

AFFECT OF CHANGE OF REGULATING PARAMETERS ON COURSE OF EXTERNAL SURFACE CHARACTERISTICS OF UNITARY FUEL CONSUMPTION AND EXHAUST GASES SMOKINESS OF JK TYPE ENGINE SUPPLIED WITH RME

Tomasz Stoeck, Andrzej Borodyn

*Szczecin University of Technology
Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, Poland
tel.: +48 91 4494813, fax: +48 91 4494820
e-mail: tstoeck@wp.pl*

Abstract

An intensive expansion of motorization caused a necessity to limit its harmful acting on the environment. It is connected with more and more law requirements and regulations from the range of protection of the natural environment. The essential part in this process is played by vegetable fuel like rape oil methyl group ester of higher fatty acids, more and more often used to supply Diesel engines. The most essential problem for these drive units in the ecological aspect is the smokiness level, it means the soot contents in exhaust gases. Using this kind of vegetable fuels seems to be reasonable, especially in case of older construction engines, for which introducing of other solutions could be troublesome and unjustified. In this lecture there has been discussed affect of change of factory settings of the unitary fuel consumption and exhaust gases smokiness of the engine with the turbulence combustion chamber supplied with RME. The parameters adjusted in relation to the nominal settings were: injection pressure, the injection advance angle and injection pump volumetric fuel charge. The results of the tests have been shown in the form of the external surface characteristics of the engine tested.

Keywords: *transportation, combustion engines, vegetable fuels, fuel consumption, exhausts gases smokiness*

WPLYW ZMIANY PARAMETRÓW REGULACYJNYCH NA PRZEBIEG ZEWNĘTRZNYCH CHARAKTERYSTYK POWIERZCHNIOWYCH JEDNOSTKOWEGO ZUŻYCIA PALIWA I ZADYMIENIA SPALIN SILNIKA TYPU JK ZASILANEGO RME

Streszczenie

Intensywny rozwój motoryzacji spowodował konieczność ograniczenia jej szkodliwego działania na otoczenie. Związane jest to z coraz ostrzejszymi wymaganiami i regulacjami prawnymi z zakresu ochrony środowiska naturalnego. Istotną rolę w tym procesie odgrywają paliwa roślinne takie jak ester metylowy wyższych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, który coraz częściej stosuje się do zasilania silników z zapłonem samoczynnym. W aspekcie ekologicznym najistotniejszym problemem dla tych jednostek napędowych jest poziom zadymienia czyli zawartości sadzy w spalinach wylotowych. Stosowanie paliw roślinnych tego rodzaju wydaje się być uzasadnione szczególnie w przypadku silników starszej konstrukcji, dla których wprowadzenie innych rozwiązań mogło być kłopotliwe oraz ekonomicznie nieuzasadnione. W niniejszym referacie omówiono wpływ zmiany nastaw fabrycznych na jednostkowe zużycie paliwa i zadymienie spalin silnika z komorą wirową spalania zasilanego RME. Parametrami regulowanymi w stosunku do ustawień nominalnych były: ciśnienie wtrysku, kąt wyprzedzenia wtrysku i objętościowa dawka paliwa pompy wtryskowej. Wyniki badań przedstawiono w formie powierzchniowych charakterystyk zewnętrznych badanego silnika.

Słowa kluczowe: *transport, silniki spalinowe, paliwa roślinne, zużycie paliwa, zadymienie spalin*

1. Wstęp

Od kilku lat w wielu krajach europejskich oferta producentów i dystrybutorów systematycznie poszerzana jest o paliwa alternatywne. W sprzedaży przeważają mieszaniny o różnym składzie procentowym, wytwarzane na bazie oleju napędowego (ON) z dodatkiem estru metylowego oleju rzepakowego (RME), a czasem również z odwodnionym alkoholem etylowym (ETOH). Ze względu na niewielką zawartość wkładu roślinnego (od 5 % do ponad 30 %), paliwa te posiadają właściwości fizykochemiczne zbliżone do tradycyjnych olejów ropopochodnych. Pomimo iż komponowanie mieszanin jest korzystniejsze ze względów ekonomicznych, jako samodzielne paliwo sprzedaje się również czyste estry metylowe oleju rzepakowego. Należy wziąć pod uwagę, że jeszcze do niedawna otrzymywanie paliw z roślin oleistych było nieopłacalne. W zależności od dostępnego surowca i skali produkcji, koszt ich wytworzenia szacowano na dwu, trzy krotnie większy niż oleju napędowego. Na skutek znacznego wzrostu cen ropy naftowej na rynkach światowych, proporcje te uległy pewnej zmianie na korzyść paliw odnawialnych.

