

EFEKTYWNOŚĆ PRACY SILNIKA ZASILANEGO OLEJEM RZEPAKOWYM

*Marek Klimkiewicz, Remigiusz Mruk, Jarosław Osiak, Henryk Roszkowski,
Jacek Słoma, Janusz Wojdalski*

Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych nad wykorzystaniem czystego oleju rzepakowego do zasilania silnika o ZS zamontowanego w ciągniku rolniczym. W silniku zastosowano dwuzbiornikowy układ paliwowy z podgrzewaniem oleju rzepakowego. Rozruch silnika odbywał się na oleju napędowym, a po osiągnięciu odpowiedniej temperatury (stabilności cieplnej) następowało automatyczne przełączenie na paliwo roślinne. Badano wpływ parametrów konstrukcyjnych silnika: kąt wyprzedzenia początku wtrysku paliwa, ciśnienie wtrysku i ciśnienie sprężania powietrza w komorze spalania, na moc, moment obrotowy i jednostkowe zużycie paliwa. Badania wykazały, że zasilanie silnika czystym olejem rzepakowym prowadzi do zmniejszenia mocy efektywnej o 12%, momentu obrotowego o 9%, a jednostkowe zużycie paliwa wzrasta o 15%. Zmiana wartości kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa wpływa na jednostkowe zużycie paliwa. Najkorzystniejszą wartość uzyskano dla 15° kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa.

Słowa kluczowe: silnik o ZS, olej rzepakowy, badania procesu spalania, parametry konstrukcyjne

Wykaz oznaczeń:

- P_{spr} – ciśnienie końca suwu sprężania (MPa),
 P_{wtr} – ciśnienie wtrysku paliwa (MPa),
 α_{wtr} – kąt wtrysku paliwa (°),
 n – prędkość obrotowa (obr·min⁻¹),
 M – moment (Nm),
 N – moc (kW),
 G_e – godzinowe zużycie paliwa (l·h⁻¹),
 g_e – jednostkowe zużycie paliwa (g·kWh⁻¹).

Wprowadzenie

Badania nad wykorzystaniem oleju rzepakowego jako paliwa do silnika o zapłonie samoczynnym (ZS) prowadzone są od wielu lat z różną intensywnością. Zastosowanie oleju roślinnego jako paliwa pozwala zmniejszyć uzależnienie od surowców kopalnianych oraz sprzyja ograniczeniu zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Olej roślinny, w stosunku do napędowego, charakteryzuje się innymi właściwościami, w tym niższą wartością opałową i znacznie wyższą lepkością. Lepkość oleju rzepakowego może stanowić źródło problemów w układzie zasilania związanych z blokowaniem filtra paliwa (Klimkiewicz i in., 2010). Problemom z tym związanym zapobiec można poprzez wprowadzenie modyfikacji układu paliwowego tak, by podgrzać olej rzepakowy i obniżyć jego lepkość, która jest silnie skorelowana z temperaturą (Wojdalski i in., 2010). Najkorzystniejsze wydają się rozwiązania dwuzbiornikowe (Wcisło, 2003; Dzieniszewski, 2007; 2008).

Badania nad spalaniem oleju rzepakowego dowiodły, że jego lepkość wpływa na proces tworzenia mieszaniny palnej w cylindrze, zwłokę zapłonu i przebieg procesu spalania (Klimkiewicz i Bocheński, 2011). Ciśnienie sprężania powietrza w cylindrze, ciśnienie wtrysku paliwa oraz kąt wyprzedzenia początku wtrysku powinno dobierać się w zależności od właściwości paliwa. Faza opóźnienia zapłonu mieszaniny palnej w komorze spalania stanowi podstawę ustalenia wartości kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa. W przypadku zastosowania oleju rzepakowego, w układzie zasilania zaprojektowanym do oleju napędowego, przyjęte wartości parametrów konstrukcyjnych mogą nie zapewniać wystarczających warunków do uzyskania najwyższej efektywności zamiany energii chemicznej na mechaniczną.

