

THE APPRAISAL OF THE COMBUSTION PROCESS IN THE RESEARCH CHAMBER FOR THE RAPESEED OIL AND GASOLINE MIXTURES

Cezary Bocheński

*Motor Transport Institute
Jagiellońska Street 80, 03-301 Warsaw, Poland
tel.: +48 22 8113231*

Anna Bocheńska

*Motor Transport Institute
Jagiellońska Street 80, 03-301 Warsaw, Poland
tel.: +48 22 8113231
e-mail: anna.bochenska@its.waw.pl*

Paweł Oleszczak

*Warsaw University of Technology, Faculty of Power and Aeronautical Engineering
Institute of Heat Engineering
Nowowiejska Street 21-25, 00-665 Warsaw, Poland
tel.: +48 22 2345217
e-mail: polesz@itc.pw.edu.pl*

Abstract

The European Union directive obliges to the usage of 6% bio-fuels approx in the year of 2010. Diesel fuel can be superseded by rapeseed oil esters with the properties similar to mineral fuel. However the production of aliphatic oils esters is expensive and requires large expenditure of capital. Considering the costs of the rapeseed oil esters production, the tests were undertaken in many countries for the application as fuel to the non-stressed diesel engines, a raw rapeseed oil with the omission of esterification process. The application of the rapeseed oil as fuel has also this advantage, that it can be produced on the own needs in property farms and processing plants. Moreover remainder on the expression of oil in the shape of oilcakes, can be utilized as the animal feed or as energy source. The tests of the rapeseed oil application to the tractors engines of the agricultural and structural machines, were already performed in the 30's in Germany, Italy and Belgium. Also in United States, research was performed for utilization of palm oil and fish fat to fuel application. The rapeseed oil properties differ from the diesel fuel. The possibility exists of certain improvement of vegetable fuel attributes through the oil additives. The one of the possibilities for the improvement of the rapeseed oil properties as fuel are the gasoline admixtures. Such additions influence on the fuel - air mixture creation process course and combustion. The vaporize temperature of the rapeseed fuels is much higher then the diesel fuel vaporize temperature, that has essential influence on the creation of fuel-air mixture process and combustion. For the purpose of lowering of these temperatures to the rapeseed oil the U95 gasoline was added. The research of the combustion process for the mixtures of rapeseed oil with gasoline and rate of heat release during the combustion analysis was performed.

Keywords: *biofuel, ignition, combustion, experimental research*

OCENA PRZEBIEGU SPALANIA MIESZANIN OLEJU RZEPAKOWEGO Z BENZYNĄ W KOMORZE BADAWCZEJ

Streszczenie

Dyrektywa Unii Europejskiej zobowiązuje do stosowania w roku 2010 ok. 6% biopaliw. Olej napędowy może być zastąpiony estrami oleju rzepakowego o zbliżonych właściwościach do paliwa mineralnego. Produkcja estrów olejów tłuszczowych jest jednak kosztowna i wymaga dużych nakładów inwestycyjnych. Ze względu na koszty produkcji

estrów oleju rzepakowego, w wielu krajach podjęto próby stosowania jako paliwa do niewysilonych silników Diesla, surowego oleju rzepakowego z pominięciem estryfikacji. Zastosowanie oleju rzepakowego jako paliwa ma również tę zaletę, że może być produkowane na potrzeby własne w gospodarstwach rolnych i zakładach przetwórczych. Ponadto pozostałości po tłoczeniu oleju w postaci makuchów, mogą być wykorzystywane do celów hodowlanych bądź energetycznych. Próby stosowania oleju rzepakowego do silników ciągników maszyn rolniczych i budowlanych, prowadzono już w latach trzydziestych w Niemczech, Włoszech i Belgii. Również w Stanach Zjednoczonych, prowadzono badania wykorzystania do celów paliwowych oleju palmowego i tłuszczów rybnych. Olej rzepakowy różni się swoimi właściwościami od oleju napędowego. Istnieją możliwości poprawy pewnych cech paliwa roślinnego przez dodatki. Jedną z możliwości poprawy właściwości oleju rzepakowego jako paliwa są domieszki benzyny. Dodatki takie wpływają na przebieg procesu tworzenia mieszaniny paliwowo-powietrznej oraz spalanie. Temperatura odparowania paliw rzepakowych jest znacznie wyższa od temperatur oleju napędowego, co ma istotny wpływ na proces tworzenia mieszaniny paliwowo-powietrznej i spalanie. W celu obniżenia tych temperatur do oleju rzepakowego dodano benzyny U95. Przeprowadzono badania procesu spalania mieszanin oleju rzepakowego z benzyną i dokonano analizy wywiązywania ciepła w czasie spalania.

Słowa kluczowe: biopaliwa, zapłon, spalanie, badania eksperymentalne

1. Wstęp

Dyrektywa Unii Europejskiej zobowiązuje do stosowania w roku 2010 ok. 6% biopaliw. Olej napędowy może być zastąpiony estrami oleju rzepakowego o zbliżonych właściwościach do paliwa mineralnego. Produkcja estrów olejów tłuszczowych jest jednak kosztowna i wymaga dużych nakładów inwestycyjnych.

Ze względu na koszty produkcji estrów oleju rzepakowego, w wielu krajach podjęto próby stosowania jako paliwa do niewysilonych silników Diesla, surowego oleju rzepakowego z pominięciem estryfikacji.

Zastosowanie oleju rzepakowego jako paliwa ma również tę zaletę, że może być produkowane na potrzeby własne w gospodarstwach rolnych i zakładach przetwórczych. Ponadto pozostałości po tłoczeniu oleju w postaci makuchów, mogą być wykorzystywane do celów hodowlanych bądź energetycznych. Próby stosowania oleju rzepakowego do silników ciągników maszyn rolniczych i budowlanych, prowadzono już w latach trzydziestych w Niemczech, Włoszech i Belgii. Również w Stanach Zjednoczonych, prowadzono badania wykorzystania do celów paliwowych oleju palmowego i tłuszczów rybnych.

Olej rzepakowy różni się swoimi właściwościami od oleju napędowego. Istnieją możliwości poprawy pewnych cech paliwa roślinnego przez dodatki. Jedną z możliwości poprawy właściwości oleju rzepakowego jako paliwa są domieszki benzyny. Dodatki takie wpływają na przebieg procesu tworzenia mieszaniny paliwowo-powietrznej oraz spalanie. Przedstawiony zostanie wpływ dodania benzyny U95 do oleju rzepakowego na przebieg spalania i wywiązywania ciepła.

2. Zmiana właściwości oleju rzepakowego przy dodatku benzyny

Największe różnice właściwości oleju rzepakowego i napędowego dotyczą:

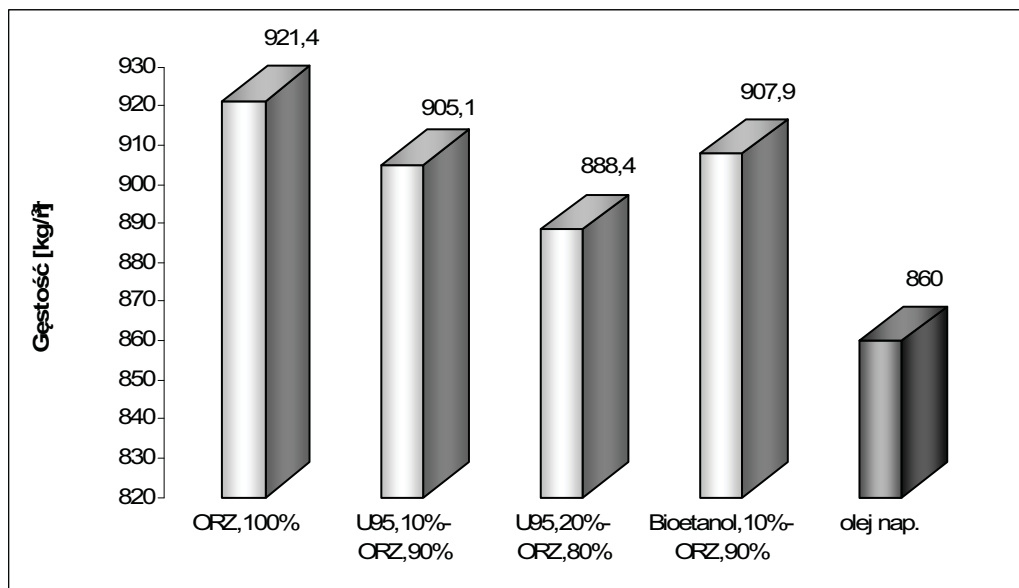
- gęstości,
- lepkości kinetycznej,
- składu frakcyjnego,
- liczby cetanowej,
- temperatury blokowania zimnego filtra(CFPP).

Różnice pozostałych właściwości są stosunkowo małe i nie decydują o przydatności tego paliwa do stosowania w silnikach Diesla.

Gęstość oleju rzepakowego jest większa od gęstości oleju napędowego, co ma wpływ na skład mieszaniny paliwowo-powietrznej. Zmianę gęstości mieszaniny oleju rzepakowego z benzyną przedstawia Rys. 1. Dodatek 20% benzyny powoduje spadek gęstości nawet do ok. 14%.

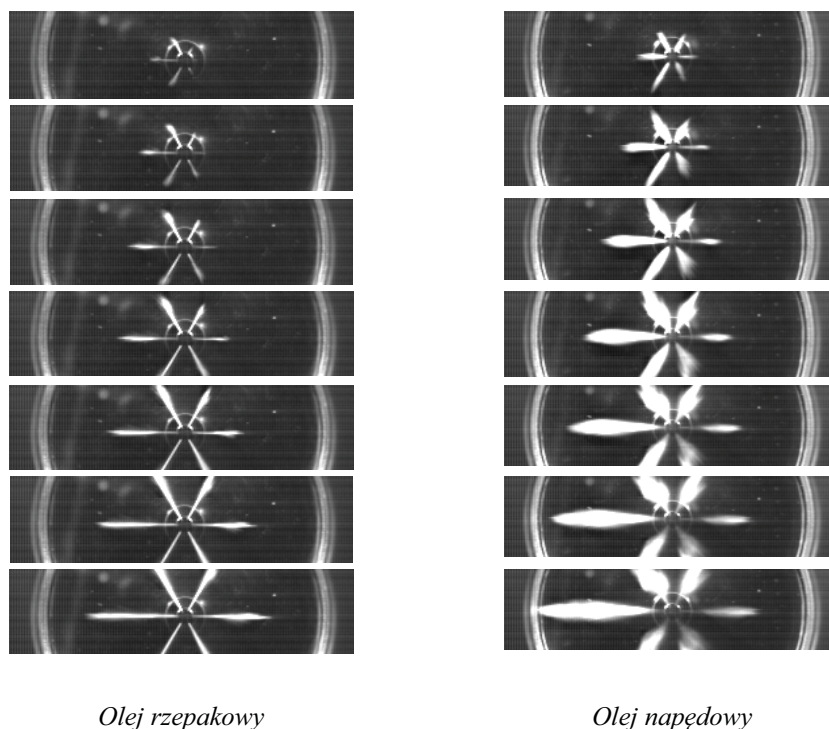
Lepkość oleju rzepakowego jest kilka razy większa od oleju napędowego, co powoduje pogorszenie rozpylenia procesu tworzenia mieszaniny paliwowo-powietrznej i spalania.

Różnicę procesu tworzenia strugi paliwa oleju rzepakowego i napędowego przy ciśnieniu początku wtrysku 60 MPa i przeciwcisnieniu w komorze 0,1 MPa, przedstawiają poniższe zdjęcia (Rys. 2).



Rys. 1. Zmiana gęstości mieszaniny oleju rzepakowego z dodatkiem benzyny
 Fig. 1. The change of the rapeseed oil mixture density with the gasoline

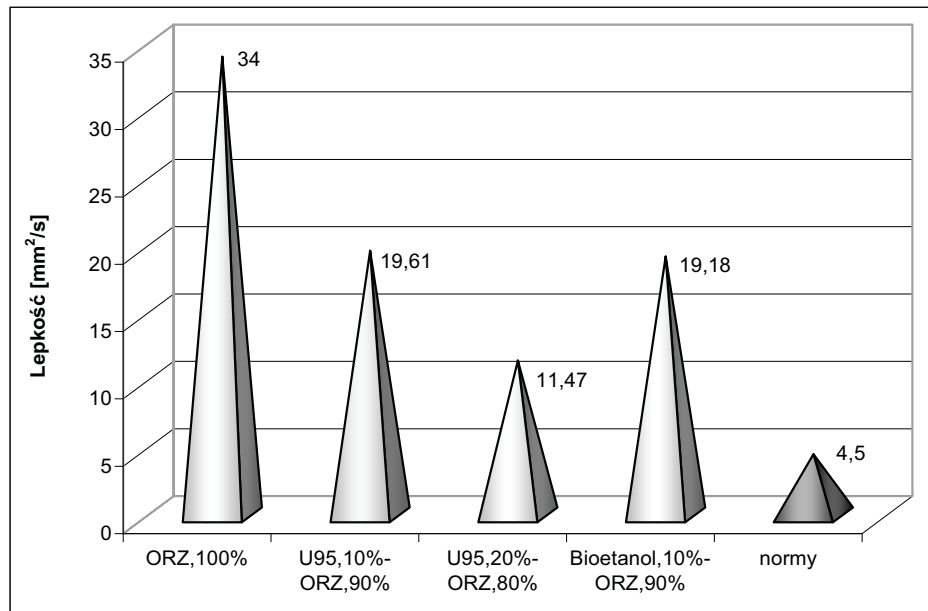
Dodatek benzyny i etanolu powoduje zmianę lepkości przedstawioną na Rys. 3. Z przedstawionego wykresu wynika, że dodatek 20% benzyny U95 powoduje trzykrotne zmniejszenie lepkości mieszaniny paliwowej. Dodatek 10% etanolu powoduje zmniejszenie lepkości oleju rzepakowego z wartości 34 mm²/s do wartości 19 mm²/s. Zwiększenie udziału benzyny powoduje obniżenie LC i znaczne obniżenie temperatur odparowania.



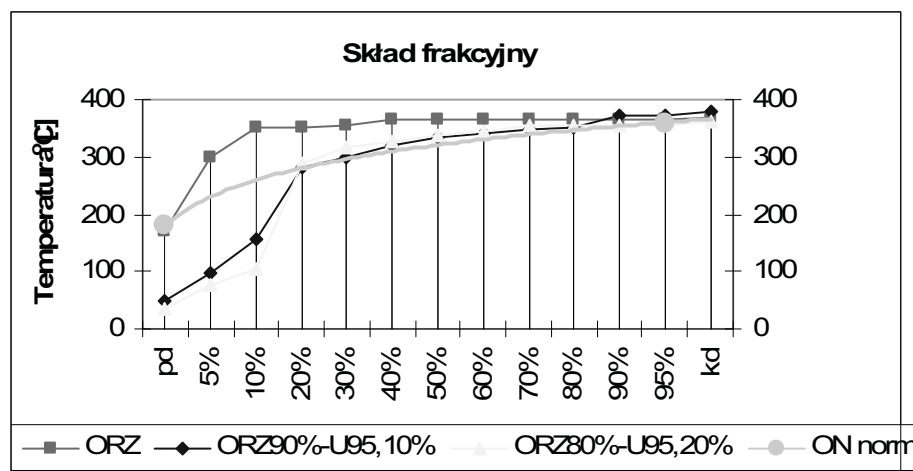
Rys. 2. Różnice procesu tworzenia strugi oleju rzepakowego i napędowego
 Fig. 2. Differences of spray formation between rapeseed oil and diesel fuel

Skład frakcyjny oleju rzepakowego różni się znacznie od składu frakcyjnego oleju napędowego. Do odparowania 10-20% oleju rzepakowego niezbędnego do samozapłonu potrzebna jest temperatura o ponad 100°C wyższa jak dla oleju napędowego.

Dodatek benzyny (lekkich frakcji) powoduje znaczne obniżenie temperatury odparowania 20% mieszaniny paliwowej jak przedstawia to Rys. 4.



Rys. 3. Zmiana lepkości oleju rzepakowego przy dodatku benzyny
Fig. 3. The change of the rapeseed oil viscosity with the gasoline addition



Rys. 4. Skład frakcyjny mieszaniny oleju rzepakowego z benzyną
Fig. 4. The fractional composition of the rapeseed oil with gasoline mixture

Liczba cetanowa (LC) oleju rzepakowego jest niższa o kilka jednostek od liczby cetanowej oleju napędowego (ok. 45). Dodatek benzyny do oleju rzepakowego powoduje dalsze obniżenie liczby cetanowej, charakteryzującej samozapłonność paliwa. Benzyna posiada bowiem wysoką liczbę oktanową. Im wyższa liczba oktanowa paliwa tym niższa liczba cetanowa.

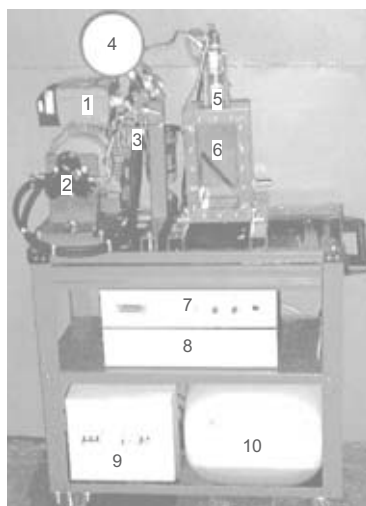
Wartość opałowa oleju rzepakowego wynosi ok. 37 MJ/kg, a oleju napędowego jest wyższa i wynosi ok. 43 MJ/kg. Przeszło 10% różnica wartości opałowej obu paliw powoduje podobne różnice w zużyciu paliwa i obniża sprawność ogólną obiegu cieplnego.

Temperatura blokowania zimnego filtra (CFPP) jest znacznie wyższa niż dla oleju napędowego. Inny jest mechanizm blokowania filtra dla olejów mineralnych. W przypadku oleju

napędowego przy obniżeniu temperatury wytrącają się kryształki węglowodorów parafinowych, blokując lub utrudniając przepływ paliwa. Nieznany dokładnie jest mechanizm blokowania filtra przy stosowaniu oleju rzepakowego. Temperatura blokowania filtra dla oleju rzepakowego może występować już w temperaturach zbliżonych do 0°C. Stąd też w celu obniżenia tej temperatury stosuje się podgrzewanie układu paliwowego silnika.

3. Program badań i metodyka badań

Celem prowadzonych badań była ocena wpływu dodatku benzyny do oleju rzepakowego na przebieg spalania i szybkość wywiązywania ciepła. Badania zostały przeprowadzone dla mieszaniny oleju rzepakowego z benzyną w różnych proporcjach (15% i 30%). Dodatek frakcji lekkich zawarty w benzynie powinien wpłynąć na znaczne obniżenie temperatury odparowania 10-20% paliwa oraz na obniżenie lepkości mieszaniny paliwowej. Badania procesu spalania przeprowadzone zostały na stanowisku z komorą o stałej objętości umożliwiającej zmianę temperatury powietrza w zakresie 350°C do 575°C, zmianę ciśnienia początkowego w komorze (P_k) oraz dawki paliwa i ciśnienie początkowego wtrysku (P_{CR}). Widok ogólny stanowiska badawczego przedstawia Rys. 5.



- 1 - trójfazowy silnik asynchroniczny,
- 2 - pompa wysokiego ciśnienia,
- 3 - rura akumulacyjna,
- 4 - manometr,
- 5 - wtryskiwacz,
- 6 - komora badawcza,
- 7, 8 - elektroniczne układy sterujące,
- 9 - układy zasilające,
- 10 - układy zasilające

Rys. 5. Widok stanowiska badawczego
Fig. 5. The view of the research test stand

Na podstawie przebiegu spalania możliwe jest określenie jego parametrów-opóźnienia samozapłonu (τ_0), czasu spalania (τ_s) i przyrostu ciśnienia (Δp).

4. Analiza wywiązywania ciepła podczas spalania oleju rzepakowego i jego mieszanin oleju rzepakowego z benzyną

Dodatek benzyny do oleju rzepakowego spowodował zmianę właściwości mieszanin paliwowych mających wpływ na proces spalania (gęstość, lepkość, skład frakcyjny, wartość opałowa). Zmiana właściwości mieszanin paliwowych z benzyną, powoduje odmienny przebieg procesu tworzenia mieszaniny paliwowo-powietrznej oraz spalania i wywiązywania ciepła.

Dokonana zostanie ocena zmiany prędkości wywiązywania ciepła w czasie spalania, przy dodatku 15% i 30% benzyny, przy zmiennej temperaturze powietrza początkowego. Przykładowe przebiegi ciśnienia w komorze spalania oraz szybkości wydzielania ciepła dla dwóch temperatur początkowych, 425°C oraz 500 °C, zostały przedstawione na Rys. 6-7.

Ze wzrostem temperatury następowało skrócenie okresu opóźnienia samozapłonu (τ_0) i czasu spalania (τ_s). Podwyższenie temperatury początkowej w komorze z 425°C do 500°C powodowało podwyższenie maksymalnego ciśnienia oraz wyraźny wzrost szybkości wydzielania ciepła.

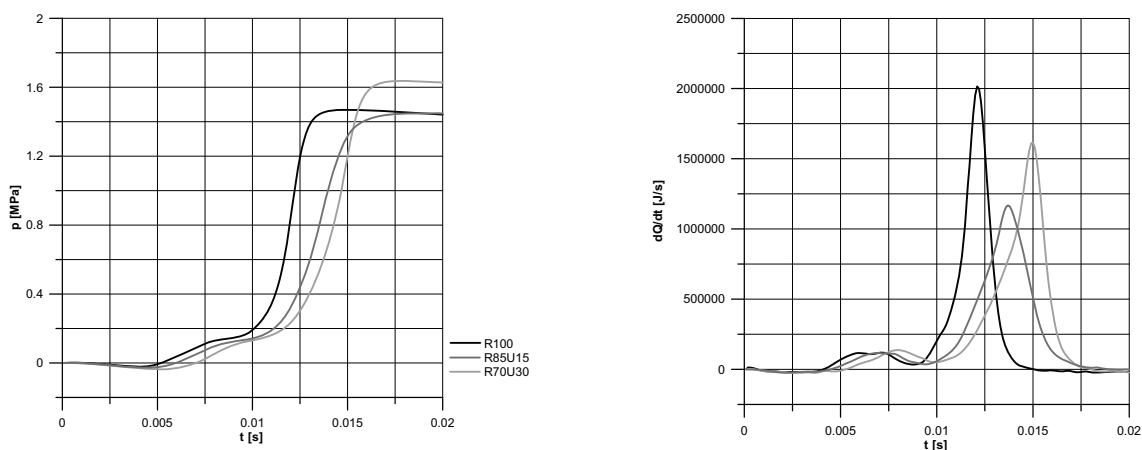
Wpływ dodatku benzyny do oleju rzepakowego na proces spalania nie jest jednoznaczny. W obydwu badanych temperaturach, 15% dodatku benzyny powoduje zwiększenie opóźnienia samozapłonu, wynikające z niższej liczby cetanowej mieszaniny. Maksymalne ciśnienia jest natomiast niższe niż dla czystego oleju rzepakowego, pomimo wyższej wartości opałowej. Dopiero 30% procentowy dodatek benzyny powoduje wyraźne podwyższenie ciśnienia maksymalnego.

Różnice szybkości spalania są wyraźnie widoczne na wykresach wydzielania ciepła. Maksymalne wartości ciśnienia dla obydwu temperatur początkowych występują przy mieszaninie 70% oleju rzepakowego oraz 30% benzyny. Najkrótszy czas opóźnienia samozapłonu, również dla obydwu temperatur początkowych, występuje dla czystego oleju rzepakowego. Najwyższa wartość szybkości wydzielania ciepła dla temperatury początkowej 500°C występuje dla czystego oleju rzepakowego. W przypadku niższej temperatury początkowej, równej 425°C, najwyższa wartość szybkości wydzielania ciepła występuje dla mieszaniny 70% oleju rzepakowego i 30% benzyny.

5. Wnioski

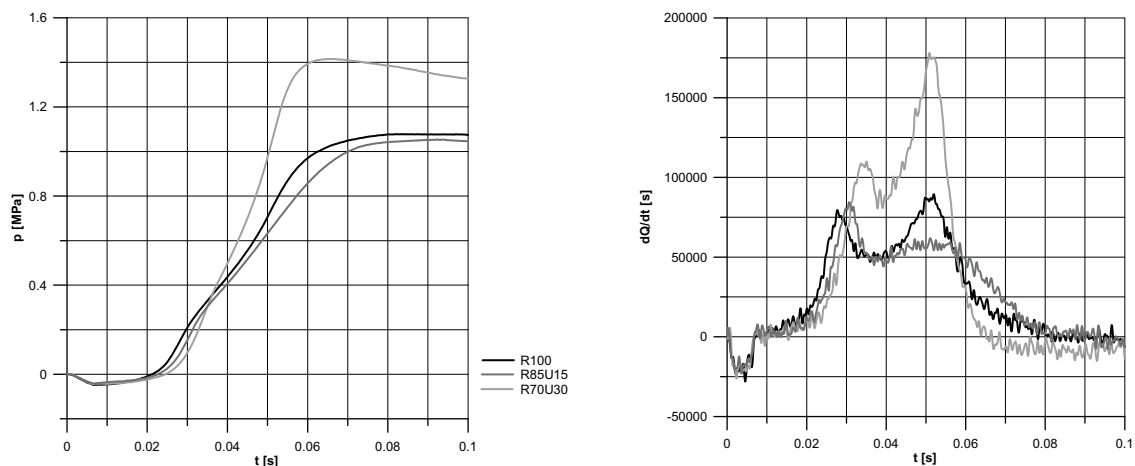
Z przeprowadzonych badań procesu spalania czystego oleju rzepakowego oraz jego mieszanin z benzyną w komorze o stałej objętości można wyciągnąć następujące wnioski:

- dodatek benzyny w znacznym stopniu zmienia właściwości fizykochemiczne paliwa. Podwyższenie wartości opałowej oraz zmniejszenie lepkości są korzystne z punktu widzenia procesu samozapłonu i spalania, natomiast zmniejszenie wartości liczby cetanowej wpływa niekorzystnie na proces samozapłonu i spalania,
- obniżenie liczby cetanowej paliwa powoduje wzrost czasu opóźnienia samozapłonu ze wzrostem zawartości benzyny w mieszaninie,
- dodatek 15% benzyny powoduje wzrost czasu opóźnienia samozapłonu oraz nieznaczne obniżenie maksymalnego ciśnienia. Zwiększenie udziału benzyny do 30% benzyny powoduje dalsze opóźnienie samozapłonu oraz wyraźny wzrost maksymalnego ciśnienia.
- wpływ dodatku benzyny na szybkość wydzielania ciepła nie jest jednoznaczny i jest silnie uzależniony od temperatury początkowej i ciśnienia w komorze,
- temperatura początkowa ma silny wpływ na proces spalania, szczególnie na szybkość wydzielania ciepła. Podwyższenie temperatury powoduje wzrost ciśnienia maksymalnego oraz szybkości wydzielania ciepła.



Rys. 6. Przebiegi ciśnienia oraz szybkości wydzielania ciepła dla czystego oleju rzepakowego oraz mieszanin oleju rzepakowego z benzyną. R100 - 100% oleju rzepakowego, R70U30 - mieszanina 70% oleju rzepakowego i 30% benzyny, R85U15 - mieszanina 85% oleju rzepakowego i 15% benzyny U95. $T = 500$ °C; $p_k = 0,9$ MPa; $p_{CR} = 135$ MPa; $\lambda = 1,25$

Fig.6. The courses of the pressure and of the heat release rate for a clean rapeseed oil and the rapeseed oil mixtures with gas. R100 - 100% rapeseed oil, R70U30 - the mixture of 70% rapeseed oil and 30% gasoline, R85U15 - the mixture of 85% rapeseed oil and 15% gasoline U95. $T = 500$ °C; $p_k = 0.9$ MPa; $p_{CR} = 135$ MPa; $\lambda = 1.25$



Rys. 7. Przebiegi ciśnienia oraz szybkości wydzielania ciepła dla czystego oleju rzepakowego oraz mieszanin oleju rzepakowego z benzyną. R100 - 100% oleju rzepakowego, R70U30 - mieszanina 70% oleju rzepakowego i 30% U95, R85U15 - mieszanina 85% oleju rzepakowego i 15% benzyny U95. $T = 425 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $p_k = 0.9 \text{ MPa}$; $p_{CR} = 135 \text{ MPa}$; $\lambda = 1,25$

Fig. 7. The courses of the pressure and the heat release rate for a clean rapeseed oil and the rapeseed oil with gasoline mixtures. R100 - 100% rapeseed oils, R70U30 - the mixture of 70% rapeseed oils and 30% gasoline U95, R85U15 - the mixture of 85% rapeseed oils and of 15% gasoline U95. $T = 425 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $p_k = 0.9 \text{ MPa}$; $p_{CR} = 135 \text{ MPa}$ $\lambda = 1.25$

Literatura

- [1] Bocheński, C., *Paliwa i oleje smarujące w rolnictwie*, Wyd. SGGW, 2005.
- [2] Bocheński, C., *Biodiesel - paliwo rolnicze*, Wyd. SGGW, 2003.
- [3] Bocheński, C., i in., *Badania wpływu właściwości fizykochemicznych paliwa do silników wysokoprężnych na charakterystykę wtrysku i trwałość elementów układu paliwowego konwencjonalnego i Common Rail*, Projekt badawczy 9T12D00716, 2001.
- [4] Zabłocki, M., *Wtrysk i spalanie paliwa w silnikach wysokoprężnych*, WKiŁ, Warszawa 1976.
- [5] Szlachta, Z., *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi*, WKŁ, Warszawa 2002.

