

ZASTOSOWANIE CZYSTEGO OLEJU ROŚLINNEGO JAKO PALIWO DRUGIEJ GENERACJI DO NAPĘDZANIA KONSTRUKCYJNIE ZAAWANSOWANYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH

WSTĘP

Ropa naftowa od lat dwudziestych XX wieku stała się strategicznym surowcem dla całej gospodarki światowej. Największe zastosowanie znalazła jako surowiec do produkcji paliw ciekłych do napędzania silników spalinowych. Od tego czasu szereg zjawisk spowodowało, że coraz bardziej zaawansowane są prace nad poszukiwaniem paliw alternatywnych, mogących mieć zastosowanie w dotychczas użytkowanych, lub zmodernizowanych silnikach spalania wewnętrznego. Do zasadniczych tego powodów należy zaliczyć:

1. Pierwszy kryzys paliwowy na początku lat siedemdziesiątych XX wieku, którego skutkiem był znaczący wzrost cen paliw ropopochodnych oraz przerwy w dostawach tych paliw.
2. Idące za tym bardzo wysokie podwyżki cen ropy w latach 1973 i 1979.
3. Okresowe wahania cen ropy na rynkach światowych, wynoszące nawet kilkaset procent, mające miejsce do dnia dzisiejszego.
4. Wysoka emisja gazów cieplarnianych w wyniku spalania paliw kopalnych, głównie dwutlenku węgla i dążenie do jej ograniczenia zgodnie z licznymi międzynarodowymi porozumieniami, w tym z „Konwencją w Kioto”.

Jednym z paliw alternatywnych jest olej roślinny w stanie przetworzonym do biodiesla (FAME), oraz czysty olej roślinny (PPO). Olej roślinny jest zresztą pierwszym i naturalnym paliwem silnikowym. Pierwszy silnik spalinowy skonstruowany przez Rudolf Diesela i zaprezentowany na Światowej Wystawie w Paryżu w 1900 roku zaprezentował był zasilany olejem z orzechów ziemnych (*Arachis hypogaea*). Jednak szybki rozwój przemysłu

¹ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Oddział w Warszawie, ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa, www.itep.edu.pl, tel. 022/542 110, fax. 022/542 1150, e-mail: p.pasyniuk@itep.edu.pl

wydobycia i przetwórstwa ropy naftowej i jej relatywnie niskie ceny spowodowało całkowite wyparcie z użycia oleju pochodzenia roślinnego jako paliwa silnikowego.

Mając na uwadze chęć całkowitego uniezależnienia dostaw paliw ciekłych od sytuacji na rynku ropy naftowej, wykorzystanie w najwyższym stopniu paliw pochodzących ze źródeł odnawialnych i w efekcie ograniczenie emisji dwutlenku węgla do atmosfery warunki takie spełnia czysty olej roślinny jako paliwo do silników wysokoprężnych. Olej ten może być pozyskiwany z licznej rodziny roślin oleistych, jak: rzepak, rzepik, len zwyczajny, lniana, słonecznik, dynia oleista, palma olejowa, soja, jatrofa (*Jatropha curcas* L). Niektóre z nich, jak olej z owoców jatrofy, spełniają kryteria paliwa drugiej generacji jako nie nadające się do spożycia przez człowieka i zwierzęta hodowlane.

OLEJ ROŚLINNY JAKO SAMODZIELNE PALIWOSILNIKOWE

Parametry oleju roślinnego znacznie odbiegające od parametrów oleju napędowego co powoduje, że proste zastąpienie paliwa ropopochodnego przez olej roślinny w powszechnie użytkowanych silnikach spalinowych jest niemożliwe. Badania sześciu różnych silników wysokoprężnych wykazały, że silniki z bezpośrednim systemem wtryskowym nie nadają się do pracy na oleju roślinnym z powodu szybkiego nawarstwiania się osadów w komorze spalania [Hemmerlein, Korte i inni 1991]. Podobne wyniki badań uzyskał Vellguth [Vellguth 1983], który zaobserwował powstawanie osadów na końcówkach wtryskiwaczy co zatrzymywał pracę silnika już po 50 godzinach jego pracy. W 1964 roku Klaus Elsbett skonstruował silnik z sercową komorą spalania, nadający się do pracy na oleju roślinnym [Bocheński 2003]. Takie rozwiązanie wymaga specjalnej konstrukcji silnika lub ingerencji w konstrukcje silników dotychczas używanych.

