

Piotr ORLIŃSKI¹
Stanisław ORLIŃSKI²

WPŁYW ZASILANIA SILNIKA ROLNICZEGO MIESZANINĄ OLEJU NAPĘDOWEGO Z BIOBUTANOLEM NA JEGO EFEKTYWNE WSKAŹNIKI PRACY

W referacie przedstawiono wyniki badań oraz ich analizę w aspekcie pomiaru efektywnych wskaźników pracy silnika o zapłonie samoczynnym typu PERKINS 1104C-44. Silnik zasilany był mieszaniną paliwa węglowodorowego z biobutanołem oraz porównawczo węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym. W artykule pokazano wpływ wyżej wymienionych paliw na efektywne wskaźniki pracy silnika.

INFLUENCE OF FEEDING OF THE AGRICULTURAL ENGINE WITH THE MIXTURE OF STANDAR DIESEL FUEL WITH BIOBUTANOL TO ITS EFFECTIVE SIGNS OF THE WORK

In the paper research findings and their analysis were introduced in the aspect of the measurement of effective signs to the work of an engine about the self-ignition of the type 1104C-44 Perkins. The powered engine was a mixture of hydrocarbon fuel with biobutanol and comparatively with hydrocarbon, low-sulphuric diesel. In the article an influence of mentioned above fuels on effective signs was shown the work of an engine.

1. WSTĘP

Dynamiczny wzrost użycia silników o ZS (zapłonie samoczynnym) w tym rolniczych pociąga za sobą wiele skutków ujemnych, w tym zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Konstruktorzy silników o ZS dążą, więc do tego, aby były one coraz mniej szkodliwe dla środowiska poprzez zmniejszanie ich hałaśliwości i zminimalizowanie toksyczności spalin. Coraz większa liczba eksploatowanych silników o ZS wymusza badania i później dostarczania na rynek coraz większej ilości nowoczesnych paliw, które mają wpływ na wskaźniki pracy silników: energetyczne, ekonomiczne, a głównie ekologiczne [4].

Celem zastosowania ciekłych paliw alternatywnych do zasilania silników o ZS jest zapewnienie własnej dla danego kraju możliwie największej bazy paliwowej. Jedną z dróg służących do rozwiązania tego problemu jest wykorzystanie paliw ekologicznych:

¹ Politechnika Warszawska, Wydział SiMR, Instytut Pojazdów, p.orlinski@simr.pw.edu.pl.

² Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, e-mail: walorl@wp.pl

niskosiarkowych olejów napędowych, olejów roślinnych i ich estrów oraz ich mieszanin z alkoholami w tym także z biobutanołem [1].

W krajach UE w tym również w Polsce istnieją regulacje prawne, które stanowią o tym ile biokomponentu ma być stosowane (dodawane do oleju napędowego - ON) [3, 4]. W Polsce istnieje rządowy program o nazwie Narodowy Cel Wskaźnikowy (NCW), który ma na celu systematycznie zwiększanie ilości stosowanego biokomponentu do ON.

Nakazuje on wszystkim dystrybutorom paliwa w Polsce takim jak np. krajowe Koncerny Naftowe [6]: Orlen i Lotos wprowadzanie coraz to większej ilości biokomponentu w kolejnych latach. NCW zaczął obowiązywać od roku 2008 kiedy to dystrybutorzy byli zobowiązani wprowadzić na rynek 3,45% wartości energetycznej biokomponentu, w 2009 wynosił on 4,60% a do 2013 ma wynosić 7,10%.

Docelowo wszystkie kraje UE mają w 2020 roku osiągnąć poziom 10%.

Wymagania dotyczące paliw do silników o ZS można podzielić cztery kategorie [3, 4]:

1. zapewnienie prawidłowego działania układu zasilania,
2. prawidłowe rozpylenie, odparowanie i spalanie w silniku,
3. wpływu na środowisko naturalne,
4. trudności w magazynowaniu i transporcie.

Ekologiczne paliwa naturalne, roślinne i ich mieszaniny z biobutanołem charakteryzują się innymi właściwościami fizykochemicznymi w stosunku do paliw węglowodorowych. Powodują one występowanie różnic w procesie tłoczenia oraz rozpylania paliwa, a także procesie ich spalania w przestrzeni nadłokowej silnika o zapłonie samoczynnym (ZS) [5, 7].

2. CEL BADAŃ

Zamierzeniem autorów było przeprowadzenie i analiza badań eksperymentalnych dotyczących wybranych problemów związanych z zastosowaniem paliw pochodzenia naturalnego oraz ich mieszanin z biobutanołem do zasilania silników o zapłonie samoczynnym, bez dokonywania kosztownych modernizacji konstrukcyjnych oraz bez zmian regulacyjnych badanego silnika.

Badania eksperymentalne dotyczyły oceny wpływu zasilania silnika PERKINS 1104C-44 pracującego w ustalonych warunkach zewnętrznej charakterystyki prędkościowej w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego silnika od 1000 do 2200 obr/min, na wskaźniki efektywne tj.: moment obrotowy (M_o , Nm), moc efektywną (N_e , kW) oraz ciśnienie efektywne (p_e , MPa).

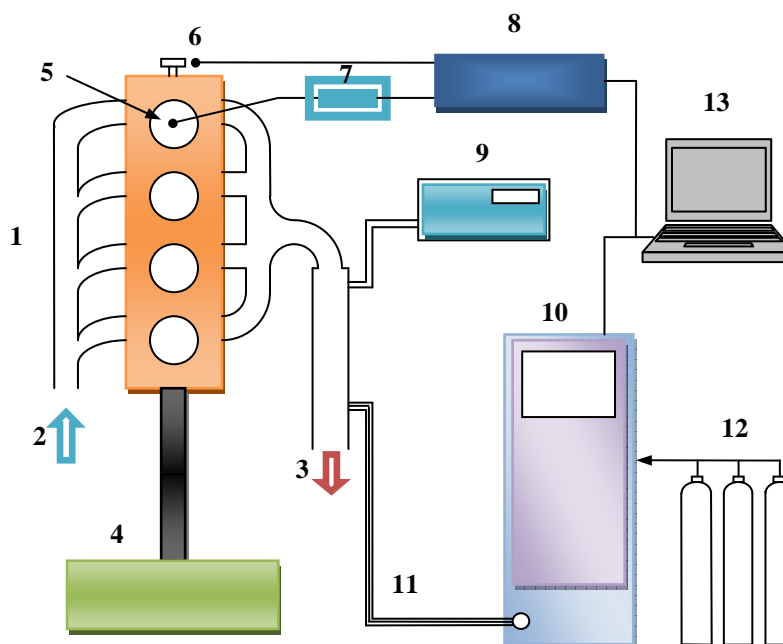
Silnik PERKINS-1104C-44 był zasilany niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL ULTRA B (ON-100%) oraz trzema mieszaninami: MBT-1 (90% ON + 10% biobutanolu), MBT-2 (80% ON + 20% biobutanolu) i MBT-3 (70% ON + 30% biobutanolu).

3. STANOWISKO BADAWCZE ORAZ PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE PALIW ZASILAJĄCYCH SILNIK

Badania przeprowadzono na typowym stanowisku hamownianym wyposażonym w silnik o zapłonie samoczynnym typu PERKINS 1104C-44 z wtryskiem bezpośrednim

paliwa. Stanowisko wyposażone było w system pomiarowy umożliwiający pomiar parametrów i ciśnień szybkozmiennych.

Biobutanol jako dodatek do paliwa węglowodorowego wykorzystano ze względu na jego dostępność na rynku oraz z uwzględnieniem, że mieszanki oleju napędowego z etanolem posiadają różne właściwości fizykochemiczne tj. gęstość, lepkość i napięcie powierzchniowe [3]. Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy stanowiska badawczego. Wybrane dane techniczne silnika Perkins 1104C-44 (EU Stage II G) przedstawiono w tabeli 1 zaś w tabeli 2 typ wtryskiwacza oraz jego wybrane parametry [2].



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego [2]: 1 – silnik PERKINS 1104-C44; 2 – wlot powietrza; 3 – wylot spalin; 4 – hamulec elektrowirowy SCHENCK W450; 5 – piezoelektryczny czujnik ciśnienia AVL; 6 – rejestrator kąta obrotu wału korbowego; 7 – wzmacniacz sygnału; 8 – system indykowania AVL IndiSmart; 9 – analizator stężeń cząstek stałych AVL 415; 10 – analizator spalin AVL CEB II; 11 – droga grzana; 12 – zestaw gazów wzorcowych; 13 – komputer PC

Tabela 1. Wybrane dane techniczne silnika Perkins 1104C-44 (EU Stage II G) [2]

Liczba cylindrów	4
Pojemność skokowa	4400, cm ³
Maksymalna moc	60, kW przy 2200, obr./min.
Maksymalny moment obrotowy	294, Nm przy 1400, obr./min.
Stopień sprężania	19,3
Prędkość biegu jałowego	750 ± 50, obr/min
Kąt dynamicznego początku tłoczenia paliwa	15 °OWK

Tabela 2. Typ wtryskiwacza oraz jego parametry [2]

Wtryskiwacz: rodzaj	Delphi z rozpylaczem 5-cio otworkowym o średnicach 0,25 mm
Typ wtryskiwacza/ ciśnienie wtrysku	Delphi 2645K016/ 29±0,5 MPa

4. OPIS METODY BADAŃ

Podczas sporządzania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika w przedziale od 1000 do 2200 obr/min, rejestrowano, co 200 obr/min: obciążenie i zużycie paliwa. Wskazania momentu obrotowego (M_o), mocy efektywnej (N_e), ciśnienia efektywnego (p_e) w czasie badań odczytywano z modułu pomiarowego stanowiska hamownianego, a następnie obliczano te wskaźniki według zależności (1, 2, 3) w celu potwierdzenia prawidłowości otrzymywanych wyników badań. Wskazania momentu obrotowego i mocy efektywnej silnika były skorygowane za pomocą współczynnika korekcji k_r .

Wskaźniki efektywne[1]:

- zredukowany moment obrotowy M_o , Nm,
- zredukowana moc efektywna N_e , kW,
- ciśnienie efektywne p_e , MPa.

Zredukowany moment obrotowy można wyznaczyć z zależności wykorzystującej moc efektywną N_e oraz prędkość obrotową silnika n , zgodnie ze wzorem [1]:

$$M_o = 9550,14 \frac{N_e}{n}; [\text{Nm}] \quad (1)$$

$$M_{oz} = M_o k_r; [\text{Nm}]$$

Wzór na zredukowaną moc efektywną [1]:

$$N_e = \frac{M_o \cdot n}{9550,14}; [\text{kW}] \quad (2)$$

$$N_{ez} = N_e k_r; [\text{kW}]$$

Ciśnienie efektywne p_e , obliczono z zależności [1]:

$$p_e = \frac{N_{ez}}{V_{ss} \cdot n}; [\text{MPa}] \quad (3)$$

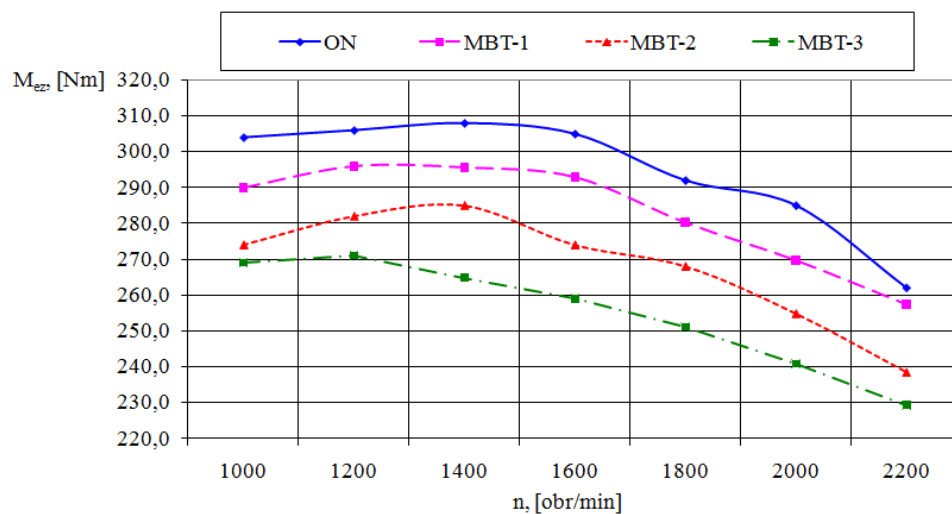
gdzie:

- V_{ss} – objętość skokowa silnika, dm^3 ,
- k_r - współczynnik korekcji stosowany ze względu na warunki otoczenia: temperatura i ciśnienie otoczenia,

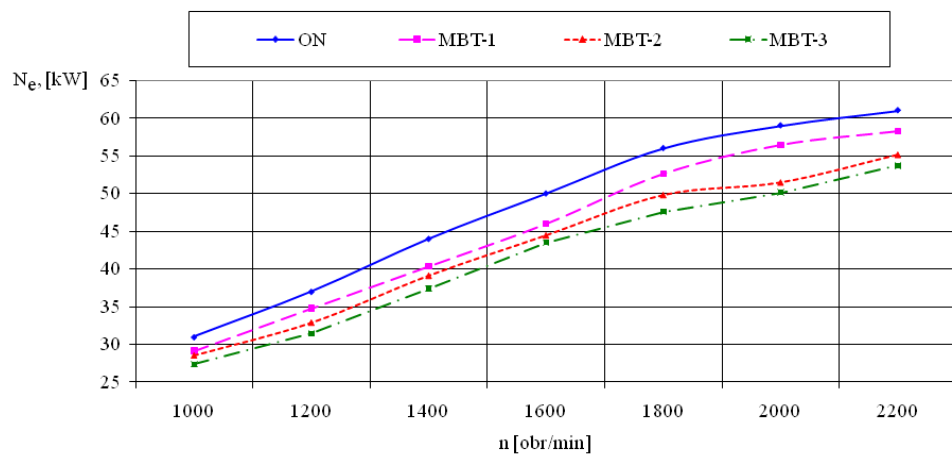
- n - prędkość obrotowa wału korbowego silnika w danym punkcie pomiarowym, obr/min.

5. GRAFICZNE PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ

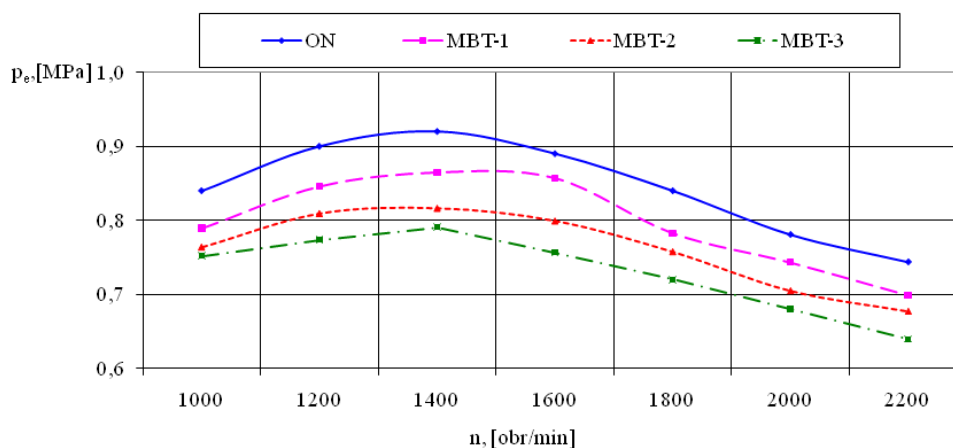
Na rys. 2 przedstawiono porównanie momentu obrotowego silnika M_o , rys. 3 mocy efektywnej N_e , rys. 4. ciśnienia efektywnego p_e .



Rys. 2. Porównanie zredukowanego momentu obrotowego M_{ez} [Nm] w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika w zakresie od 1000 do 2200 obr/min - charakterystyka zewnętrzna



Rys. 3. Porównanie zredukowanej mocy efektywnej N_e [kW] w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika w zakresie od 1000 do 2200 obr/min - charakterystyka zewnętrzna



Rys. 4. Porównanie ciśnienia efektywnego P_e [MPa] w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika w zakresie od 1000 do 2200 obr/min- charakterystyka zewnętrzna