Według Towpika (2008) pomyślnie wypadają badania 100 ciągników rolniczych zasilanych czystym olejem rzepakowym. Ocenia się, że pełne zbadanie efektów spalania oleju rzepakowego w silnikach ZS można uzyskać za kilka lat, jednak już obecnie producenci ciągników rolniczych (np.: Fendt, John Deere, Pronar Narew) w swoich ofertach informują o możliwości dostarczenia modeli, które mogą być zasilane olejem napędowym lub olejem roślinnym. Firma Deutz oferuje ciągnik rolniczy zasilany nieprzetworzonym olejem rzepakowym, wyposażony w nowoczesny układ wtryskowy Common Rail i udziela na niego gwarancji pod warunkiem stosowania oleju rzepakowego spełniającego normy.

W literaturze można dostrzec doniesienia (Czechłowski i in., 2006), z których wynika, że zastosowanie surowego oleju roślinnego może prowadzić do poważnych uszkodzeń silnika. Potwierdzają to wyniki badań prowadzonych w Niemczech, gdzie na 107 obserwowanych ciągników zasilanych olejem rzepakowym zaledwie 63 uniknęło znaczących usterek. Głównym problemem dotyczyło pomp wtryskowych i rozpylaczy. Paliwo do zasilania silników spalinowych jest traktowane jako ważny element konstrukcyjny, stąd zakres zmienności parametrów oleju rzepakowego ujęto w propozycji normy DIN V 51605 (Remmele i Tunele, 2007). Proces spalania oleju rzepakowego w silnikach o ZS przebiega odmiennie niż spalanie oleju napędowego. Podczas spalania olejów roślinnych, przestrzenne tworzenie mieszaniny palnej wydłuża okres opóźnienia samozapłonu w porównaniu z ON.

Wzrost ciśnienia wtrysku paliwa i ciśnienia sprężania powietrza sprzyja tworzeniu strumienia kropelek o mniejszych wymiarach, a to tworzy korzystniejsze warunki do pełnego spalania (Sapiński, 1999).

Problemy z wykorzystaniem nieprzetworzonego oleju rzepakowego, takie jak tworzenie nagaru na rozpylaczach, zakleszczanie pierścieni tłokowych, odkształcenia uszczelki gumowych i zwiększanie się lepkości oleju smarującego, ujawniają w swoich badaniach Nwafor i Rice (1996). Za główne przyczyny tych problemów uznali dużą lepkość i małą lotność oleju rzepakowego (OR).

Thuncke i Gassner (2009) wskazują, że według badań przeprowadzonych na ciągniku Deutz-FahrAgrotron TTV 1160 i Fendt Farmer Vario 412 zgodnych z zasadami cyklu kontrolnego (ISO 8178) pod względem emisji węglowodorów HC i cząstek stałych paliwo rzepakowe wypada zdecydowanie korzystniej od oleju napędowego. Jedynie emisja NO_x była wyższa (maksymalnie o 10%) przy pracy na paliwie rzepakowym.

Próby optymalizacji parametrów roboczych pracy jednocylindrowego silnika zasilanego mieszaniną oleju napędowego z olejem roślinnym prowadzili He i Bao (2003). Sformułowane wnioski wskazują, że optymalny kąt wyprzedzenia początku tłoczenia paliwa powinien być o 2-3° większy niż dla oleju napędowego, biorąc za kryterium jednostkowe zużycie paliwa.

Największe różnice między OR i ON dotyczą lepkości, temperatury blokowania zimnego filtra, masy molowej, temperatury zapłonu i krzywej destylacji. Do właściwości fizykochemicznych oleju rzepakowego, mających istotne znaczenie w eksploatacji tego paliwa i zależnych od technologii wytwarzania należą: zawartość kwasów tłuszczowych i glicerydów, zawartość fosforu, zawartość zanieczyszczeń stałych i wody (Wojdalski i Bocheński, 2010).

Zmniejszenie zagrożeń dla pracy silnika spowodowanych wysoką lepkością oleju rzepakowego można uzyskać, stosując dwuzbiornikowy układ zasilania. W tym rozwiązaniu uruchamianie silnika następuje na oleju napędowym, a po osiągnięciu stabilności cieplej, tj. gdy ciecz chłodząca osiągnie temperaturę około 80°C, następuje przełączenie na zasilanie olejem roślinnym. Paliwo roślinne w przewodzie ze zbiornika do pompy zostaje podgrzewane w wymienniku ciepła zasilanym cieczą z układu chłodzenia silnika. Przed wyłączeniem silnika zasilanego olejem rzepakowym na dłuższy czas należy na kilka minut przełączyć na zasilanie olejem napędowym (Klimkiewicz i in., 2010). Zapobiega to zablokowaniu ruchomych elementów aparatury paliwowej produktami polikondensacji oleju rzepakowego. W badaniach podjęto próbę wyjaśnienia wpływu niektórych parametrów konstrukcyjnych układu zasilania silnika o ZS na moc, moment obrotowy, godzinowe i jednostkowe zużycia paliwa.

Cel i zakres pracy

Celem badań jest poznanie wpływu wybranych wartości niektórych parametrów konstrukcyjnych układu paliwowego: kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa, ciśnienia wtrysku i ciśnienia sprężania powietrza w komorze spalania, na moc, moment obrotowy i jednostkowe zużycie paliwa w silniku o ZS zasilanym czystym olejem rzepakowym.

Do osiągnięcia założonego celu wybrano eksperymentalną metodę badań. Użyto ciągnik rolniczy ZEFIR 85 wyprodukowany przez firmę PRONAR sp. z o.o., z silnikiem czterocylindrowym o zapłonie samoczynnym i mocy 62,5 kW (tab.1), wyposażony w dwuzbiornikowy układ paliwowy.

Tabela 1
Charakterystyka silnika o ZS wykorzystywanego w badaniach
 Table 1
Specification of engine used in investigations

Producent silnika i parametry techniczne	YITUO (Luoyang) Diesel Engine Co. Ltd
Typ silnika	6YTDL4.75N01
Moc wg 97/68/EC (kW/KM)	62,5/84,9
Liczba cylindrów	4
Stopień sprężania (ϵ)	18:1
Rodzaj wtrysku	bezpośredni
Pojemność skokowa (cm ³)	4750
Obroty znamionowe (obr·min ⁻¹)	2400
Max. moment obrotowy/obroty wału korbowego (Nm/min ⁻¹)	287/1400
Jednostkowe zużycie paliwa (g·kWh ⁻¹)	228
Ciśnienie sprężania (MPa)	3,0
Ciśnienie wtrysku paliwa (MPa)	26
Kąt wyprzedzenia wtrysku (°)	6

Źródło: Na podstawie dokumentacji technicznej silnika

Układ ten umożliwia przełączenie zasilania silnika z oleju napędowego (ON) na olej rzepakowy (OR). Główny zbiornik paliwowy (o większej objętości) przeznaczono na olej rzepakowy, a mniejszy – na olej napędowy. W linii zasilania olejem rzepakowym znajduje się nagrzewnica wykorzystująca do podgrzewania paliwa ciecz z układu chłodzenia silnika i dodatkowo grzałkę elektryczną.

Pomiar wartości parametrów pracy silnika spalinowego, zasilanego olejem rzepakowym, przeprowadzono na stanowisku wyposażonym w hamownię podwoziową PT 301 MES dla następujących wartości parametrów konstrukcyjnych:

- kąt wyprzedzenia początku wtrysku paliwa odpowiednio: 2°, 6°, 10°, 15° i 24°,
- ciśnienie wtrysku paliwa (otwarcia wtryskiwacza): 26 MPa i 30 MPa,
- ciśnienie sprężania powietrza w komorze spalania: 3,0 MPa i 3,4 MPa.

