



Piotr IGNACIUK, Leszek GIL, Grzegorz KOSZAŁKA

# ANALIZA WPŁYWU WYBRANYCH WŁASNOŚCI PALIW NA PROCES ICH ROZPYLANIA PRZEZ WTRYSKIWACZE

### *Streszczenie*

*Zasadniczym problemem we współczesnych silnikach o zapłonie samoczynnym jest uzyskanie odpowiednio niskiej emisji związków toksycznych. Problem ten jest ściśle związany z rozpyleniem paliwa przez wtryskiwacze. Poznanie przebiegu procesu rozpylania może ułatwić podejmowania odpowiednio skutecznych działań w kierunku obniżenia emisji związków toksycznych przez silniki zasilane różnymi paliwami. W artykule przedstawiono wyniki badań nad procesem wtrysku klasycznego oleju napędowego i biopaliwa opartego na estrach metylowych oleju lnianki siewnej.*

## 1. OPIS PROBLEMU BADAWCZEGO

Współczesne samochody osobowe oraz lekkie pojazdy użytkowe są coraz częściej wyposażane w wysokoprężne silniki z bezpośrednim wtryskiem paliwa. Wypierają one mniej ekonomiczne silniki benzynowe i wysokoprężne z dzielonymi komorami spalania. W nowoczesnych silnikach wysokoprężnych z bezpośrednim wtryskiem istotnym problemem jest jakość rozpylenia wtryskiwanego paliwa, która wpływa na parametry użytkowe i emisję związków toksycznych. Wzrost lepkości i napięcia powierzchniowego pogarsza rozpylenie i spalanie powodując także wzrost nagarowania [1]. Uzyskanie emisji tlenków azotu ( $\text{NO}_x$ ) oraz cząstek stałych (PM) w granicach przewidzianych stosownymi normami jest obecnie największym problemem dla konstruktorów. Jest to zadanie o tyle trudne, gdyż zwykle występuje przeciwna zależność w zakresie formowania się tych składników w komorze spalania ze względu na fizykochemiczne podstawy ich powstawania. Przy wyższym ciśnieniu wtrysku następuje zwiększenie emisji  $\text{NO}_x$ . Jednak ze względu na znaczne obniżenie emisji PM dąży się do ciągłego podwyższania ciśnienia wtrysku [2].

Rozwój silników spalinowych związany jest też z poszukiwaniem alternatywnych paliw, których spalanie wiąże się z ograniczeniem emisji toksycznych składników spalin. Mechanizm rozpylania cieczy za pomocą rozpylaczy jest zależny nie tylko od wielkości kontrolowanych (jak np. rodzaj rozpylacza, wymiary i konstrukcja elementów rozpylacza i parametry wtryskiwanych czynników) oraz wielkości niekontrolowanych (takich jak wiry turbulentne, drgania dyszy, niedokładności w wykonaniu elementów dyszy). Jednak na przebieg procesu rozpylania duży wpływ ma rodzaj wtryskiwanej cieczy. Ponieważ paliwa roślinne i ich estry znacznie różnią się swoimi własnościami fizykochemicznymi od klasycznego oleju napędowego, bardzo ważna jest znajomość procesów wtryskiwania i samozapłonu tych paliw przy zasilaniu nimi silników o zapłonie samoczynnym [3].

Poszukiwanie nowych rodzajów paliw związane jest ponadto ze wzrostem zapotrzebowania na paliwa bardzo dobrej jakości, przy ograniczonych zasobach i zwiększonych kosztach wydobycia ropy naftowej. Zaostrzające się na przestrzeni ostatnich lat wymagania odnośnie ograniczenia emisji składników toksycznych spalin wymuszają poszukiwania efektywnych metod ich zmniejszania. Jednym z czynników decydujących o możliwości zmniejszenia emisji związków toksycznych (głównie PM) jest rozwój systemu wtrysku, który powinien umożliwiać efektywną modyfikację procesu spalania, skutkującą obniżeniem emisji toksyn.

