

*silnik spalinowy, wtrysk paliwa,  
diagnostyka silnika,  
paliwa ekologiczne, środowisko*

Stanisław KRUCZYŃSKI<sup>1</sup>  
Piotr ORLIŃSKI<sup>2</sup>  
Stanisław ORLIŃSKI<sup>3</sup>

### **WPLYW ZASILANIA SILNIKA ROLNICZEGO O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM OLEJEM NAPEĐOWYM Z ALKOHOLEM ETYLOWYM NA EFEKTYWNE WSKAŹNIKI JEGO PRACY**

*W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań hamownianych silnika PERKINS 1100 zasilanego ekologicznym paliwem węglowodorowym oraz porównawczo mieszaninami (v/v) paliwa węglowodorowo z alkoholem etylowym. Zastosowanie alkoholu etylowego powodowało zmiany różnych właściwości fizykochemicznych badanych paliw. Spełnianie coraz bardziej rygorystycznych norm w emisji składników toksycznych spalin zmusza użytkownika silników spalinowych o ZS do posiadania szybkich i precyzyjnych metod oceny jego stanu technicznego, a szczególnie stanu technicznego aparatury wtryskowej. Wykazano, że rodzaj paliwa o różnych właściwościach fizykochemicznych ma istotny wpływ na wskaźniki efektywne, zużycie paliwa, na wskaźniki energetyczne, emisję toksycznych składników ze spalinami.*

### **INFLUENCE OF POWERING THE AGRICULTURAL ENGINE ABOUT THE SELF-IGNITION WITH DIESEL WITH THE ETHYL ALCOHOL ON EFFECTIVE SIGNS OF ITS WORK**

*In the article chosen research findings were introduced test bench equipped of engine Perkins 1100 fed with eco-friendly hydrocarbon fuel and comparatively with mixtures (v/v) hydrocarbon fuels the ethyl alcohol. Using the ethyl alcohol caused changes in all sorts properties physicochemical of examined fuels. Fulfilling rigorous norms more and more in emission of elements of the toxic exhaust fumes is forcing the user to internal-combustion engines about ZS for having fast and precise methods of estimation of his technical profession particularly the technical profession of injection apparatus. They demonstrated, as kind of fuel about all sorts properties physicochemical has the essential influence to effective signs, the fuel consumption, to energy signs, the broadcasting of toxic ingredients with the exhaust fumes.*

---

<sup>1</sup> Instytut Energii Odnawialnej i Paliw. Warszawa. skruczyn@simr.pw.edu.pl

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

<sup>1</sup> Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, e-mail: walorl@wp.pl

## 1. WSTĘP

Celem zastosowania do zasilania silników o ZS paliw zamiennych jest zapewnienie własnej możliwie największej bazy paliwowej naszego kraju. 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. 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 różnic w procesie tłoczenia i rozpylania paliwa oraz procesie ich spalania [1].

Właściwości fizykochemiczne wpływające na proces wtrysku paliwa takie jak: lepkość i gęstość wpływają na ciśnienie i czas trwania wtrysku, które istotnie wpływają na proces rozpylenia paliwa. Jakość rozpylenia paliwa decyduje o przebiegu procesu spalania, co w rezultacie wpływa na wskaźniki efektywne pracy silnika. Paliwo przeznaczone do zasilania szybkoobrotowych silników o ZS powinno zapewniać [2]:

- prawidłowe funkcjonowanie całego układu zasilania, w tym szczególnie aparatury wtryskowej,
- prawidłowy efektywny proces rozpylania i spalania,
- zmniejszenie zużycia paliwa i poziomu hałasu silnika,
- tworzenie możliwie jak najmniejszej ilości szkodliwych składników spalin.

## 2. CEL BADAŃ

Zamierzeniem autorów było przeprowadzenie i analiza badań eksperymentalnych oraz symulacyjnych, wybranych problemów związanych z zastosowaniem zasilania silników o zapłonie samoczynnym (o ZS) paliwami pochodzenia: naturalnego, oraz ich mieszaninami 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 zewnętrznej charakterystyki prędkościowej pracującego w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego od 1000 , 2200 obr/min, na wskaźniki efektywne jego pracy tj.: wyznaczenie moment obrotowy ( $M_o$ , Nm), moc efektywną ( $N_e$ , kW) oraz ciśnienie efektywne ( $P_e$ , MPa).