Olej rzepakowy w porównaniu do oleju napędowego charakteryzuje się wysoką lepkością, co wpływa na jego stopień rozpylania w komorze spalania. Powstająca mieszanka paliwowo-powietrzna w komorze cylindra nie jest dokładnie spalona, tworząc osady. Lepkość oleju roślinnego gwałtownie spada wraz ze wzrostem temperatury i w 70°C jest zbliżona do gęstości oleju napędowego [Szlachta 2002]. W ten sposób powstały instalacje wyposażone w dwa zbiorniki paliwowe. Uruchomienie silnika oraz praca do momentu uzyskania wysokiej temperatury płynu chłodzącego podgrzewającego zbiornik z olejem roślinnym odbywa się na oleju napędowym [Dzieniszewski 2006]. Wtedy to zasilanie ręcznie przełącza się na olej roślinny. Prowadzone badania eksploatacyjne wskazują, że ten sposób zasilania silnika zdaje egzamin. Parametry oleju roślinnego i warunki spalania powodują nieznaczny spadek mocy silnika i wzrost zużycia paliwa. Obserwuje się spadek emisji tlenu węgla CO,

węglowodorów HC oraz wskaźnik zadymienia spalin mierzony liczbą cząstek stałych PM. Wzrasta natomiast emisja tlenków azotu NO_x , trwają prace nad ograniczeniem emisji także tych związków.

W latach osiemdziesiątych XX w. szereg przedsiębiorstw, w tym: niemieckie przedsiębiorstwa *ELSBETT Technologie GmbH*, czy *Umzüge – Rudolph, Kubschütz* rozpoczęło prace nad możliwością stosowania oleju roślinnego do napędzania silników i dokonują przeróbek dostosowujących pojazdy do zasilania olejem. Oferowane przeróbki bazują na zmianie systemu zasilania silnika. Są to instalacje dwuzbiornikowe, wyposażone w podgrzewany zbiornik oleju oraz dodatkowe pompy, podgrzewacze i filtry.

Inną koncepcją zaprezentowali konstruktorzy z firmy *Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie (VWP-Niemcy)*. Wychodząc z założenia, iż parametry paliwa węglowodorowego i roślinnego są inne zaproponowano dostosowanie silnika do paliw roślinnych bez wprowadzania dodatkowego zbiornika, dodatkowych filtrów i zewnętrznych podgrzewaczy. Tak dostosowany silnik jest uruchamiany na oleju roślinnym do temperatury otoczenia $+5\text{C}^\circ$, poniżej tej temperatury wymaga domieszki oleju napędowego. We współpracy z fabryką ciągników rolniczych *John Deer Werke Mannheim w Niemczech* wypuszczono partię nowych ciągników o mocy powyżej 120 kW przystosowanych do napędzania czystym olejem roślinnym [Gruber 2007].

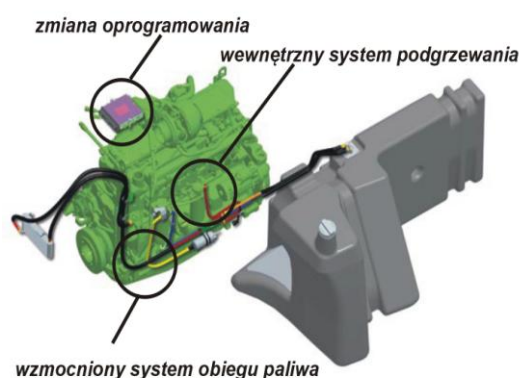
PROJEKT 2ndVegOil

Ciągniki wyprodukowane w Mannheim są testowane w ramach realizacji 7 Projektu Ramowego o akronimie *2ndVegOil*. Testy odbywają się w Polsce, Francji i Austrii i polegają na eksploatacji ciągników w warunkach polowych, czyli pracują w gospodarstwach rolnych przy codziennych pracach polowych i transportowych. We flocie ciągników użytkowanych



Rys. 1. Ciągnik użytkowany w Zakładzie Doświadczalnym ITP w Poznaniu (zdjęcie autora)

w Polsce znajdują się cztery ciągniki John Deere 6830 Premium i jeden John Deere 7530. Od początku badań, czyli od 1 kwietnia 2009r. testowane ciągniki przepracowały łącznie ponad 3 900 mth. W silnikach ciągników zostały dokonane następujące zmiany: wzmocniono system zasilania silnika, zamontowano system podgrzewania paliwa zespolony z układem wtryskiwaczy, a także mieniono oprogramowanie komputera. Obsługa ciągników jest taka sama jak obsługa