Badacze podkreślają, że zasilanie silnika z zapłonem samoczynnym estrem metylowym oleju rzepakowego, skutkuje znacznym obniżeniem emisji sadzy czyli zadymienia spalin. Niestety obserwuje się również spadek parametrów dynamicznych, których wyznacznikiem są moment obrotowy czy moc użyteczna (efektywna). Dodatkowym problemem jest wzrost zużycia paliwa roślinnego w stosunku do zasilania silnika olejem napędowym. Przykładowo według Oleksiaka i Bedyka [2] różnice dla tego parametru przy stosowaniu obu paliw mogą kształtować się w granicach 5-10 %. W celu optymalizacji procesu spalania i zminimalizowania niekorzystnych aspektów pracy silnika przy stosowaniu estru metylowego oleju rzepakowego w odniesieniu do oleju napędowego, należało by przeprowadzić zmianę jego nastaw fabrycznych. W opracowaniu przedstawiono wyniki badań prowadzonych na silniku wolnossącym z komorą wirową spalania, a regulowanymi parametrami aparatury wtryskowej były: ciśnienie wtrysku, kąt wyprzedzenia wtrysku i objętościowa dawka paliwa.

2. Metodyka pomiaru

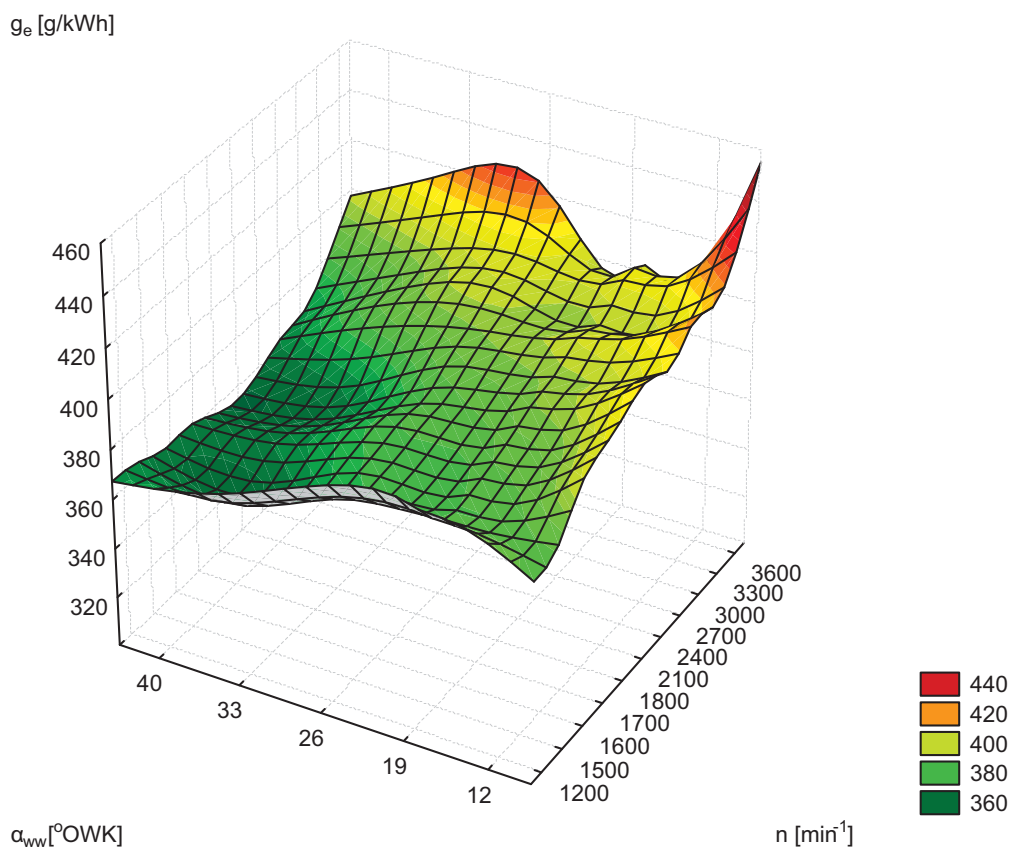
Obiektem prowadzonych badań był czterosurowy silnik z zapłonem samoczynnym typu JK firmy Volkswagen, o wtrysku pośrednim do komory wirowej Ricardo Comet Mark V. W poszczególnych cyklach pomiarowych jednostkę zasilano paliwami: RME i porównawczo ON. Wykorzystano do tego celu typowe stanowisko hamowniane, wyposażone w hamulec hydrauliczny HH-1 wraz z układem sterującym, urządzeniem do pomiaru zużycia paliwa oraz urządzeniem do pomiaru zadymienia spalin. Hamulec tego typu charakteryzuje się parametrami wymaganymi do zdjęcia charakterystyk danego silnika w pełnym zakresie jego prędkości obrotowych i obciążeń. Określenie ilości zużywanego paliwa możliwe było dzięki masowej miernicy elektronicznej, którą włączono w obieg zasilania przystosowanego do poboru danego rodzaju paliwa ze zbiorników. Zadymienie spalin oceniano na podstawie pomiaru współczynnika absorpcji promieniowania podczerwonego w dymomierzu MDO 2 firmy MAHA.

Tab. 1. Zmiana nastaw parametrów regulacyjnych aparatury wtryskowej silnika typu JK
Tab. 1. Change of the JK engine injection system regulating parameters settings

Adjusted parameter	Nominal value (set)	Remaining setting values
Injection pressure p_{wtr} [MPa]	13...13,8 13,5	11; 12; 13; 14; 15
Injection advance angle α_{ww} [°OWK]	26	12; 19; 33; 40
Fuel charge Q_{pal} [mm ³ /cycle]	9,0...13,0 11,0	8; 14; 17

3. Wyniki badań

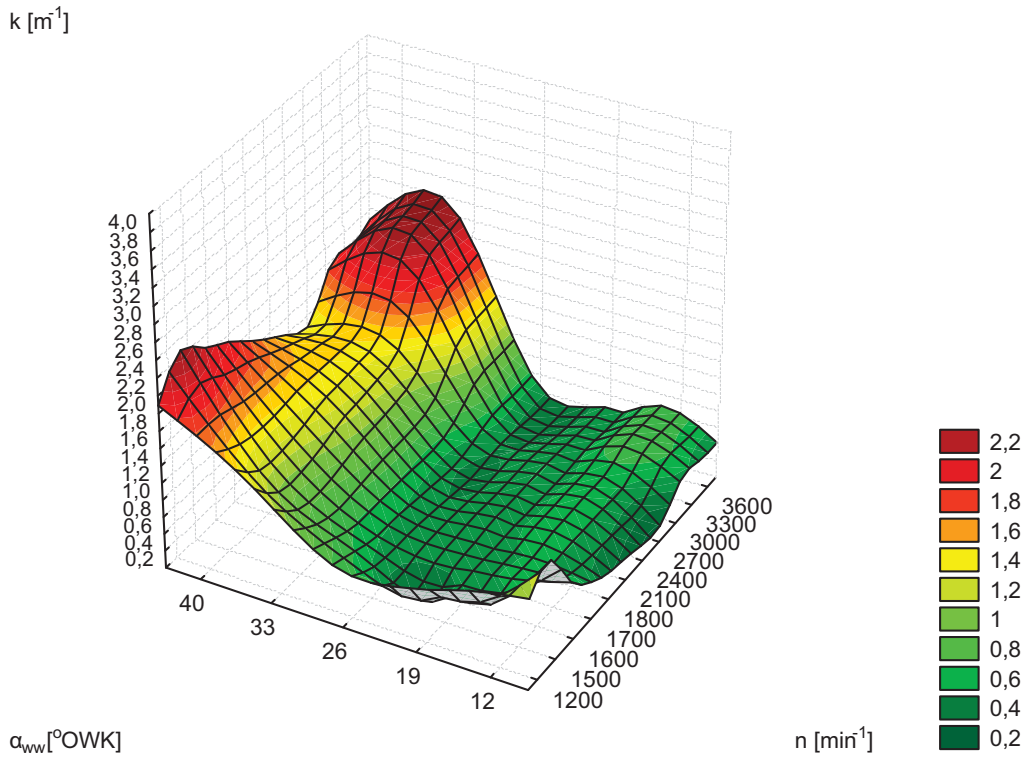
Wyniki badań przedstawiono w formie powierzchniowych charakterystyk zewnętrznych jednostkowego zużycia paliwa oraz zadymienia spalin wyrażonego współczynnikiem absorpcji promieniowania podczerwonego, w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika oraz poszczególnych parametrów regulowanych.



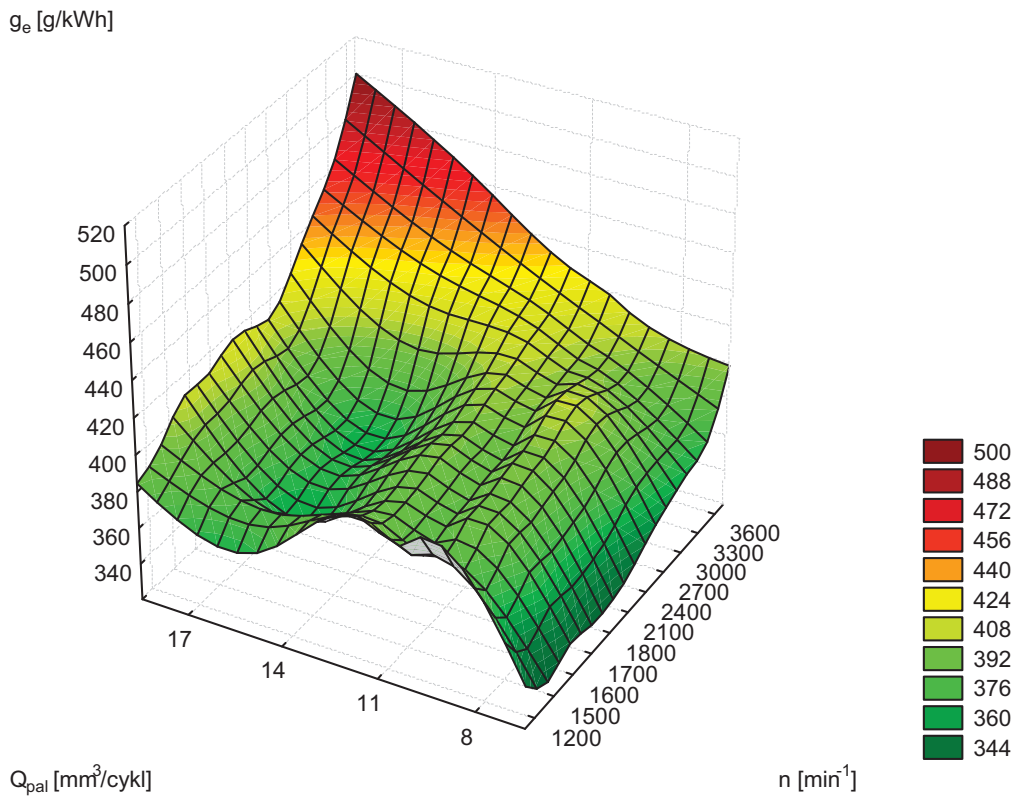
Rys. 1. Powierzchniowa charakterystyka zewnętrzna jednostkowego zużycia paliwa silnika JK zasilanego RME w funkcji zmiany kąta wyprzedzenia wtrysku

Fig. 1. The JK engine supplied with RME unitary fuel consumption surface characteristic in the function of the injection advance angle

Z charakterystyki przedstawionej na Rys. 1 wynika, iż zmniejszenie kąta wyprzedzenia wtrysku o 7 °OWK w stosunku do wartości nominalnej, skutkuje obniżeniem jednostkowego zużycia paliwa silnika zasilanego RME. Jest to szczególnie odczuwalne w rejonie wyższych prędkości obrotowych wału korbowego, gdzie największa różnica dochodzi do ok. 20 g/kWh. Jak wykazały badania taka regulacja była najbardziej optymalna, gdyż przyniosła korzystne rezultaty także w stosunku do innych parametrów operacyjnych, powodując wzrost mocy i momentu obrotowego przy praktycznie nie zmienionym poziomie zadymienia spalin (Rys. 2). Z kolei minimalne wartości jednostkowego zużycia paliwa występują w zakresie niskich prędkości obrotowych, przy kącie wyprzedzenia wtrysku wynoszącym 40 °OWK. Dla tej nastawy zaobserwowano co prawda bardzo wyraźny wzrost parametrów dynamicznych badanego silnika, ale współczynnik absorpcji promieniowania podczerwonego był zdecydowanie najwyższy. Przy maksymalnej prędkości obrotowej 3600 min⁻¹ wyniósł on odpowiednio: 0,60 m⁻¹ i 2,40 m⁻¹ dla kątów wyprzedzenia wtrysku 26 °OWK oraz 40 °OWK. Warto podkreślić, że nawet przy tak skrajnie niekorzystnej regulacji nie przekroczono dopuszczalnego poziomu zadymienia spalin, którego wartość graniczna dla silników wolnossących wynosi 2,5 m⁻¹ (lub 66% HRT - skala Hartridge'a) [3].

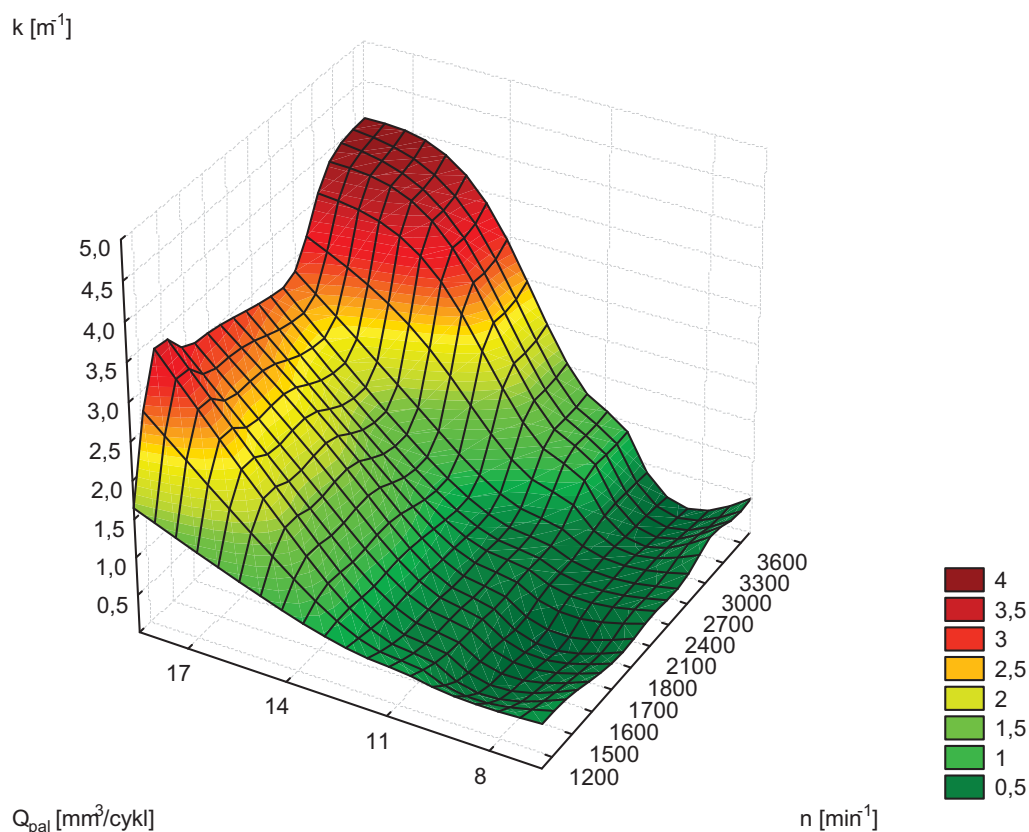


Rys. 2. Powierzchniowa charakterystyka zewnętrzna współczynnika zadymienia spalin silnika JK zasilanego RME w funkcji zmiany kąta wyprzedzenia wtrysku
 Fig. 2. The JK engine supplied with RME coefficient of exhaust gases smokiness surface characteristic in the function of the injection advance angle



Rys. 3. Powierzchniowa charakterystyka zewnętrzna jednostkowego zużycia paliwa silnika JK zasilanego RME przy zmianie objętościowej dawki paliwa pompy wtryskowej
 Fig. 3. The JK engine supplied with RME unitary fuel consumption external characteristic at the injection pump volumetric fuel charge

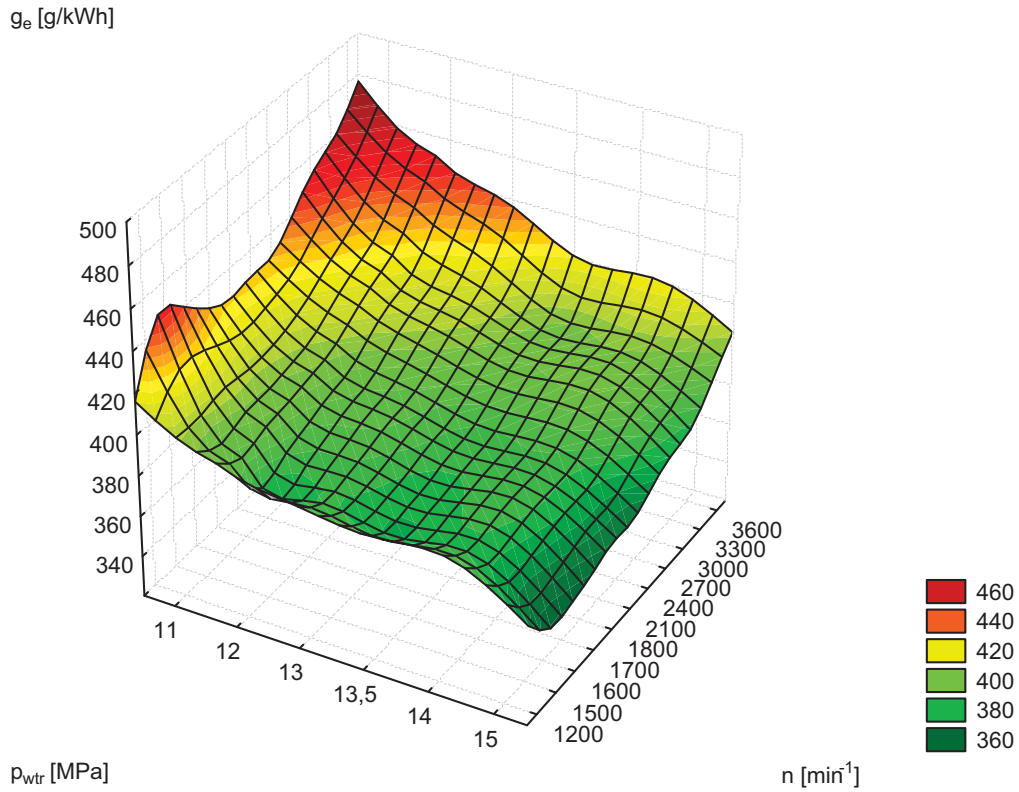
Zwiększanie objętościowej dawki paliwa w stosunku do nominalnej, powoduje znaczny wzrost jednostkowego zużycia paliwa, ale tylko w zakresie wyższych prędkości obrotowych wału korbowego silnika (Rys. 3). Poniżej 2700 min^{-1} przy nastawie $14 \text{ mm}^3/\text{cykl}$, następuje wyraźne zmniejszenie omawianego parametru operacyjnego do wartości osiagających 360 g/kWh . W aspekcie ekologicznym zmiana taka nie jest jednak korzystna, gdyż zwiększanie dawki paliwa skutkuje zdecydowanym wzrostem zadymienia spalin (Rys. 4). Przy regulacji $17 \text{ mm}^3/\text{cykl}$ w prawie całym zakresie prędkości obrotowych przekroczony został dopuszczalny poziom współczynnika absorpcji. Analizując wyniki badań stwierdzono, że bardziej uzasadnione jest zmniejszenie dawki paliwa o $3 \text{ mm}^3/\text{cykl}$ w stosunku do nastaw fabrycznych. Dzięki temu nieznacznie wzrosły moc użyteczna i moment obrotowy, a zadymienie spalin nie przekraczało wartości $0,6 \text{ m}^{-1}$.



Rys. 4. Powierzchniowa charakterystyka zewnętrzna współczynnika zadymienia spalin silnika JK zasilanego RME przy zmianie objętościowej dawki paliwa pompy wtryskowej

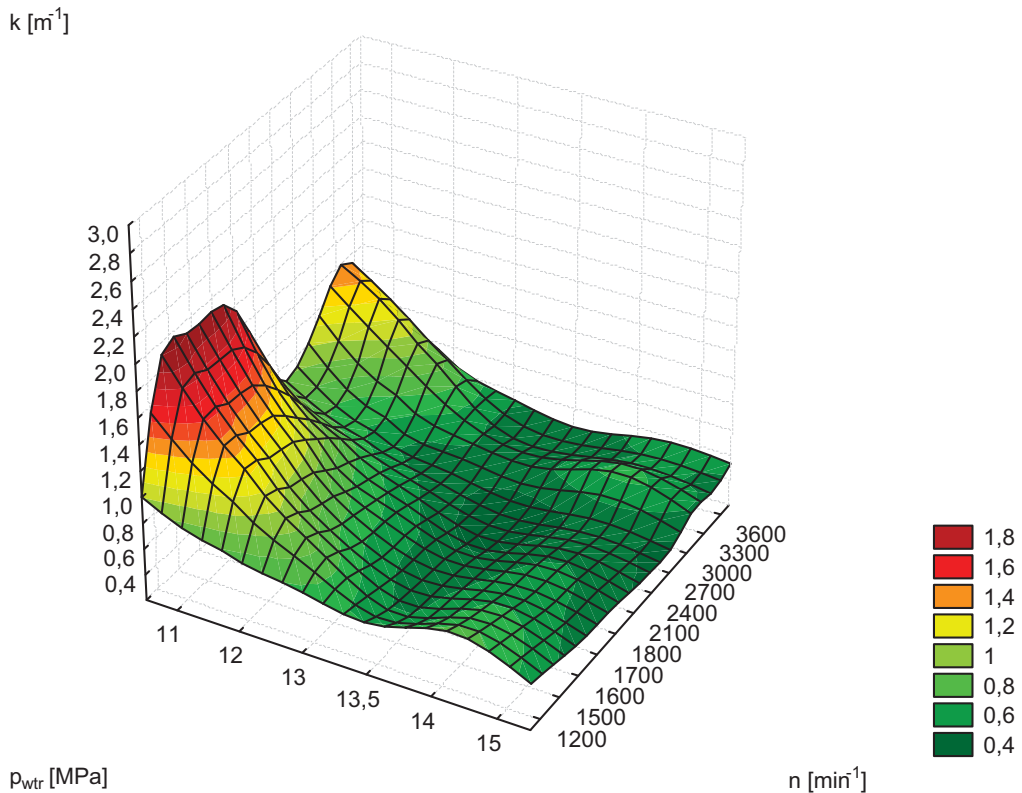
Fig. 4. The JK engine supplied with RME coefficient of exhaust gases smokiness external characteristic at the injection pump volumetric change

Analizując charakterystyki przedstawione na Rys. 5 i 6 można zauważyć, że zmniejszanie ciśnienia wtrysku w stosunku do nastawy nominalnej, skutkuje wzrostem jednostkowego zużycia paliwa i współczynnika absorpcji. Maksymalne wartości obu parametrów operacyjnych zaobserwowano przy 11 MPa , ale wystąpiły one dla różnych zakresów prędkości obrotowej. W rejonie $1500\div 1800 \text{ min}^{-1}$ silnik charakteryzował się zdecydowanie najwyższym poziomem zadymienia spalin, wynoszącym blisko $1,9 \text{ m}^{-1}$. Z kolei jednostkowe zużycie paliwa było największe dla wyższych prędkości obrotowych, osiagając swoje maksimum 477 g/kWh przy 3600 min^{-1} . Regulacja zwiększająca ciśnienie wtrysku powyżej $13,5 \text{ MPa}$, przynosi wymierne korzyści przede wszystkim w ujęciu ekonomicznym. W odniesieniu do innych parametrów operacyjnych zmiana taka była mało efektywna, gdyż pogorszeniu uległy właściwości dynamiczne badanej jednostki napędowej. Zadymienie spalin pozostało na niemal niezmiennym poziomie, a ewentualne różnice oscyływały w granicach błędu pomiaru (Rys. 6).



Rys. 5. Powierzchniowa charakterystyka zewnętrzna jednostkowego zużycia paliwa silnika JK zasilanego RME przy zmianie ciśnienia wtrysku

Fig. 5. The JK engine supplied with RME unitary fuel consumption external characteristic at the injection pressure change



Rys. 6. Powierzchniowa charakterystyka zewnętrzna współczynnika zadymienia spalin silnika JK zasilanego RME przy zmianie ciśnienia wtrysku

Fig. 6. The JK engine supplied with RME coefficient of exhaust gases external characteristic at the injection pressure change

4. Podsumowanie

Jedną z istotniejszych wad silnika z komorą wirową jest stosunkowo duże jednostkowe zużycie paliwa, na które składają się m.in.: straty ciepła wynikające ze znacznego stosunku powierzchni komory spalania do jej całkowitej objętości, straty przepływu ładunku pomiędzy komorą wirową a przestrzenią nad tłokiem, ograniczenie maksymalnych ciśnień i temperatur zmniejszających sprawność obiegu [1, 4]. Podkreślić należy również, że ze względu na niższe zawartości węgla i wodoru w cząsteczce, wartość opałowa estru metylowego oleju rzepakowego jest mniejsza niż tradycyjnego oleju napędowego. Skutkuje to wzrostem jednostkowego zużycia paliwa, które przy zasilaniu badanego silnika RME i zachowaniu nastaw fabrycznych (nominalnych), było o ponad 7% większe jak przy zasilaniu ON. Jednocześnie specyficzne właściwości fizykochemiczne paliwa roślinnego, czyli dodatkowe wiązania tlenowe i bardzo niska zawartość siarki, wpływają korzystnie na poziom zadymienia spalin. W porównaniu z olejem napędowym stosowanie estru metylowego oleju rzepakowego przyniosło redukcję współczynnika absorpcji nawet o 50 %.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować, iż zmiana nastaw regulacyjnych silnika typu JK zasilanego RME, powinna być prowadzona w kierunku ograniczenia jednostkowego zużycia paliwa przy możliwie niskim poziomie zadymienia spalin. Nie oznacza to jeszcze, że zamiana energii zawartej w paliwie na pracę przebiega w warunkach optymalnych, ale w aspekcie ekonomicznym i ekologicznym przyniesie niewątpliwe korzyści.

Literatura

- [1] Merkisz, J., *Ekologiczne problemy silników spalinowych*, Tom 2, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, pp. 210-213, Poznań, 1999.
- [2] Oleksiak, S., Bedyk, I., *Biopaliwa w Unii Europejskiej - promocja i uwarunkowania*, Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji nr 101, Wydawnictwo Eksplonaft, pp. 17-20, Warszawa 2002.
- [3] Trzeciak, K., *Diagnostyka samochodów osobowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, pp. 122-123, Warszawa, 2002.
- [4] Wajand, J. A., Wajand, J. T., *Tłokowe silniki spalinowe średnio- i szybkoobrotowe*, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, pp. 115-122, Warszawa, 2000.

