

Stanisław W. KRUCZYŃSKI¹
Piotr ORLIŃSKI²
Stanisław ORLIŃSKI³

SKUTKI ZASILANIA SILNIKA ROLNICZEGO MIESZANINĄ OLEJU NAPĘDOWEGO Z BIOBUTANOLEM NA EKONOMICZNE I ENERGETYCZNE WSKAŹNIKI JEGO PRACY

W referacie przedstawiono wyniki badań i ich analizę w zakresie pomiaru wskaźników ekonomicznych i energetycznych silnika o ZS typu PERKINS 1104C-44. Silnik zasilany był mieszanką paliwa węglowodorowego EKODIESEL ULTRA B z biobutanołem. Pomiary wykonano na stanowisku hamownianym wyposażonym w system pomiarów wielkości szybkozmiennych. Wykazano, wpływ właściwości fizykochemicznych mieszanin oleju napędowego z butanolem na wskaźniki ekonomiczne i energetyczne pracy silnika.

THE EFFECTS OF POWERING THE AGRICULTURAL ENGINE WITH MIXTURE DIESEL FUELS WITH BIOBUTANOL TO ECONOMIC AND ENERGY SIGNS OF ITS WORK

In the paper research findings and their analysis were described in the scope of the measurement of economic and energy signs of engine about the self-ignition of the type 1104C-44 Perkins. The powered engine was a blend of hydrocarbon EKODIESEL ULTRA B fuel with biobutanol. Measurements were made on the post equipped with the system of measurements of fast-changeable sizes. They demonstrated, influence of the property physicochemical mixtures of diesel with biobutanol to economic and energy signs of the engine work.

WSTĘP

Zasoby konwencjonalnego oleju napędowego (ON) są ograniczone i w przyszłości się wyczerpią. Alternatywne paliwa mają tą przewagę nad olejem napędowym, który powstaje z przeróbki ropy naftowej, że ich zasoby są właściwie nieograniczone, gdyż do ich produkcji używa się paliw pochodzących ze źródeł odnawialnych takich jak: alkohole, oleje roślinne i ich estry. Na podkreślenie zasługuje także fakt iż paliwa tego typu powodują znaczne zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych. Dlatego przy nieustannym zagrożeniu

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

² Politechnika Warszawska, Wydział SiMR, Instytut Pojazdów, p.orlinski@simr.pw.edu.pl.

³ Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, walorl@wp.pl.

wyczerpania się zasobów ropy naftowej dywersyfikacja źródeł pochodzenia paliw silnikowych zapewnia większe bezpieczeństwo energetyczne danego kraju [1].

Produkcja butanolu w drodze fermentacji jest bardzo podobna do produkcji etanolu, zatem według niektórych źródeł możliwe jest łatwe dostosowanie instalacji produkujących aktualnie etanol do produkcji butanolu. Potrzebne są jedynie niewielkie zmiany na etapie fermentacji a także destylacji.

W zależności od kształtu cząsteczki izomery butanolu noszą nazwy: n-butanol, izobutanol, tert-butanol. Poszczególne izomery ze względu na różny kształt, posiadają różne właściwości, jednak wszystkie dają się mieszać z wodą w stopniu umiarkowanym, gorzej niż w przypadku etanolu. W porównaniu do benzyny, zużycie alkoholu butylowego w silniku jest o kilka procent większe, między innymi ze względu na kaloryczność (kaloryczność alkoholu butylowego wynosi 29,2 MJ/l, natomiast kaloryczność benzyny to około 32 MJ/l) [1].

Alkohol butylowy ma także stosunkowo niskie ciepło parowania, dlatego też łatwiejsze jest uruchamianie silnika w niskich temperaturach na alkoholu butylowym. Liczba oktanowa alkoholu butylowego jest różna w zależności od izomeru, np. n-butanol ma liczbę oktanową 96, natomiast tert-butanol ma liczbę oktanową 105 [1].

Ekonomiczne, energetyczne wskaźniki pracy silnika w bezpośredni sposób zależą od przebiegu procesu spalania, a ten z kolei zależy od ciśnienia wtrysku paliwa i wzniosu iglicy wtryskiwacza. Rodzaj paliwa i parametry przebiegu tego procesu określają jakość tworzenia mieszanki palnej w komorze spalania [3, 4].

Głównymi czynnikami determinującymi obecnie rozwój silników o ZS są [5]:

- minimalizacja jednostkowego zużycia paliwa obniżająca koszty eksploatacji i ograniczająca emisję dwutlenku węgla do atmosfery,
- zapewnienie możliwie najmniejszej emisji szkodliwych składników spalin tj.: CO, CH, NO_x, aldehydów, a przede wszystkim cząstek stałych PM.

Cele te można osiągnąć m. in. poprzez [5]:

- doskonalenie konstrukcji silników o ZS, a w szczególności ich aparatury wtryskowej oraz polepszania systemów spalania,
- zmniejszanie oporów tarcia wewnątrz silnika i oporów ruchu pojazdów np. nowe materiały konstrukcyjne i metody kształtowania warstwy wierzchniej elementów silnika, wprowadzanie nowych gatunków środków smarnych, doskonalenie parametrów aerodynamicznych nadwozi,
- doskonalenie katalitycznych konwertyerów spalin i filtrów cząstek stałych w układzie wylotowym silników,
- zmianę składu chemicznego i parametrów fizykochemicznych olejów napędowych,
- wprowadzanie do zasilania silników o ZS paliw niekonwencjonalnych zastępujących tradycyjne paliwo, czyli olej napędowy, których wytwarzanie i spalanie w silniku w minimalnym stopniu powoduje zakłócenia w równowadze ekologicznej.

1. CEL BADAŃ

Celem badań jest ocena wpływu zasilania silnika PERKINS 1104C-44 pracującego w ustalonych warunkach zewnętrznej charakterystyki prędkościowej bez zmian regulacyjnych silnika na wskaźniki operacyjne pracy silnika tj: ekonomiczne i energetyczne.

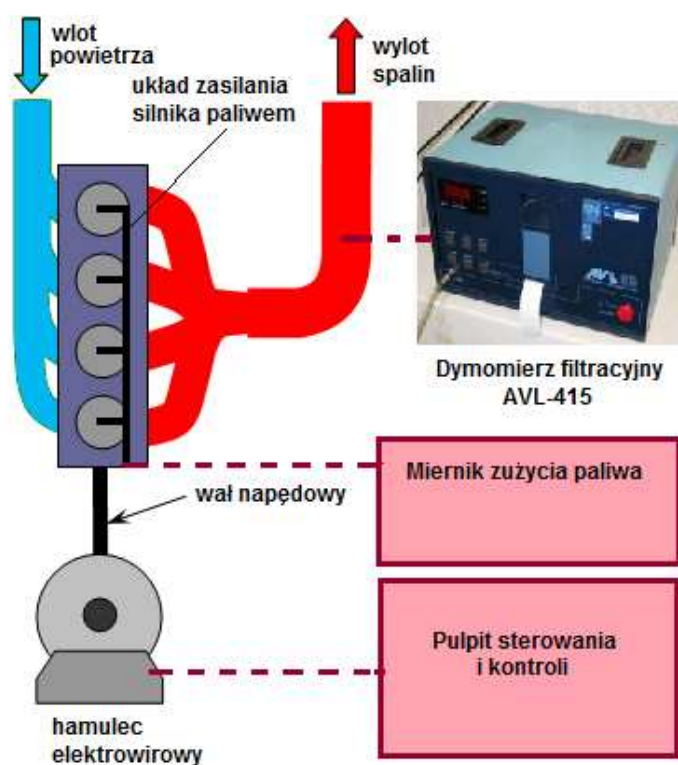
W czasie badań silnik pracował w zakresie prędkości obrotowej wału korbowego od 1000 do 2200 obr/min.

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

2. STANOWISKO BADAWCZE ORAZ PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE PALIW ZASILAJĄCYCH SILNIK

Biobutanol jako dodatek do paliwa węglowodorowego wykorzystano ze względu na jego dostępność na rynku oraz z uwzględnieniem, że mieszaniny oleju napędowego z biobutanolem posiadają inne właściwości fizykochemiczne tj. gęstość, lepkość i napięcie powierzchniowe [3].

