

WPLYW ZAWARTOŚCI ETANOLU W PALIWIE NA PARAMETRY SILNIKA PILARKI SPALINOWEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu zawartości bioetanolu w paliwie na parametry silnika pilarki spalinowej. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że dodatek bioetanolu w badanym zakresie nie wpływa negatywnie na parametry silnika pilarki spalinowej.

Wstęp

Wykorzystanie alkoholu do zasilania silników spalinowych nie jest pomysłem nowym. Warto wspomnieć, że pierwszy silnik spalinowy zbudowany przez Nicolasa Otto działał wykorzystując to paliwo. Również pierwszy masowo produkowany samochód osobowy Ford T był przystosowany do zasilania alkoholem [3]. W okresie II wojny światowej alkohol był obiektem zainteresowania jako paliwo mogące zastąpić benzynę w wypadku jej braku. Krajem, w którym obecnie na szeroką skalę wykorzystuje się etanol do zasilania silników pojazdów jest Brazylia. W dotychczas prowadzonych badaniach nad zastosowaniem alkoholu do zasilania małych dwusuwowych silników spalinowych (podobnych konstrukcyjnie do silników pilarek spalinowych) [1], nie stwierdzono negatywnego wpływu dodatku etanolu na osiągi silnika.

Jako paliwa mogą być stosowane dwa alkohole metanol oraz etanol, jednak ze względu na pewne negatywne cechy, jakimi charakteryzuje się metanol do zasilania silników z zapłonem iskrowym używany jest odwodniony alkohol etylowy (C_2H_5OH), zwany bioetanolem. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 19 października 2005 roku w sprawie wymagań jakościowych dla biokomponentów oraz metod badania biokomponentów (Dz.U z 2005 Nr.218 poz.1845) bioetanol jest to odwodniony alkohol etylowy otrzymywany z surowców roślinnych. Stosowany jako biokomponent powinien mieć stężenie na poziomie co najmniej 99,6%, a zawartość wody nie więcej niż 0,40%.

W porównaniu do paliw węglowodorowych najbardziej istotne korzystne cechy paliw alkoholowych, to [2]:

- mniejsze teoretyczne zapotrzebowanie powietrza,
- wyższa liczba oktanowa, pozwalająca stosować większe stopnie sprężania,
- mniejsza energia zapłonu, co pozwala na zwiększenie sprawności silnika przez możliwość używania uboższych mieszanek,
- większa prędkość płomienia (20-30%) wpływa na podwyższenie sprawności silnika, a także pozwala na pracę z większymi prędkościami obrotowymi.

Paliwo to ma następujące wady w porównaniu z benzyną:

- mniejsza wartość opałowa,
- niska liczba cetanowa, uniemożliwiająca zastosowanie czystych alkoholi do silników ZS,
- znacznie wyższe (trzykrotnie większe niż benzyny) utajone ciepło parowania, utrudnione jest przez to odparowywanie paliwa w gaźniku, szczególnie przy niższych temperaturach,
- higroskopijność,
- agresywne oddziaływanie na niektóre metale,
- konieczność dodawania stabilizatora lub emulgatora w celu otrzymania jednolitej mieszanki alkoholu z benzyną.

Metodyka badań

Celem badań było ustalenie wpływu zawartości etanolu w paliwie zasilającym silnik pilarki spalinowej na jego osiągi. Badania zostały zrealizowane na hamowni silników spalinowych małych mocy (rys. 1) w Katedrze Maszyn Rolniczych i Leśnych SGGW w Warszawie.

Obiektem badań była pilarka Husqvarna 372 XP, należąca do grupy dużych pilarek profesjonalnych. Dane techniczne pilarki przedstawiono w tab. 1.



Rys. 1. Hamownia małych silników spalinowych
Fig. 1. Test house for small combustion engines

Tab. 1. Dane techniczne pilarki Husqvarna 372 XP (według producenta)

Table 1. Technical data of the chain saw Husqvarna 372 XP (according to the producer)

Pojemność skokowa	70,7 cm ³
Moc	3,9 kW / 5,3 KM
Maksymalna zalecana prędkość obrotowa silnika	13500 obr/min
Prędkość obrotowa biegu jałowego	2700 obr/min
Pojemność zbiornika paliwa	0,77 l
Masa bez urządzenia tnącego	6,1 kg

Badania przeprowadzono przy zasilaniu czterema rodzajami paliwa:

- paliwem standardowym E0 benzyną 95 oktanową;
- paliwem E10 - mieszaniną zawierającą objętościowo 90% benzyny i 10% odwodnionego etanolu;
- paliwem E20 zawierającym 80% benzyny i 20% etanolu;
- paliwem E30, o zawartości 70% benzyny i 30% etanolu.

W każdym przypadku do paliwa dodawany był specjalny olej smarujący dla silników dwusuwowych w proporcji 1:50.

Do tworzenia mieszanin wykorzystany został bioetanol etanol absolutny paliwowy, wyprodukowany przez „Akwawit-Brasco” S.A. z siedzibą w Lesznie.

W celu dokonania analizy porównawczej przebiegu charakterystyki zewnętrznej silnika pilarki przy zasilaniu poszczególnymi mieszankami rejestrowane były cztery parametry:

- moc użyteczna N [kW],
- moment obrotowy M [Nm],
- sekundowe zużycie paliwa Q [g/s],
- jednostkowe zużycie paliwa q [g/kWh].

Wymienione wielkości mierzone były przy obciążeniu zadawanym w cyklu zaprogramowanym w komputerze sterującym. Zakres prędkości obrotowej silnika w trakcie pomiarów wynosił od 4500 do 13500 obr/min.

Aby zapewnić porównywalność wyników badań uzyskiwanych w różnych warunkach konieczne było ich sprowadzenie do tzw. warunków normalnych. Warunki normalne wg PN 88/5-02005 to:

- temperatura powietrza 25°C,
- ciśnienie atmosferyczne 999 hPa,
- wilgotność względna powietrza 30%.

W przypadku prowadzenia pomiarów w innych warunkach konieczne jest użycie współczynnika korekcyjnego. Korekcje uzyskanych wyników do warunków normalnych dokonywał automatycznie układ rejestrujący.

W celu uproszczenia analiz, modele opisujące zależność badanych parametrów od zmiennej niezależnej - prędkości obrotowej zostały opisane wielomianami trzeciego stopnia. Kolejnym etapem analizy było stwierdzenie istotności statystycznej różnic pomiędzy seriami pomiarów uzyskanymi dla różnych paliw. Hipoteza zerowa została sformułowana w postaci H_0 - dodatek bioetanolu nie ma wpływu na badane parametry. Weryfikacja hipotezy zerowej została przeprowadzona za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa.

Obliczenia wykonane zostały w pakiecie statystycznym Statistica 7.1 PL. Przyjęto poziom istotności p równy 0,05.

Wyniki i ich analiza

Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 2. Krzywe przedstawione na tym rysunku opisano wielomianami trzeciego stopnia o następującej postaci ogólnej:

$$\left. \begin{matrix} N \\ M \\ q \end{matrix} \right\} = a_0 + a_1 \cdot n + a_2 \cdot n^2 + a_3 \cdot n^3;$$

gdzie:

N - moc [W];

M - moment obrotowy [Nm];

q - jednostkowe zużycie paliwa [g/kWh];

n - prędkość obrotowa silnika [obr/min];

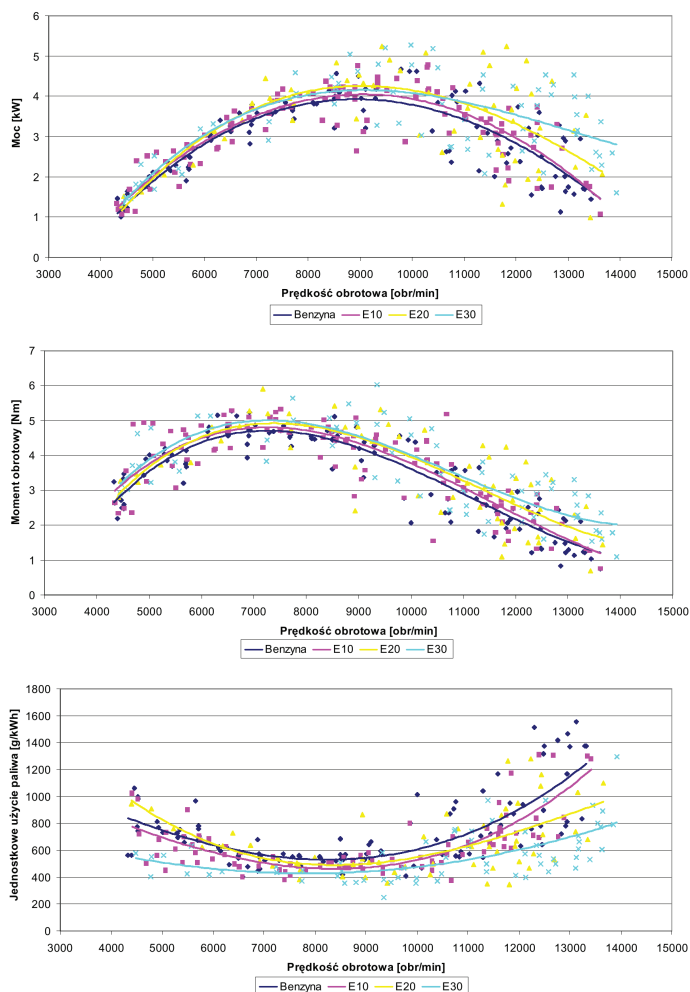
a_0, a_1, a_2, a_3 - parametry równania odpowiednie dla poszczególnych wielkości.

Parametry równań przedstawiono w tab. 2. W tabeli tej przedstawiono również współczynnik korelacji r dla każdego z równań.

We wszystkich przypadkach uzyskane wartości współczynnika korelacji r były większe od wartości krytycznych r_{kr} , co oznacza, że wszystkie zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami a prędkością obrotową silnika są istotne statystycznie.

Analizując uzyskane wyniki można zauważyć, że w przypadku mocy i momentu obrotowego istnieje prędkość obrotowa, przy której parametry te osiągają swoje maksimum, jednak wraz ze zmianą zawartości etanolu w paliwie zmienia się wartość prędkości obrotowej odpowiadającej największemu momentowi i prędkości obrotowej odpowiadającej największej

mocy. Z rys. 2c wynika, że wraz ze wzrostem zawartości etanolu spada jednostkowe zużycie paliwa.



Rys. 2. Porównanie parametrów silnika w funkcji prędkości obrotowej przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości bioetanolu: a) moc, b) moment obrotowy, c) jednostkowe zużycie paliwa

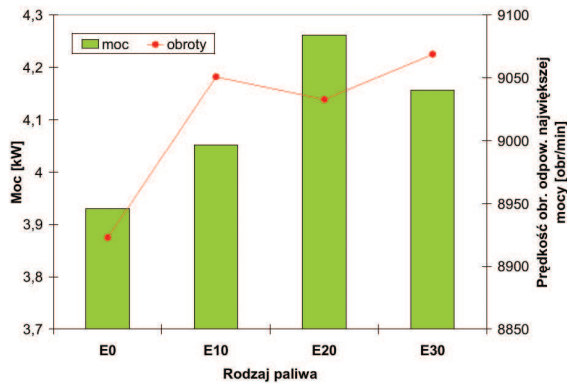
Fig. 2. The comparison of parameters of the engine in the function of the rotational speed at the fuel supply using fuels with the different content of the ethanol: a) engine power, b) engine torque, c) specific fuel consumption

Na rys. 3 przedstawiono, w jaki sposób dodatek bioetanolu wpływa na osiąganą moc maksymalną oraz prędkość obrotową, przy której ta moc jest osiągana. Widać, że w badanym zakresie najmniejszą moc osiągnięto przy zasilaniu silnika benzyną (3,93 kW) natomiast największą przy zasilaniu paliwem o zawartości 20% bioetanolu (4,26 kW).

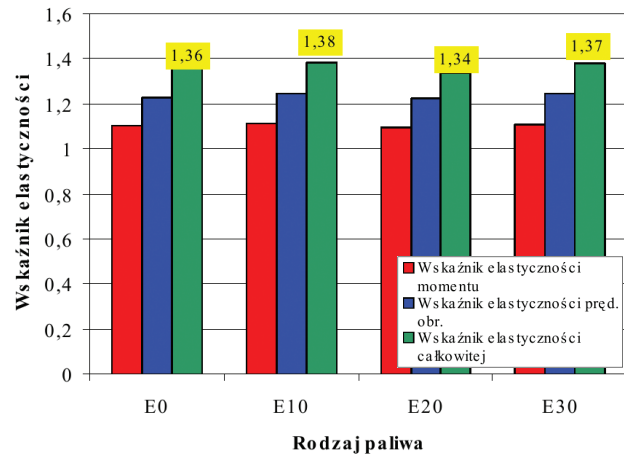
Z rys. 3 wynika, że w miarę wzrostu zawartości bioetanolu w paliwie wzrasta również prędkość obrotowa odpowiadająca największej mocy uzyskiwanej przez silnik pilarki. Podobnie jak w przypadku mocy najmniejszą wartość momentu maksymalnego (rys. 4) uzyskano przy zasilaniu silnika benzyną (4,71 Nm), maksymalny moment obrotowy wzrastał wraz ze wzrostem zawartości bioetanolu i przy zawartości 30% jego wartość wyniosła 5 Nm. Zmieniała się również prędkość obrotowa odpowiadająca największemu momentowi. Przy zawartości 0, 10, oraz 30% bioetanolu prędkości te nie różniły się istotnie i wynosiły odpowiednio 7263, 7265 oraz 7272 obr/min. Zasadnicza różnica wystąpiła dla zawartości bioetanolu 20%, przy której wartość prędkości obrotowej odpowiadająca największemu momentowi wyniosła 7388 obr/min.

Tab. 2. Parametry równań krzywych przedstawionych na rys. 2
Table 2. Parameters of equations of curves introduced on the fig. 2

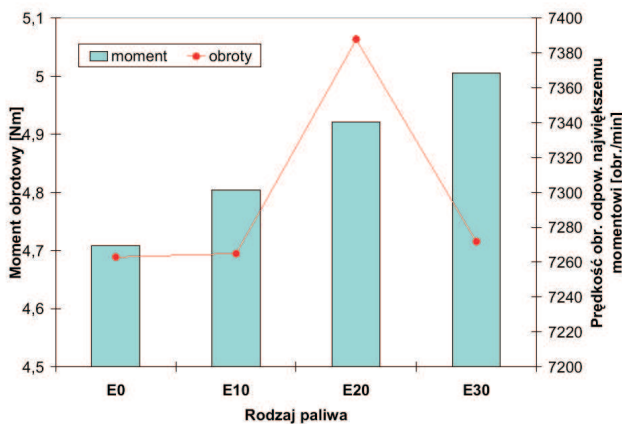
Wielkość	Rodzaj paliwa	a_0	a_1	a_2	a_3	r
Moc N [kW]	E0	-7,625801	0,002785	$-1,88797 \cdot 10^{-7}$	$2,44605 \cdot 10^{-12}$	0,86
	E10	-6,28093	0,002293	$-1,28379 \cdot 10^{-7}$	$0,12469 \cdot 10^{-12}$	0,87
	E20	-9,28479	0,003395	$-2,537 \cdot 10^{-7}$	$4,85423 \cdot 10^{-12}$	0,69
	E30	-9,30916	0,003599	$-3,02404 \cdot 10^{-7}$	$7,64569 \cdot 10^{-12}$	0,71
Moment obrotowy M [Nm]	E0	-11,65959	0,005374	$-5,48952 \cdot 10^{-7}$	$1,64431 \cdot 10^{-11}$	0,92
	E10	-9,43593	0,004619	$-4,62264 \cdot 10^{-7}$	$1,32438 \cdot 10^{-11}$	0,86
	E20	-11,38528	0,005274	$-5,31555 \cdot 10^{-7}$	$1,57539 \cdot 10^{-11}$	0,81
	E30	-10,99418	0,005293	$-5,48176 \cdot 10^{-7}$	$1,68897 \cdot 10^{-11}$	0,81
Jednostkowe zużycie paliwa q [g/kWh]	E0	1657,87	-0,2167	$0,28133 \cdot 10^{-5}$	$0,83451 \cdot 10^{-9}$	0,75
	E10	1508,25	-0,17324	$-0,32141 \cdot 10^{-5}$	$1,0734 \cdot 10^{-9}$	0,79
	E20	3071,97	-0,71829	$6,11586 \cdot 10^{-5}$	$-1,45643 \cdot 10^{-9}$	0,58
	E30	1042,61	-0,1558	$0,98011 \cdot 10^{-5}$	$0,01142 \cdot 10^{-9}$	0,61



Rys. 3. Wpływ dodatku bioetanolu na osiąganą moc maksymalną
Fig. 3. The influence of the addition of the ethanol on maximum engine power



Rys. 5. Wpływ dodatku bioetanolu na wskaźniki elastyczności silnika
Fig. 5. The influence of the addition of the bioethanol on engine elasticity ratio



Rys. 4. Wpływ dodatku bioetanolu na osiąganą moment maksymalny
Fig. 4. The influence of the addition of the ethanol on maximum engine torque

Dokonano również analizy wpływu zawartości bioetanolu w paliwie na elastyczność silnika (rys. 5). Wskaźnik elastyczności całkowitej E zawierał się granicach od $E = 1,34$ dla mieszanki E20, do $E = 1,38$ dla mieszanki E10. W wyniku analizy statystycznej nie stwierdzono istotnego wpływu zawartości etanolu na elastyczność silnika pilarki spalinowej.

Podsumowanie

Po przeprowadzeniu opisanych badań można stwierdzić, że praca silnika pilarki na mieszankach benzynowo-etanolowych jest możliwa. Ponadto dodatek bioetanolu w badanym zakresie wpływa korzystnie na charakterystykę silnika, tj. powoduje wzrost mocy, momentu obrotowego oraz zmniejszenie zużycia paliwa. Nie wpływa natomiast w istotnym stopniu na elastyczność silnika.

W celu dokonania pełnej analizy przydatności mieszanek benzynowo-etanolowych do zasilania silników pilarek niezbędne jest przeprowadzenie dalszych badań, których głównym celem powinno być ustalenie czy zasilanie silnika mieszaninami z zawartością etanolu nie wpływa negatywnie na jego trwałość. Ponadto należałoby ustalić jak tego typu paliwo wpływa na skład spalin silnika pilarki.

Literatura

- [1] A Testing Based Assessment to Determine Impacts of a 10% and 20% Ethanol Gasoline Fuel Blend on Non-Automotive Engines. Orbital Engine Company Report to Environment. Australia 2003.
- [2] Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1999.
- [3] www.biodiesel.pl

THE INFLUENCE OF CONTENT OF THE ETHANOL IN FUEL ON PARAMETERS OF THE CHAIN SAW ENGINE

Summary

In the article introduced findings on the influence of the content the bioethanol in the fuel on parameters of the engine of chain saw. As result of analysis one ascertained that the addition of bioethanol in the investigated range did not influence negatively on parameters of the engine of chain saw.