6. WNIOSKI

Na podstawie wyników otrzymanych z przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- ustalono, że mieszanka oleju napędowego z biobutanołem jest stabilna w temperaturach: w zakresach temperatur od +25 do +35°C,
- największe wskazania momentu obrotowego (M_o) podczas badań w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL ULTRA B zaś najmniejsze dla mieszaniny MBT-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL, a mieszaniną MBT-3 wynosi od 14,2% do 18,6%,
- największe wskazania mocy efektywnej (N_e) podczas badań w przedziale prędkości obrotowej silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL ULTRA B zaś najmniejsze dla mieszaniny MBT-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL ULTRA B, a mieszaniną MBT-3 wynosi od 14,1% do 19,2%,
- największe wskazania ciśnienia efektywnego (p_e) w przedziale prędkości obrotowej silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL ULTRA B zaś najmniejsze dla mieszaniny MBT-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL, a mieszaniną MBT-3 wynosi od 12,8% do 15,6%,
- po zastosowaniu dodatku biobutanolu do paliwa mineralnego zaobserwowano spadek efektywnych wskaźników pracy M_o , N_e i p_e . Największy spadek odnotowano dla paliw zawierających 30% bioetanolu i wynosił on maksymalnie 18,6% (porównując do ON),
- zmiany ciśnień podczas procesu spalania zależały od wielkości obciążenia silnika oraz właściwości fizykochemicznych badanych paliw w tym od zawartości tlenu

chemicznego w mieszaninach: MBT-1, MBT-2 i MBT-3, co ma wpływ na wskaźniki efektywne pracy silnika.

- celowe jest dalsze prowadzenie badań nad oceną wpływu zasilania silnika zarówno paliwami pochodzenia mineralnego oraz ich mieszanek z alkoholami na efektywne, wskaźniki pracy silnika,
- przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania mieszanek paliw naturalnych z biobutanołem jest zmniejszenie kosztów ich wytwarzania i dystrybucji poprzez zastosowanie dotacji państwowych.

7. LITERATURA

- [1] Ambrozik A.: Analiza cyklu pracy czterosuwowych silników spalinowych. Monografie, Studia, Rozprawy. M-16. Wydaw. Politechniki Świetorzyskiej. PL ISSN 1897-2691. Kielce 2010.
- [2] Dokumentacja techniczna stanowiska badawczego. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych. Politechnika Warszawska, Warszawa 2010.
- [3] Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: Wpływ zasilania silnika rolniczego o zapłonie samoczynnym olejem napędowym z alkoholem etylowym na efektywne wskaźniki jego pracy, prezentowane: TRANSCOMP – XIV International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport, Zakopane – 6-9 grudzień 2010. opublikowane: LOGISTYKA 6/2010, str. 1701-1708, ISSN 1231-5478, tekst na CD.
- [4] Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: Wpływ zastosowania mieszanin oleju napędowego, estru FAME z 20% dodatkiem etanolu na energetyczne wskaźniki pracy silnika Perkins 1104C-44, prezentowane: TRANSCOMP – XIV International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport, Zakopane – 6-9 grudzień 2010, opublikowane: LOGISTYKA 6/2010, str. 1717-1724, ISSN 1231-5478, tekst na CD,
- [5] Lipski R., Orliński S.: Wpływ składu paliwa mikroemulsyjnego węglowodorowo-estrowo-etanolowego na efektywne wskaźniki pracy silnika PERKINS-1104C-44. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Komisja Motoryzacji PAN oddział w Lublinie, MOTOROL, Tom 12, Lublin 2010, ISSN 1730-8658.
- [6] Orliński S., Orliński P., Kruczyński S.: Wpływ zastosowania mieszanin oleju napędowego, estru FAME z etanolem na ekonomiczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika Perkins 1104C-44, Zeszyty Naukowe IP 2(78)/2010, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010, str. 87-102, ISSN 1642-347X,
- [7] Orliński S.: Wpływ składu paliwa mikroemulsyjnego węglowodorowo-estrowo-etanolowego na efektywne wskaźniki pracy silnika PERKINS-1104C-44, Zeszyty naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej Wydział SiMR, Warszawa, 2(78)/2010, str.73-86. ISSN 1642-347X.
- [8] Zakład Produktów Naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska, Świadczenia jakości paliw, Radom 2010.