Rys. 2. Zmiany w silniku ciągnika zasilanego czystym olejem roślinnym

Sposób tłoczenia użytkowanego roślinnego jak i zmiany w silniku zapewniają, że ciągniki spełniają obowiązującą normę spalin EU Stage 3A. Trwające prace badawcze na Uniwersytecie w Monachium mają na celu poprawę czystości emisji spalin do wartości zgodnej z bardziej rygorystyczną normą EU Stage 3B i następnie EU Stage 4 (US TIER 4/EURO 6).

WYNIKI BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH

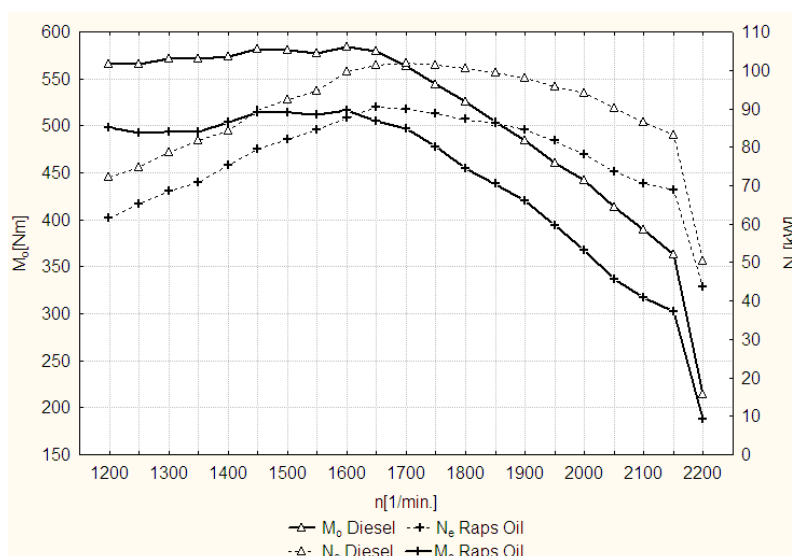
Badane ciągniki pracują jako główny ciągnik w gospodarstwach rolnych o powierzchni od 60 do 300 ha UR. Agregowane są ze wszystkimi maszynami rolniczymi jakie posiada gospodarstwo. Codzienne rejestrowane są następujące dane: aktualnego stanu licznika, ilości i rodzaj dolanego paliwa, poziomu oleju silnikowego w misce olejowej oraz rodzaje dokonanych napraw, przeglądów itd.



Rys. 3. Ciągnika zasilany czystym olejem roślinnym przy pracy (zdjęcie autora)

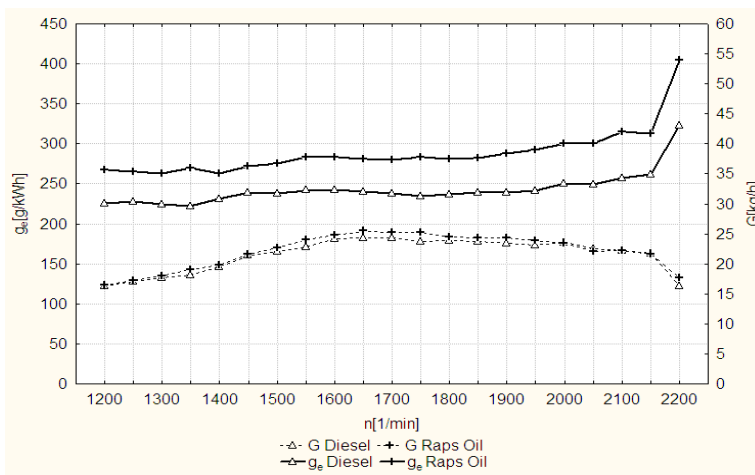
Ciągniki pracujące na polskich farmach zasilane są olejem rzepakowym, ciągniki pracujące w gospodarstwach niemieckich i austriackich zasilane są olejami z lnianki, jatrofy i olejem słonecznikowym.

W dotychczasowej eksploatacji nie wystąpiły jakiegokolwiek problemy z uruchamianiem i pracą ciągników. Najniższa zarejestrowana temperatura otoczenia wynosiła -15°C , ciągnik bez problemu był uruchamiany i pracował na oleju roślinnym z 20% dodatkiem oleju napędowego. W trakcie badań zarejestrowano 10.% spadek mocy ciągnika w stosunku do ciągnika standardowego.



Rysunek 4. Rozkład momentu i mocy badanego ciągnika²

Godzinowe zużycie oleju roślinnego w stosunku do zapotrzebowania na olej napędowy jest porównywalne, natomiast jednostkowe zużycie paliwa w przeliczeniu na kWh w przypadku oleju roślinnego jest średnio o 15% wyższe.



Rysunek 5. Godzinowe oraz jednostkowe zużycie paliwa²

² Badania przeprowadzone w Oddziale ITP. W poznaniu przez: Golimowski W. Dorociński S.

W dotychczasowej pracy wystąpiła jedna usterka mająca związek ze stosowanym paliwem. Zapchaniu uległ filtr paliwowy w wyniku zastosowania oleju przechowywanego przez 6 miesięcy przed użyciem i w dodatku „przemrożonego” w okresie silnych mrozów. W dwu ciągnikach uległy uszkodzeniu zawory wysokiego ciśnienia. Badanie uszkodzonej części w fabryce ciągników wskazało, że uszkodzenie nie miało związku z rodzajem użytkowanego paliwa. Okazało się, że jest to typowa usterka w ciągnikach JD, w okresie 2009 – 2010 w obrębie jednej stacji serwisowej na Podlasiu usterka ta wystąpiła w 19 standardowych ciągnikach JD.

Badania silnika metoda wziernikową wskazało, że stopień zanieczyszczenia komory spalania, gniazd zaworowych, czy końcówek wtryskiwaczy nie odbiega od stanu porównywalnych silników zasilanych ON.

PODSUMOWANIE

1. Czysty olej roślinny może być samoistnym paliwem do zasilania silników wysokoprężnych, po odpowiednim przystosowaniu silnika. Podejmowane wcześniej próby z układami dwuzbiornikowymi, bez ingerencji w konstrukcję silnika, okazały się błędne.
2. Spadek mocy silnika, w ciągnikach dużej mocy - ponad 140 kW – zdaniem traktorzystów jest niezauważalny.
3. Obok pozytywnego wpływu na środowisko, jakim jest naturalny obieg CO₂ w przypadku paliw ze źródeł odnawialnych, emisje spalin oleju roślinnego zawierają mniejszą zawartość Co, HC i PM.
4. Jedynym parametrem dla oleju stosowanego jako paliwo odmiennym od składu oleju zimno tłoczonego jest zawartość Mg+P+Ca w sumie. Pożądany skład można uzyskać na drodze doboru parametrów tłoczenia.
5. Zastąpienie oleju napędowego olejem rzepakowym w gospodarstwie średniej wielkości może przynieść oszczędności na poziomie od 6 do 25% rocznie, w zależności od wielkości gospodarstwa i sposobu pozyskiwania oleju.
6. Przewagą oleju roślinnego nad biodieslem jest znacznie prostszy i tańszy sposób wytwarzania paliwa, także zdecydowanie bardziej przyjazny dla środowiska.
7. Prosta technologia powoduje możliwość produkcji oleju roślinnego na własne potrzeby energetyczne w gospodarstwie rolnym. Może to być również źródło dodatkowych dochodów i niewątpliwie wpłynie na wzrost przedsiębiorczości na obszarach wiejskich.

LITERATURA

- BOCHEŃSKI C. I. 2003. Biodiesel Paliwo Rolnicze. Wydawnictwo SGGW Warszawa.
- DZIENISZEWSKI G. 2006: Analiza możliwości zasilania silnika diesla surowym olejem roślinnym. Inżynieria Rolnicza 12/2006.
- GRUBER G. 2007. Potencjał czystego oleju roślinnego, Biofuel Cities, nr 1/2007.
- HEMMERLEIN N. KORTE V. RICHTER H. SCHROEDER G. 1991: Performance, exhaust emissions and durability of modern diesel engines running on rapeseed oil. SAE Technical Papers Series. nr 91 0848.
- SZLACHTA Z.: Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi. WKŁ, Warszawa 2002.
- VELLGUTH G: 1983. Performance of vegetable oils and their monoesters as fuels for diesel engines. SAE Transactions nr 83 1358.