Na rys. 1 pokazano schemat blokowy stanowiska badawczego. Wybrane właściwości fizykochemiczne zastosowanych paliw zasilających przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 1. Uproszczony schemat blokowy stanowiska badawczego [2]

Tabela 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne paliw zasilających silnik [6]

PARAMETR	EKODIESEL ULTRA B	MBT-1 (90% ON + 10% biobutanolu)	MBT-2 (80% ON + 20% biobutanolu)	MBT-3 (80% ON + 30% biobutanolu)
Gęstość w 20°C [10 ³ kg/m ³]	840	834	824	818,8
Lepkość kinematyczna w 40°C [10 ⁻⁶ m ² /s]	2,75	2,57	2,38	2,15
Napięcie powierzchniowe $\sigma \cdot 10^{-2}$ [N/m]	3,74	3,12	2,89	2,72

3. OPIS BADAŃ

Podczas badań silnik PERKINS 1104C-44 zasilany był czterema mieszaninami paliw ekologicznych.

Podczas sporządzania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika w przedziale od 1000 do 2200 obr/min, rejestrowano, co 200 obr/min: obciążenie silnika oraz zużycie paliwa. Wskazania czasu zużycia paliwa odczytywano z modułu pomiarowego, który posiada oprogramowanie do wyznaczenia wskaźników ekonomicznych i energetycznych badanego silnika na stanowisku hamownianym, a następnie obliczano te wskaźniki w celu potwierdzenia prawidłowości otrzymywanych wyników badań.

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

Wskaźniki ekonomiczne:

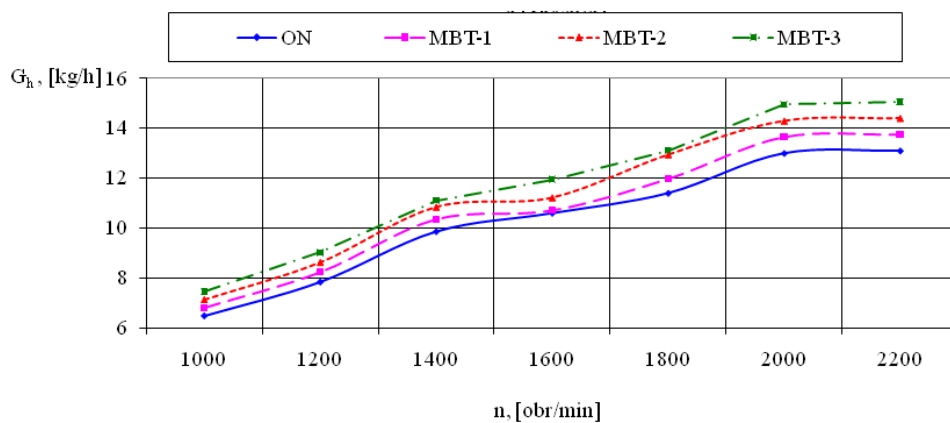
- godzinowe zużycie paliwa G_h , kg/h,
- jednostkowe zużycie paliwa g_e , g/kWh

Wskaźniki energetyczne:

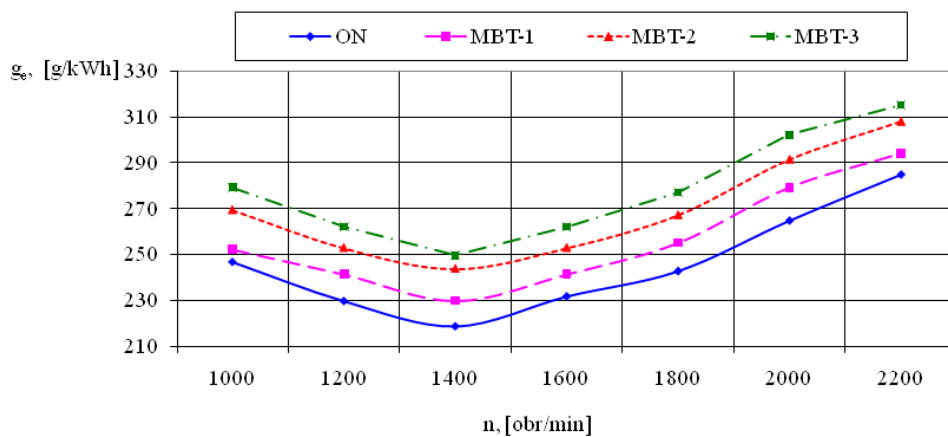
- czasowe zużycie energii \dot{G}_e ; MJ/h
- jednostkowego zużycia energii g_{energ} , J/Ws.
- sprawności energetycznej η_e , %.

4. GRAFICZNE PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ

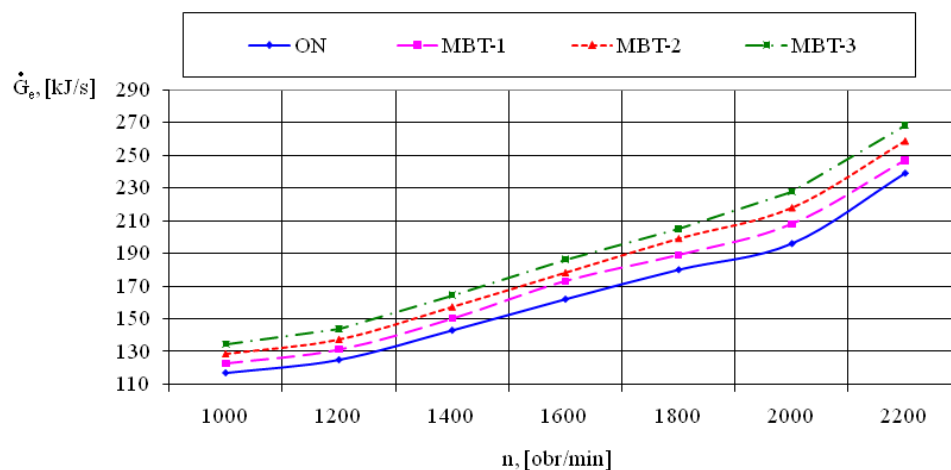
Na rysunku 2 przedstawiono porównanie godzinowego zużycia paliwa, na rys. 3 jednostkowego zużycia paliwa, zaś rys. 4. czasowego zużycia energii, rys. 5 jednostkowego zużycia energii zaś na rys. 6 porównanie sprawności energetycznej.



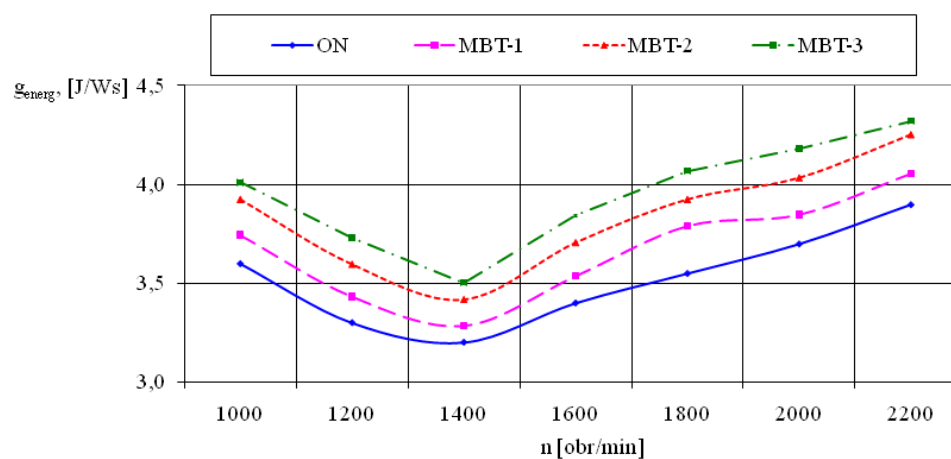
Rys. 2. Porównanie godzinowego zużycia paliwa G_h , [kg/h] dla badanych paliw w funkcji prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min – charakterystyka zewnętrzna



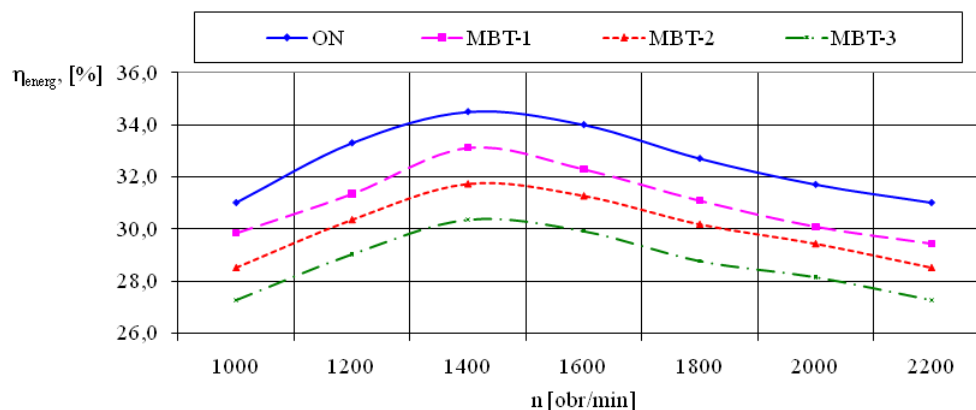
Rys. 3. Porównanie jednostkowego zużycia paliwa g_e , [g/kWh] w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika w zakresie od 1000 do 2200 obr/min – charakterystyka zewnętrzna



Rys. 4. Porównanie czasowego zużycia energii \dot{G}_e [kJ/s] w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika w zakresie od 1000 do 2200 obr/min – charakterystyka zewnętrzna



Rys. 5. Porównanie jednostkowego zużycia energii g_{energ} [J/Ws] w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika w zakresie od 1000 do 2200 obr/min – charakterystyka zewnętrzna



Rys. 6. Porównanie sprawności energetycznej η_{energ} [%] w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika w zakresie od 1000 do 2200 obr/min – charakterystyka zewnętrzna

5. WNIOSKI

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

- Podczas trwania badań hamownianych stwierdzono, że mieszanka oleju napędowego i biobutanolu MBT-1, MBT-2 i MBT-3, jest stabilna w temperaturach otoczenia występującej na hamowni silnikowej w przedziale temperatur od 20 do 32 °C,
- najmniejsze godzinowe zużycie paliwa (G_h) podczas badań w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL ULTRA B zaś największe dla mieszanki MBT-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL ULTRA B, a mieszanką MBT-3 wynosi od 9% do maksymalnie 18,5%,
- najmniejsze jednostkowe zużycie paliwa (g_c) podczas badań w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL ULTRA B zaś największe dla mieszanki MBT-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL, a mieszanką MBT-3 wynosi od 10,3% do 19%,
- najmniejsze czasowe zużycie energii (\dot{G}_e) podczas badań w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL ULTRA B zaś największe dla mieszanki MBT-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL ULTRA B, a mieszanką MBT-3 wynosi od 11,2% do 16,4%,
- najmniejsze jednostkowe zużycie energii (g_{energ}) podczas badań w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występowało dla paliwa EKODIESEL ULTRA B, zaś największe dla mieszanki MBT-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL ULTRA B, a mieszanką MBT-3 wynosi od 12,2% do 18%,

- największa sprawność energetyczna (η_e) w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000 do 2200 obr/min występuje dla paliwa EKODIESEL ULTRA B, zaś najmniejsza dla mieszaniny MTB-3. Bezwzględna różnica procentowa R_p [%] pomiędzy paliwem EKODIESEL ULTRA B, a mieszaniną MTB-3 wynosi od 11,1% do 15,9%,
- badania wykazały wyraźny wpływ takich parametrów fizykochemicznych jak: lepkość, gęstość i wartość opałowa badanych paliw na: godzinowe, jednostkowe zużycie paliwa, czasowe i jednostkowe zużycie energii oraz sprawnością energetyczną, co związane jest między innymi z przebiegiem procesu wtrysku paliwa oraz jego spalania,
- mieszaninę MTB-3 z 30% zawartością biobutanolu zastosowano w badaniach z powodu określenia przydatności ekonomicznej jak również jej wpływ na wskaźniki ekonomiczne i energetyczne, a przede wszystkim na sprawność energetyczną.
- celowe jest dalsze prowadzenie badań nad oceną wpływu zasilania silnika zarówno paliwami pochodzenia mineralnego jak ich mieszaniny z alkoholami na ekonomiczne, energetyczne wskaźniki pracy silnika,

6. LITERATURA

- [1] Ambrozik A.: Analiza cyklu pracy czterosurowych 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] Demirbas A.: Biodiesel. A realistic fuel alternative for diesel engines, Springer, 2008 r..
- [4] Kruczyński S., Orliński P., Orliński P.: Wpływ zastosowania oleju napędowego i estru FAME z 20% dodatkiem etanolu na ekonomiczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika PERKINS-1104C-44, AUTOBUSY, styczeń-luty nr 1-2 2010, ISSN 1509-5878,
- [5] Kruczyński S., Orliński P., Orliński P.: 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 Wydziału SiMR, Warszawa, 2(78)/2010, str.87-102. ISSN 1642-347X.
- [6] Zakład Produktów Naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska Świadectwa jakości paliw, 2010.