

Grzegorz Dzieniszewski  
Instytut Techniki  
Uniwersytet Rzeszowski

## ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASILANIA SILNIKA DIESLA SUROWYM OLEJEM RZEPAKOWYM

### Streszczenie

Przedstawiono własności nisko przetworzonego (tzw. surowego) oleju rzepakowego pod kątem stosowania do napędu silników spalinowych. Opracowano koncepcję układu dwupaliwowego, dzięki któremu możliwa jest prawidłowa praca silnika zasilanego olejem rzepakowym. Zaprezentowano dotychczasowe wyniki badań trakcyjnych i laboratoryjnych. Wskazano na problemy techniczne i prawne stosowania oleju rzepakowego do napędu pojazdów.

**Słowa kluczowe:** paliwa alternatywne, silniki spalinowe, charakterystyka zewnętrzna, eksploatacja

### Wprowadzenie

Zagadnienie wykorzystania oleju rzepakowego do napędu silników pojazdów samochodowych nie jest problemem zupełnie nowym.

Obszerne badania, których zakres obejmował badania stanowiskowe i trakcyjne, przeprowadzono między m.in. w Politechnice Krakowskiej [Szlachta 2002; Zabłocki, Cisek 1994; Zabłocki i in. 1991]. Podczas badań silnik zasilano mieszaninami oleju rzepakowego z olejem napędowym oraz samym olejem rzepakowym. Przeprowadzone pomiary wykazały, że zwiększenie zawartości oleju rzepakowego w mieszaninie z olejem napędowym powoduje istotne zmiany wartości charakterystycznych parametrów roboczych silnika.

W Politechnice Radomskiej wykonano badania własności silnika zasilanego mieszaninami oleju rzepakowego z napędowym w warunkach rozpędzania [Lotko, Longwic 1999]. Stwierdzono, że uśredniony za cały cykl rozpędzania silnika okres opóźnienia samozapłonu, wyrażony w jednostkach czasu, rośnie ze zwiększaniem udziału oleju rzepakowego w mieszaninie z olejem napędowym.

Zasilanie silnika olejem rzepakowym może powodować powstawanie osadów w komorze spalania, osadów węglowych na końcówce rozpylacza i powłok lakowych na iglicy rozpylacza. Rezultaty prób trwałościowych wskazują na niebezpieczeństwo uszkodzenia silnika generowane wymienionymi powyżej nieprawidłowościami w procesie spalania [Hemmerlein i in. 1991].

Wspólną cechą przytoczonych powyżej wyników badań jest to, że silniki zasilano w układzie jednopaliwowym, a więc bez koniecznego podgrzania oleju rzepakowego do odpowiedniej temperatury. Podejmowane próby stosowania układu dwupaliwowego mogą częściowo wyeliminować wspomniane niekorzystne zjawiska.

### **Cel i zakres**

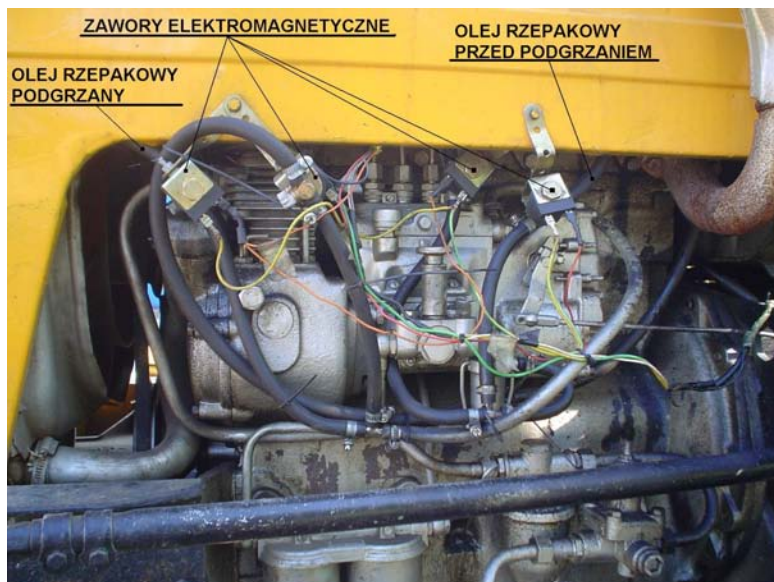
Celem prezentowanych badań jest empiryczna ocena możliwości zasilania silnika o zapłonie samoczynnym olejem rzepakowym otrzymywanym bezpośrednio z tłoczni. Nowatorskie ujęcie problemu polega na wdrożeniu koncepcji silnika dwupaliwowego i przeprowadzeniu badań w zakresie wpływu zasilania olejem rzepakowym na parametry silnika oraz na jego trwałość.

Zakres prowadzonych prac jest szeroki i obejmuje badania trakcyjne ciągników rolniczych i samochodu osobowego oraz badania laboratoryjne silnika samochodu dostawczego oraz ciągnika rolniczego.

### **Metodyka badań**

Badaniami trakcyjnymi objęto: ciągniki Ursus C-360, silnik po naprawie głównej (rys. 1), Ursus 902, silnik Z 8401, po naprawie głównej (rys. 2), oraz samochód Volkswagen Golf, silnik 1600, przebieg 150 tys. (rys. 3). Badaniami laboratoryjnymi objęto fabrycznie nowy silniki 4C90 oraz silnik po naprawie głównej ciągnika Ursus C-360.

Silniki ciągników Ursus C-360 oraz Ursus 902 są silnikami starszej konstrukcji z wtryskiem bezpośrednim i rzędową pompą wtryskową. Silnik samochodu Volkswagen Golf oraz silnik 4C90 reprezentują silniki z wtryskiem pośrednim do komory wirowej; podczas badań zastosowano rozdzielaczowe pompy wtryskowe typu BOSCH.



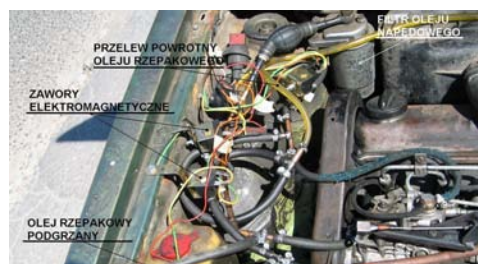
Rys. 1. Widok dwupaliwowego układu zasilania silnika ciągnika Ursus C-360  
Fig. 1. View of dual-fuel supply system for the Ursus C-360 tractor engine

Metodyka badań obejmuje badania eksploatacyjne w warunkach typowego użytkowania pojazdów oraz wykonanie charakterystyk porównawczych dla silnika zasilanego olejem napędowym i olejem rzepakowym



Rys. 2. Widok dwupaliwowego układu zasilania silnika ciągnika Ursus 902

Fig. 2. View of dual-fuel supply system for the Ursus 902 tractor engine



Rys. 3. Widok dwupaliwowego układu zasilania silnika samochodu Volkswagen Golf

Fig. 3. View of dual-fuel supply system for the Volkswagen Golf car engine

*Istota zasilania silnika nisko przetworzonym olejem rzepakowym*

Własności fizykochemiczne oleju rzepakowego, które są szczególnie istotne z punktu widzenia stosowania do zasilania silników tłokowych, wskazują na istotne problemy, które należy uwzględnić podczas modyfikacji układu zasilania (tab. 1).

*Tabela 1. Wybrane parametry oleju rzepakowego i oleju napędowego*  
*Table 1. Selected parameters of rape-seed oil and diesel oil*

| Parametr                                                            | Olej rzepakowy* | Olej napędowy                                   |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|
| Gęstość w temp. 15°C [kg/m <sup>3</sup> ]<br>(PN-EN ISO 12185:2002) | 918,3           | min. 820-max. 845<br>(Wg PN-EN 590:2005(U))     |
| Lepkość kinematyczna [mm <sup>2</sup> /s]<br>(PN-EN ISO 3104:2004)  | 36,09           | min. 2,00 – max. 4,50<br>(Wg PN-EN 590:2005(U)) |
| Smarność w temp. 60°C [μm]<br>(PN-EN ISO 12156-1:2001)              | 144             | max. 460<br>(Wg PN-EN 590:2005(U))              |
| Wartość opałowa [MJ/kg]                                             | 38              | 42-44                                           |
| Skład elementarny [%]                                               |                 |                                                 |
| C                                                                   | 78              | 87                                              |
| H                                                                   | 12              | 12,8                                            |
| O                                                                   | 10              | 0                                               |
| S                                                                   | 0               | 0,2                                             |
| Zawartość wody [% mas.]                                             | 0,07            | 0                                               |
| Liczba cetanowa LC                                                  | 41              | 45-50                                           |

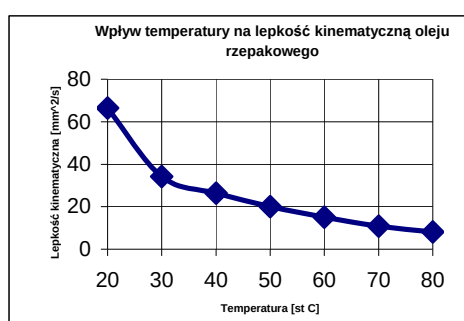
\* - olej rzepakowy z tłoczni KUŹNIAR

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1 istnieje parametr, który szczególnie uniemożliwia prawidłowe zasilanie silnika nisko przetworzonym olejem rzepakowym. Tym parametrem jest lepkość, która w temperaturze 40°C jest około dwunastokrotnie większa dla oleju rzepakowego niż dla oleju napędowego.

Tak duża różnica lepkości uniemożliwia rozruch silnika w temperaturze około 5°C oraz utrudnia prawidłową pracę aparatury wtryskowej w wyższych temperaturach [Piekarski i in. 2004]. Duża lepkość zwiększa średnice kropeł wtryskiwanego paliwa, powoduje duży zasięg strugi oraz osiadanie paliwa na ściankach cylindra. Nieoptymalne warunki spalania powodują wzrost zadymienia spalin oraz przenikanie niespalonego oleju rzepakowego do oleju w układzie smarowania. Ponadto wzrasta temperatura w obiegu, olej w układzie smarowania traci swoje własności, następuje „koksowanie” wtryskiwaczy oraz powstają duże ilości nagaru w komorze spalania. Wymienione czynniki prowadzą bardzo szybko do uszkodzenia silnika.

Olej rzepakowy ma jednak silną zależność lepkości od temperatury (rys. 4). Właśnie ta cecha jest podstawą opracowania układu dwupaliwowego, który częściowo eliminuje wymienione uprzednio niekorzystne zjawiska.

Silnik ciągnika Ursus C-360 wyposażono, ze względu na nietypową konstrukcję układu chłodzenia, w wymiennik specyficznej konstrukcji (rys. 5). Natomiast w silniku ciągnika Ursus 902 (silnik Z 8401) oraz w silniku samochodu VW Golf zastosowano wymienniki o zbliżonej konstrukcji (rys. 2).



Rys. 4. Zależność lepkości oleju rzepakowego od temperatury

Fig. 4. Relation between rape-seed oil viscosity and temperature

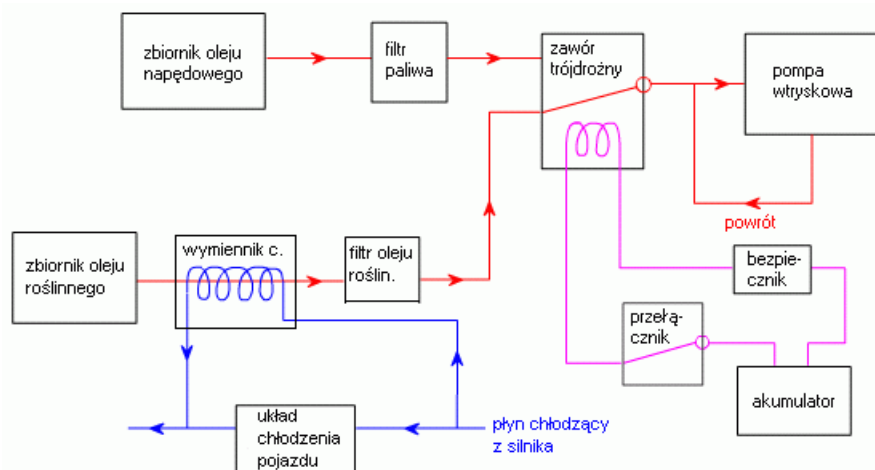


Rys. 5. Wymiennik ciepła typu woda-olej rzepakowy ciągnika Ursus C-360

Fig. 5. Water-rape-seed oil type heat exchanger for the Ursus C-360 tractor

Koncepcję układu dwupaliwowego prezentuje schemat przedstawiony na rys. 6, natomiast układy dwupaliwowe zabudowane w pojazdach przedstawiają rys. 1, rys. 2, rys. 3.

Silnik dwupaliwowy pracuje według koncepcji polegającej na tym, że rozruch następuje na oleju napędowym. Po osiągnięciu przez ciecz chłodzącą temperatury około 80°C następuje przełączenie na zasilanie olejem rzepakowym, który jest podgrzewany w wymienniku ciepła ogrzewanym przez ciecz chłodzącą. Konstrukcja wymiennika musi zapewniać osiągnięcie przez olej rzepakowy temperatury około 70°C. Przed wyłączeniem silnika należy przełączyć na zasilanie olejem napędowym i uwzględnić konieczność „wypalenia” ilości oleju znajdującej się w pompie wtryskowej.



Rys. 6. Schemat blokowy układu dwupaliwowego

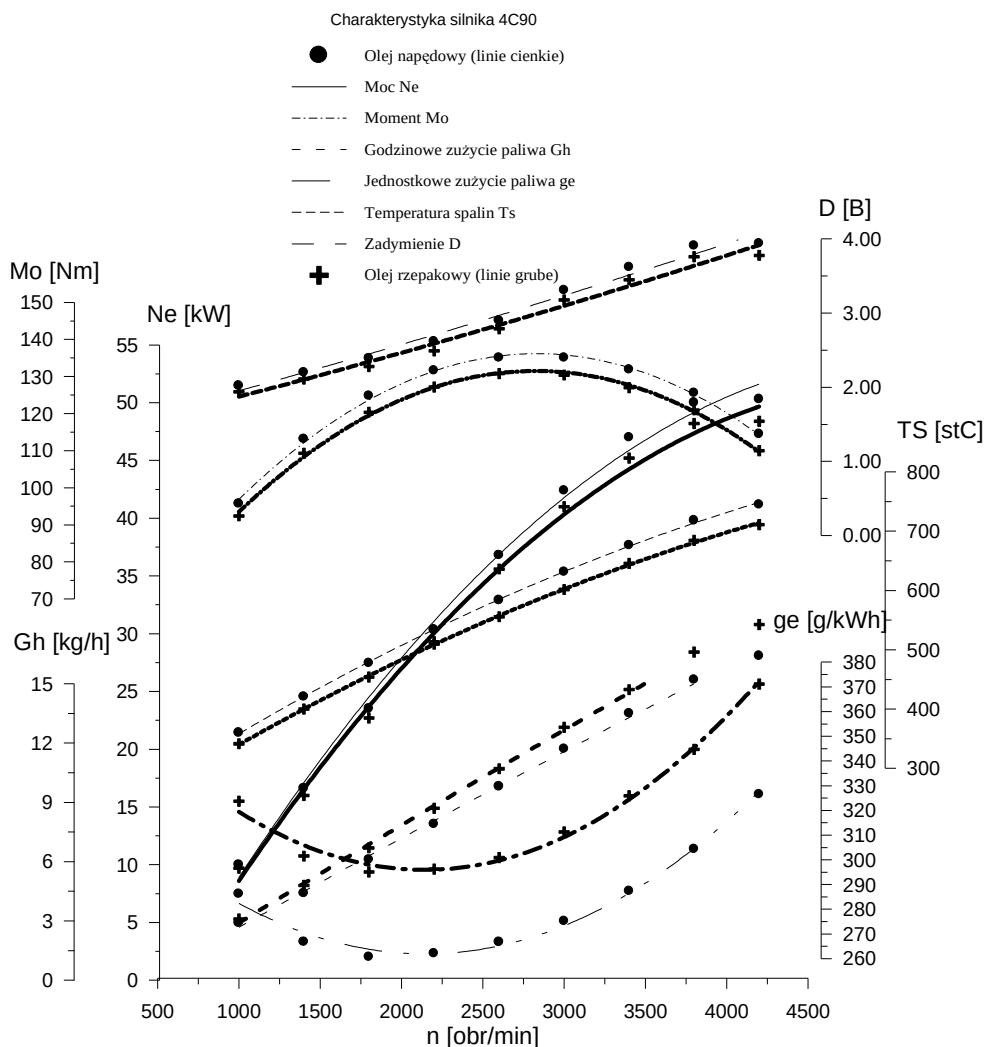
Fig. 6. Dual-fuel system block diagram

## Charakterystyka silnika zasilanego nieprzetworzonym olejem rzepakowym

Celem precyzyjnego określenia wpływu rodzaju paliwa na parametry silnika wykonano charakterystykę porównawczą (rys. 7) dla silnika 4C90 zasilanego olejem napędowym oraz olejem rzepakowym o parametrach przedstawionych w tab. 1.

Silnik 4C90 pracował w układzie dwupaliwowym, temperatura oleju rzepakowego na wejściu do pompy wtryskowej wynosiła około  $80^{\circ}\text{C}$ . Do podgrzewania oleju rzepakowego zastosowano wymiennik ciepła o konstrukcji analogicznej do wymiennika przedstawionego na rys. 2.

Z charakterystyki porównawczej (rys. 7) wynika, że spadek mocy silnika zasilanego olejem rzepakowym w odniesieniu do silnika zasilanego olejem napędowym zaznacza się w sposób progresywny po przekroczeniu prędkości obrotowej odpowiadającej maksymalnej wartości momentu obrotowego. Różnica ta wynosi maksymalnie 10% dla maksymalnej prędkości obrotowej. Moment obrotowy jest niższy dla silnika zasilanego olejem rzepakowym dla całego zakresu prędkości obrotowych silnika. Podobnie kształtuje się przebieg jednostkowego zużycia paliwa. W przypadku zasilania silnika olejem rzepakowym niewielkiemu obniżeniu ulega zadymienie oraz temperatura spalin. Większe zużycie paliwa przy jednoczesnym spadku temperatury spalin i ich zadymienia można tłumaczyć znaczną ilością tlenu zawartego w paliwie.



Rys. 7. Charakterystyka porównawcza dwupaliwowego silnika 4C90

Fig. 7. Comparative characteristic of dual-fuel 4C90 engine

### Wyniki analizy i dyskusja

Wszystkie pojazdy badane w warunkach trakcyjnych nie wykazują (w subiektywnej ocenie eksploatujących) zmiany parametrów trakcyjnych przy zasilaniu olejem rzepakowym. Okresowa kontrola wtryskiwaczy nie wykazuje odkładania się osadów węglowych. Występuje zwiększone o około 8% zużycie oleju rzepakowego. Zadymienie spalin utrzymuje się na poziomie właściwym dla sprawnego silnika.

Samochód osobowy (eksploatowany przez autora artykułu) przejechał dotychczas 15 tys. km natomiast ciągniki (eksploatowane w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Ożańsku) przepracowały po około 500 motogodzin.

Olej rzepakowy odznacza się większą agresywnością w odniesieniu do elementów wykonanych z miedzi [Bugajski 1997]. W obiektach badań zauważalny jest nalot na miedzianych rurkach wymiennika. Problemy związane z destrukcyjnym działaniem oleju rzepakowego na elementy gumowe i polimerowe dotychczas nie zostały ujawnione; przewody i uszczelnienia wykazują szczelność.

Niedogodnością wynikającą z faktu zasilania silnika nisko przetworzonym olejem rzepakowym jest konieczność częstszej wymiany filtrów paliwowych. Trudno mówić na chwilę obecną o tym zjawisku jako o typowym, gdyż występują duże rozbieżności w czystości i jakości oleju dostarczanego przez różnych producentów. Przykładowo olej z tłoczni Kuźniar miał zerową zawartość wody i niską zawartość fosforu (nie występowały problemy z utartą sprawnością filtrów) natomiast olej z tłoczni Fus zawierał około 8% wody, 500 ppm fosforu i powodował intensywną korozję miedzi oraz konieczność częstej wymiany filtrów paliwa.

### **Podsumowanie i wnioski**

Przeprowadzone dotychczas badania dowodzą, że możliwe jest stosowanie do napędu silników spalinowych nisko przetworzonego (tzw. surowego) oleju rzepakowego. Warunkiem koniecznym dla prawidłowej pracy silnika jest wyposażenie go w dwupaliwowy układ zasilania zapewniający rozruch silnika na oleju napędowym oraz podgrzanie oleju rzepakowego do odpowiedniej temperatury.

Niemniej jednak olej rzepakowy jest paliwem alternatywnym i wywołuje określone niekorzystne zjawiska. Istotne jest zwiększenie zużycia oleju rzepakowego w stosunku do oleju napędowego. Ponadto wzrasta temperatura czynnika chłodzącego, co może powodować konieczność zwiększenia skuteczności układu chłodzenia. Wzrasta również zadymienie spalin w zakresie niskich i średnich prędkości obrotowych. Zachodzi ponadto konieczność optymalizacji kąta wyprzedzenia wtrysku oraz permanentna wzmożona obsługa techniczna układu zasilania, zwłaszcza filtrów paliwa.

Reasumując, aspekty techniczne i wstępne doświadczenia eksploatacyjne wskazują na możliwość szerokiego wdrożenia prezentowanej koncepcji. Aby wykluczyć przypadkowość otrzymywanych wyników oraz zniwelować wymienione powyżej problemy natury technicznej należy przeprowadzić jeszcze szereg badań trakcyjnych mających charakter badań trwałościowych.



## **Bibliografia**

- Bugajski S. 1997. Wpływ paliwa ekologicznego z rzepaku na wybrane elementy gumowe i polimerowe stosowane w silnikach Ursus. Prace PIMR, 3.
- Hemmerlein N., Korte V., Richtter H., Schroeder G. 1991. Performance, Exhaust Emissions and Durability of Modern Diesel Engines Running on Repeseed Oil. SAE Technical Papers Series, 1991, nr 91/0848.
- Lotko W., Longwic R. 1999. Nieustalone stany pracy silnika zasilanego paliwem rzepakowym. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom, 1999.
- Piekarski i in. 2004. Rzepak z pola do baku, PWRiL, Warszawa
- Szlachta Z. 2002. Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi, WKiŁ, Warszawa
- Zabłocki M., Cisek J. 1994. Zastosowanie oleju rzepakowego do napędu silnika wysokoprężnego. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego KBN, Kraków
- Zabłocki M., Sowa K., Sędzik M. 1991. Analiza wpływu oleju rzepakowego na działanie aparatury wtryskowej silnika wysokoprężnego. Sprawozdanie Politechniki Krakowskiej, nr 469/IPSiSS/91.

## **ANALYSIS OF POTENTIAL TO USE RAW RAPE-SEED OIL IN DIESEL ENGINE**

### **Summary**

The work presents properties of low-processed (raw) rape-seed oil from point of view of its application in drive combustion engines. A dual-fuel system concept has been developed, which would allow for correct work of engine supplied with rape-seed oil. The paper shows results of traction and laboratory tests obtained so far. The authors indicate technical and legal problems involved in using rape-seed oil to drive vehicles.

**Key words:** alternative fuels, combustion engines, external characteristics, operation