

PARAMETRY ENERGETYCZNE I ASPEKT EKOLOGICZNY ZASILANIA SILNIKA ZS PALIWEM MINERALNYM POCHODZENIA ROŚLINNEGO

Andrzej Ambrozik

Katedra Maszyn Ciepłych, Politechnika Świętokrzyska

Janusz Jakóbiec

Katedra Technologii Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Streszczenie: W pracy zamieszczono informacje dotyczące obecności na rynku nowych biokomponentów olejów napędowych w tym biopaliw o odmiennych właściwościach fizykochemicznych pod względem struktury chemicznej. Sytuacja ta wymaga szczegółowego poznania procesów spalania tych produktów w silniku i związków przyczynowo-skutkowych zachodzących pomiędzy tymi procesami i ich wpływu na kształtowanie parametrów pracy silnika i poziom emisji spalin. Zwrócono uwagę na uwarunkowania techniczne związane z zasilaniem silników o zapłonie samoczynnym biopaliwem.

Słowa kluczowe: biopaliwa RME, cechy fizyko-chemiczne biopaliw, parametry energetyczne biopaliw

Wstęp

Perspektywa wyczerpania się zasobów paliw kopalnych, obawy o stan środowiska naturalnego, a przede wszystkim do niedawna rosnące ceny ropy naftowej przyspieszyły zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii, w tym biopaliwem [Gajewska 2007]. Istotną przeszkodą w jego zastosowaniu są stosunkowo wysokie koszty produkcji w porównaniu z paliwami pochodzenia mineralnego oraz bierne stanowisko producentów silników i układów paliwowych. Wprowadzenie na rynek nowych biokomponentów oleju napędowego lub biopaliw o znacząco odmiennych pod względem struktury chemicznej właściwościach fizykochemicznych musi rodzić obawy, że wypracowane przez lata technologie paliw węglowodorowych zostaną niebezpiecznie zakłócone [Kulczycki 2006]. Doskonalenie konstrukcji silników spalinowych ZS wymaga szczegółowego poznania procesów spalania biopaliw i związków przyczynowo skutkowych zachodzących pomiędzy tymi procesami.

Wymagania dotyczące paliw do silników o zapłonie samoczynnym

Paliwo przeznaczone do zasilania silników o zapłonie samoczynnym powinno zapewnić prawidłowe funkcjonowanie całego układu paliwowego, doprowadzając do prawidłowego i efektywnego spalania a także powinno cechować się wytwarzaniem możliwie najmniej szkodliwych składników w procesie spalania [Merkisz 1998; Mysłowski 1995].

Na prawidłowe funkcjonowanie układu zasilania paliwem silnika o ZS mają wpływ następujące właściwości fizykochemiczne paliwa:

- gęstość;
- lepkość;
- parametry reologiczne w niskiej temperaturze;
- smarność;
- zawartość zanieczyszczeń stałych i wody;
- lotność;
- prężność par.

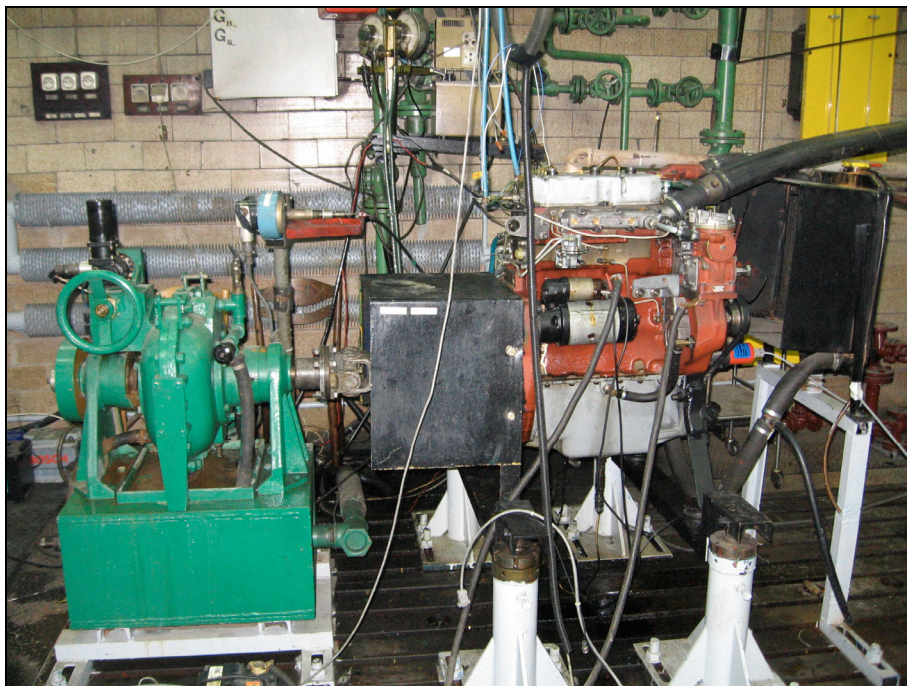
Rodzaj paliwa i parametry procesu wtrysku determinują jakość tworzonej mieszanki palnej w komorze spalania silnika [Ambrozik i in. 2006; Jakóbiec 2008; Kruczyński i in. 2006]. Wpływają w istotny sposób na przebieg procesu spalania ponieważ:

- mają decydujący wpływ na okres opóźnienia zapłonu, od którego zależy jakość i czas przebiegu następnych okresów spalania;
- determinują jakość mieszanki paliwowo-powietrznej.

W silniku o zapłonie samoczynnym wskutek wtrysku paliwa do cylindra rozkład paliwo-powietrze jest bardzo niejednorodny. Procesy powstawania związków toksycznych spalin w silniku o zapłonie samoczynnym generalnie są kontrolowane mieszaniem. Kąt wtrysku (początek wtrysku) paliwa jest zasadniczym parametrem regulacyjnym i kontrolującym emisję NO_x , a także pozostałych składników toksycznych spalin i sadzy. Paliwo doprowadzone do cylindrów silnika jest źródłem energii chemicznej, która ulega zmianie (całkowicie lub częściowo podczas spalania niepełnego) na energię cieplną w procesie spalania. Przebieg wywiązywania się ciepła podczas procesu spalania decyduje o wartości średniego ciśnienia indykowanego w cylindrze oraz sprawności obiegu rzeczywistego, a także o obciążeniu cieplnym i mechanicznym poszczególnych elementów roboczych silnika. Spośród wielu właściwości fizykochemicznych bardzo duży wpływ na prawidłowe funkcjonowanie układu zasilania paliwem silnika o ZS ma lepkość. Decyduje ona o wielkości oporów przepływu paliwa przez przewody, filtry, dyszę rozpylacza, a także o przebiegu procesu tłoczenia i dawkowania. Gęstość paliwa stanowi cechę charakterystyczną z uwagi, że ilość paliwa wtryskniętego do komory spalania jest podawana objętościowo lub czasowo we wtryskiwaczach sterowanych elektronicznie. Ponadto parametry reologiczne decydują o przydatności eksploatacyjnej paliwa silnikowego w niskiej temperaturze.

Ocena parametrów roboczych silnika AD3.152 UR zasilanego ON, biopaliwem B10 i FAME

Przedmiotem badań silnikowych hamownianych były paliwa: olej napędowy Ekodiesel Ultra, estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego i biopaliwo E10, E20 i E30. Do oceny właściwości użytkowej paliw użyto trzycylindrowego silnika ciągnika rolniczego typu PERKINS AD.152 UR z bezpośrednim wtryskiem paliwa do komory usytuowanej w denku tłoka. Obiekt badawczy jak silnik zawiera układ zasilania paliwem z rozdzielaczową pompą wtryskową typu DPA z mechanicznym regulatorem obrotów, napędzana poprzez przekładnię zębatą wału korbowego (rys. 1.).



Rys. 1. Widok ogólny stanowiska badawczego (hamownianego)

Fig. 1. A General view of the test stand (engine test bench)

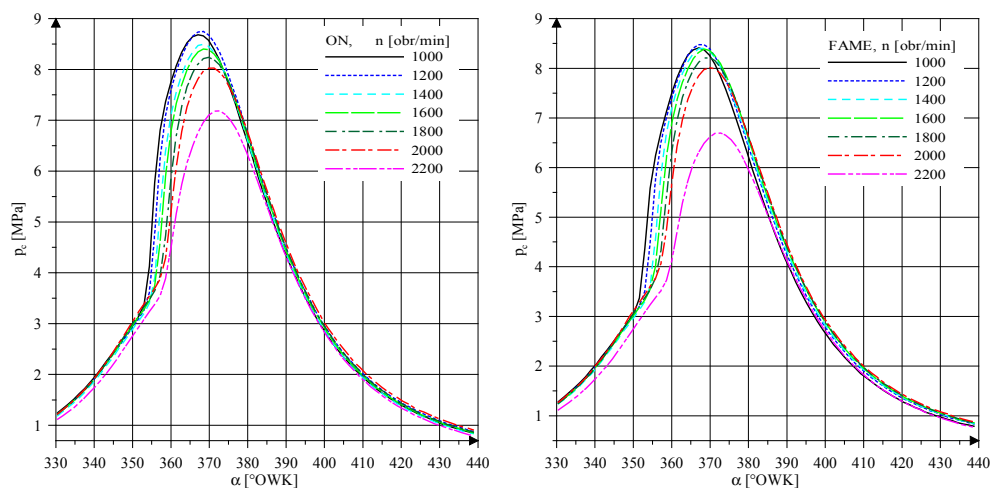
Zakres badań silnikowych obejmował:

- pomiar wielkości szybkozmiennych, w tym ciśnienia w cylindrze silnika p_c , ciśnienia w przewodzie wtryskowym p_w i wzniosu iglicy wtryskiwacza h_t
- pomiar parametrów roboczych silnika (N_e , M_o , G_h , g_e).

W pracy ograniczono się do przedstawienia wyników badań, obejmujących pomiar ciśnienia w cylindrze p_c silnika AD3.152 UR, zasilanego olejem napędowym Ekodiesel Ultra i estrem metylowym kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego. Na rys. 2 przedstawiono przebiegi ciśnienia w cylindrze p_c silnika AD3.152 UR, pracującego wg zewnętrznej charakterystyki prędkościowej, przy zasilaniu olejem napędowym Ekodiesel Ultra i estrem metylowym kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego.

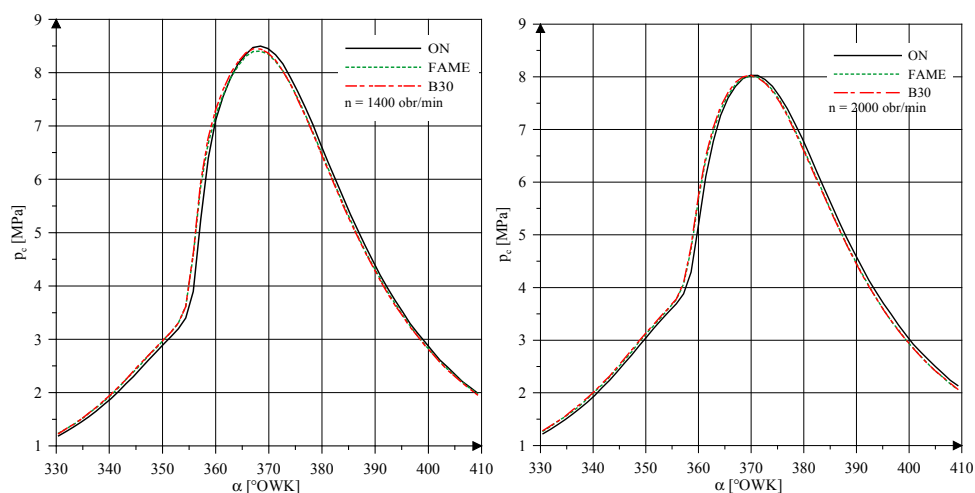
Stwierdzono, że maksymalne ciśnienie procesu spalania oleju napędowego Ekodiesel Ultra w funkcji prędkości obrotowej silnika jest minimalnie większe w odniesieniu do estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego. Największą różnicę ciśnień w cylindrze p_c silnika zasilanego ON i FAME zarejestrowano dla dwóch prędkości obrotowych tj. $n=1400 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ i $n=2000 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$, co przedstawiono na rys. 3.

Wskaźniki efektywne i indykowane silnika AD3.152 UR zasilanego ON, FAME i biopaliwem E10, E20, E30 pracującego według charakterystyki zewnętrznej prędkościowej przy kącie wyprzedzenia wtrysku $\alpha_{ww}=17^\circ$ OWK przedstawiono w tab. 1. [6]. Przedstawione wyniki dotyczą prędkości obrotowej silnika $n_M=1200 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ i $n_N=2000 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$.



Rys. 2. Przebiegi ciśnienia w cylindrze p_c silnika AD3.152 UR, pracującego wg zewnętrznej charakterystyki prędkościowej, przy zasilaniu olejem napędowym Ekodiesel Ultra i estrami metylowym kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego FAME

Fig. 2. Pressure curves in a cylinder (p_c) of an AD3.152 UR engine, working according to an external speed characteristic, powered by Ekodiesel Ultra diesel oil and fatty acid methyl esters (FAME) from rape-seed oil



Rys. 3. Porównanie przebiegów ciśnienia w cylindrze p_c silnika AD3.152 UR, pracującego wg zewnętrznej charakterystyki prędkościowej, wyznaczonych dla prędkości obrotowych 1400 i 2000 obr/min przy zasilaniu olejem napędowym Ekodiesel Ultra i estrami metylowym kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego FAME

Fig. 3. The comparison of pressure curves in a cylinder (p_c) of the AD3.152 UR engine, working according to an external speed characteristic, determined for speeds 1400 and 2000 rpm for engine powered by Ekodiesel Ultra diesel oil and rape-seed oil fatty acid methyl esters (FAME)

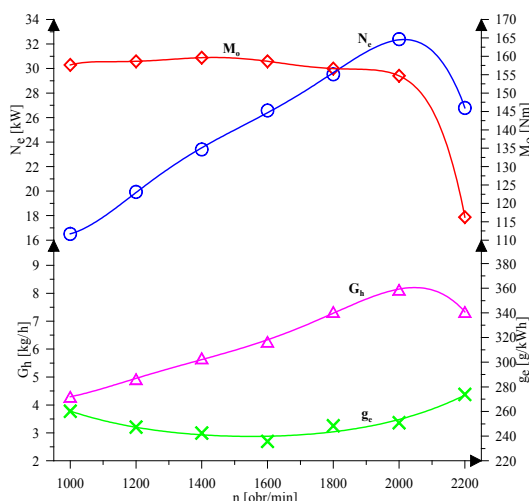
Parametry energetyczne...

Tabela 1. Wskaźniki efektywne i indykowane silnika AD3.152 UR zasilanego ON, FAME i biopaliwem E10, E20, E30 przy kącie wyprzedzenia wtrysku paliwa $\alpha_{ww}=17^\circ$ OWK

Table 1. Effective and indicated indexes of the AD3.152 UR engine powered by ON, FAME and E10, E20, E30 biofuels, at fuel injection advance angle $\alpha_{ww}=17^\circ$ OWK

n obr·min ⁻¹	Paliwo	N _e kW	M _o Nm	p _e MPa	G _h kg/h	g _e g/kWh	L _i J	p _i MPa	N _i kW	M _i Nm	g _i g/kWh
1400	ON	23,402	159,621	0,802	5,674	242,479	897,260	1,076	31,404	214,205	180,667
	FAME	23,280	158,788	0,798	6,487	278,671	867,758	1,040	30,372	207,162	213,588
	E10	23,495	160,255	0,805	5,601	238,398	875,147	1,049	30,630	208,926	182,859
	E20	23,656	161,353	0,810	5,739	242,610	865,395	1,038	30,289	206,598	189,476
	E30	23,464	160,044	0,804	6,118	260,730	862,149	1,034	30,175	205,823	202,745
2000	ON	32,399	154,694	0,777	8,128	250,878	949,946	1,139	47,497	226,783	171,125
	FAME	31,802	151,841	0,763	9,082	285,592	895,820	1,074	44,791	213,861	202,764
	E10	32,104	153,287	0,770	7,755	241,565	901,300	1,081	45,065	215,170	172,085
	E20	32,751	156,373	0,785	8,221	251,013	891,922	1,069	44,596	212,931	184,343
	E30	32,062	153,086	0,769	8,267	257,847	893,991	1,072	44,700	213,425	184,946

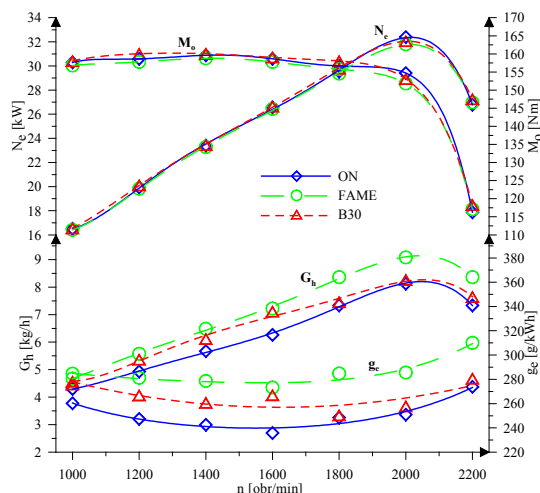
Na rys. 4. przedstawiono zewnętrzną charakterystyką prędkościową silnika AD3.152 UR zasilanego olejem napędowym Ekodiesel Ultra.



Rys. 4. Zewnętrzna charakterystyka prędkościowa silnika AD3.152 UR zasilanego olejem napędowym Ekodiesel Ultra (ON), przy ustawieniu kąta wyprzedzenia wtrysku paliwa $\alpha_{ww}=17^\circ$ OWK

Fig. 4. External speed characteristics for the AD3.152 UR engine powered by Ekodiesel Ultra (ON) diesel oil, at fuel injection advance angle setting: $\alpha_{ww}=17^\circ$ OWK

Porównawcze przebiegi zewnętrznych charakterystyk prędkościowych silnika AD3.152 UR zasilanego ON, FAME i biopaliwem E30 przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Porównawcze przebiegi zewnętrznych charakterystyk prędkościowych silnika AD3.152 UR zasilanego ON, FAME i biopaliwem E30

Fig. 5. Comparative curves of external speed characteristics for the AD3.152 UR engine powered by diesel oil (ON), FAME and E30 biofuel.

Wnioski

- Badania silnikowe hamowniane pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:
- maksymalne ciśnienie procesu spalania w funkcji prędkości obrotowej silnika AD3.152 UR było minimalnie większe dla oleju napędowego Ekodiesel Ultra w stosunku do estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego
 - silnik zasilany olejem napędowym Ekodiesel Ultra prezentował minimalnie większą moc efektywną i moment obrotowy w odniesieniu do FAME (wpływ wartości opałowej FAME)
 - zużycie paliwa było większe w przypadku zasilania silnika FAME w odniesieniu do ON, natomiast dla biopaliwa, zwłaszcza dla E10 różnica była niewielka

Bibliografia

- Ambrozik A., Kruczyński S., Jakóbiec J.** 2006. Wpływ zasilania silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym paliwem mineralnym i roślinnym na proces wtrysku oraz rozpad strugi paliwa; 32 th International Scientific Congress on Powertrain And Transport Means European KONES 2006, Warszawa-Lublin-Naęczów. s. 255-261.
- Gajewska K.** 2007. Biopaliwa – rozwiązania prawne w zakresie akcyzy w wybranych państwach Unii Europejskiej, Biuletyn ITN styczeń-marzec. s. 22-27.
- Jakóbiec J., Urzędowska W., Mazanek A., Lubowicz J.** Badania eksploatacyjne biopaliwa B10 zawierającego 10% (V/V) FAME w nowoczesnych silnikach o zapłonie samoczynnym z bezpośrednim, wysokociśnieniowym wtryskiem paliwa w układzie Common Rail, uwzględniając aspekt współdziałania z olejem silnikowym. Dokumentacja INiG Nr DK-4100-108/08.

- Jakóbiec J.** 2008. Badania wizualizacyjne proces wtrysku paliwa pochodzenia mineralnego i roślinnego; Praca niepublikowana.
- Kruczyński S., Jakóbiec J., Orliński S.** 2006. Wpływ zasilania silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym paliwem mineralnym i roślinnym na kąt wtrysku i charakterystyki wydzielania ciepła; 32 th International Scientific Congress on Powertrain And Transport Means European KO-NES 2006, Warszawa-Lublin-Naęczów. s. 21-28.
- Kruczyński D., Jakóbiec J.** 2004. Wpływ zasilania silnika AD3.153 UR różnymi paliwami na parametry i wskaźniki cyklu pracy; 30 th International Scientific Conference on International Combustion Engineers – KONE. Kraków-Zakopane. s. 85-94.
- Kulczycki A.** 2006. Rola badań naukowych w rozwoju biopaliw., *Przemysł Chemiczny* 85/12. s. 1576-1578.
- Merkisz J.** 1998. Trendy rozwojowe w przepisach dotyczących składników toksycznych w silnikach spalinowych. *Zeszyty Instytutu Pojazdów* 1(27). Politechnika Warszawska.
- Mysłowski J.** 1995. Proekologiczne kierunki rozwoju silników o zapłonie samoczynnym, *Auto-Technika Motoryzacyjna* Nr 2. s. 8-14.

ENERGY PARAMETERS AND THE ECOLOGICAL ASPECT OF ENGINE POWERING BY MINERAL FUEL DERIVED FROM VEGETABLES

Abstract. The paper contains information concerning the presence of new biocomponents of diesel oil on the market, including biofuels with different physical and chemical properties in respect of the chemical structure. This situation requires a thorough understanding of processes involving the combustion of these products in an engine, as well as cause and effect relationships occurring between these processes and their impact on the progress operation parameters of the engine as well as the level of gas emission. The authors focused their attention on the technical conditions related to powering of self-ignition engines with biofuel.

Key words: RME biofuels, physical and chemical characteristics of biofuels, energy parameters of biofuels

Adres do korespondencji:

Janusz Jakóbiec; e-mail: jjakobiec@agh.edu.pl
Katedra Technologii Paliw
Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków