

WYBRANE PROBLEMY ZASILANIA SILNIKA DIESLA ZUŻYTYM OLEJEM ROŚLINNYM

Grzegorz Dzieniszewski

Instytut Techniki, Uniwersytet Rzeszowski

Streszczenie. Przedstawiono własności posmażalniczego oleju rzepakowego pod kątem stosowania do napędu silników spalinowych. Opracowano koncepcję układu dwustopniowego podgrzewania oleju oraz jego uzdatniania w aspekcie wymagań aparatury paliwowej silnika Diesla. Zaprezentowano dotychczasowe wyniki badań w rzeczywistych warunkach pracy i wyniki badań laboratoryjnych.

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

Wprowadzenie

Obszerne badania dotyczące możliwości stosowania oleju rzepakowego do napędu silników tłokowych przeprowadzono między m.in. w Akademii Rolniczej w Lublinie [Piekarski 2004] oraz w Politechnice Krakowskiej [Zabłocki, Cisek 1994; Zabłocki, Sowa, Sędzik 1991].

Znamienną cechą dotychczasowych doświadczeń jest praca silnika wyposażonego w standardowy układ paliwowy oraz stosowanie czystego oleju rzepakowego. Odmiennym problemem, chociaż już wstępnie analizowanym przez Rafinerię Trzebinia, są próby zasilania silnika Diesla technologicznym odpadem przemysłu spożywczego jakim jest tzw. przepalony olej roślinny.

Problematykę tego zagadnienia należy analizować w aspekcie proekologicznym oraz warunkującym możliwości wdrożenia, aspekcie ekonomicznym. Przesłanki ekologiczne związane są z faktem, że przepalony olej jest niezdatny do spożycia nawet przez zwierzęta hodowlane, wylanie do urządzeń kanalizacyjnych również nie jest możliwe. Jedyną metodą pozbycia się dużych ilości tego odpadu jest jego utylizacja, która jest bardzo kosztowna.

Duży obiekt gastronomiczny wytwarza dziennie około 50 litrów przepalonego oleju spożywczego. Oznacza to, że miesiąc pracy takiego zakładu daje przeszło 1000 litrów odpadu, z którym z jednej strony nie bardzo wiadomo co zrobić, a z drugiej jest to przecież materiał energetyczny o dużej kondensacji energii w jednostce objętości.

Cel i zakres

Celem prezentowanych badań jest empiryczna ocena możliwości zasilania silnika o zapłonie samoczynnym olejem rzepakowym stanowiącym posmażalniczy odpad.

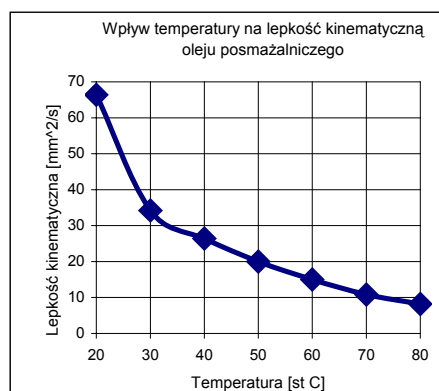
Nowatorskie ujęcie problemu polega na wdrożeniu koncepcji silnika dwupaliwowego, którego rozruch następuje na oleju napędowym, a następnie następuje przełączenie na zasilanie posmażalniczym olejem rzepakowym podgrzewanym w dwustopniowym podgrzewaczu.

Metodyka badań

Badaniami laboratoryjnymi objęto silnik S4003 (Ursus C-360). Badaniami w warunkach rzeczywistej eksploatacji objęto silnik ZSWVB 7 o mocy 65 kW napędzający generator elektryczny (rys. 1). Jest to czterocylindrowy, rzędowy silnik wysokoprężny o wtrysku bezpośrednim zasilany rzędową pompą wtryskową firmy MotorPAL.



Rys. 1. Silnik ZSWVB 7 napędzający generator
Fig. 1. ZSWVB 7 engine driving the generator



Rys. 2. Zależność lepkości kinematycznej od temperatury
Fig. 2. Relationship between kinematic viscosity and temperature

Metodyka badań obejmuje badania eksploatacyjne w warunkach typowego użytkownika generatora oraz wykonanie zewnętrznych charakterystyk porównawczych dla silnika zasilanego olejem napędowym i posmażalniczym olejem rzepakowym

Istota zasilania silnika posmażalniczym olejem rzepakowym

Własności fizykochemiczne posmażalniczego 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 posmażalniczego oleju rzepakowego i oleju napędowego [Piekarski 2006; Szlachta 2002]
 Table 1. Selected parameters of rape-seed oil after frying and diesel oil after [Piekarski 2006; Szlachta 2003]

Parametr	Posmażalniczy olej rzepakowy	Olej napędowy
Gęstość w temp. 15°C [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] (PN-EN ISO 12185:2002)	924,8	min. 820-max. 845 (Wg PN-EN 590:2005(U))
Lepkość kinematyczna [$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$] (PN-EN ISO 3104:2004)	39,6	min. 2,00 – max. 4,50 (Wg PN-EN 590:2005(U))
Smarność w temp. 60°C [μm] (PN-EN ISO 12156-1:2001)	144	max. 460 (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.]	0,1	0
Liczba cetanowa LC	41	45-50

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1 istnieje parametr, który szczególnie uniemożliwia prawidłowe zasilanie silnika olejem rzepakowym. Tym parametrem jest lepkość, która jest dużo 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 [Zabłocki, Cisek 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.

Olej rzepakowy ma jednak silną zależność lepkości od temperatury (rys. 2). Pomimo że zależność lepkości od temperatury stanowi podstawę opracowania układu dwupaliwowego z dwustopniowym podgrzewaniem, który częściowo eliminuje wymienione uprzednio niekorzystne zjawiska, należy pamiętać, że o procesie spalania w silniku o ZS decyduje jeszcze szereg innych czynników. Stąd prezentowane wyniki należy traktować jako wstępne, pamiętając o tym, że całe spektrum parametrów fizycznych i chemicznych paliwa oraz nastaw aparatury wtryskowej ma wpływ na proces spalania w silniku o ZS.

Ze względu na to, że olej przepalony jest bardzo gęsty (w temperaturze 10°C ma konsystencję smaru stałego) konieczne było zbudowanie wysokowydajnego wymiennika ciepła między wodą z układu chłodzenia silnika a podgrzewanym paliwem.

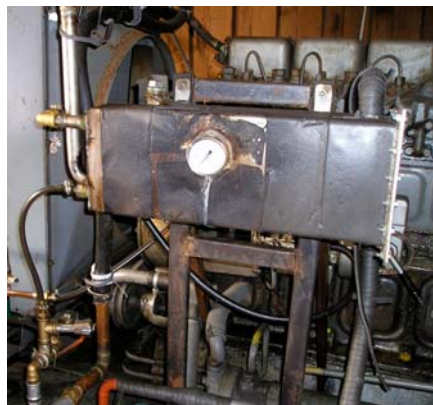
Podgrzewanie odbywa się dwustopniowo. Wymiennik pierwszego stopnia stanowi stalowa beczka, wewnątrz której jest wbudowany element grzejny (rys. 3). Do elementu grzejnego wymiennika pierwszego stopnia jest dostarczana woda z układu chłodzenia silnika. Beczka jest wypełniona przepalonym olejem jadalnym, który wstępnie nagrzewa się od elementu grzejnego do około 40°C, przy temperaturze wody w układzie chłodzenia

około 70°C. Do poprawnej pracy silnika olej o temperaturze 40°C jest nadal zbyt gęsty. Możliwe jest już co prawda zassanie oleju przez pompę zasilającą ale niemożliwe jest jego filtrowanie ze względu na blokowanie filtrów paliwa.

Rozwiązaniem tego problemu jest dalsze podgrzewanie oleju spożywczego, tak aby wzrost jego temperatury spowodował obniżenie jego lepkości. Realizacja tego zadania odbywa się w wymienniku drugiego stopnia (rys. 4).



Rys. 3. Agregat prądowórczy z widocznym pierwszym stopniem wymiennika ciepła
Fig. 3. Power generator with visible heat exchanger first stage



Rys. 4. Wymiennik drugiego stopnia
Fig. 4. Second stage exchanger

Wymiennik ten jest także wymiennikiem typu woda-olej ale o zoptymalizowanej konstrukcji węzownicy, którą przepływa paliwo. Długość rurek węzownicy oraz ich średnica muszą być zoptymalizowane pod kątem takiego dobrania przepływu paliwa, aby z jednej strony zapewnić jego odpowiednią temperaturę, a z drugiej strony odpowiedni wydatek umożliwiający prawidłową pracę aparatury wtryskowej.

Omówiony układ zasilający współpracuje z generatorem firmy ZSE PRAHA o mocy energetycznej 40 KW. Ogólny widok generatora z zabudowanym układem podgrzewającym przedstawia rys. 5.

Proces przygotowania zużytego oleju roślinnego pobieranego z urządzenia do smażenia (rys. 6) polega na jego przefiltrowaniu przez filtr tkaninowy i przelaniu do zbiornika podgrzewacza.



Rys. 5. Kompletny widok generatora
Fig. 5. Complete view of the generator



Rys. 6. Wygląd „paliwa” do zasilania generatora
Fig. 6. View of “fuel” supplied to the generator

Charakterystyka silnika zasilanego posmażalniczym olejem rzepakowym

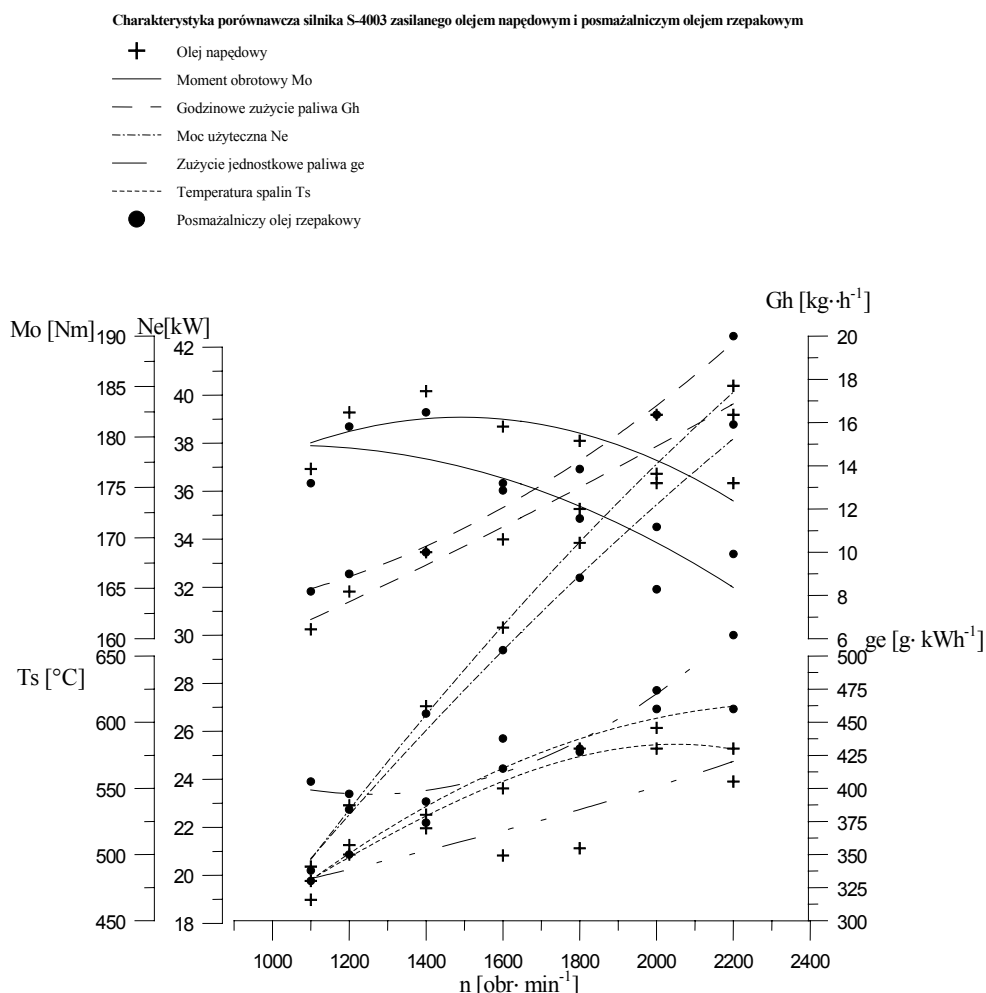
Porównując zestawienie charakterystyk silnika zasilanego przepalonym olejem rzepakowym oraz olejem napędowym (rys. 7) można zauważyć 5% spadek mocy oraz 20% wzrost jednostkowego zużycia paliwa w przypadku zasilania silnika posmażalniczym olejem rzepakowym. Temperatura spalin utrzymuje się na porównywalnym poziomie, podobnie jak (nieuwzględnione na wykresie) zadymienie spalin.

Wyniki analizy i dyskusja

Przedstawione wstępne wyniki badań dowodzą korzystnych czynników proekologicznych i ekonomicznych. Wykorzystując, będący odpadem, posmażalniczy olej do zasilania silnika spalinowego napędzającego generator energii elektrycznej z jednej strony w darmowy sposób utylizuje się duże ilości oleju przepalonego, a z drugiej strony produkuje znaczne ilości energii elektrycznej możliwej do wykorzystania we własnym zakładzie lub odsprzedawanej do krajowej sieci energetycznej.

W omawianym przypadku energia elektryczna jest wykorzystywana całkowicie w zakładzie gastronomicznym. Pracujący kilka godzin dziennie generator zasila różnego rodzaju urządzenia gastronomiczne o dużym poborze mocy, np. kotły elektryczne.

Wstępne badania prowadzone standardowym dymomierzem diagnostycznym dowodzą, że zadymienie podczas pracy na oleju rzepakowym utrzymuje się na poziomie zbliżonym do osiąganego na oleju napędowym. Także aparatura paliwowa zachowuje się prawidłowo. Odrębną kwestią jest trwałość aparatury paliwowej oraz układu TPC o której trudno wnioskować ze względu na wąski zakres badań prowadzonych na stanowisku doświadczalnym. Ponadto pewną niedogodnością może być specyficzny zapach spalin, co jednak nie ma znaczenia z punktu widzenia toksyczności spalin, gdyż spaliny z biopaliwa zawierają mniejsze (w porównaniu ze spalinami ze spalania paliw węglowodorowych) ilości związków kancerogennych, takich jak chociażby bardzo silnie rakotwórcza akroleina.



Rys. 7. Porównawcze charakterystyki zewnętrzne silnika S-4003 zasilanego posmażalniczym olejem rzepakowym oraz olejem napędowym

Fig. 7. Comparative external characteristics of the S-4003 engine running on rape-seed oil after frying and diesel oil

Aktualnie praca agregatu prądowłórczego przebiega bez żadnych problemów. Jako, że jest on napędzany silnikiem pracującym w układzie dwupaliwowym rozruch następuje na oleju napędowym. Po osiągnięciu przez ciecz w układzie chłodzenia temperatury około 70°C następuje przełączenie na zasilanie olejem jadalnym. W obecnej fazie przedprototypowej przełączenia tego dokonuje obsługa, jednakże prace zmierzające do zainstalowania układu automatycznego przełączania są już na ukończeniu. Podobnie jak rozruch tak też

i koniec pracy musi odbywać się na zasilaniu olejem napędowym. W związku z tym, przed zakończeniem pracy niezbędne jest przełączenie na zasilanie olejem napędowym i odczekanie około 5 minut aby zostało „wypalone” biopaliwo znajdujące się w filtrach i w pompie wtryskowej.

Podsumowanie i wnioski

1. Przeprowadzone dotychczas badania dowodzą, że możliwe jest stosowanie do napędu silników spalinowych posmażalniczego oleju rzepakowego. Warunkiem koniecznym dla prawidłowej pracy silnika jest wyposażenie go w dwupaliwowy układ zasilania zapewniający rozruch silnika na oleju napędowym oraz dwustopniowe podgrzanie oleju rzepakowego do odpowiedniej temperatury.
2. Niemniej jednak posmażalniczy olej jest przede wszystkim uciążliwym odpadem i bardzo specyficznym paliwem alternatywnym, stąd wywołuje określone niekorzystne zjawiska. Istotne jest zwiększenie zużycia oleju posmażalniczego w stosunku do oleju napędowego oraz spadek mocy silnika zasilanego paliwem alternatywnym. Ponadto wzrasta temperatura czynnika chłodzącego, co może powodować konieczność zwiększenia skuteczności układu chłodzenia. Wzrasta również zadymienie spalin w zakresie niskich i średnich prędkości obrotowych.
3. Reasumując, aspekty techniczne, ekonomiczne, ekologiczne i wstępne doświadczenia eksploatacyjne wskazują na celowość prowadzenia dalszych badań, których głównym kierunkiem powinny być zagadnienia optymalizacji nastaw aparatury wtryskowej oraz wnikliwa analiza wskaźników pracy silnika zasilanego przepracowanym olejem rzepakowym. Ponadto, aby wykluczyć przypadkowość otrzymywanych wyników oraz zniwelować wymienione powyżej problemy natury technicznej należy przeprowadzić jeszcze szereg badań mających charakter badań trwałościowych.

Bibliografia

- Piekarski i in.** 2004. Rzepak z pola do baku. PWRiL. Warszawa. ISBN 83-09-01781-2.
- Szlachta Z.** 2002. Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi. WKiŁ, Warszawa. ISBN 83-206-1459-7.
- Zablocki M., Cisek J.** 1994. Zastosowanie oleju rzepakowego do napędu silnika wysokoprężnego. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego KBN. Kraków.
- Zablocki M., Sowa K., Sędzik M.** 1991. Analiza wpływu oleju rzepakowego na działanie aparatury wtryskowej silnika wysokoprężnego. Sprawozdanie Politechniki Krakowskiej. nr 469/IPSiSS/91.

SELECTED PROBLEMS RELATED TO COMBUSTION OF WORN OUT VEGETABLE OIL IN DIESEL ENGINE

Abstract. The paper presents properties of rape-seed oil after frying from point of view of its use as a fuel in combustion engines. The researchers developed a concept of a two-stage system for oil preheating treatment in the aspect of Diesel engine fuel equipment requirements. The paper presents current results of tests in real operating conditions, and results of laboratory tests.

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

Adres do korespondencji:

Grzegorz Dzieniszewski; e-mail: twp@poczta.onet.pl
Instytut Techniki
Uniwersytet Rzeszowski
ul. Rejtana 16A
35-310 Rzeszów