Przeprowadzono pomiary wartości mocy, momentu obrotowego, godzinowego i jednostkowego zużycia paliwa w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego. Pomiary realizowano w identyczny sposób dla każdej modyfikacji parametrów konstrukcyjnych układu zasilania silnika. W celu porównawczym dokonano pomiarów parametrów pracy silnika zasilanego olejem napędowym. Przeanalizowano wpływ zmiennych niezależnych na badane parametry, a następnie opracowano statystyczne modele ilościowe.

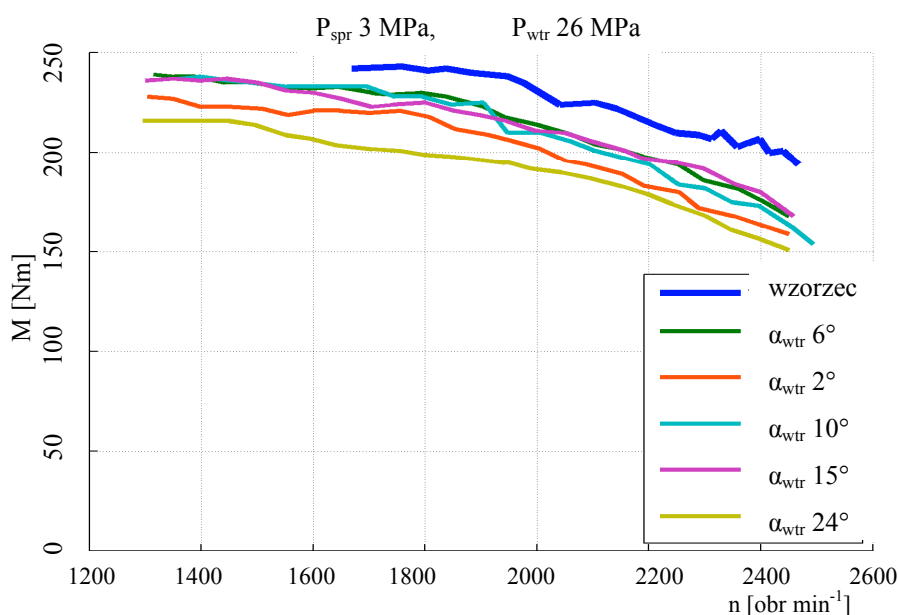
Analiza wyników badań

Przeprowadzono pomiary wartości parametrów pracy silnika ZS dla fabrycznych ustawień układu paliwowego i zasilania olejem napędowym a następnie czystym olejem rzepakowym, co pozwoliło sporządzić odpowiednie charakterystyki szybkościowe. W dalszych

badaniach zmieniano parametry konstrukcyjne układu zasilania i w ustalonych warunkach pracy silnika rejestrowano wartości parametrów pracy.

Porównując parametry pracy silnika o ZS uzyskane dla fabrycznych ustawień układu paliwowego przy zasilaniu czystym OR w stosunku tych otrzymanych przy zasilaniu ON, należy stwierdzić, że mają mniej korzystne wartości.

Wartość momentu obrotowego przy zasilaniu OR zależy od wartości kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa (rys. 1). Najniższe wartości momentu obrotowego uzyskano dla kątów wyprzedzenia początku wtrysku paliwa 2° i 24° .



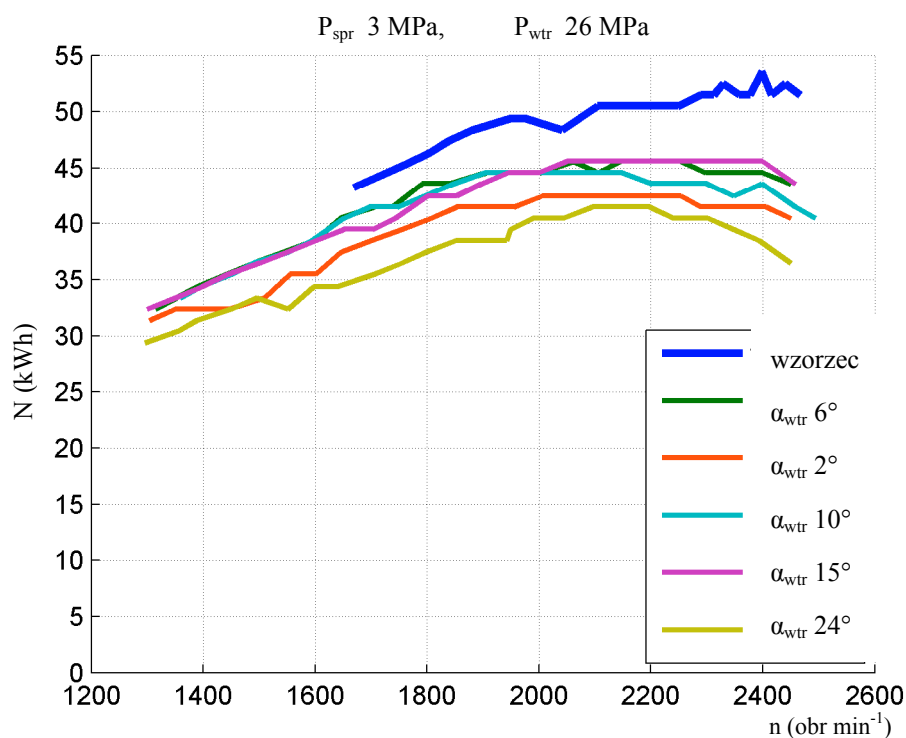
Rysunek 1. Przebieg momentu obrotowego w funkcji prędkości obrotowej silnika dla różnych kątów wyprzedzenia początku wtrysku

Figure 1. Torque as a function of rotational speed for various fuel injection advance angles

Przebieg krzywych jednoznacznie potwierdza wpływ kąta wyprzedzenia początku wtrysku na kształtowanie wartości momentu obrotowego silnika przy zasilaniu OR.

Wartość mocy silnika w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego przy zasilaniu OR zależy od kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa (rys. 2). Przy zasilaniu silnika olejem napędowym moc maksymalna przy ustawieniach fabrycznych układu paliwowego wynosiła 52,5 kW, przy prędkości obrotowej wału korbowego w zakresie 2330–2440 $\text{obr}\cdot\text{min}^{-1}$. Dla fabrycznych ustawień układu paliwowego i zasilania olejem rzepakowym uzyskano maksymalną moc rzędu 45,6 kW w zakresie prędkości obrotowej wału korbowego rzędu 2050–2250 $\text{obr}\cdot\text{min}^{-1}$. Przy ustawieniach fabrycznych silnika zasilanie czystym OR

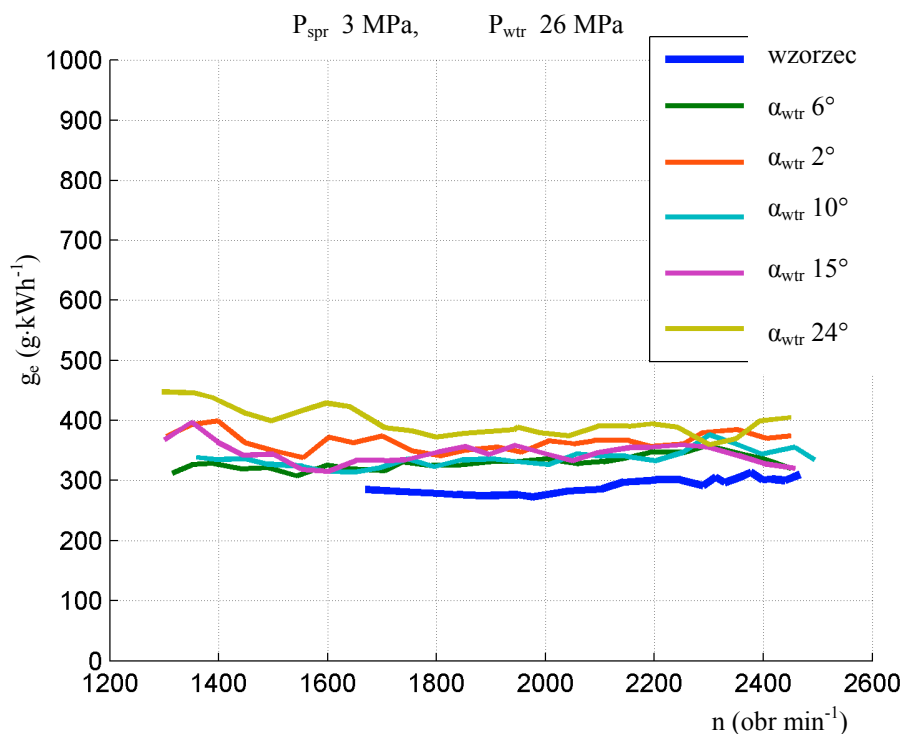
skutkuje zmniejszeniem mocy maksymalnej o ok. 13%. Jednostkowe zużycie paliwa przez silnik traktuje się jako miarę efektywności jego pracy (rys. 3).



Rysunek 2. Moc silnika zasilanego OR dla różnych kątów wyprzedzenia początku wtrysku paliwa

Figure 2. Power of engine fed with rape seed oil for various fuel injection advance angles

Przebieg krzywych na wykresie wskazuje, że zmiana wartości kąta wyprzedzenia początku wtrysku oleju rzepakowego wpływa na efektywność pracy silnika o ZS. Zmniejszenie tego kąta w stosunku do ustawień fabrycznych (6°) pogarsza efektywność pracy silnika – przy kącie 2° jednostkowe zużycie paliwa wzrasta o ok. 20%. Zwiększenie kąta wyprzedzenia początku wtrysku oleju rzepakowego w stosunku do ustawień fabrycznych, do wartości 10° i 15° i 24° powoduje wzrost efektywności pracy silnika. Najwyższą efektywność pracy silnika zasilanego surowym olejem rzepakowym uzyskano dla kąta wyprzedzenia początku 15° . W tych warunkach jednostkowe zużycie paliwa było jedynie o 9% wyższe w stosunku do wartości uzyskiwanej przy zasilaniu ON.



Rysunek 3. Jednostkowe zużycie paliwa silnika zasilanego OR dla różnych kątów wyprzedzenia początku wtrysku paliwa
 Figure 3. Specific fuel consumption of engine fed with rape seed oil for various fuel injection advance angles

Uzyskane wyniki badań empirycznych potwierdzają teoretyczne uzasadnienia konieczności zwiększenia kąta wyprzedzenia początku wtrysku oleju rzepakowego. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że najwyższą efektywność pracy silnika o ZS (najniższa wartość jednostkowego zużycia paliwa) uzyskiwano dla kąta wyprzedzenia początku wtrysku oleju rzepakowego 15°, tj. o 9° powyżej wartości dla ON.

W przypadku zasilania ON, jednostkowe zużycie paliwa w zasadzie nie przekraczało 300 g·kWh⁻¹ w zakresie różnych prędkości obrotowych wału korbowego. Dla oleju rzepakowego wartość jednostkowego zużycia paliwa wzrosła do ok. 340 g·kWh⁻¹ w zakresie mocy maksymalnej. Zasilanie olejem rzepakowym spowodowało wzrost jednostkowego zużycia paliwa przeciętnie o ok. 12–13%.

W stosunku do wartości uzyskiwanych przy zasilaniu ON następujące parametry uzyskały niższą wartość przy zasilaniu OR: prędkość obrotowa i godzinowe zużycie paliwa o ok. 10%, moc o 15%, moment obrotowy jedynie o 2%. Natomiast jednostkowe zużycie paliwa wzrosło prawie o 12%.

Parametry pracy silnika zasilanego OR w stosunku do zasilania ON w całym zakresie prędkości obrotowej wału korbowego mają mniej korzystne wartości. Przykładowo maksymalny moment obrotowy przy zasilaniu ON wynosił 245 Nm w zakresie prędkości obrotowej $n = 1540\text{--}1650 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$. Zasilanie olejem rzepakowym spowodowało zmniejszenie momentu do wartości rzędu 235–239 Nm przy prędkościach obrotowych w zakresie $n = 1315\text{--}1490 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$.

Niższe wartości podstawowych parametrów eksploatacyjnych silnika o ZS, uzyskiwane przy zasilaniu olejem rzepakowym w stosunku do uzyskiwanych przy zasilaniu olejem napędowym, można wyjaśnić jego niższą wartością opałową i wyższą lepkością, co wpływa na pogorszenie procesu tworzenia i przebieg spalania mieszanki palnej. Surowy olej rzepakowy charakteryzuje się zwiększoną zwłoką samozapłonu.

Zmniejszenie tego kąta do 2° (ustawienie fabryczne 6°) spowodowało spadek mocy maksymalnej do 42,5 kW i maksymalnego momentu obrotowego do 180 Nm oraz wzrost jednostkowego zużycia paliwa o blisko 20%, tj. do $362 \text{ g}\cdot\text{kWh}^{-1}$.

Wykonane badania pracy silnika zasilanego olejem rzepakowym przy podwyższeniu ciśnienia wtryskiwanego paliwa do wartości 30 MPa i jednocześnie zwiększonym ciśnieniu sprężania powietrza w komorze spalania do wartości 3,4 MPa dla kątów wyprzedzenia początku wtrysku $2^\circ, 6^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 24^\circ$ wykazały istotny wpływ na mierzone parametry.

Podsumowanie i wnioski

Zrealizowane badania eksperymentalne potwierdziły, że czysty olej rzepakowy, jako paliwo do silników ZS może być stosowany przy wykorzystaniu dwuzbiornikowego układu paliwowego. Zastosowanie dwuzbiornikowego układu zasilania, z podgrzewaniem oleju rzepakowego i automatycznym przełączeniem na paliwo roślinne wraz z procedurą wyłączania silnika na dłuższy postój, zapewnia stabilną pracę silnika i zadowalające osiągi.

Wyniki badań potwierdziły wpływ parametrów konstrukcyjnych układu zasilania na wartość mocy, momentu i jednostkowego zużycia paliwa dla silnika zasilanego czystym olejem rzepakowym. Analiza wyników badań pozwala sformułować następujące wnioski:

- Podstawowe wartości parametrów charakteryzujących pracę silnika o ZS przy zasilaniu olejem rzepakowym ulegają zmianie w stosunku do uzyskiwanych przy zasilaniu olejem napędowym. Moc nominalna zmniejsza się o ok. 12%, moment obrotowy zmniejsza się o ok. 9%, godzinowe zużycie paliwa obniża się do rzędu 7%, a jednostkowe zużycie paliwa wzrasta o ok. 15%.
- Najkorzystniejszą wartość jednostkowego zużycia paliwa w badanym zakresie kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa wynoszącą $329 \text{ g}\cdot\text{kWh}^{-1}$ uzyskano dla 15° .
- Dla podwyższonego ciśnienia sprężonego powietrza do 3,4 MPa w komorze spalania i standardowego ciśnienia wtrysku najniższe jednostkowe zużycie paliwa uzyskano dla kąta wyprzedzenia początku wtrysku paliwa 10° i 15° .
- Podwyższenie ciśnienia powietrza w komorze spalania do 3,4 MPa i podwyższenie ciśnienia wtrysku do 30 MPa pozwoliło uzyskać najniższe jednostkowe zużycie paliwa przy kącie wyprzedzenia początku wtrysku paliwa 15° .