Biorąc pod uwagę możliwości zasilania silników wysokoprężnych paliwami alternatywnymi (takimi jak np. olej rzepakowy, lniany, olej z lnianki oraz ich estry), należy zwrócić uwagę, że stosunkowo skutecznym sposobem polepszenia przebiegu procesu spalania przy zasilaniu silnika paliwem o zwiększonej lepkości (olej rzepakowy, mieszanina olejów roślinnych i oleju napędowego oraz czystych estrów roślinnych) może być poprawa parametrów mikrostruktury rozpylanego paliwa. W tym celu przeprowadzono badania porównawcze rozpylenia różnych paliw stosowanych do zasilania silników. Wiemy, że wskutek zbyt dużych rozmiarów kropeł lepkiego oleju rzepakowego, małej jego lotności, dużego zasięgu strugi, a także chemicznych własności cząstek, nie wszystkie krople całkowicie odparowują i ulegają zapłonowi. [4] Przeprowadzone badania wizualizacyjne obrazują proces rozpylenia paliwa i pokazują, które z paliw tworzą mniejsze krople i powinny być łatwiej spalane w silniku.

## 2. BADANIA WŁASNE

Badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem szybkiej kamery PHANTOM V 12.1 znajdującej się na wyposażeniu laboratorium WSEI. Celem badań jest analiza wpływu parametrów paliwa na przebieg procesu rozpylenia paliwa.

Podstawą badań wizualizacyjnych była rejestracja obrazu strugi, która odbywała się z dużą prędkością zapisu (6000 obrazów/sekundę). Materiał filmowy został następnie poddawany skanowaniu, a zapisane cyfrowo obrazy są poddane analizie. Dzięki dokładnym zapisom z kamery widoczne są znaczne różnice w wielkości kropeł jakie powstają podczas wtrysku. Dostrzeżono między innymi, że w przypadku biopaliwa powstają połączone z powietrzem bańki paliwa (podobne do baniek mydlanych), które powinny ułatwiać jego spalanie w silniku.

