

УДК 629.3+ 62-6  
UDC 629.3+ 62-6

## PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE PALIWA SYNTETYCZNEGO PRZEZNACZONEGO DO ZASILANIA SILNIKÓW O ZS

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska  
JAKUBOWSKI Mirosław, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska  
KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПАРАМЕТРИ СИНТЕТИЧНОГО ПАЛИВА, ПРИЗНАЧЕНОГО ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща  
ЯКУБОВСКИ Мирослав, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща  
КУШЕВСКИ Губерт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

## PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF SYNTHETIC FUEL FOR DIESEL ENGINE

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland  
JAKUBOWSKI Mirosław, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland  
KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

**Wstęp.** Paliwa płynne są obecnie doskonałym źródłem energii w odniesieniu do napędu środków transportu. Wydobycie, przetwórstwo oraz dystrybucja ropopochodnych paliw płynnych zostały już dostatecznie opanowane oraz cechują się względną przystępnością cenową w porównaniu do innych źródeł energii.


Ponadto, łatwość przechowywania, dystrybucji i przetwarzania energii w paliwach płynnych czyni je bardzo pożądanym źródłem napędu różnych maszyn oraz wykorzystania np. do ogrzewania itp. Dostęp do łatwych w wykorzystaniu i wydajnych źródeł energii to podstawa możliwości rozwoju państw i narodów. Energia jest siłą napędową gospodarek narodowych. Bez niej nie ma możliwości wytworzenia ani wręcz konsumowania dóbr, czy też względnie normalnej egzystencji. Istnieje wiele opracowań na temat wielkości złóż, jakie są obecnie eksploatowane oraz tych, które nie zostały jeszcze uruchomione. Ilość dostępnych zasobów ropy naftowej to niewiele ponad 1000 mld baryłek. Przy światowym jej zużyciu na poziomie ok. 27 mld baryłek rocznie, daje to zapas na niespełna 38 lat. Niemniej szacunki odnośnie możliwych do eksploatacji złóż ropy naftowej są bardziej optymistyczne i mówią o okresie nawet 125 lat [1,2].

Jednym ze sposobów pozyskania paliw płynnych jest przetworzenie odpadów, np. w postaci złomu gumowego, który obecnie w ok. 80% spalany jest w piecach elektrociepłowni lub cementowni, co z punktu widzenia gospodarczego nie wydaje się rozwiązaniem do końca właściwym. Istnieje więc potrzeba opracowywania nowych technologii przetwórstwa odpadów, w tym opon, na paliwa. Istotną kwestią jest także poznanie parametrów fizykochemicznych tych paliw mających wpływ na pracę układu zasilania silnika spalinowego oraz jego parametry zarówno operacyjne jak też ekologiczne.


**Aparatura badawcza.** Badania właściwości fizykochemicznych paliwa syntetycznego i jego mieszanek zostały zrealizowane w laboratoriach badawczych Katedry Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Rzeszowskiej. Do badań zostały użyte m.in. następujące aparaty:

- HFP 339 do oznaczania temperatury zapłonu,
- HVU 482 do oznaczania lepkości kinematycznej,
- FPP 5Gs do oznaczania temperatury zablokowania zimnego filtra paliwa,
- DMA 4500 M do oznaczania gęstości,
- OptiDist do określania składu frakcyjnego paliw,
- Cetane ID 510 do oznaczania pochodnej liczby cetanowej.

Na rys. 1 zaprezentowano aparat OptiDist, natomiast na rys. 2 – aparat Cetane ID 510.

	<b>OBJĘTOŚĆ PRÓBK</b>	Zakres 0 ÷ 103% początkowej objętości, rozdzielczość 0,03 ml, dokładność ± 0,1 ml. Automatyczne wyliczanie pozostałości po destylacji.
	<b>TEMP. OPARÓW</b>	Zakres od 0 do 450°C, czujnik Pt 100 IEC 751, klasa A. Wbudowana pamięć kalibracji z 10 punktami kalibracyjnymi, automatyczne rozpoznawanie czujnika Pt 100, pamięć historii kalibracji.
	<b>KOMORA ODBIERALNIKA</b>	Zakres temperatur od 0 do 40°C, system odporny na korozję, temperatura programowalna lub ustawiana automatycznie w zależności od temperatury początkowej próbki, możliwość stosowania cylindrów 100 i 200 ml.
	<b>PROCEDURY BADAWCZE</b>	ASTM D86 (grupy 0,1,2,3,4), D1078, D850, IP195, IP123, DIN51751, NFM07-002, EN ISO3405, JIS K2254, ISO918; ASTM D189, D524, D4530, EN ISO 10370. Możliwość destylacji ropy naftowej wg GOST 2177, procedura B (kolba 250 ml).

Rys. 1. Aparat OptiDist do określania składu frakcyjnego paliw

	<b>OBJĘTOŚĆ PRÓBK</b>	Min. 160 ml do wykonania oznaczenia i ok. 160 ml do płukania układu.
	<b>POWIETRZE DO SPALANIA</b>	Sprężone powietrze z butli o zawartości 20,0% O <sub>2</sub> ±1,0 %. Kompensacja azotem (N <sub>2</sub> ) o zawartości węglowodorów <0,003% obj. i wody <0,025% obj.

Rys. 2. Aparat Cetane ID510 do oznaczania pochodnej liczby cetanowej DCN

### 3. PRZEBIEG BADAŃ I WYNIKI POMIARÓW

Badania, jakie przeprowadzono, pozwoliły na oznaczenie:

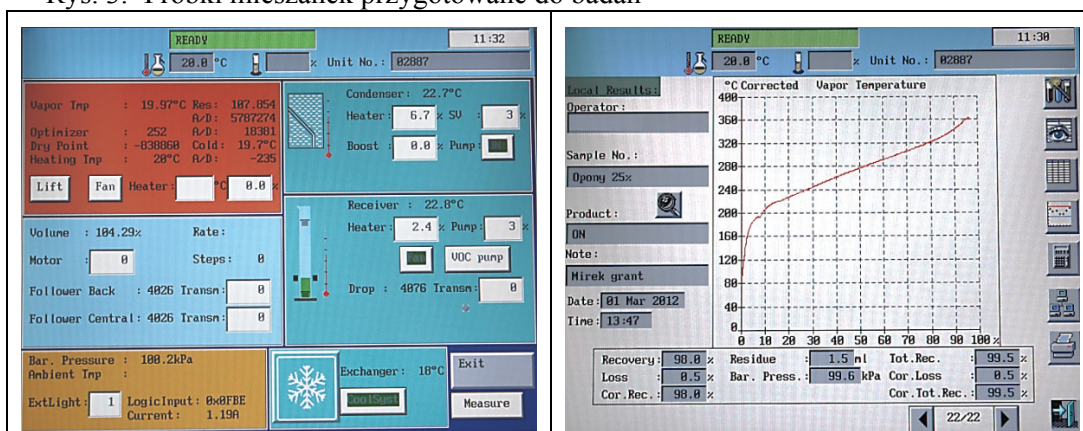
- udziału pierwiastków wchodzących w skład paliwa (analiza elementarna) – tylko czyste paliwo syntetyczne,
- gęstości w temperaturze 15°C i 40°C,
- temperatury zapłonu,

- temperatury zablokowania zimnego filtra paliwa,
- lepkości kinematycznej w temp. 40°C,
- górnej wartości opałowej,
- pochodnej liczby cetanowej,
- zawartości siarki,
- składu frakcyjnego.

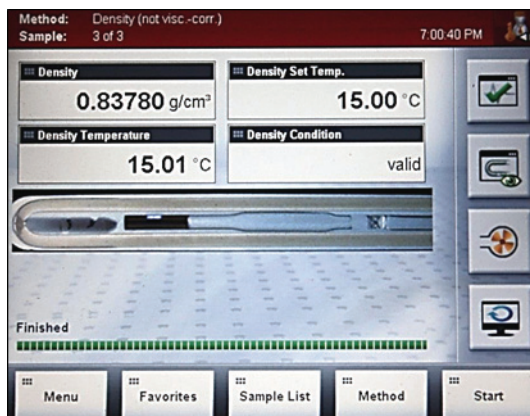
Należy przy tym zwrócić uwagę, iż badaniom poddano zarówno paliwo syntetyczne jak i ON oraz mieszanki tych dwóch paliw, tzn. o 5, 10, 15, 20, 25%-owym stężeniu (rys. 3). Dzięki wysokiej klasy aparaturze badawczej wykorzystanej w trakcie badań, większość czynności ograniczała się w zasadzie jedynie do poprawnego przygotowanie próbek paliwa, podczas gdy same pomiary były w dużej mierze zautomatyzowane, a same procedury ich przeprowadzenia z racji ograniczonej objętości artykułu, nie będą tu opisywane. Na rys. 4 i 5 zamieszczono fotografie z wybranych pomiarów, a na rys. 6 do 11 oraz w tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów.



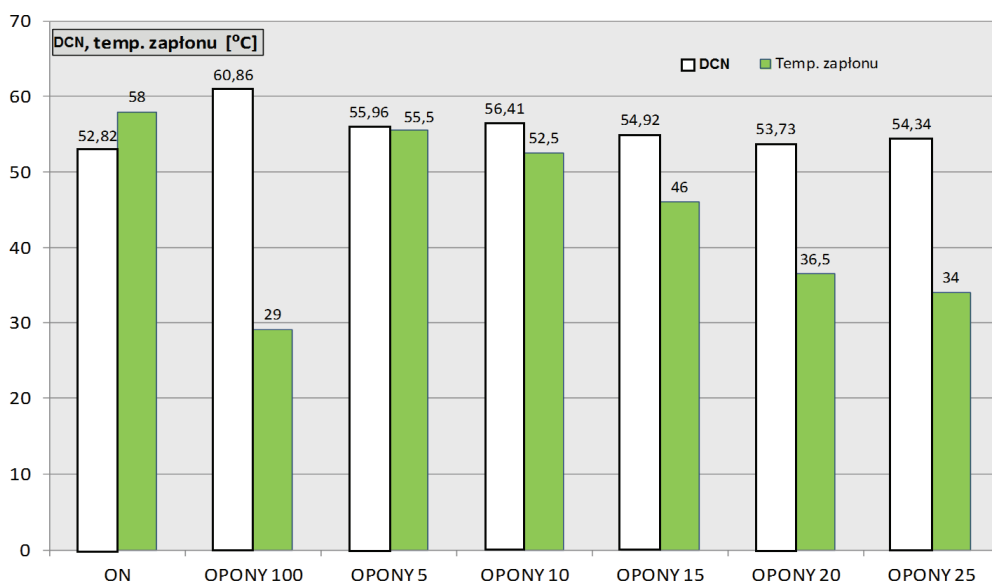
Rys. 3. Próbkki mieszanek przygotowane do badań



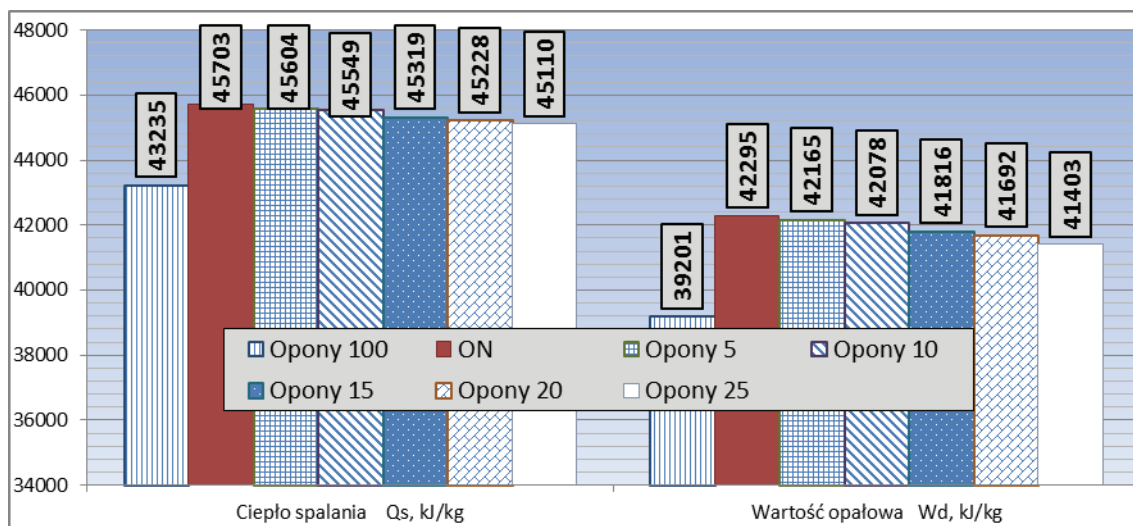
Rys. 4. Widoki ekranu aparatu OptiDist do określania składu frakcyjnego paliw



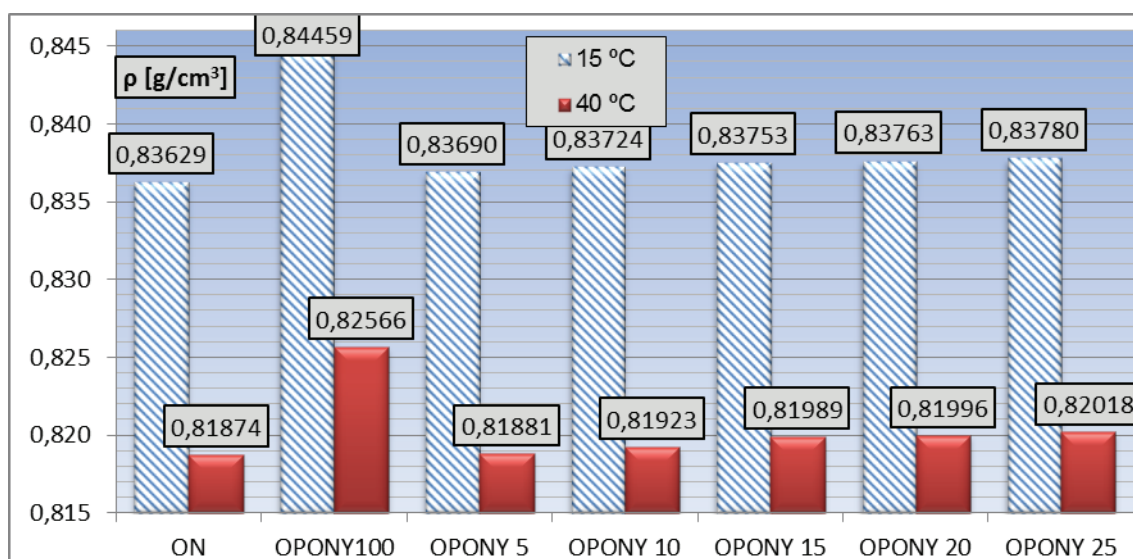
Rys. 5. Widok ekranu aparatu DMA 4500 M do oznaczania gęstości cieczy



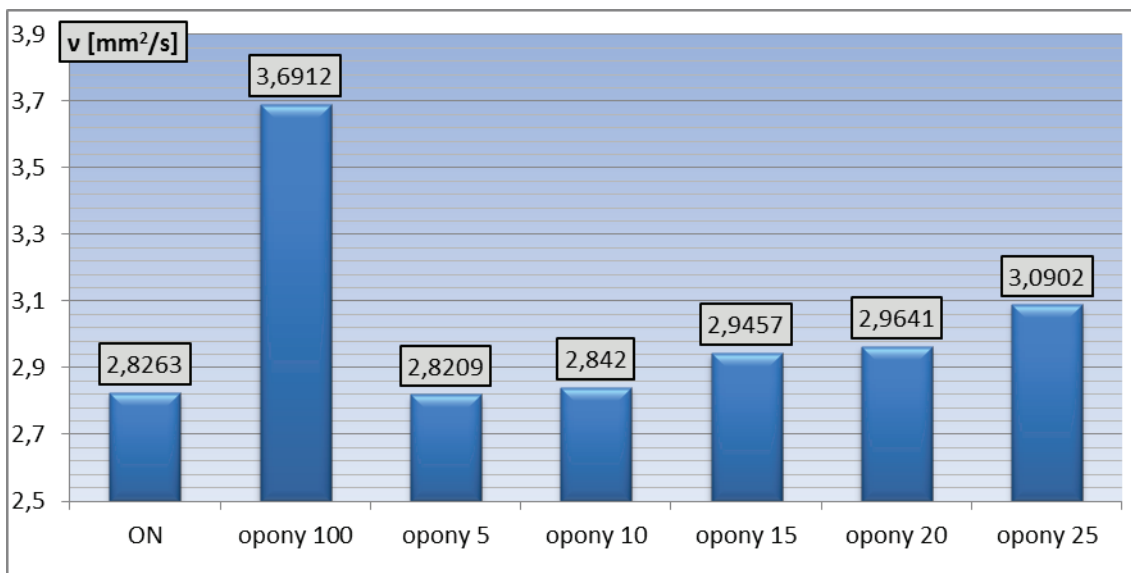
Rys. 6. Pochodna liczba cetanowa (DCN) oraz temperatura zapłonu badanych paliw



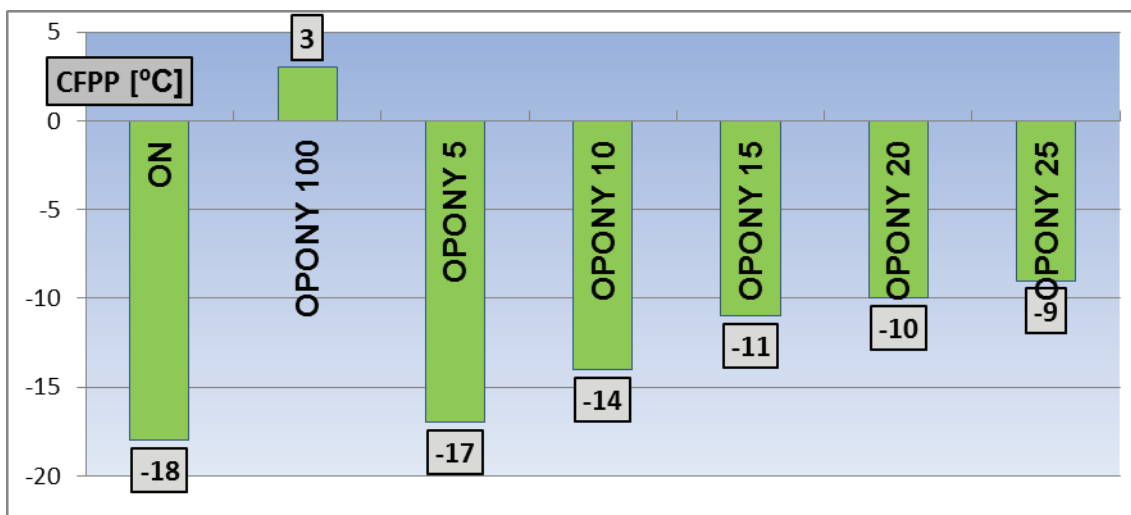
Rys. 7. Ciepło spalania oraz wartość opałowa



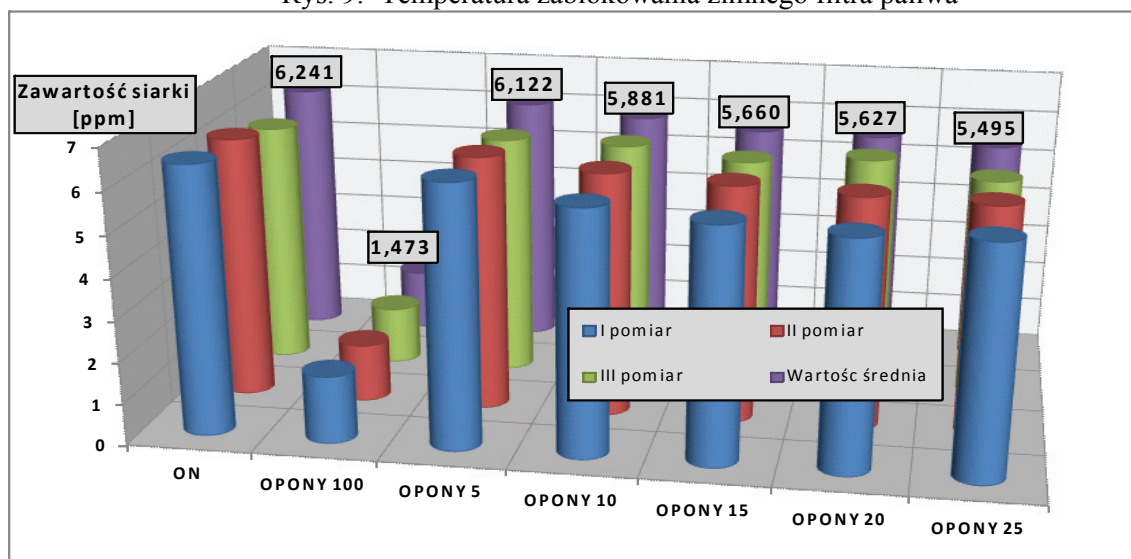
Rys. 8. Gęstość badanych paliw w temp. 15 i 40 °C



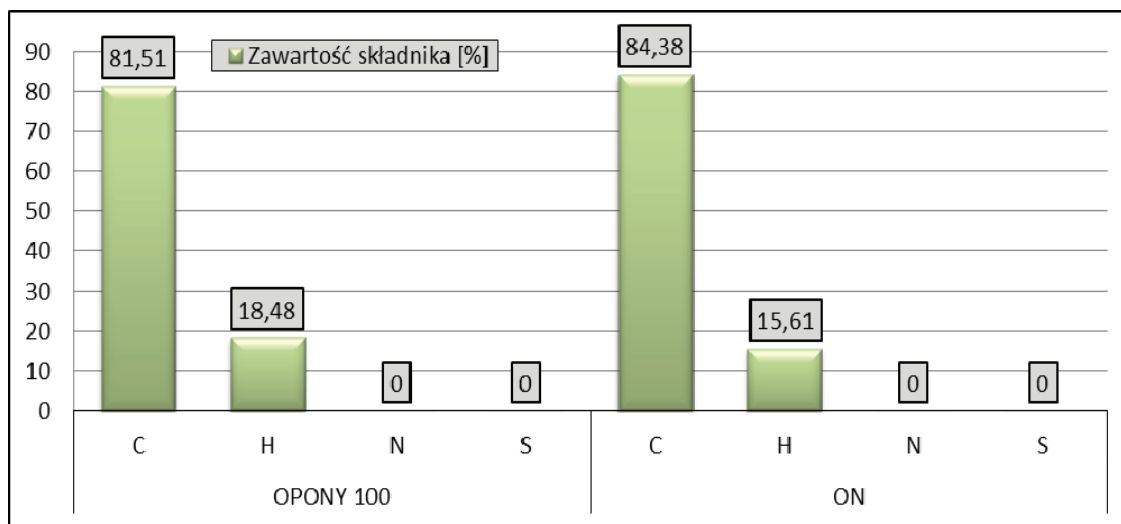
Rys. 8. Lepkość kinematyczna paliw w temp. 40 °C



Rys. 9. Temperatura zablokowania zimnego filtra paliwa



Rys. 10. Zawartość siarki w badanych paliwach



Rys. 11. Zawartość węgla, wodoru, azotu i siarki w badanych paliwach: OPONY 100 i ON

Tabela 1. Wyniki badania składu frakcyjnego paliw

	Jednostka	ON	OPONY 100	OPONY 5	OPONY 10	OPONY 15	OPONY 20	OPONY 25
do 250 °C destyluje	% (V/V)	33	21	32	33	33	33	33
do 350 °C destyluje	% (V/V)	93	83	93	93	93	92	92
95 % destyluje do temp	°C	357	-	357	356	357	360	360
do 180 °C destyluje	% (V/V)	1	10	0	3	3	3	4
do 340°C destyluje	% (V/V)	89	77	90	90	90	89	88

**Podsumowanie.** Szereg badań fizykochemicznych przyniósł dużą ilość informacji na temat nowego paliwa syntetycznego uzyskanego z opon. Również jego mieszanki z ON mają ciekawe właściwości, nie zawsze jednak zgodne z prostym prawem addytywności.

Analiza elementarna wykazała, iż paliwo OPONY 100 nieznacznie różni się pod względem udziału węgla i wodoru; zawiera mniej węgla i więcej wodoru w porównaniu z olejem napędowym.

Wartość opałowa paliwa syntetycznego jest o ok. 8% niższa niż dla ON. Gęstość nowego paliwa jest nieznacznie większa niż ON; jest to różnica rzędu 1%. W odniesieniu do tego parametru, wzrost dodatku OPONY 100 do ON powodował zwiększanie gęstości mieszaniny. Analogicznie do gęstości, lepkość kinematyczna również wzrastała wraz ze zwiększaniem dodatku paliwa syntetycznego do mieszaniny, przy czym lepkość OPONY 100 jest aż o 30% wyższa niż ON.

Jednym z parametrów, które w największym stopniu odróżniają nowe paliwo od handlowego ON jest temperatura zablokowania zimnego filtra paliwa, gdyż dla czystego paliwa syntetycznego wynosi +3°C, podczas gdy np. dla oleju napędowego wykorzystanego w badaniach, wartość tego parametru to -18°C. Parametr ten zachował cechę addytywności w badanych mieszaninach. Dodatek 5% powodował nieznaczne obniżenie wartości CFPP, ale dla 25% mieszaniny parametr ten wzrósł o 50% tj. do wartości -9°C.

#### LITERATURA

[1] Bocheński C. I., Kruczyński S. W., Orliński R., Ślęzak M.: Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, nr 3/2007.

[2] Jakubowski M., Wojewoda P.: Techniczne i ekonomiczne aspekty stosowania paliw alternatywnych. Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych. Zarządzanie i marketing w motoryzacji. Praca zbiorowa pod redakcją Kazimierza Lejdy, str. 179-185, Rzeszów 2008.

[3] Jakubowski M., Wybrane technologie recyklingu opon samochodowych, Wisnik nr 14, Narodowy Uniwersytet Transportu, str. 40-46, Kijów 2007.

[4] Lotko W.: Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa 1997.

[5] PN-EN 590 „Paliwa do pojazdów samochodowych. Oleje napędowe. Wymagania i metody badań.”

[6] PN-EN ISO 3405 „Przetwory naftowe. Oznaczanie składu frakcyjnego metodą destylacji pod ciśnieniem atmosferycznym.”

#### STRESZCZENIE

BALAWENDER Krzysztof. Parametry fizykochemiczne paliwa syntetycznego przeznaczonego do zasilania silników o ZS/BALAWENDER Krzysztof, JAKUBOWSKI Mirosław, KUSZEWSKI Hubert // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Naukowe i techniczne Kolekcja: w 2 częściach. Część 1: Seria «Techniczny nauki». – K: NUT, 2014. – Wyp. 30.

W artykule przedstawiono wyniki badań wybranych parametrów fizykochemicznych paliwa syntetycznego uzyskanego drogą przeróbki zużytych opon. Zbadano również mieszanki paliwa syntetycznego z handlowym olejem napędowym w stężeniach 5, 10, 15, 20 i 25% paliwa syntetycznego. W trakcie testów oznaczeniu podlegały m.in.: gęstość, temperatura zapłonu, pochodna liczba cetanowa, ciepło spalania, lepkość kinematyczna, temperatura zablokowania zimnego filtra paliwa, skład frakcyjny.

#### РЕФЕРАТ

БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф. Фізико-хімічні параметри синтетичного палива, призначеного для дизельних двигунів / БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф, ЯКУБОВСКИ Мирослав, КУШЕВСКИ Губерт // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 1: Серія «Технічні науки». – К.: НТУ, 2014. – Вип. 30.

У статті представлено результати досліджень деяких фізикохімічних параметрів синтетичного палива, отриманого шляхом переробки використаних шин. Також досліджувалися суміші синтетичного палива з комерційним дизельним паливом з концентраціями 5, 10, 15, 20 і 25% синтетичного палива. В ході досліджень вимірювалися такі параметри: густина, температура займання, метанове число, теплота згорання, кінематична в'язкість, температура блокування холодного паливного фільтра, фракційний склад.

#### SUMMARY

BALAWENDER Krzysztof. Physicochemical parameters of synthetic fuel for diesel engine / BALAWENDER Krzysztof, JAKUBOWSKI Mirosław, KUSZEWSKI Hubert // Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 1: Series «Technical sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 30.

The article presents the results of some physicochemical parameters of synthetic fuel derived from waste tires. Were also examined synthetic fuel mixture with a commercial diesel fuel at concentrations of 5, 10, 15, 20 and 25% of synthetic fuel. During the studies measured the following parameters: density, ignition temperature, methanogenic number, calorific value, kinematic viscosity, cold temperature block fuel filter, fractional composition.

#### AUTORZY:

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

JAKUBOWSKI Mirosław, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

#### АВТОРИ:

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ЯКУБОВСКИ Мирослав, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

КУШЕВСКИ Губерт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

AUTHORS:

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

JAKUBOWSKI Mirosław, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

ЛЕЙДА Казімеж, доктор габлітований, професор, Жешовська Політехніка, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Жешув, Польща.

Корпач А.О., кандидат технічних наук, Національний Транспортний Університет, професор кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWERS:

LEJDA Kazimierz, Doctor of Sciences, Professor, Rzeszow Polytechnic, Head of Department of Internal Combustion Engines and Transport, Rzeszow, Poland.

Korpach A.O, Ph.D., National Transport University, Professor of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.