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

Badania przeprowadzono na stanowisku hamownianym wyposażonym w silnik o zapłonie samoczynnym typu PERKINS-1100 z wtryskiem bezpośrednim paliwa. Stanowisko wyposażone było w system pomiarowy umożliwiający pomiar parametrów wolno i szybko zmiennych. Podczas badań silnik zasilany był węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B (ON) oraz porównawczo mieszaninami oleju napędowego z etanolem (v/v).

Wyboru badanych paliw dokonano ze względu na ich niejednorodne właściwości fizykochemiczne, które wywierają istotny wpływ na przebieg procesu wtrysku i spalania. Zastosowane w badaniach to mieszaniny objętościowa: etanolu z niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1: Oznaczenia badanych paliw[3]

Olej napędowy	ON-100%
M1	90% ON + 10% ETANOL
M2	80% ON + 20% ETANOL
M3	70% ON + 30% ETANOL

#### 4. OPIS METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono dla danych regulacyjnych silnika określonych wg. zaleceń producenta, a dotyczących pomiaru: ciśnienia sprężania i szczelności przestrzeni nadłokowej, dawkowania pompy wtryskowej, ciśnienia roboczego wtryskiwaczy. Przed przystąpieniem do pomiarów, silnik doprowadzono do stanu równowagi cieplnej, a następnie sprawdzono ustawienie kąta dynamicznego początku tłoczenia paliwa, równego  $\alpha_{dpt} = 12^\circ \text{OWK}$  [4]. Podczas sporządzania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika w przedziale od 1000-2200 obr/min, rejestrowano, co 200 obr/min: obciążenie i zużycie paliwa.

Na podstawie wyników badań hamownianych i ich rejestracji dokonano wyznaczenia i obliczeń efektywnych wskaźników pracy silnika [2]:

- moment obrotowy ( $M_o$ , Nm),
- moc efektywna ( $N_e$ , kW),
- ciśnienie efektywne ( $P_e$ , MPa).

Wskazania momentu obrotowego i mocy efektywnej 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  $k_r$  ze względu na otoczenie tj: temperaturę i ciśnienie powietrza [4].

Wzór na zredukowany moment obrotowy  $M_o$ :

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

Wzór na zredukowaną moc efektywną  $N_e$ :

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

Ciśnienie efektywne  $P_e$ , obliczono ze wzoru:

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

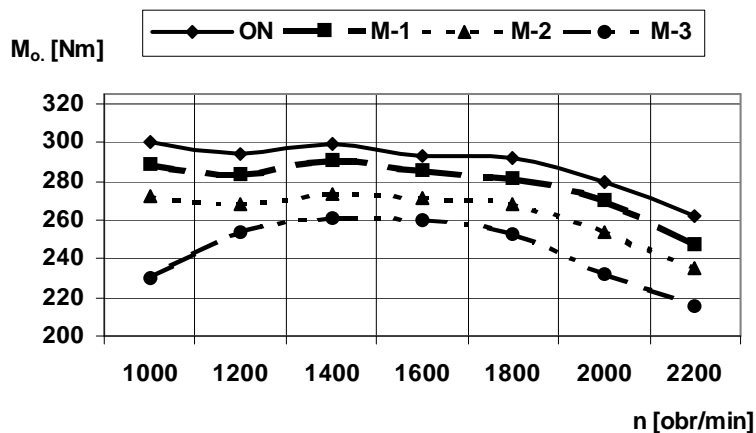
gdzie:

$V_{ss}$  - objętość skokowa silnika [ $\text{dm}^3$ ],

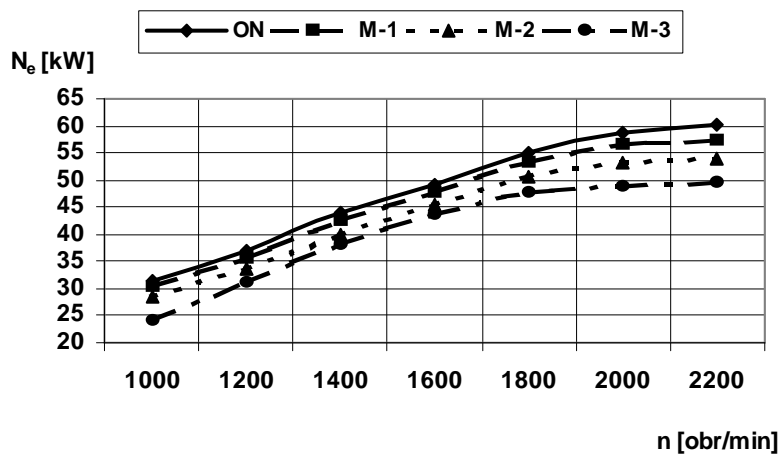
$n$  - prędkość obrotowa wału korbowego silnika [obr/min].

## 5. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW BADAŃ

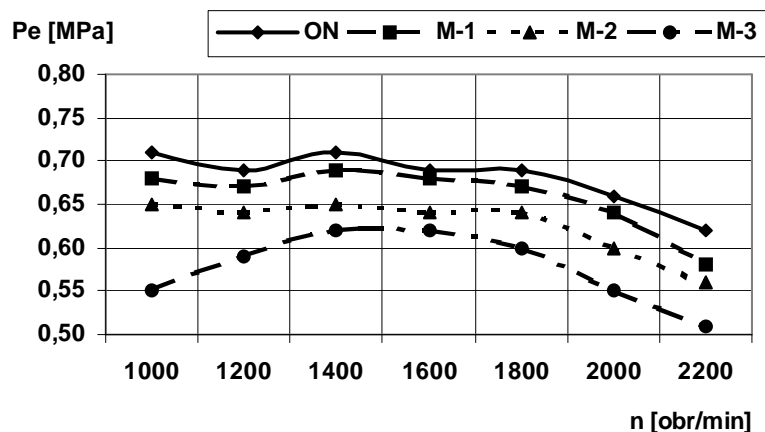
Na rys.1 pokazano zbiorcze porównanie momentu obrotowego ( $M_o$ , Nm) badanego silnika zasilanego 4-paliwami. Rysunek 2 przedstawia zbiorcze porównanie mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) zaś rys.3 porównanie ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa).



Rys. 1. Zbiorcze porównanie momentu obrotowego ( $M_o$ , Nm)



Rys. 2. Zbiorcze porównanie mocy efektywnej ( $N_e$ , kW)

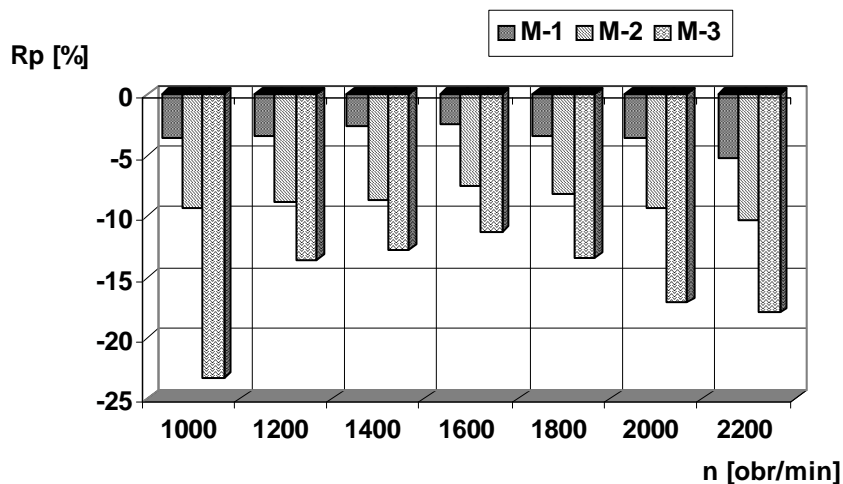


Rys.3. Zbiornicze porównanie ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa)

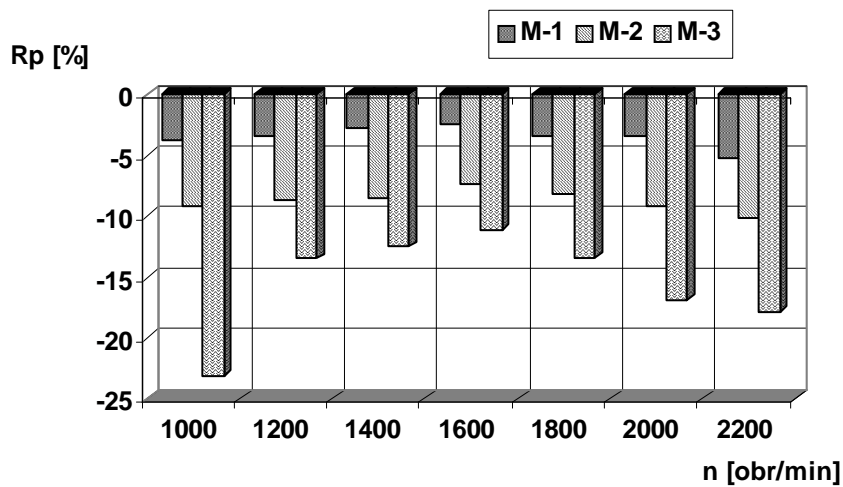
Na podstawie w/w graficznego zbiorczego porównania wartości wskaźników efektywnych pracy silnika tj.:  $M_o$ ,  $N_e$  i  $P_e$  można zauważyć, że największe wartości tych wskaźników występują w zakresie prędkości obrotowych silnika 1000-2200 obr/min dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON), a mniejsze wartości posiadają mieszanki M-1, M-2 i M-3. Spowodowane to jest wpływem objętościowej zawartości etanolu w oleju napędowym od 10-30%.

Aby dokonać dokładniejszej porównawczej analizy wartości wskaźników efektywnych pracy silnika wykorzystano bezwzględną różnicę procentową ( $R_p$ , %) pomiędzy zasilaniem silnika paliwem bazowym EKODIESEL PLUS 50B (ON), a mieszaninami M-1, M-2 i M-3.

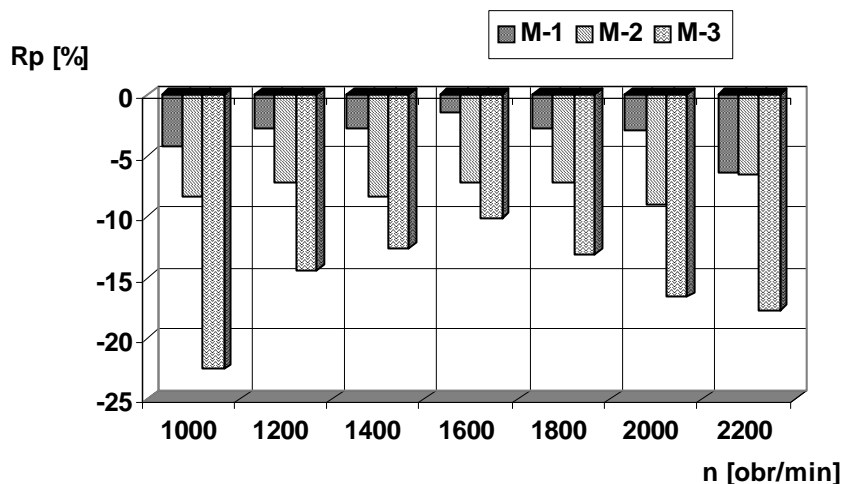
Na rys.4 pokazano porównanie bezwzględnej różnicy procentowej ( $R_p$ , %) momentu obrotowego ( $M_o$ , Nm) paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON) w stosunku do mieszanin M-1, M-2 i M-3. Rysunek 5 przedstawia porównanie bezwzględnej różnicy procentowej ( $R_p$ , %) mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON), a mieszaninami M-1, M-2 i M-3 zaś na rys.6 porównanie bezwzględnej różnicy procentowej ( $R_p$ , %) ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa) pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON), a mieszaninami M-1, M-2 i M-3.