Litaratura

- Czechlowski, M.; Krysztofiak, A.; Adamski, M.; Antczak, W. (2006). Wpływ stosowania oleju rzepakowego jako paliwa na trwałość aparatury wtryskowej silników ZS. *Inżynieria Rolnicza*, 12(87), 85-92.
- Dzieniażewski, G. (2007). Wybrane problemy zasilania silnika Diesla zużytym olejem roślinnym. *Inżynieria Rolnicza*, 9(97), 49-56.
- Dzieniażewski, G. (2008). Wybrane problemy stosowania biopaliw do zasilania silników z zapłonem samoczynnym. *Inżynieria Rolnicza*, 10(108), 39-45.
- He, Y.; Bao, Y.D. (2003). Study on rapeseed oil as alternative fuel for a single-cylinder diesel engine. *Renewable Energy*, 28(2003), 1447-1453.
- Klimkiewicz, M.; Jobbágy, J.; Simoník, J. (2010). *Analiza czynników warunkujących efektywną pracę silnika o zapłonie samoczynnym na nieprzetworzonym oleju rzepakowym*. (w) Współczesne zagadnienia rozwoju sektora energetycznego i rolniczego. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 122-135.
- Klimkiewicz, M.; Bocheński, C. (2011). *Zastosowanie surowego oleju rzepakowego jako paliwa do silników wysokoprężnych ciągników i pojazdów rolniczych*. Raport z realizacji projektu rozwojowego R10 037 03. Warszawa, WIP SGGW. Maszynopis.
- Nwafor, O.M.I.; Rice, G. (1996). Performance of Rapeseed Oil Blends in a Diesel Engine. *Applied Energy*, Vol. 54, 4, 345-354.
- Remmele, E.; Thuneke, K. (2007). Pre-Standard Din V 51 605 for Rapeseed oil fuel. 15th European biomass conference & Exhibition, 17-11 May 2007, Berlin.
- Sapiński, A. (1999). *Spalanie olejów roślinnych w silniku o zapłonie samoczynnym*. 25th International Conference on Combustion Engines. KONES'99. Zakopane. 194-204.
- Thuneke, K.; Gassner, Th.; Ember P. (2009). Czy olej rzepakowy to nadal alternatywa? Energia odnawialna. *AGROmechanika*, 3, 55-58.
- Towpik, T. (2009). A jednak olej roślinny. *Agroenergetyka*, 1, ISSN 1644-3187.
- Wcisło, G. (2003). Możliwości zasilania olejem rzepakowym silników wysokoprężnych w pojazdach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 10(52), 43-49.
- Wojdalski, J.; Bocheński, C. (2010). *Badania procesu spalania oleju rzepakowego i jego mieszanin z dodatkami w komorze badawczej, przy zmiennych parametrach powietrza i doprowadzenia paliwa (Common Rail)*. Raport z realizacji projektu badawczego KBN N 502 007 31/0573. Maszynopis.
- ISO 8178-1:2006. *Reciprocating internal combustion engines -- Exhaust emission measurement - Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions*.

OPERATIONAL EFFECTIVENESS OF ENGINE FED WITH THE RAPE SEED OIL

Abstract. There are presented the results of experimental investigations on utilization of pure rape seed oil to feeding the self-ignition engine mounted on the agricultural tractor. A two-tank fuel system with heating of rape seed oil was mounted in the engine. The engine starting was performed on diesel oil, then upon achievement of appropriate temperature the system was automatically shifted to a plant fuel. There was investigated the effect of engine design parameters on the power, torque and specific fuel consumption. The investigations showed that feeding of the engine with pure rape seed oil resulted in the decreased power by 12%, decreased torque by 9% and increased specific fuel consumption by 15%. The change in the fuel injection advance angle affected the specific fuel consumption; its best value was obtained at the angle of 15°.

Key words: self-ignition (diesel) engine, rapeseed oil, investigations on combustion, design parameters

Adres do korespondencji:

Marek Klimkiewicz; e-mail: marek_klimkiewicz@sggw.pl
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa