

Tomasz OSIPOWICZ

## **WPLYW KĄTA WYPRZEDZENIA WTRYSKU NA JEDNOSTKOWE ZUŻYCIE PALIWA ORAZ NA EMISJĘ SUBSTANCJI TOKSYCZNYCH W SILNIKU ZS ZASILANYM OLEJEM RZEPAKOWYM**

### *Streszczenie*

*Celem artykułu było omówienie wpływu zmian kąta wyprzedzenia wtrysku w silniku z zapłonem samoczynnym zasilanym olejem rzepakowym na emisję substancji toksycznych do otoczenia oraz jednostkowe zużycie paliwa. Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone przy użyciu silnika ZS z bezpośrednim wtryskiem paliwa. Podczas badań silnik pracował według zewnętrznej charakterystyki prędkościowej. Przeprowadzone badania wykazały, że na emisję substancji toksycznych do atmosfery wpływ ma kąt wyprzedzenia oraz rodzaj zastosowanego paliwa. Analiza przeprowadzonych badań wykazała, że paliwo w postaci oleju rzepakowego wpływa na parametry pracy silnika z zapłonem samoczynnym.*

### **WSTĘP**

Głównymi kierunkami rozwoju silników spalinowych w ostatnich latach są obniżenie emisji substancji toksycznych oraz zmniejszenie zużycia paliwa [3]. W konstrukcji silników oraz ich układów osiągnięto już pewne granice możliwości, co do wysilenia zarówno parametrów procesów roboczych jak i sterowania ich przebiegiem. Niemniej jednak prognozy na temat przyszłościowych norm toksyczności gazów wylotowych i zużycia paliwa mówią o ich dalszym zaostrzeniu. Dążenie do spełnienia tych norm obserwuje się przede wszystkim w zastosowaniu elektronicznych układów sterujących przebiegiem charakterystyki wtryskiwania paliwa, uzyskaniem stechiometrycznych mieszanek paliwowo-powietrznych, wykorzystaniem urządzeń oczyszczania spalin w postaci reaktorów katalitycznych w układach wylotowych. Prowadzone są także badania nad wykorzystaniem katalizatorów w komorach spalania silników. Szczególną uwagę zwraca się na zastosowanie tych rozwiązań w elementach silnika, które są bezpośrednio związane ze spalaniem i redukcją powstałych związków toksycznych, czyli w aparaturze wtryskowej, komorze spalania i układach wydechowych. Należy zwrócić uwagę, że podejście do ekologicznych i ekonomicznych problemów silników spalinowych musi obejmować zagadnienie co spalamy, a później co redukujemy.

Jednym z podstawowych parametrów regulacyjnych silnika z zapłonem samoczynnym jest kąt wyprzedzenia wtrysku. Określa on przebieg charakterystyki wtrysku paliwa w silniku z zapłonem samoczynnym. Jego optymalne ustawienie poprawia organizację procesu spalania

oraz wpływa na zawartość substancji toksycznych w gazach wylotowych, zużycie paliwa i podstawowe parametry robocze silnika takie jak moc i moment obrotowy.

Ze względu na rosnące wymagania dotyczące ochrony środowiska przed szkodliwymi skutkami motoryzacji istnieje tendencja do poszukiwań paliw alternatywnych o mniejszym oddziaływaniu szkodliwym na otoczenie [1]. Szkodliwy wpływ tłokowych silników spalinywych o zapłonie samoczynnym przejawia się dużą emisyjnością tlenków azotu ( $\text{NO}_x$ ), tlenku węgla (CO) oraz zadymieniem, czyli emisją cząstek stałych, które w połączeniu z węglowodorami pierścieniowymi stanowią niebezpieczną dla organizmu substancję toksyczną [4].

Artykuł zawiera analizę możliwości zastosowania czystego oleju rzepakowego jako paliwa do silników z zapłonem samoczynnym.

## 1. OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

Badania eksperymentalne przeprowadzono na sześciocyldrowym silniku typu 359 z bezpośrednim wtryskiem paliwa. Dane techniczne silnika przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1.** Podstawowe dane techniczne silnika 359 [2]

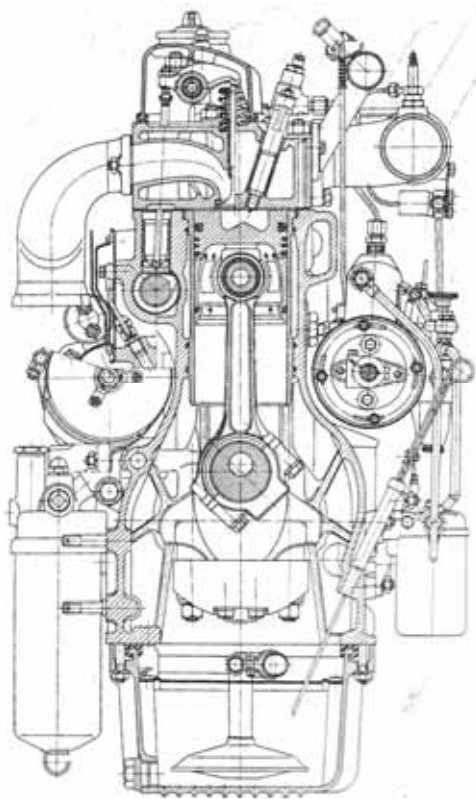
Układ cylindrów	rzędowy pionowy
Liczba cylindrów	6
Średnica cylindra [m]	0,11
Skok tłoka [m]	0,12
Pojemność skokowa [ $\text{dm}^3$ ]	6,846
Stopień sprężania	17
Moc maksymalna [kW przy $2800 \text{ min}^{-1}$ ]	110
Maksymalny moment obrotowy [Nm przy $1400 \text{ min}^{-1}$ ]	432
Minimalne jednostkowe zużycie paliwa [g/kWh]	223
Kolejność zapłonów	1-5-3-6-2-4
Kąt początku tłoczenia [ $^{\circ}\text{OWK}$ przed GMP]	18,5
System wtrysku	bezpośredni
Pompa wtryskowa	P76 G10
Wtryskiwacz trójtorowy	Typ: H1LMK148

**Tab. 2.** Urządzenia pomiarowe stanowiska badawczego z hamulcem hydraulicznym i silnikiem 359

Urządzenia pomiarowe	Zakres	Dokładność wskazań
1. Urządzenie dynamometryczne: - dynamometr hamulca wodnego HWZ 3 [kG]	0÷100	0,1
2. Aparatura kontrolno-pomiarowa: - obrotomierz typ MK-3A (klasa 1,5) [obr/min]	0÷3000	60
- wagowa miernica elektroniczna (czas zużycia 103 g paliwa)	0÷999,9	0,1
- dymomierz MDO 2	0÷9,99	0,01
- analizator spalin IMR 1500 [s]	-100÷1200	1
- miernik temperatury spalin typ K EMT-10 [1/m]	0÷100	2
- miernik temperatury oleju typ MK-3A (klasa 1,5) [ $^{\circ}\text{C}$ ]	0÷100	2
- manometr cieczowy dwuramienny (U-rurka)	0÷1000 mm $\text{H}_2\text{O}$	1 mm $\text{H}_2\text{O}$

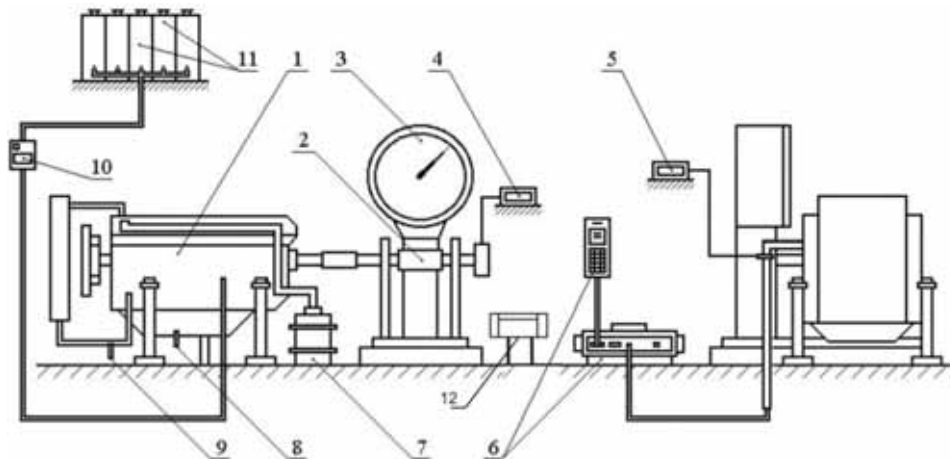
Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 1 przedstawiono przekrój poprzeczny silnika 359, zaś w tabeli 2 podstawowe dane techniczne urządzeń pomiarowych wykorzystanych na tym etapie badań.



**Rys. 1.** Przekrój poprzeczny silnika 359 [2]

Na rysunku 2. przedstawiono schemat stanowiska eksperymentalnego wyposażonego w silnik 359 oraz hamulec hydrauliczny.



**Rys. 2.** Schemat stanowiska badawczego: 1 – silnik, 2 – hamulec wodny, 3 – dynamometr, 4 – obrotomierz, 5 – miernik temperatury spalin, dymomierz MDO, 7 – filtr powietrza G-57, 8 – miernik temperatury oleju, 9 – miernik temperatury wody na wylocie silnika, 10 – wagowa miernica elektroniczna, 11 – zbiorniki paliwowe, 12 – analizator spalin IMR 1500

Źródło: Opracowanie własne.

Do wyznaczenia charakterystyk jednostkowego zużycia paliwa niezbędne było określenie mocy użytecznej silnika. Z tego względu wykorzystano stanowisko hamowniane wyposażone w przyrządy pomiarowe, w którego jego skład wchodziły: urządzenie dynamometryczne, ze-

staw aparatury kontrolno-pomiarowej oraz urządzenia pomocnicze takie jak termometr rtęciowy, barometr rtęciowy oraz higrometr włosowy. W celu zbadania toksyczności gazów wylotowych skorzystano z analizatora spalin IMR 1500 oraz dymomierza MDO.

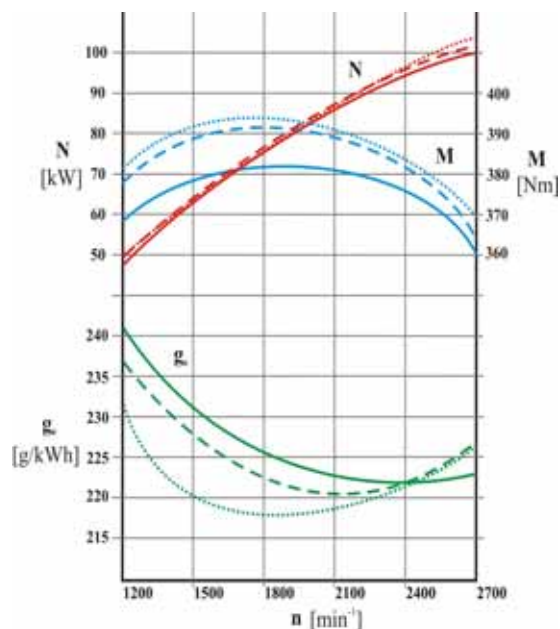
## 2. CEL I PROGRAM PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu kąta wyprzedzenia wtrysku na emisję substancji toksycznych do atmosfery oraz na jednostkowe zużycie paliwa silnika z zapłonem samoczynnym pracującego na czystym oleju rzepakowym. Niniejszy artykuł dotyczy badań emisji tlenków azotu, tlenku węgla, zadymienia spalin oraz emisji dwutlenku węgla silnika i obniżania kąta wyprzedzenia wtrysku paliwa. Badania silnikowe zostały przeprowadzone na hamowni silnikowej. Podczas badań silnik pracował według zewnętrznej charakterystyki prędkościowej w zakresie częstotliwości obrotowej 1200-2700 obr/min. Badania hamowniane zostały przeprowadzone przy następujących ustawieniach silnika: kąt wyprzedzenia wtrysku 18,5°, 16° oraz 14° przy ciśnieniu wytrysku 22 MPa (ciśnienie fabryczne).

Pomiarów dokonano w ustalonych warunkach pracy przy wybranych punktach na zewnętrznej charakterystyce prędkościowej. Wyniki badań pozwoliły odpowiedzieć na pytanie: w jaki sposób kąt wyprzedzenia wtrysku wpływa na emisję tlenku węgla, tlenków azotu oraz zadymienie spalin w silniku z zapłonem samoczynnym zasilanym olejem rzepakowym.

## 3. WYNIKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań silnika 359 zasilanego olejem rzepakowym (OR) pracującego na trzech kątach wyprzedzenia wtrysku: 18,5°, 16° oraz 14° w postaci zewnętrznej charakterystyki prędkościowej. Podczas badań odczytano moc silnika (N), moment obrotowy silnika (M) oraz jednostkowe zużycie paliwa ( $g_e$ ).

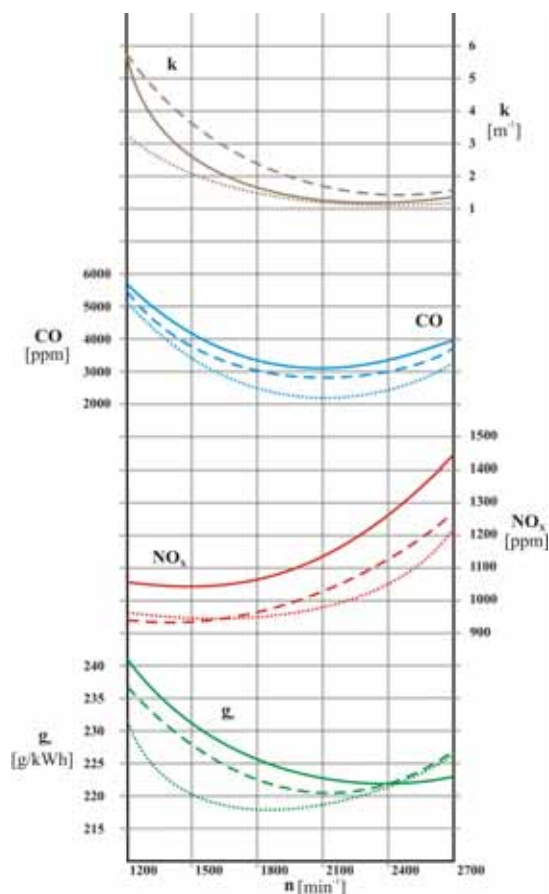


**Rys. 3.** Wyniki badań silnika 359 pracującego na różnych kątach wyprzedzenia wtrysku zasilanym OR: — kąt wyprzedzenia wtrysku 18,5°, - - - kąt wyprzedzenia wtrysku 16°, ..... kąt wyprzedzenia wtrysku 14°

Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań silnika 359 zasilanego olejem rzepakowym (OR) pracującego na trzech kątach wyprzedzenia wtrysku: 18,5°, 16° oraz 14° w postaci zewnętrznej charakterystyki prędkościowej. Podczas badań odczytano emisję tlenków węgla

(NO<sub>x</sub>), tlenku węgla (CO), dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), zadymienie (k) oraz jednostkowe zużycie paliwa (g<sub>e</sub>).



**Rys. 4.** Wyniki badań silnika 359 pracującego na różnych kątach wyprzedzenia wtrysku zasilanym OR: — kąt wyprzedzenia wtrysku 18,5°, - - - kąt wyprzedzenia wtrysku 16°, ..... kąt wyprzedzenia wtrysku 14°

Źródło: Opracowanie własne.

## PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy przeprowadzonych badań można stwierdzić, że na poprawę ekologicznych parametrów pracy silnika z zapłonem samoczynnym zasilanym olejem rzepakowym (OR) istotny wpływ ma kąt wyprzedzenia wtrysku. Zmniejszając wartość tego parametru z 18,5° do 14°, uzyskano zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub>, współczynnika zadymienia spalin (k) oraz emisji tlenku węgla (CO) w całym zakresie prędkości obrotowej. Również przy tym ustawieniu silnik osiągnął najniższe jednostkowe zużycie paliwa (g<sub>e</sub>) w zakresie niskiej i średniej prędkości obrotowej. Rozważając zewnętrzną charakterystykę prędkościową silnika 359 pracującego na OR, można stwierdzić, że kąt wyprzedzenia wtrysku najbardziej wpływa na moment obrotowy silnika. Zmniejszając wartość tego parametru, uzyskiwano nieznaczne zwiększenie momentu w całym zakresie prędkości obrotowej, zarówno kiedy silnik pracował przy kącie wyprzedzenia wtrysku 16° jak i 14°, natomiast moc silnika zwiększyła się nieznacznie przy maksymalnej prędkości obrotowej.

Podsumowując przeprowadzone badania można stwierdzić, że kąt wyprzedzenia wtrysku ma istotny wpływ na emisję substancji toksycznych do otoczenia. Zmniejszając wartość tego parametru, uzyskano znaczne obniżenie toksyn w gazach wylotowych. Niestety czysty olej rzepakowy nie może zostać zastosowany jako paliwo, ponieważ wpływa niekorzystnie na elementy silnika. Na zdjęciu 5 przedstawiono końcówkę wtryskiwacza silnika 359 pracujące-



go na oleju rzepakowym przez około 40 minut. Zanieczyszczenia w postaci nagaru powstające w wyniku procesu spalania OR odkładają się na elementach silnika, co w znacznym stopniu skraca ich żywotność. Dlatego olej rzepakowy należy podać procesowi estryfikacji, w wyniku której otrzymujemy ester metylowy oleju rzepakowego (B100).



**Rys. 5.** Zdjęcie końcówki wtryskiwacza silnika pracującego na OR

Źródło: Opracowanie własne.

## BIBLIOGRAFIA

1. Banewski K., Kołduński T., *Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym*. WKiŁ, Warszawa 2004.
2. *Instrukcja obsługi Star 200*, Wydanie I, 1975.
3. Merkisz J., *Ekologiczne problemy silników spalinowych*. Tom II. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999.
4. Wajand J. A., Wajand J. T., *Tłokowe silniki spalinowe średnio i szybkoobrotowe*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.

## THE FUEL INJECTION ADVANCE ANGLE EFFECT ON INDIVIDUAL FUEL CONSUMPTION AND TOXIC EMISSION IN DIESEL ENGINE POWERED BY RAPE OIL

### *Abstract*

*The aim of article was discussion how the fuel injection advance angle has an influence on toxic substances emission and individual fuel consumption in Diesel engine powered by rape oil. The experimental researches have been carried out by using Diesel engine with direct fuel injection. The engine operated in the external speed regime. The researches revealed that the fuel injection advance angle and sort of using fuel affected on toxic substances emission. The analysis of carried out researches demonstrated that the rapes fuel influenced on Diesel engine main work parameters.*

### **Autor:**

dr inż. **Tomasz Osipowicz** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie