WPŁYW BIODODATKÓW NA PARAMETRY ENERGETYCZNE PALIW STOSOWANYCH W SPALINOWYCH NAPĘDACH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Artur JAWORSKI, Hubert KUSZEWSKI, Adam USTRZYCKI[1]

W artykule przedstawiono wyniki badań ciepła spalania i wartości opałowej oleju napędowego, benzyny silnikowej, biopaliw: estru metylowego kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego (biodiesel), oleju rzepakowego, etanolu oraz mieszanin zawierających wymienione paliwa. Wyniki badań pozwolą na dokonanie korekty czasu wtrysku przy zasilaniu silnika paliwami alternatywnymi w relacji do ON, zapewniającej doprowadzenie do silnika dawki paliwa o takiej samej energii. Badania realizowano przy użyciu systemu pomiarowego z kalorymetrem IKA C200. Ciepło spalania było wyznaczane metodą izoperiboliczną.

1. WPROWADZENIE

Dążenie do ograniczenia udziału szkodliwego oddziaływania transportu na środowisko naturalne, a także wzrost zapotrzebowania na energię związany z rozwojem transportu, wymuszają poszukiwania nowych paliw i rozwiązań napędu środków transportu. Niezbędne jest przede wszystkim zastępowanie nieodnawialnych, ropopochodnych paliw tradycyjnych, odnawialnymi paliwami alternatywnymi, co wiąże się ze stosowaniem biopaliw jako paliw samoistnych, a także ich mieszanin z olejem napędowym i benzyną. Istotne jest w przypadku stosowania biopaliw, określenie ich wpływu na zmiany procesu rozpylania strugi wtryskiwanego paliwa, co związane jest z tworzeniem mieszaniny paliwowo-powietrznej, a następnie z procesem spalania.

W Zakładzie Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Rzeszowskiej prowadzone są badania dotyczące wpływu biododatków do oleju napędowego na parametry strugi wtryskiwanego paliwa. Analizy dotyczą m.in. paliw, których udziały objętościowe składników zestawiono w tabeli 1.

Przy zasilaniu biopaliwami, z uwagi na ich niższą wartość opałową w stosunku do oleju napędowego, celem wtrysku do cylindra równoważnej energetycznie dawki paliwa, niezbędna jest, odpowiednia korekta czasu wtrysku. W tym celu konieczne jest określenie wartości opałowej badanych paliw. Badania ciepła spalania oraz wyznaczanie wartości opałowej, stanowią treść niniejszego artykułu.

Przy stosowaniu biopaliw, należy ponadto mieć na uwadze, że odmienne właściwości fizykochemiczne paliw zastępczych przyczyniają się do zróżnicowania wydatków wtryskiwaczy paliwa [1], w relacji do paliwa bazowego.

[1] Dr inż. Artur Jaworski, dr inż. Hubert Kuszewski, dr inż. Adam Ustrzycki; Politechnika Rzeszowska, Zakład Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych

Tabela 1. Wykaz paliw przyjętych do analizy

Lp.	Nazwa	Udziały [% obj.]					
		ON bez bio-dodatków	**ON handlowy**	**Biodiesel**	**Olej rzepakowy**	**Benzyna**	**Etanol**
1.	**ON 100**	100	0	0	0	0	0
2.	**ON H**	0	100	0	0	0	0
3.	**G100**	0	0	0	0	100	0
4.	**B100**	0	0	100	0	0	0
5.	**OR**	0	0	0	100	0	0
6.	**E100**	0	0	0	0	0	100
7.	**B5**	95	0	5	0	0	0
8.	**B7**	93	0	7	0	0	0
9.	**B10**	90	0	10	0	0	0
10.	**B20**	80	0	20	0	0	0
11.	**OR20**	0	80	0	20	0	0
12.	**OR40**	0	60	0	40	0	0
13.	**OR60**	0	40	0	60	0	0
14.	**OR80**	0	20	0	80	0	0
15.	**ORG20**	0	0	0	80	20	0
16.	**ORET5G5**	0	0	0	90	5	5

2. OPIS BADAŃ

Badania ciepła spalania, na podstawie którego obliczano wartości opałowe paliw, przeprowadzono przy użyciu systemu pomiarowego z kalorymetrem IKA C200, którego widok przedstawiono na rys. 1. Wybrane cechy stosowanego kalorymetru zestawiono w tabeli 2.

Badania realizowano metodą izoperiboliczną, przy napełnieniu bomby kalorymetrycznej tlenem o ciśnieniu 30 barów. Kalorymetr mierzy temperaturę wody otaczającej bombę w sposób ciągły. Konwerter analogowo-cyfrowy przetwarza dane wejściowe, które są następnie zapisywane w pamięci. Różnica temperatur wody pomiędzy początkiem a końcem pomiaru jest przetwarzana przez komputer dając wynik ciepła spalania, który jest wyświetlany na ekranie (rys.2).

Wartość opałowa W_p jest równa różnicy między ciepłem spalania Q_s a ilością ciepła potrzebną do odparowania wody zawartej w paliwie oraz powstałej ze spalania wodoru z tego paliwa. Można ją określić zależnością [3]:

$$W_p = Q_s - r \cdot m_w \tag{1}$$

gdzie: W_p – wartość opałowa paliwa [kJ/kg],
Q_s – ciepło spalania paliwa, [kJ/kg],
r – ciepło parowania (skraplania) wody w temperaturze odniesienia [kJ/kg],
m_w – całkowita masa wody powstałej przy spalaniu jednostki masy paliwa [kg wody/kg pal.].

Wartość opałową badanego paliwa W_{pa} obliczono z zależności:

$$W_{pa} = Q_{sa} - 24{,}42 \cdot \left(8{,}94 \cdot H_a - W_a\right) \tag{2}$$

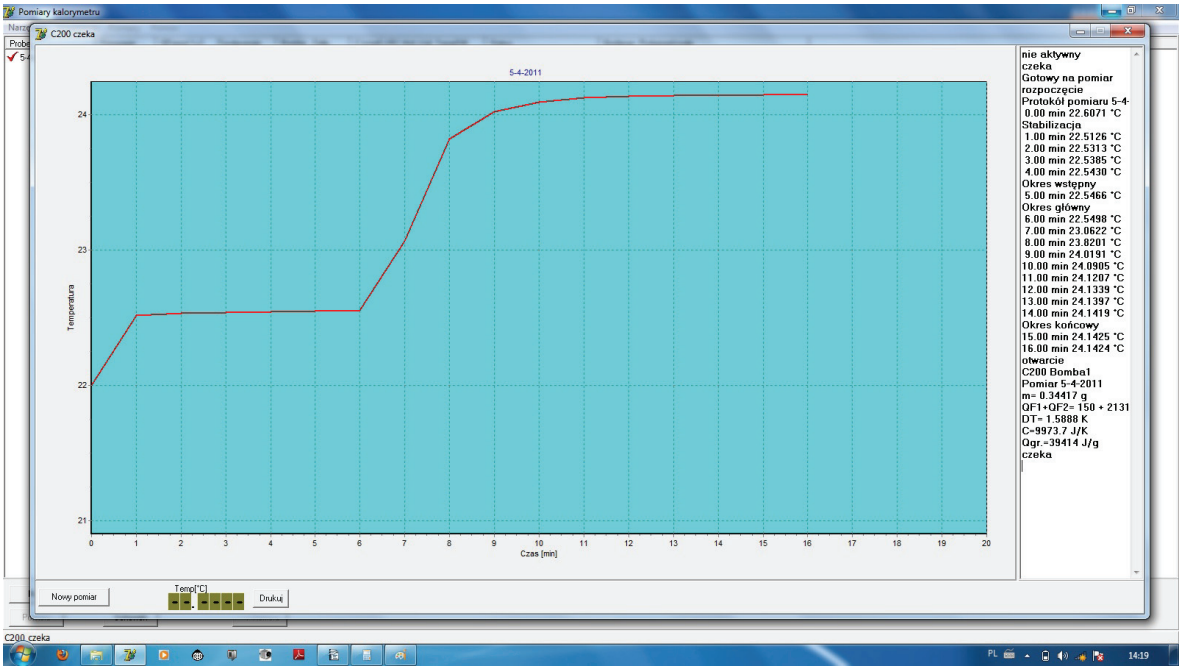
gdzie: W_{pa}– wartość opałowa badanego paliwa [kJ/kg],
H_a – masowy udział wodoru w badanym paliwie [%],
W_a – zawartość wilgoci w badanym paliwie [%].

Masowy udział wodoru H_a dla benzyn i olejów napędowych w %, obliczono ze wzoru [4]:

$$H_a = 0{,}001195 \cdot Q_{sa} - 41{,}4 \qquad (3)$$

Udział % wodoru dla paliwa biodiesel oraz oleju rzepakowego przyjęto za [1]. Wartości masowych udziałów % wodoru w badanych paliwach, przyjęte do analizy przedstawiono w tabeli 3.

Rys.1. Widok systemu pomiarowego z kalorymetrem IKA C200, przy użyciu którego realizowano pomiary ciepła spalania



Rys. 2. Okno programu CalWin z wynikiem badania ciepła spalania

Tabela 2. Wybrane cechy kalorymetru IKA C200 [5]

Cecha	Opis
wymiary	400 x 400 x 400 mm
układ dozowania wody	ręczny z wizualnym czujnikiem poziomu wody
stacja napełniania bomby tlenem	osobna
zakres pomiaru	max. 40 000 J/g, odpowiada wzrostowi temperatury naczynia kalorymetrycznego o ok. 4^0 K
dokładność pomiaru temperatury	+/- 0, 0001 K
oznaczanie ciepła spalania i wartości opałowej	zgodnie z następującymi normami: DIN 51 900; ISO 1928; ASTM 240D, BSI oraz PN-81/G-04513
czasy analizy	metoda izoperiboliczna ok. 17 min, metoda dynamiczna 8 min, manualna ok. 17 min, czasowa ok. 14 min

Tabela 3. Masowy udział wodoru w badanych paliwach

Paliwo	Masowy udział wodoru H_a [%]
ON 100	13,6
ON H	13,2
Benzyna silnikowa handlowa (G100)	11,2
B100	12,1
OR	10,9
E100	13,0
B5	13,5
B7	13,5
B10	13,4
B20	13,3
OR20	12,7
OR40	12,2
OR60	11,7
OR80	11,3
ORG20	10,9
ORET5G5	11,0

3. WYNIKI BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych badań ciepła spalania oraz obliczone wartości opałowe dla wybranych paliw zestawiono w tabeli 4 oraz przedstawiono graficznie na rys. 3.

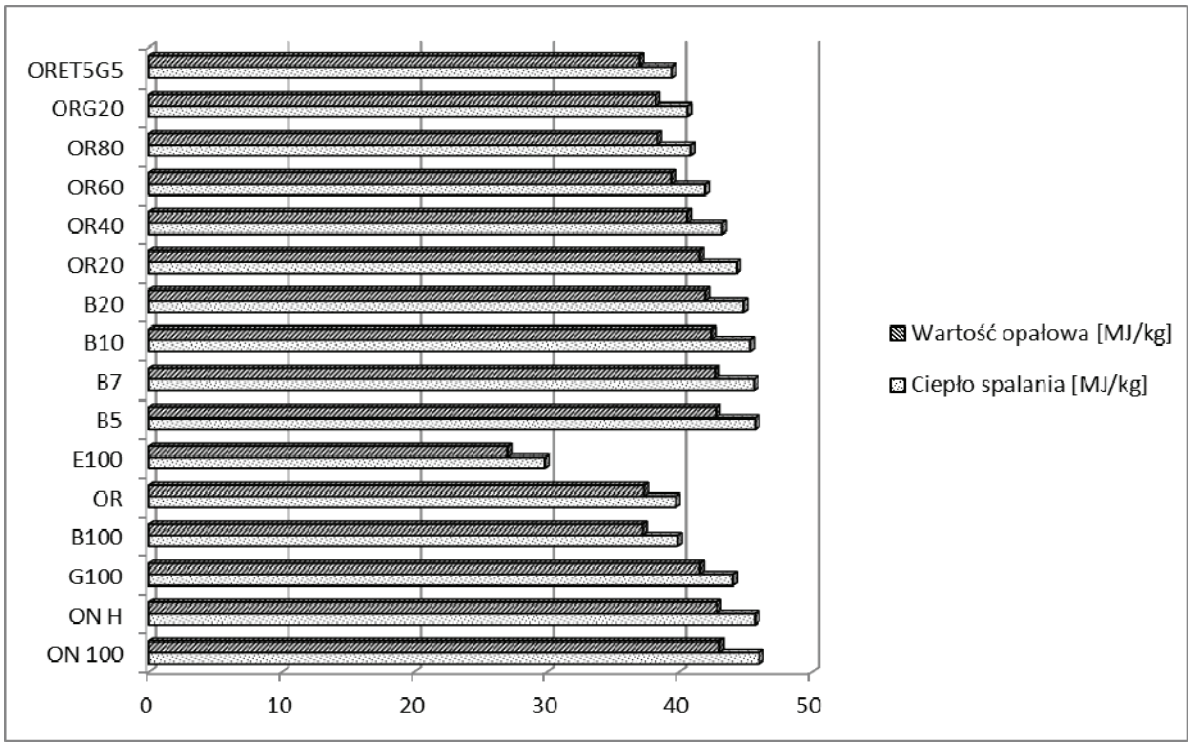
Najwyższą wartością opałową, wynoszącą 43 MJ/kg, charakteryzuje się czysty olej napędowy bez biokomponentów ON 100. W miarę wzrostu udziału estrów w mieszaninach z olejem napędowym, parametry energetyczne maleją. Dla paliwa B5 wartość opałowa wyniosła 42,758 MJ/kg, natomiast dla paliwa B20 wartość opałowa wyniosła 41,956 MJ/kg.

Podobnie, dla mieszanin oleju napędowego i rzepakowego (OR20 do OR80), wzrost udziału oleju rzepakowego wiąże się ze spadkiem ciepła spalania i wartości opałowej. W przypadku mieszaniny oleju napędowego z 20 % udziałem oleju rzepakowego (OR20) ciepło spalania wynosi 44,299 MJ/kg, natomiast dla mieszaniny zawierającej 80 % oleju rzepakowego (OR80) ciepło spalania wynosi 40,816 MJ/kg.

Wprowadzenie także do paliw biokomponentu w postaci bioetanolu, z uwagi na jego niską wartość opałową wynoszącą ok. 27 MJ/kg, spowoduje obniżanie parametrów energetycznych wtryskiwanej dawki paliwa, przy takim samym czasie wtrysku.

Tabela 4. Ciepło spalania i wartość opałowa wybranych paliw

Paliwo	Ciepło spalania [kJ/kg]	Wartość opałowa [kJ/kg]
ON 100	46008	43043
ON H	45698	42814
Benzyna silnikowa handlowa (G100)	44000	41559
B100	39889	37247
OR	39727	37347
E100	29847	27009
B5	45702	42758
B7	45618	42680
B10	45327	42401
B20	44852	41956
OR20	44299	41531
OR40	43232	40566
OR60	41940	39375
OR80	40816	38345
ORG20	40587	38213
ORET5G5	39414	37009

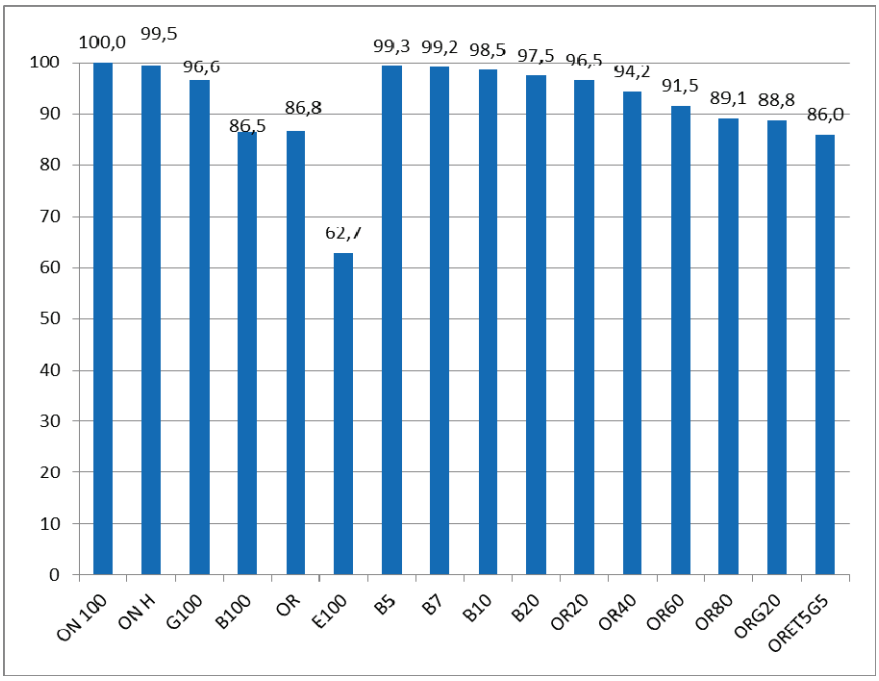


Rys. 3. Ciepło spalania i wartości opałowe badanych paliw

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wpływ biododatków na obniżenie wartości opałowej badanych paliw, w relacji do surowego oleju napędowego ON100 zilustrowano na rys. 4, który przedstawia procentowe względne wartości opałowe.

Zastosowanie analizowanych paliw, celem wtrysku do cylindra silnika spalinowego, równoważnej energetycznie dawki paliwa w relacji do oleju napędowego, wymaga korekty czasu otwarcia wtryskiwacza.



Rys. 4. Względne wartości opałowe badanych paliw wyrażone w % w relacji do ON100

Wyniki badań parametrów energetycznych badanych paliw, umożliwią odpowiednią korektę ich czasu wtrysku, podczas realizacji badań parametrów strugi wtryskiwanego paliwa w układzie zasilania silnika wysokoprężnego typu Common Rail.

LITERATURA

[1] Balawender K., Jaworski A., Woś P.: Badanie wydatku wtryskiwacza przy zasilaniu etanolem. Mat. Międzynarodowej Konferencji Naukowej SAKON'08 n.t. „Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych. Zarządzanie i marketing w motoryzacji." Praca zbiorowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008.
[2] Bocheński C. I.: Biodiesel. Paliwo rolnicze. SGGW, Warszawa 2003.
[3] Ochęduszko S.: Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa 1974.
[4] PN-86/C-04062. Przetwory naftowe. Oznaczanie ciepła spalania paliw w bombie kalorymetrycznej i obliczanie wartości opałowej.
[5] Instrukcja obsługi kalorymetru IKA C200.

EFFECT OF BIOCOMPONENTS ON THE ENERGETIC PARAMETERS OF FUELS USED BY INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF THE MEANS OF TRANSPORT

The article presents research results of heat of combustion and calorific value of diesel, gasoline, bio-fuels: fatty acid methyl esters of rapeseed oil (biodiesel), rapeseed oil, ethanol and mixtures containing these fuels. The results will allow for adjustment of injection time when the engine is fueled with alternative fuels in relation to ON, ensuring the supply of fuel delivery to the engine with the same energy. Research were realized by using the measuring system of the calorimeter IKA C200. The calorific value was determined by izoperibolic method.

Praca naukowa finansowana jest ze środków na naukę w latach 2009-2012 jako projekt badawczy