Rys. 4. Porównanie bezwzględnej różnicy procentowej ( $R_p$ , %) wartości momentu obrotowego ( $M_o$ ,  $Nm$ ) pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON) a mieszaninami M-1, M-2 i M-3



Rys. 5. Porównanie bezwzględnej różnicy procentowej ( $R_p$ , %) wartości mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON) w stosunku do mieszanin M-1, M-2 i M-3



Rys. 6. Porównanie bezwzględnej różnicy procentowej ( $R_p$ , %) wartości ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa) paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON) w stosunku do paliwa BIODIESEL FAME-100B

## 6. WNIOSKI

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

- wyznaczone i obliczone wskaźniki efektywne pracy silnika tj.:  $M_o$ ,  $N_e$  i  $P_e$  wykazały największe wartości w zakresie prędkości obrotowych silnika od 1000-2200 obr/min dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B (ON),
- porównanie bezwzględnych różnic procentowych ( $R_p$ , %) momentu obrotowego ( $M_o$ , Nm) pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON) a mieszaninami, są mniejsze dla M-1 od 3,-5,5%, M-2 od 5,7-14%, mieszaniny M-3 od 7-21,5% w zakresie prędkości obrotowych silnika od 1000-2200 obr/min,
- porównanie bezwzględnych różnic procentowych ( $R_p$ , %) mocy efektywnej ( $N_e$ , kW) pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON) a mieszaninami, są mniejsze dla M-1 od 2,5,-4,5%, M-2 od 5,1-13,5%, mieszaniny M-3 od 5-20,5% w zakresie prędkości obrotowych silnika od 1000-2200 obr/min,
- porównanie bezwzględnych różnic procentowych ( $R_p$ , %) ciśnienia efektywnego ( $P_e$ , MPa) pomiędzy paliwem EKODIESEL PLUS 50B (ON) a mieszaninami, są mniejsze dla M-1 od 2,5,-8,0%, M-2 od 7,0-10,5%, mieszaniny M-3 od 10-22,2% w zakresie prędkości obrotowych silnika od 1000-2200 obr/min,
- na podstawie badań ustalono wpływ alkoholu etylowego na wskaźniki efektywne pracy silnika,

- ustalono, że kompozycja oleju napędowego i alkoholu etylowego w warunkach laboratoryjnych (20°C) nie jest stabilna.
- bez dodatków uszlachetniających wybrane kompozycje tj. 90%ON+10% Etanol; 80%ON+20%Etanol; 70%ON+30% Etanol da się uzyskać odpowiednio dla składu w temperaturach: +25; +30 i +35°C. Po zastosowaniu dodatków uzyskano stabilne kompozycje odpowiednio dla składu w temperaturach: 22; 23 i 28°C,
- wszystkie kompozycje mają za niskie temperatury zapłonu odnosząc do wymogów norm: PN-EN 590 (Paliwa do pojazdów samochodowych – Oleje napędowe; temp. zapłonu min. 55°C w tyglu zamkniętym); PN-EN 14214 (Paliwa do pojazdów samochodowych – Estry metylowe kwasów tłuszczowych - FAME; temp. zapłonu min. 120°C )
- celowe jest dalsze prowadzenie badań nad oceną wpływu zasilania silnika zarówno paliwami pochodzenia mineralnego jak i roślinnego oraz ich mieszaninami z etanolem na efektywne, ekonomiczne, energetyczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika,
- przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania mieszanin z alkoholem etylowym i paliwem naturalnym, 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] Baczewski K., Kałdoński T.: Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym. WKŁ, Warszawa 2004.
- [2] Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: „Wpływ właściwości paliw naturalnych i roślinnych na proces rozpylania paliwa w silniku o zapłonie samoczynnym”, Zeszyty Naukowe IP PW, Warszawa 2008
- [3] Łuksa A., Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: Wpływ składu paliwa mikroemulsyjnego węglowodorowo - estrowo - etanolowego na wskaźniki pracy silnika o zapłonie samoczynnym. Zeszyty Naukowe IP PW, Warszawa 2009.
- [4] Dokumentacja techniczna stanowiska badawczego. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych. Politechnika Warszawska, Warszawa 2008.
- [5] Zakład Produktów naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska Świadectwa jakości paliw, 2009.
- [6] PKN ORLEN S.A. Świadectwa jakości paliw, 2010.