

Andrzej AMBROZIK<sup>1</sup>  
Tomasz AMBROZIK<sup>2</sup>  
Piotr ORLIŃSKI<sup>3</sup>  
Stanisław ORLIŃSKI<sup>4</sup>

### **WPLYW ZASILANIA PERKINS 1104C MIESZANINĄ OLEJU NAPĘDOWEGO Z DODATKIEM ETANOLU NA JEGO WSKAŹNIKI PRACY**

*W referacie przedstawiono wyniki badań i ich analizę w aspekcie pomiaru efektywnych wskaźników pracy silnika o ZS typu PERKINS-1104C. Silnik zasilany był mieszaniną paliwa węglowodorowego z etanolem oraz węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym. Wykazano wpływ różnych paliw na efektywne wskaźniki pracy silnika.*

### **INFLUENCE OF POWERING 1104C PERKINS WITH MIXTURE OF DIESEL WITH THE ADDITION OF THE ETHANOL TO HIS 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 ZS of the PERKINS-1104C type. The powered engine was a mixture of hydrocarbon fuel with the ethanol and comparatively with hydrocarbon, low-sulphuric diesel. An influence of different fuels on effective signs of the work of an engine was demonstrated.*

#### **1. WSTĘP**

Od końca lat osiemdziesiątych obserwuje się duży wzrost zapotrzebowania, na paliwa alternatywne. Celem zastosowania do zasilania silników tych paliw jest zapewnienie własnej dla danego kraju możliwie największej bazy paliwowej. Jedną z dróg służących do rozwiązania tego problemu jest wykorzystanie paliw ekologicznych: niskosiarkowych olejów napędowych, olejów roślinnych i ich estrów oraz ich mieszanin z etanolem [3, 8]. Daje to możliwość rozwoju w danym kraju nowych technologii produkcji paliw, dodatkowe miejsca pracy i pozytywne efekty ekologiczne. Ekologiczne paliwa naturalne, roślinne i ich mieszaniny z etanolem charakteryzują się innymi właściwościami fizykochemicznymi w stosunku do paliw węglowodorowych, powodują one występowanie

<sup>1</sup> Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Zakład Silników Ciepłych, Kielce.

<sup>2</sup> Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Zakład Tribologii i Materiałów Eksploatacyjnych, Kielce.

<sup>3</sup> Politechnika Warszawska, Wydział SiMR, Instytut Pojazdów

<sup>4</sup> Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, e-mail: walorl@wp.pl

różnic w procesie tłoczenia i rozpylania paliwa oraz procesie ich spalania w przestrzeni nadłokowej silnika o zapłonie samoczynnym (ZS) [1, 7, 9].

Lepkość i gęstość wpływają na jakość rozpylenia paliwa, a to z kolei decyduje o przebiegu spalania i w rezultacie o emisji toksycznych składników ze spalinami. Napięcie powierzchniowe wpływa na średnicę kropeł i zasięg strugi rozpylonego paliwa. Większe wymiary kropeł i bardziej zwarty kształt strugi powodują wzrost jej zasięgu. Im większa lepkość i napięcie powierzchniowe tym większy jest zasięg strugi rozpylonego paliwa.

Lepkość paliwa wpływa na takie parametry wtrysku jak [4, 6]:

- wielkość dawki wtryskiwanego paliwa,
  - wznios iglicy rozpylacza,
  - ciśnienie i czas trwania wtrysku, które istotnie wpływają na proces rozpylenia paliwa.
- Paliwo przeznaczone do zasilania szybkoobrotowych silników o ZS powinno zapewniać [5]:
- prawidłowe funkcjonowanie całego układu zasilania, w tym szczególnie aparatury wtryskowej,
  - prawidłowy efektywny proces rozpylania i spalania,
  - tworzenie możliwie jak najmniejszej ilości szkodliwych składników spalin.

