

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF MICROEMULSIVE FUEL HYDROCARBON-ESTER-ETHANOL ON CHOSEN PARAMETERS OF DIESEL ENGINES COMBUSTION PROCESS

Stanisław W. Kruczyński, Piotr Orliński

*Politechnika Warszawska, Wydział SiMR, Instytut Pojazdów
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa
e-mail: skruczyn@simr.pw.edu.pl, p.orlinski@simr.pw.edu.pl*

Stanisław Orliński

*Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn
ul. Chrobrego 45, 26-600 Radom
tel.: +4848 3617661, e-mail: walorl@wp.pl*

Abstract

The paper presents investigation results of the PERKINS 1100 engine. The engine was supplied with a microemulsive fuel mixture: hydrocarbon-ester-ethanol and comparatively with hydrocarbon, low-sulphur EKODIESEL PLUS 50B Diesel fuel, as well as the methyl ester of rape oil acids FAME (100%).

Using fuels with different physical and chemical properties for compression-ignition engines requires high accuracy of diagnostic parameter measurements in order to examine differences in processes of injection and combustion. Necessity of fulfilling more and more strict standards concerning emission of toxic components of exhaust gases forces technical staff servicing Diesel engines to possess quick and precise methods which assess their technical state, particularly combustion process and state of injection equipment. Analysis of the experimentally obtained diagrams of fuel pressure in the injection line and needle lift enables to determine injection angle. Experimentally obtained indicating diagrams of the engine were used later on to make relative heat release speed diagrams during combustion.

In the paper it was proven, that the art of fuel with different physical and chemical properties has a significant influence on the fuel injection process and its burning, duration of injection time, fuel speed out of the sprayer as well as the time of stream lasting and quality of its disintegration into drops.

This influence affects fuel consumption, energy parameters, exhaust emission and acoustic signal of an engine.

Keywords: engine diagnostics, alternative fuels and environment

WPLYW SKŁADU PALIWA MIKROEMULSYJNEGO WĘGLOWODOROWO-ESTROWO-ETANOLOWEGO NA WYBRANE PARAMETRY PROCESU SPALANIA W SILNIKU O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

Streszczenie

W referacie przedstawiono wyniki badań silnika PERKINS 1100. Silnik zasilany był mieszaniną paliwa mikroemulsyjnego: węglowodorowo-estrowo-etanolowego oraz porównawczo węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B i estrem metylowym kwasów oleju rzepakowego FAME (100%).

Zastosowanie paliw o różnych właściwościach fizykochemicznych do silników wysokoprężnych wymaga dużych dokładności pomiarów parametrów diagnostycznych celem poznania występujących różnic w procesach wtrysku i spalania. Spełnianie coraz bardziej rygorystycznych norm emisji składników toksycznych spalin zmusza personel techniczny serwisujący silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym do posiadania szybkich i precyzyjnych metod oceny ich stanu technicznego, szczególnie procesu spalania oraz stanu aparatury wtryskowej. Analiza eksperymentalnie wyznaczonych wykresów przebiegu ciśnienia paliwa w przewodzie wtryskowym i wzniosu iglicy wtryskiwacza umożliwia wyznaczenie kąta wyprzedzenia wtrysku. Wyznaczanie charakterystyk względnej prędkości wydzielania się ciepła podczas procesu spalania przeprowadzono w oparciu o eksperymentalnie sporządzone wykresy indykatorowe silnika.

W referacie wykazano, że rodzaj paliwa o różnych właściwościach fizykochemicznych ma istotny wpływ na proces wtrysku paliwa i jego spalanie, czas trwania wtrysku, prędkość wypływu paliwa z rozpylacza oraz czas trwania strugi paliwa i jakość jej rozpadu na krople.

Wpływ ten przejawia się w oddziaływaniu na zużycie paliwa, na wskaźniki energetyczne, emisję toksycznych składników ze spalinami oraz emisję akustyczną.

Słowa kluczowe: diagnostyka silnika, paliwa ekologiczne i środowisko

1. Wstęp

Optymalizacja procesu spalania wymieniana jest jako główny środek ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin i zmniejszenia zużycia paliwa.

Spośród eksperymentalnych metod badań procesów roboczych zachodzących w cylindrach tłokowych silników spalinowych można wyróżnić [1]:

- indykowanie silnika – pomiar przebiegu zmian ciśnienia w cylindrze silnika często uzupełniany pomiarami: przebiegu zmian ciśnienia wtrysku paliwa, wzniosu iglicy wtryskiwacza i wzniosu zaworów, w funkcji kąta obrotu wału korbowego silnika lub położenia tłoka w cylindrze,
- badania optyczne obejmujące wizualizacje procesów zachodzących w przestrzeni roboczej silnika.

Obecnie indykowanie jest metodą powszechnie stosowaną. Metodyka rozwiązywania zagadnienia polegającego na wyznaczeniu charakterystyk wydzielania ciepła podczas procesu spalania w oparciu o eksperymentalnie wyznaczone wykresy indykatorowe silnika zasilanego paliwami o różnych właściwościach fizykochemicznych wymaga zastosowania dokładnych pomiarów wielkości charakteryzujących rzeczywisty przebieg procesów roboczych w cylindrze [1, 2].

Pomiarów wielkości szybkozmiennych w silnikach produkowanych seryjnie można dokonywać bez wprowadzania w nich zmian konstrukcyjnych, które mogłyby istotnie zmieniać własności silnika. Indykowanie jest wiarygodną procedurą badawczą, dostarczającą dokładnych informacji o rzeczywistych procesach zachodzących w silniku. Pozwala ona na rejestrację chwilowych wartości parametrów procesów zachodzących w cylindrze i umożliwia analizę wpływu różnych czynników na ich przebieg.

Informacje uzyskane z indykowania cylindra silnika są podstawą do diagnozowania i optymalizacji procesu spalania oraz pozwalają na jakościową ocenę jego pracy. Rozwój systemów komputerowych oraz czujników pomiarowych sprawił, że pomiar szybkozmiennych wielkości silnika, w szczególności ciśnienia w cylindrze, spełnia wymagania stawiane w zakresie dokładności pomiarów. Dokładność ta umożliwia otrzymanie istotnych i wiarygodnych wielkości oceniających pracę silników. Indykowanie ciśnienia w cylindrze stało się obecnie standardową metodą badawczą stosowaną w dziedzinie tłokowych silników spalinowych.

Ekonomiczne, energetyczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika w bezpośredni sposób zależą od przebiegu wykresu indykatorowego, a ten z kolei zależy od procesu spalania ocenianego za pomocą charakterystyk wydzielania ciepła [1].

Paliwa pochodzenia roślinnego mają inne właściwości fizykochemiczne w porównaniu do paliw mineralnych, stąd występują różnice między nimi w procesie tłoczenia, rozpylania oraz spalania. Lepkość i gęstość paliwa wpływa na jakość procesu jego rozpylenia, a to z kolei decyduje o przebiegu procesu spalania i emisji toksycznych składników spalin. 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.

2. Cel badań

Celem badań jest ocena wpływu zasilania silnika niedoładowanego PERKINS 1104C-44 pracującego według zewnętrznej charakterystyki prędkościowej w przedziale prędkości obrotowej

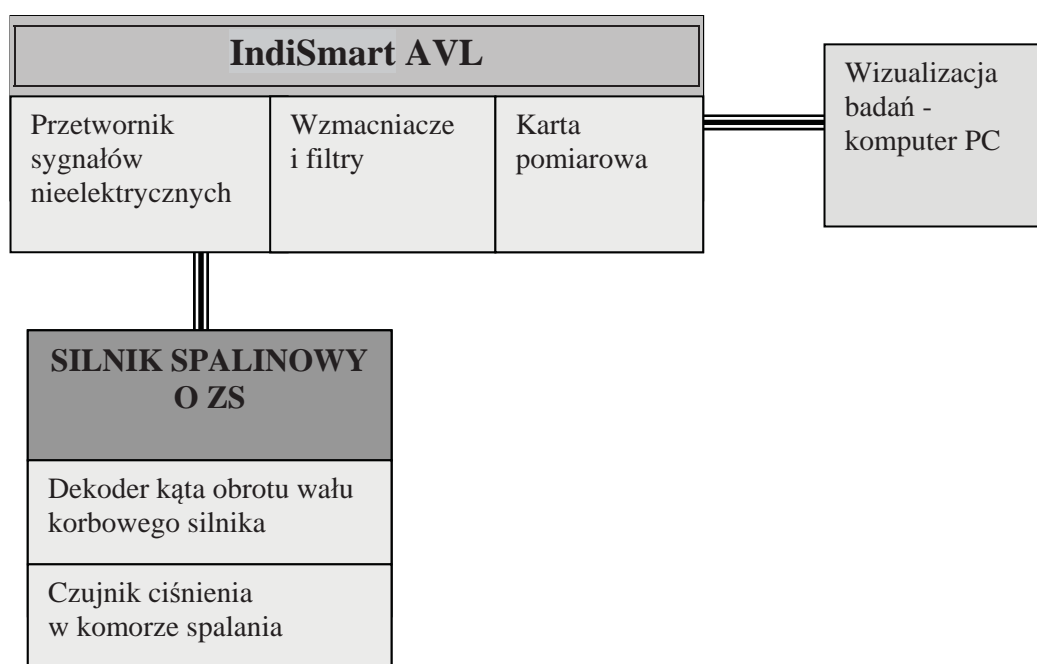
wału korbowego od 1000-2200 obr/min, bez zmian regulacyjnych silnika na ciśnienie spalania i wybrane wielkości charakterystyk wydzielania ciepła.

3. Stanowisko badawcze i właściwości fizykochemiczne badanych paliw

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 i ciśnień szybkozmiennych.

Wyboru badanych paliw dokonano ze względu na ich dostępność na rynku oraz na niejednorodne właściwości fizykochemiczne, które wywierają istotny wpływ na przebieg procesu wtrysku tj. gęstość, lepkość i napięcie powierzchniowe [3].

Mikroemulsja węglowodorowo-estrowo-etanolowa (MECHEE) zastosowana w badaniach to mieszanina objętościowa: 34% etanolu, 33% niskosiarkowego oleju napędowego EKODIESEL PLUS 50B i 33% estru metylowego kwasów oleju rzepakowego FAME-100B. Schemat blokowy stanowiska badawczego pokazano na Rys. 1 zaś schemat stanowiska badawczego na Rys. 2. W Tab. 1 przedstawiono porównanie wybranych właściwości fizykochemicznych zastosowanych do badań paliw.



Rys. 1. Schemat blokowy stanowiska badawczego [3]
Fig. 1. Block diagram of the research stand [3]

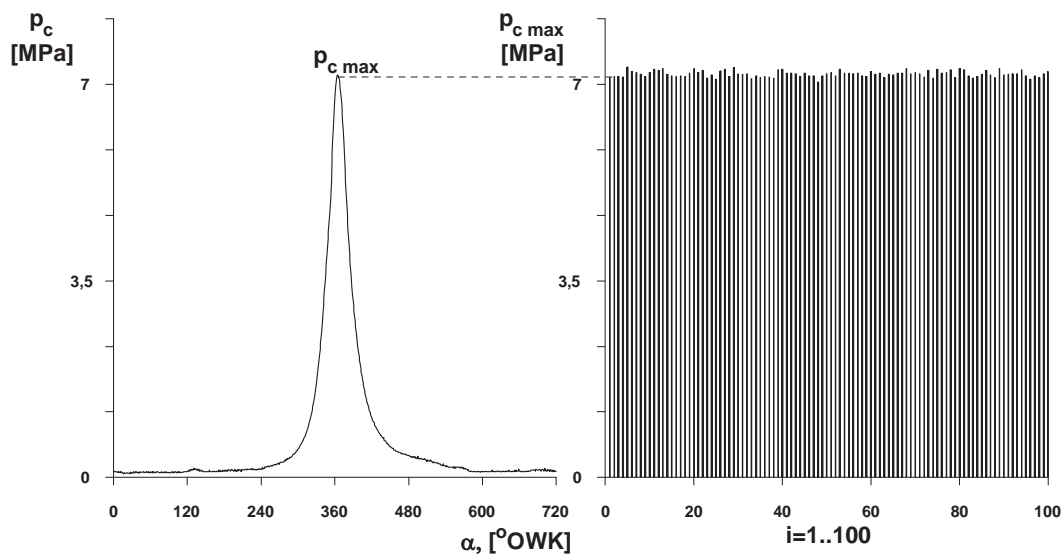
4. Opis metody badań

W czasie wykonywania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika pracującego w zakresie prędkości obrotowej wału korbowego od 1000-2200 obr/min, co 200 obr/min rejestrowano 100 kolejnych przebiegów ciśnienia w cylindrze dla nominalnego kąta dynamicznego początku tłoczenia paliwa w celu wyznaczenie i porównanie maksymalnych ciśnień spalania oraz określenia wartości wywiązywania się ciepła. Ciśnienie wyznaczono przy użyciu kompleksowego systemu do indykowania IndiSmart firmy AVL w konfiguracji dobranej odpowiednio do w/w silnika.

Tab. 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne badanych paliw [4, 5]
 Tab. 1. Selected physicochemical properties of fuel [4, 5]

Właściwości fizykochemiczne	Ester metylowy oleju rzepakowego FAME	Mikroemulsja węglowodorowo-estrowo-etanolowa (MECHEE)	Olej napędowy Ekodiesel Plus-50B
Gęstość [kg/m ³]	878	837,3	848
Lepkość kinematyczna [mm ² /s]	4,70	2,12	3,12
Wartość energetyczna [MJ/kg]	38,4	36,1	43,0

Na Rys. 2 przedstawiono przykładowy uśredniony ze 100 cykli wykres indykatorowy otwarty dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B przy prędkości obrotowej wału korbowego wynoszącej 1800 obr/min.



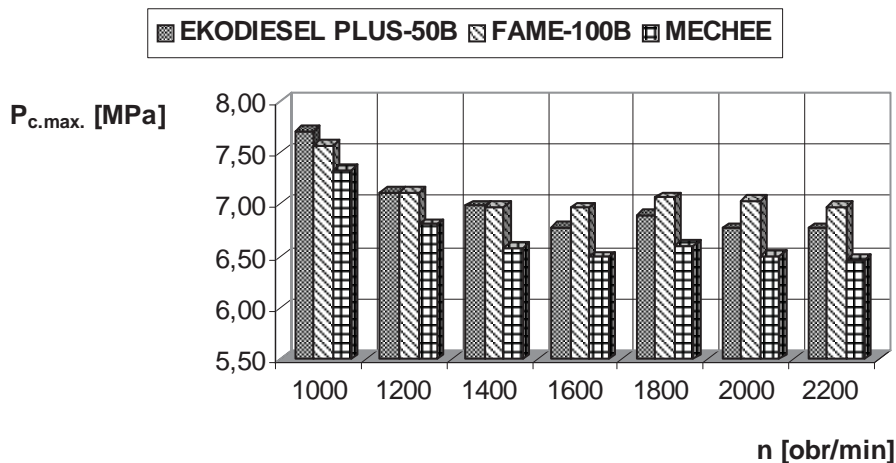
Rys. 2. Przykładowy, uśredniony wg 100 cykli wykres indykatorowy dla paliwa EKODIESEL PLUS 50B przy prędkości obrotowej 1400 obr/min [3]

Fig. 2. Demonstrative, averaged from 100 cycles, indicator graph for EKODIESEL PLUS 50B fuel at the rotational speed 1400 rev/min [3]

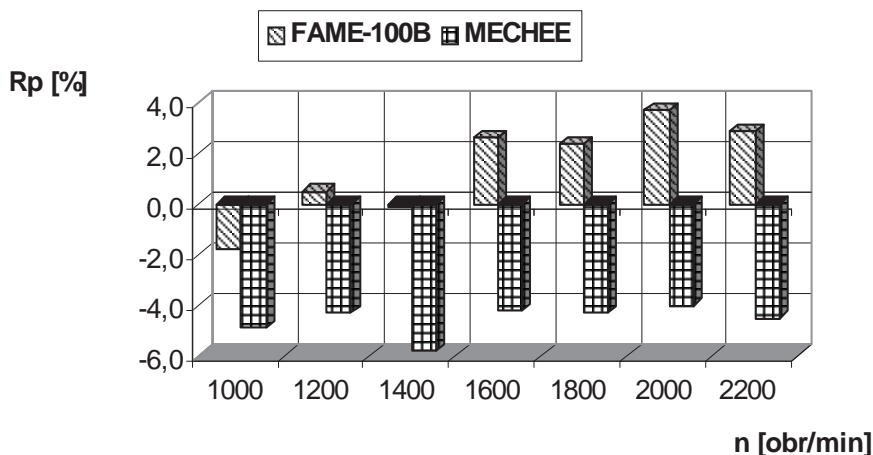
Po wyznaczeniu i przygotowaniu wykresu indykatorowego do dalszej analizy system pomiarowy IndiSmart AVL wyznaczył wartości wywiązywania się ciepła Q_1 odniesione do objętości [6].

5. Analiza otrzymanych wyników badań

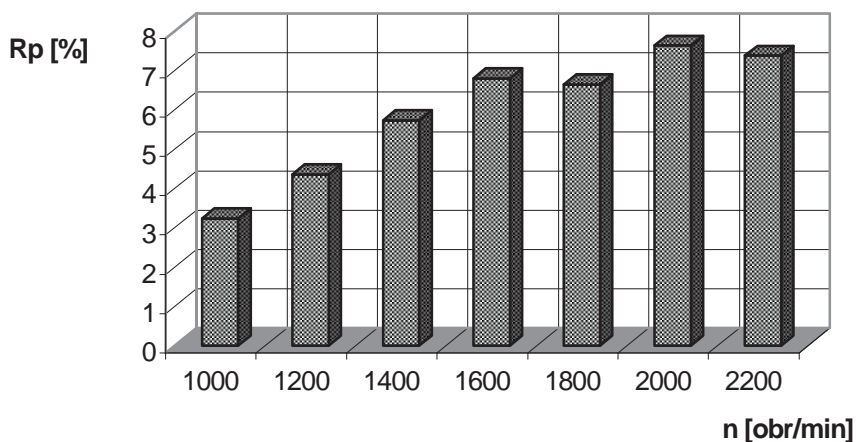
Na Rys. 3 pokazano zbiorcze porównanie maksymalnych ciśnień spalania dla silnika PERKINS 1100 zasilanego badanymi paliwami na bazie prędkościowej charakterystyki zewnętrznej w przedziale prędkości obrotowych wału korbowego silnika od 1000 do 2200 obr/min. Rys. 4 przedstawia porównanie bezwzględnych różnic procentowych maksymalnego ciśnienia spalania pomiędzy paliwem bazowym EKODIESEL PLUS 50-B, a zastępczymi dwoma paliwami FAME-B100 i mikroemulsją MECHEE. Rys. 5 przedstawia porównanie bezwzględnych różnic procentowych maksymalnego ciśnienia spalania pomiędzy zastępczymi paliwami FAME-B100 i mikroemulsją MECHEE. Na Rys. 6 przedstawiono przykładowe uśrednione ze 100 cykli maksymalne wartości wywiązywania się ciepła Q_1 w funkcji kąta obrotu wału korbowego.



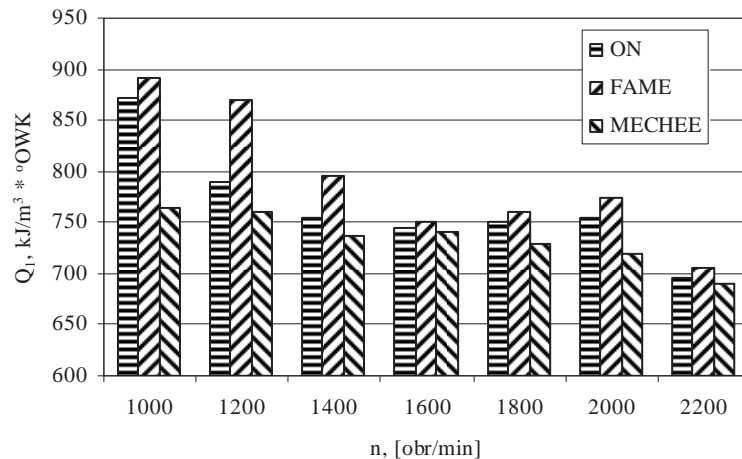
Rys. 3. Zbiórcze porównanie maksymalnych ciśnień spalania $P_{c,max}$ silnika PERKINS zasilanego badanymi paliwami
 Fig. 3. Overall comparison of maximum burn pressures $P_{c,max}$ of PERKINS engine fed with examined fuels



Rys. 4. Porównanie bezwzględnych różnic procentowych maksymalnego ciśnienia spalania pomiędzy paliwem bazowym EKODIESEL PLUS 50-B, a zastępczymi dwoma paliwami FAME-B100 i mikroemulsją MECHEE
 Fig. 4. Comparison of absolute percentage differences of the maximum burn pressure between base EKODIESEL PLUS 50-B fuel and two substitute FAME-B100 fuels and MECHEE microemulsion



Rys. 5. Porównanie bezwzględnych różnic procentowych maksymalnego ciśnienia spalania pomiędzy zastępczymi paliwami FAME-B100 a mikroemulsją MECHEE
 Fig. 5. Comparison of absolute percentage differences of the maximum burn pressure between substitute FAME-B100 fuels and MECHEE microemulsion



Rys. 6. Maksymalne wartości wywiązywania się ciepła Q_1 w komorze spalania silnika Perkins 1104C-44 dla trzech badanych paliw

Fig. 6. Maximum values for heat release Q_1 in the combustion chamber of Perkins 1104C-44 engine for three examined fuels

6. Wnioski

Na podstawie wyników otrzymanych z badań można sformułować następujące wnioski dotyczące porównania uśrednionych maksymalnych ciśnień spalania $P_{c,max}$ dla silnika PERKINS 1104C-44:

- po wyznaczeniu uśrednionych maksymalnych ciśnień spalania $P_{c,max}$ dla silnika PERKINS w przedziale prędkości obrotowych od 1000 do 2200 obr/min zaobserwowano większe $P_{c,max}$ dla paliwa EKODIESEL PLUS-50B do $n=1600$ obr/min zaś od $1600 \div 2200$ obr/min większe $P_{c,max}$ wystąpiło dla paliwa FAME B-100. Paliwo MECHEE miało najmniejsze ciśnienie $P_{c,max}$ w całym przedziale prędkości obrotowych od 1000-2200 obr/min (Rys. 3),
- bezwzględna różnica procentowa pomiędzy EKODIESEL, a FAME B-100 od $n=1000 \div 1600$ obr/min jest większa i wynosi $R_p=0,15 \div 1,7\%$ dla paliwa EKODIESEL, a od $1600 \div 2200$ obr/min jest większa dla paliwa FAME B-100 i wynosi $R_p=2,6 \div 3,7\%$,
- bezwzględna różnica procentowa $P_{c,max}$ pomiędzy paliwem EKODIESEL, a MECHEE w przedziale $n= 1000 \div 2200$ obr/min jest większa dla paliwa EKODIESEL $R_p=4,0 \div 5,8\%$,
- natomiast bezwzględna różnica procentowa $P_{c,max}$ pomiędzy paliwem FAME B-100, a MECHEE w przedziale $n= 1000 \div 2200$ obr/min jest większa dla paliwa FAME B-100 $R_p = 3,2 \div 7,6\%$,
- na bezwzględne różnice procentowe $P_{c,max}$ pomiędzy badanymi paliwami miały wpływ: gęstości, lepkości oraz napięcia powierzchniowego badanych paliw.

Wnioski dotyczące wydzielającego się ciepła:

- największą maksymalną wartość wywiązywania się ciepła Q_1 uzyskuje się przy zasilaniu paliwem FAME B-100 w porównaniu z pozostałymi paliwami w badanym zakresie prędkości obrotowej (Rys. 6).

Wnioski podsumowujące:

- przedstawiona metodyka badań umożliwia analizę rzeczywistych wykresów indykatorowych z uwzględnieniem ciśnień spalania oraz wymiany ciepła pomiędzy czynnikiem roboczym, a ściankami komory spalania, zmiany składu czynnika roboczego podczas procesu spalania jak również zależność ciepła właściwych czynnika roboczego zależy od temperatury i jego składu.
- celowe jest dalsze prowadzenie badań nad oceną wpływu zasilania silnika zarówno paliwami pochodzenia mineralnego jak i roślinnego oraz ich mieszaninami na ekonomiczne,

- energetyczne i ekologiczne wskaźniki pracy silnika,
- przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania estrów olejów roślinnych i ich 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.

Literatura

- [1] Ambrozik, A., *Wybrane zagadnienia procesów cieplnych w tłokowych silnikach spalinowych*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Monografie, Nr 40, Kielce 2003.
- [2] 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.
- [3] *Dokumentacja techniczna stanowiska badawczego*, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska, Warszawa 2008.
- [4] *Świadectwa jakości paliw*, Zakład Produktów Naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska, 2009.
- [5] *Świadectwa jakości paliw*, PKN ORLEN S.A. i Rafineria Trzebinia, 2008.
- [6] <http://www.avl.com>.