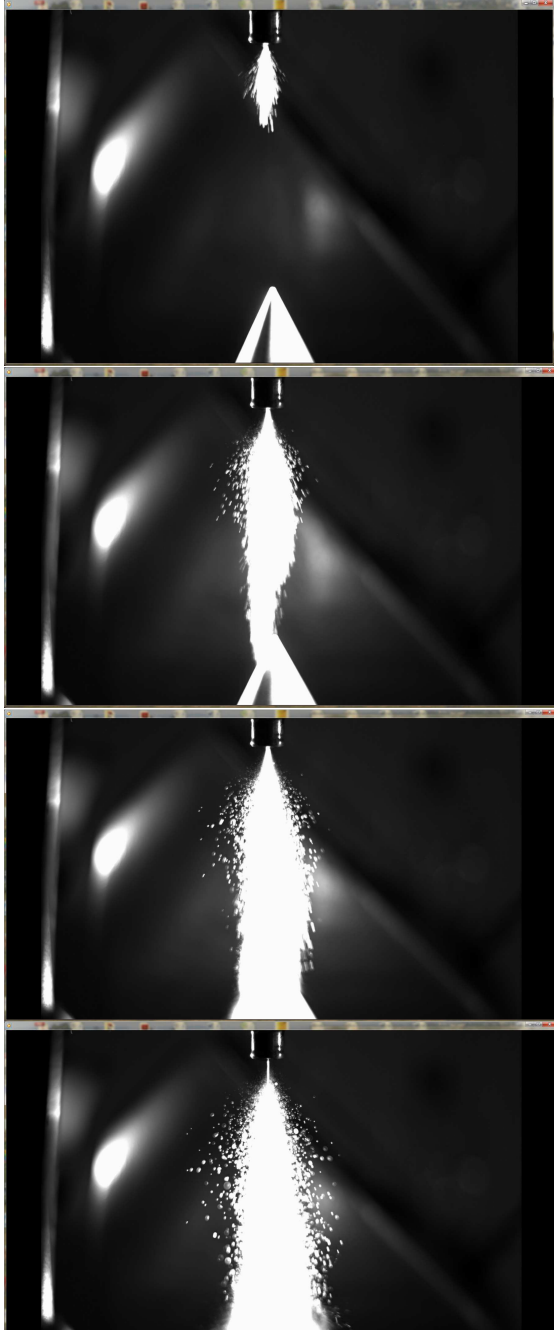
### 2.1. Materiał i metoda badań

Badania zostały przeprowadzone na wtryskiwaczach czopikowych mających zastosowanie między innymi w silniku 4CT90. Do rozpylenia paliwa wykorzystano próbnik wtryskiwaczy PRW 3. Rejestracja wyników badań w postaci materiału filmowego odbywała się przy wykorzystaniu szybkiej kamery PHANTOM V 12.1. Podczas badań porównawczych analizie poddano dwa paliwa znacznie różniące się pochodzeniem ale o zbliżonej lepkości służące do zasilania silników ZS (paliwo z ropy naftowej i paliwo pochodzenia roślinnego). Badanymi paliwami były olej napędowy oraz estry metylowe oleju lnianki (biopaliwo). Lepkość badanych paliw była zgodna z wymaganiami normy PN-EN 590 i mieściła się w granicach  $2,00 - 4,50 \text{ mm}^2/\text{s}$ . W miarę podwyższania lepkości oleju zmienia się stopień rozpylenia i odparowywania strumienia paliwa, natomiast zwiększa się zasięg strumienia i paliwo może się osadzić na denkach tłoka i ściankach komory spalania, tworząc nagary. Strumień paliwa podawany pompą wtryskową przez wtryskiwacze robocze składa się z kropeł paliwa o średnicach od 3 do  $150 \mu\text{m}$ . Jakość rozpylenia paliwa charakteryzowana jest przez ilość i wielkość kropeł paliwa, a dokładniej przez stopień rozpylenia i jednorodność rozpylenia oraz zasięg i wielkość kąta rozpylenia [1].

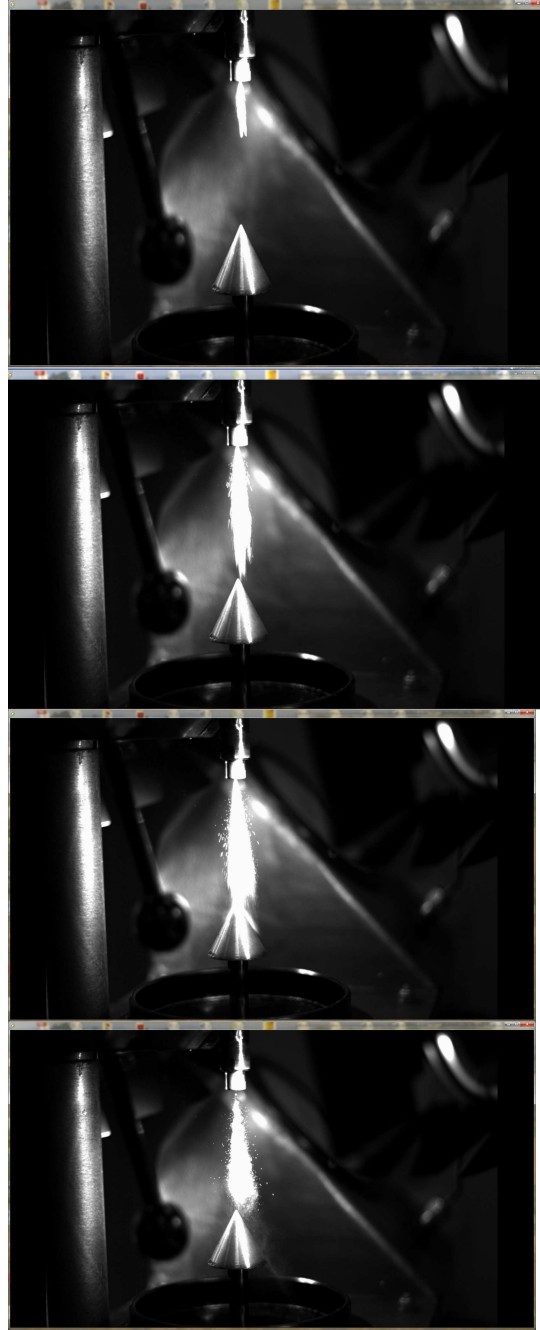
## 2.2. Wyniki badań i ich analiza

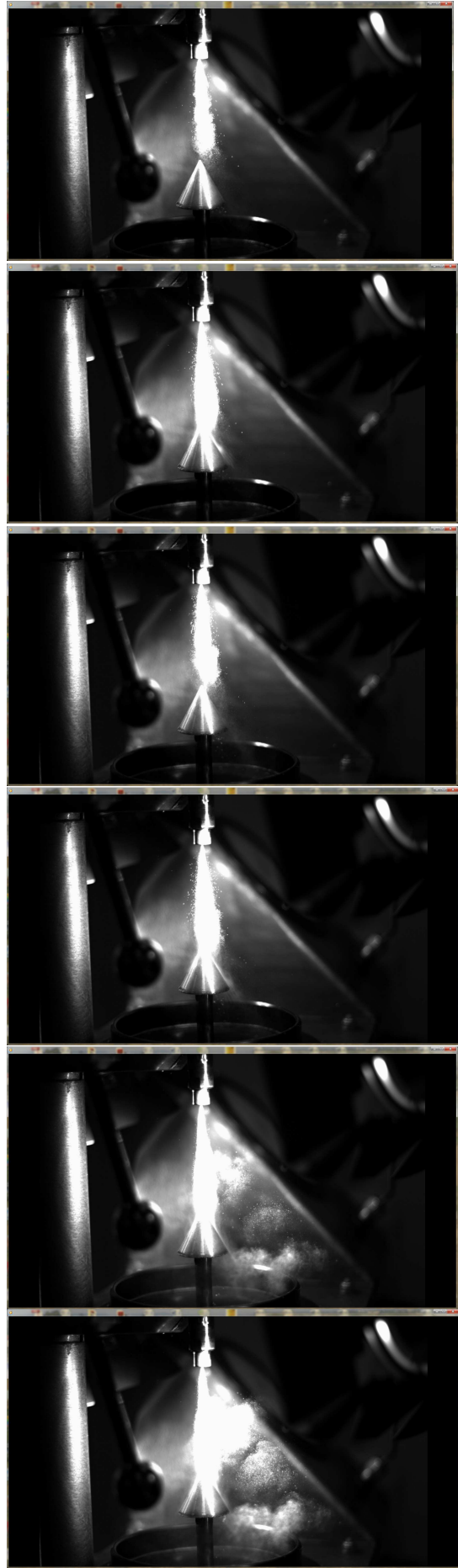
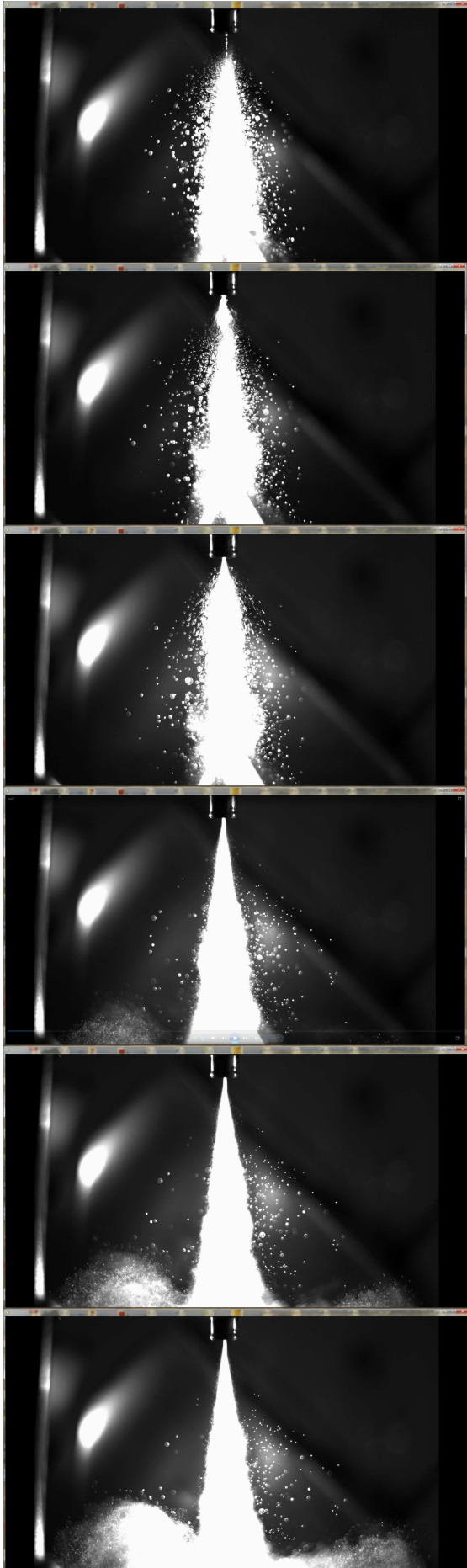
Wyniki badań przedstawiono na rys. 1 w postaci zdjęć charakteryzujących poszczególne fazy wtrysku paliwa wykonane w tym samym czasie dla wtryskiwaczy czopikowych zasilanych różnymi paliwami a) estry metylowe oleju lnianki (biopaliwo), b) olej napędowy.

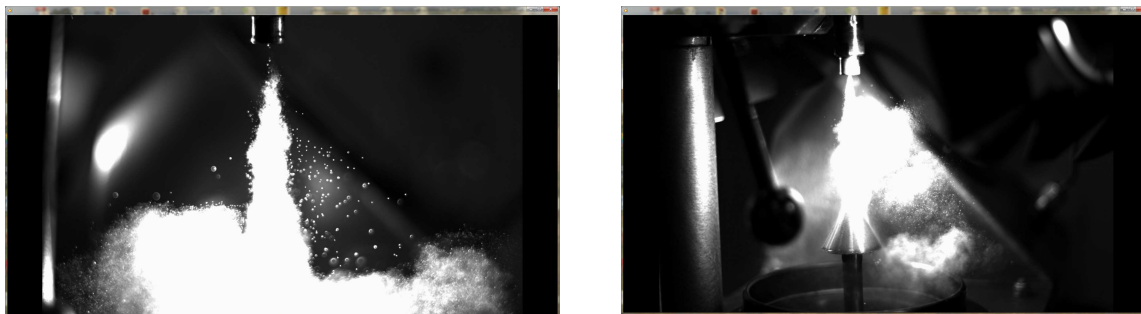
a)



b)







**Rys. 1.** Zdjęcia charakteryzują poszczególne fazy wtrysku paliwa w tym samym momencie dla dwóch badanych paliw a) biopaliwo b) olej napędowy

### 3. WNIOSKI

Przeprowadzone badania rozpoznawcze uwidocznily istotne różnice w sposobie rozpylania badanych paliw. Na zarejestrowanym materiale dostrzec można lepsze rozpylenie biopaliwa, które tworząc „bańki” łączy się z powietrzem co daje lepszy dostęp tlenu podczas procesu spalania. Efektem może być mniejszy spadek wartości uzyskanych parametrów eksploatacyjnych silnika (moc, moment obrotowy) niż wynika to z bezpośredniego porównania wartości opałowych oleju napędowego i biopaliwa. Potwierdzają to inne badania przeprowadzone przez autorów [4] Podczas analizowania materiału filmowego dostrzec można źródło i przyczynę „chrapania wtryskiwaczy”, dzieje się to na wskutek pokonywania oporu bezwładności sprężyny wtryskiwacza przez paliwo, następnie na wskutek chwilowo zmniejszającego się ciśnienia we wtryskiwaczu iglica zamyka wtryskiwacz wydając charakterystyczny dźwięk. Towarzyszy temu okresowy spadek ilości wypływającego z wtryskiwacza paliwa. W czasie jednego wtrysku proces ten przebiega kilkakrotnie w zależności od rodzaju wtryskiwanego paliwa. Dalsze badania nad przebiegiem procesu wtrysku w tym zakresie mogą być pomocne przy doborze wtryskiwaczy w zależności od właściwości paliwa. Wyniki takie mogą być szczególnie użyteczne w systemach stosujących dzieloną dawkę paliwa w czasie jednego cyklu pracy silnika jak to ma miejsce we współczesnych układach common rail.

## ANALYSIS OF SOME PROPERTIES OF FUEL IN THE PROCESS OF THE INJECTION ATOMIZATION

### *Abstract*

*The main problem of modern Diesel engines is obtaining the lowest emission of toxic compounds in the exhaust gases. The level of toxic emissions in raw exhaust is strictly related to the fuel atomization realized by injectors. The knowledge about the course of injection enables more efficient approach towards reduction of toxic emissions in engines fueled with different types of fuel. The paper presents results of investigations on fuel injection of typical Diesel fuel and biofuel based on methyl esters of camelina seed.*

### BIBLIOGRAFIA

1. Bocheński C.I.: *Paliwa i oleje smarujące w rolnictwie*. SGGW Warszawa 2005.  
Bocheński C.I.: *Paliwa i oleje smarujące w rolnictwie*. SGGW Warszawa 2005.

2. Baczewski K., Kałdoński T.: *Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym*. WKiŁ Warszawa 2004.
3. Lotko W.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi*, WNT Warszawa.
4. Szlachta Z.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi*. WKiŁ Warszawa 2002.
5. Ignaciuk P., Gil. L., Komsta H.: *Porównanie osiągnięć silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego olejem napędowym i biopaliwami opartymi na estrach oleju rzepakowego i estrach oleju lnianki*. Postępy Nauki i Techniki nr 12/2012, s.53-61.

**Autorzy:**

**dr inż. Piotr IGNACIUK** – Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

**dr inż. Leszek GIL** – Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

**dr inż. Grzegorz KOSZAŁKA** – Politechnika Lubelska