo v percentuálnom vyjadrení predstavuje približne 7% . Túto skutočnosť treba v plnom rozsahu zohľadňovať pri vzájomnom porovnávaní dosiahnutých výsledkov pri použití metylesteru ako paliva pre vznetrové motory.

Podľa smernice 96/96/ES a platnej legislatívy v SR ako aj podľa zistení získaných počas experimentu je nutné aby počas merania voľnou akceleráciou po nakondicionovaní motora nedošlo pri meraní k neprimeranému rozptylu hodnoty dymivosti, pričom maximálna dovolená hodnota rozptylu dymivosti je $0,5 \text{ m}^{-1}$.

Záver

Na základe dosiahnutých výsledkov a ich zhodnotenia ako aj ďalších významných skutočností, ktoré boli zistené pri laboratórnych a prevádzkových experimentálnych meraniach možno v závere príspevku uviesť niekoľko ďalších zaujímavých a veľmi významných skutočností, ktoré sú podnetom pre ďalší výskum v oblasti používania metylesteru ako paliva pre vznetrové motory.

V prvom rade je treba zvlášť zvýrazniť tú skutočnosť, že pri použití štandardnej motorovej nafty aj pri znečistených palivových filtroch nedochádza prakticky k badateľnému zníženiu výkonu motora. Avšak, úplne odlišná situácia nastáva pri použití metylesteru, keď pri tých istých filtroch môže dôjsť k zníženiu výkonu až o 60% . Vyššie uvedenú skutočnosť však bude potrebné v budúcnosti dôsledne overiť a to aj s ohľadom na jednotlivé druhy a typy palivových filtrov v súčasnosti používaných pre vznetrové motory. V tejto súvislosti bude treba zamerať pozornosť aj na sledovanie prietochnej schopnosti palivových filtrov pri rôznom stup-

ni ich znečistenia a v prípade potreby upresniť intervaly ich výmeny po zohľadnení súčasne platných zásad technickej údržby.

Taktiež, v každom prípade bude potrebné zistiť prietoknú schopnosť palivových filtrov v závislosti na teplote metylesteru vzhľadom na teplotu okolia. Okrem toho bude ďalej potrebné experimentálne overiť dopravnú charakteristiku vstrekovacieho čerpadla v závislosti na teplote metylesteru a vôbec vplyv metylesteru na prietoknú schopnosť palivových filtrov pri dlhodobom používaní metylesteru ako paliva pre vznetrové motory v bežných prevádzkových podmienkach.

Celkom na záver príspevku považujeme za dôležité uviesť, že dosiahnuté výsledky prezentované v tomto príspevku sú podnetom k tomu, aby v budúcnosti bola použitím metylesteru pre vznetrové motory venovaná náležitá pozornosť, pretože jedine experimentálnym meraním v laboratórnych a prevádzkových podmienkach možno zistiť do akej miery metylester možno trvale používať bez toho, aby nedochádzalo k zhoršeniu prevádzkových parametrov motora a to aj v súvislosti s jeho prevádzkovou spoľahlivosťou a životnosťou, v priamej nadväznosti na náklady súvisiace so zabezpečením prevádzkyschopnosti a teda aj bezporuchovosti vznetrového motora.

Literatúra

1. JABLONICKÝ, Juraj - MÜLLEROVÁ, Daniela - ŽIKLA, Anton - BOHÁT, Martin: Operation properties of tractor diesel engine with diesel fuel and new sample of bio-diesel. In Traktori i pogonske mašine. - Novi Sad : Jugoslovensko društvo za pogonske mašine, tractore i održavanje. ISSN 0354-9496, 2009, Vol. 14, No. 1, p. 7-14.
2. MÜLLEROVÁ, Daniela - BOHÁT, Martin - ŽIKLA, Anton - TKÁČ, Zdenko. Možnosti využitia bionafty v poľnohospodárstve Slovenskej republiky na základe prevádzkových vlastností motora. In Medzinárodná študentská vedecká konferencia : mnohoautorské CD, Nitra, 21.4.-22.4.2008 [elektronický zdroj]. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2008. ISBN 978-80-552-0042-2, s. 132-138. Požiadavky na systém: Windows 95 a vyššie; CD- ROM mechanika.
3. Návrh implementácie smernice 2003/30/ES o podpore využívania biopalív v doprave v podmienkach SR.
4. ŽIKLA, Anton - DRABANT, Štefan - TKÁČ, Zdenko - ABRAHÁM, Rudolf. Skúsenosti a možnosti využitia bionafty v poľnohospodárstve. In Traktori i pogonske mašine. - Novi Sad : Jugoslovensko društvo za pogonske mašine, tractore i održavanje. ISSN 0354-9496, 2005, Vol. 10, No. 3, p. 26-32.
5. ŽIKLA, Anton - DRABANT, Štefan - TKÁČ, Zdenko - GURINA, Marian. Alternatívne palivá na Slovensku. In Traktori i pogonske mašine. - Novi Sad : Jugoslovensko društvo za pogonske mašine, tractore i održavanje, 1996-. ISSN 0354-9496, 2006, vol. 11, no. 2, p. 25-29.
6. ŽIKLA, Anton - JABLONICKÝ, Juraj. Možnosti využitia bionafty. In XXXVII. mezinárodní konference kateder a pracovišť spalovacích motorů českých a slovenských vysokých škol : sborník abstraktů - KOKA 2006. - Praha : Česká zemědělská univerzita, 2006. ISBN 80-213-1510-5, nestr.. Požiadavky na systém: Windows 95 a vyššie; CD-ROM mechanika.

Súhrn

V predložennom príspevku sú prezentované výsledky prevádzkových parametrov vznetrového motora Z-8002 s naftou a novou vzorkovou biopaliva. Vznetrový spaľovací motor bol zaťažovaný prostredníctvom dynamometra s typovým označením VD 110/6. Počas experimentu boli merané nasledovné veličiny: krútiaci moment, otáčky, spotreba paliva a dymenie. Počas merania bolo zistené, že nominálny výkon testovaného motora s metylesterom bol o 15 % nižší ako pri štandardnej motorovej nafta a merná spotreba paliva bola o 15 % vyššia v porovnaní s motorovou naftou. Na druhej strane maximálna hodnota dymenia vyjadrená koeficientom k s motorovou naftou bola 1,62, zatiaľ čo s bionaftou dosahovalo dymenie hodnotu 1,05. Hodnoty dymenia, ktoré sú uvedené vyššie, boli merané pri ustálenom režime spaľovacieho motora.

Kľúčové slová: spaľovací motor, bionafta, výkon, krútiaci moment, dymenie

*Príspevok bol realizovaný v rámci grantového projektu VEGA MŠ SR č. 1/0214/08
“Vplyv alternatívnych palív získaných z poľnohospodárskych produktov na parametre spaľovacieho motora a životné prostredie“.*