## 2. CEL BADAŃ

Zamierzeniem autorów było przeprowadzenie i analiza badań eksperymentalnych dotyczących wybranych problemów związanych z zastosowaniem zasilania silników o zapłonie samoczynnym (o ZS) paliwami pochodzenia: naturalnego oraz ich mieszanin z etanolem, bez dokonywania modernizacji konstrukcyjnej i bez zmian regulacyjnych badanego silnika.

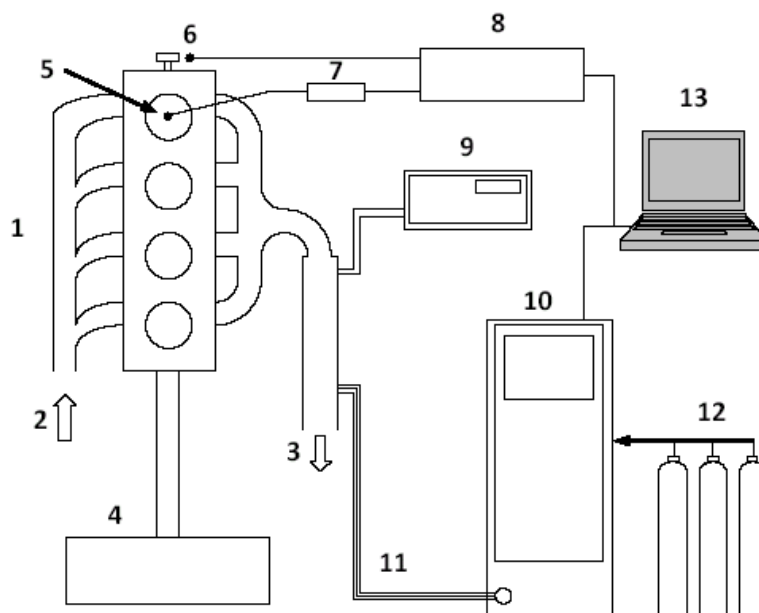
Badania eksperymentalne dotyczyły oceny wpływu zasilania silnika PERKINS-1104C-44 pracującego w ustalonych warunkach według zewnętrznej charakterystyki prędkościowej w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego od 1000 do 2200 obr/min, na wskaźniki efektywne tj.: moment obrotowy ( $M_o$ , Nm), moc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

Silnik PERKINS typ 1100 był zasilany paliwem węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B oraz porównawczo mieszaninami: M1 – 90% ON + 10% etanolu, M2 – 80% ON + 20% etanolu i M3 – 70% ON + 30% etanolu.

## 3. STANOWISKO BADAWCZE ORAZ PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE PALIW ZASILAJĄCYCH SILNIK

Badania przeprowadzono na typowym stanowisku hamownianym wyposażonym w silnik o zapłonie samoczynnym typu PERKINS-1104C z wtryskiem bezpośrednim paliwa. Stanowisko wyposażone było w system pomiarowy umożliwiający pomiar parametrów i ciśnień szybkozmiennych. Etanol jako dodatek do paliwa węglowodorowego wykorzystano ze względu na jego dostępność na rynku oraz z uwzględnieniem, że mieszaniny oleju napędowego z etanolem posiadają różne właściwości fizykochemiczne tj. gęstość, lepkość i napięcie powierzchniowe [3]. Na rys.1 przedstawiono schemat blokowy stanowiska badawczego. Wybrane właściwości fizykochemiczne zastosowanych paliw

zasilających przedstawiono w tabeli 1 za tabela 2 typ wtryskiwacza oraz jego parametry [3].



Rys. 1. Schemat blokowy stanowiska badawczego [2]

1 – silnik PERKINS 1104-C44; 2 – wlot powietrza; 3 – wylot spalin; 4 – hamulec elektrowirowy SCHENCK W450; 5 – piezoelektryczny czujnik ciśnienia AVL GM 12; 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. Właściwości fizykochemiczne paliw zasilających silnik [11]

PARAMETR	EKODIESEL PLUS 50 B	M1 (90% ON PLUS-50B + 10% Etanolu)	M2 (80% ON PLUS-50B + 20% Etanolu)	M3 (70% ON PLUS-50B + 30% Etanolu)
Gęstość w 20°C [ $10^3 \text{ kg/m}^3$ ]	848	832,5	828	823,8
Lepkość kinematyczna w 40°C [ $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ]	2,75	2,43	2,27	2,08
Napięcie powierzchniowe $\sigma \cdot 10^{-2} \text{ [N/m]}$	3,74	3,01	2,86	2,74

Tabela 2. Typ wtryskiwacza oraz jego parametry [2]

Wtryskiwacz: rodzaj	Firmy 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 badań silnik PERKINS typ 1100 zasilany był trzema rodzajami paliw ekologicznych tj.: olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B oraz porównawczo mieszaninami objętościowymi: M1 – 90% ON + 10% etanolu, M2 – 80% ON + 20% oraz M3 – 70% ON + 30% etanolu.

Podczas sporządzania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika w przedziale od 1000-2200 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 kr.

Wskaźniki efektywne:

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

Zredukowany moment obrotowy może być także obliczony z wykorzystaniem mocy efektywnej  $N_e$  oraz prędkości obrotowej silnika  $n$  z zależności [1]:

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

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

Wzór na zredukowaną moc efektywną [1]:

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

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

Ciśnienie efektywne  $P_e$ , obliczono ze wzoru [1]:

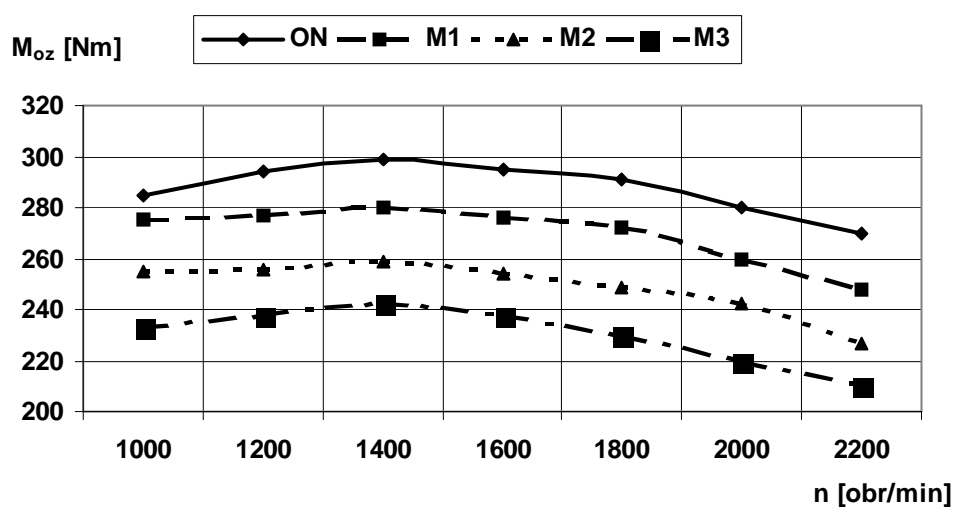
$$P_e = \frac{N_{ez}}{V_{ss} \cdot n} \text{ [MPa]} \quad (3)$$

gdzie:

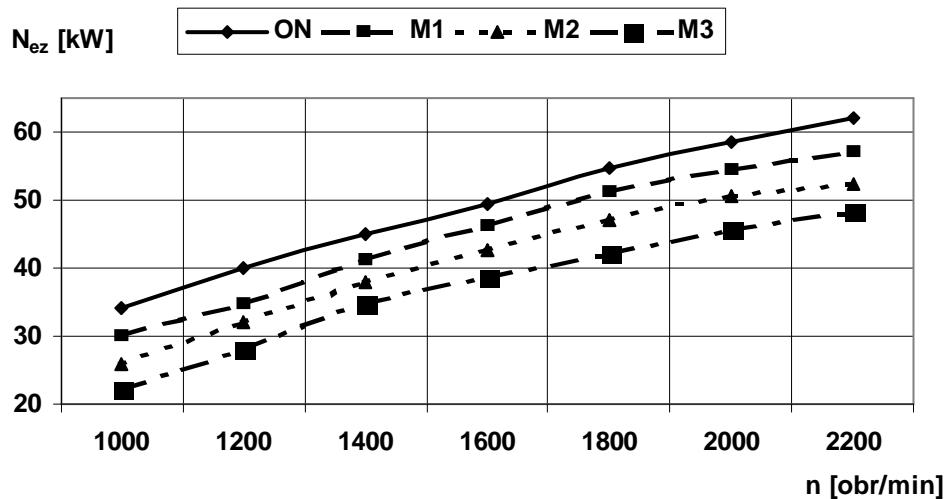
- $V_{ss}$  – objętość skokowa silnika,  $\text{dm}^3$ ,
- $kr$  – współczynnik korekcji stosowany ze względu na warunki otoczenia: temperatura i ciśnienie otoczenia,
- $n$  – prędkość obrotowa wału korbowego silnika, obr/min.

## 5. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW BADAŃ

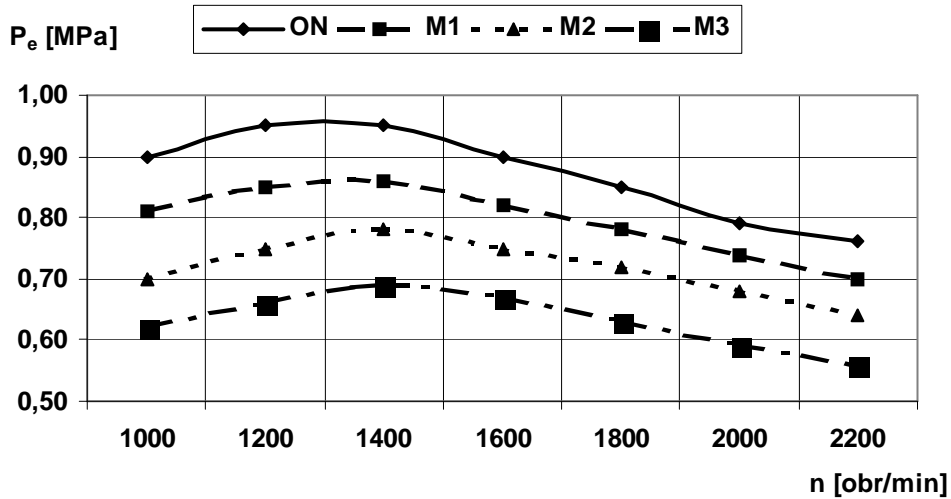
Na rys. 2 przedstawiono porównanie momentu obrotowego silnika  $M_o$ , rys.3 mocy efektywnej  $N_e$ , rys. 4. ciśnienia efektywnego  $P_e$ .



Rys. 2. Porównanie zredukowanego momentu obrotowego  $M_{oz}$  [Nm] dla badanych paliw EKODIESEL, M1, M2 i M3 w funkcji prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min



Rys. 3. Porównanie zredukowanej mocy efektywnej  $N_{ez}$  [kW] dla badanych paliw EKODIESEL, M1, M2 i M3 w funkcji prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min



Rys.4. Porównanie ciśnienia efektywnego  $P_e$  [MPa] dla badanych paliw EKODIESEL, i M1, M2 i M3 w funkcji prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min

## 6. WNIOSKI

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

- na podstawie badań ustalono, że mieszanka oleju napędowego z alkoholem etylowym M1, M2 i M3 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 PLUS-50B zaś najmniejsze dla mieszaniny M3. Bezwzględna różnica procentowa  $R_p$  [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL a mieszaniną M3 wynosi od 15,6 do 24%,
- największe wskazania mocy efektywnej ( $N_e$ ) podczas badań w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL PLUS-50B zaś najmniejsze dla mieszaniny M3. Bezwzględna różnica procentowa  $R_p$  [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL a mieszaniną M3 wynosi od 23,6 do 30,2%,
- największe wskazania ciśnienia efektywnego ( $P_e$ ) podczas badań w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL PLUS-50B zaś najmniejsze dla mieszaniny M3. Bezwzględna różnica procentowa  $R_p$  [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL a mieszaniną M3 wynosi od 23 do 30%,
- po zastosowaniu dodatku etanolowego do paliwa mineralnego zaobserwowano spadek efektywnych wskaźników pracy  $M_o$ ,  $N_e$  i  $P_e$ . Największy spadek odnotowano dla paliw zawierających 30% etanolu i wynosił on maksymalnie 30%,
- zmiany ciśnień podczas procesu spalania zależały od wielkości obciążenia silnika oraz właściwości fizykochemicznych badanych paliw w tym od zawartości tlenu chemicznego w mieszaninach: M1, M2 i M3, co ma wpływ na wskaźniki efektywne pracy silnika.
- celowe jest dalsze prowadzenie badań nad oceną wpływu zasilania silnika zarówno paliwami pochodzenia mineralnego oraz ich mieszaninami z etanolem na efektywne wskaźniki pracy silnika,
- przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania mieszanin paliw naturalnych z alkoholem etylowym jest zmniejszenie kosztów ich wytwarzania i dystrybucji poprzez dotacje państwowe, tak, aby ceny tych paliw były porównywalne do cen paliw pochodzenia węglowodorowego.

## 7. LITERATURA

- [1] Ambroziak A.: Analiza cyklu pracy czterosuwowych silników spalinowych. Monografie, Studia, Rozprawy. M-16. Wydaw. Politechniki Świętokrzyskiej. PL ISSN 1897-2691. Kielce 2010.
- [2] Dokumentacja techniczna stanowiska badawczego. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych. Politechnika Warszawska, Warszawa 2010.
- [3] Jankowski. K., ORLIŃSKI S.: „Wpływ właściwości paliw naturalnych i roślinnych na wskaźniki ekonomiczne i energetyczne silnika o zapłonie samoczynnym”, XII MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA nt. KOMPUTEROWE SYSTEMY

- WSPOMAGANIA NAUKI, PRZEMYSŁU I TRANSPORTU „TRANSCOMP 2008”, Zakopane 2008.
- [4] Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: Wpływ zasilania silnika rolniczego o zapłonie samoczynnym olejem napędowym z alkoholem etylowym na efektywne wskaźniki jego pracy, TRANSCOMP – XIV INTERNATIONAL CONFERENCE COMPUTER SYSTEMS AIDED SCIENCE, INDUSTRY AND TRANSPORT, Zakopane – grudzień 2010.
- [5] 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, TRANSCOMP – XIV INTERNATIONAL CONFERENCE COMPUTER SYSTEMS AIDED SCIENCE, INDUSTRY AND TRANSPORT, Zakopane –grudzień 2010.
- [6] 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.
- [7] Łuksa A., Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: XVI Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe „MOTORYZACYJNE PROBLEMY OCHRONY ŚRODOWISKA” Instytut Pojazdów Politechniki Warszawskiej Wydział SiMR, Warszawa, 12 grudnia 2008 r. Porównanie wybranych wskaźników pracy silnika o ZS zasilanego paliwami zastępczym, 12 grudnia 2008 r. Warszawa.
- [8] Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: Wpływ zastosowania mieszanin oleju napędowego, estru FAME z etanolem na ekonomiczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika PERKINS-1104C-44, Zeszyty naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej Wydział SiMR, Warszawa, 2(78)/2010, ISSN 1642-347X.
- [9] 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.
- [10] Orliński S.: Wpływ zastosowania mieszanin estru FAME z etanolem na ekologiczne wskaźniki pracy silnika PERKINS-1104C-44. VII Konferencja Naukowo-Techniczna Logistyka Systemy Transportowe, Bezpieczeństwo w Transporcie, „LOGITRANS”. Politechnika Radomska, Wydział Transportu, PAN-Komitet Transportu, Szczyrk, 14-16.04.2100, ISBN 978-837351-362-4.
- [11] Zakład Produktów naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska Świadectwa jakości paliw, 2010.