

WPŁYW ZUŻYCIA UKŁADU WTRYSKOWEGO SILNIKA CIĄGNIKOWEGO NA TEMPERATURĘ SPALIN W WARUNKACH POLOWYCH

Jacek Wasilewski

Katedra Energetyki i Pojazdów, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Zaprezentowano wyniki badań temperatury spalin ciągnika Ursus C-360 w czasie prac polowych, w aspekcie zużycia układu wtrysku paliwa. Ciągnik pracował z wybranymi narzędziami do podstawowej uprawy gleby: pługiem zawieszonym U023/1, kultywatorem zawieszonym U418/1, broną zawieszoną U316, a także z przyczepą rolniczą T058. Temperatury spalin podczas badań terenowych mierzono przy wykorzystaniu termopary typu NiCr – NiAl (nichrom – alumel). Stopień zużycia elementów aparatury wtryskowej (par precyzyjnych) określono metodą hydrauliczną.

Słowa kluczowe: temperatura spalin, zużycie, układ wtrysku paliwa, para precyzyjna, silnik ciągnikowy, badania polowe

Wstęp

Rolnicze agregaty maszynowe pracują w warunkach szczególnie niekorzystnych dla poprawnego działania układu wtrysku paliwa, z uwagi głównie na złożony charakter ich eksploatacji oraz duże zapylenie powietrza. Układ wtryskowy cechuje precyzyjna budowa, złożone działanie i występowanie znacznych obciążeń mechanicznych i cieplnych. Powyższe czynniki, a także nieprzestrzeżenie czynności obsługowych silnika powodują, że jest on jednym z najszybciej i najczęściej ulegających zużyciu zespołów silników ciągnikowych i innych silników wysokoprężnych.

Najszybszemu zużyciu w układzie wtrysku paliwa ulegają pary precyzyjne, tj. końcówki rozpylające wtryskiwaczy oraz elementy tłoczące i zaworki odcinające pomp wtryskowych [Falkowski i in. 1989, Krasowski 1990]. Najczęściej pary precyzyjne zużywają się wskutek oddziaływania ściernego zanieczyszczeń występujących w paliwie, co szczególnie dotyczy aparatury paliwowej ciągników rolniczych. Ponadto, zespoły precyzyjne mogą zużywać się pod wpływem takich czynników jak: erozja, kawitacja czy korozja [Krasowski 1990, Lejda 1989].

Zużycie par precyzyjnych aparatury wtryskowej prowadzi do pogorszenia wskaźników pracy silnika i zwiększonego zanieczyszczenia toksycznymi związkami spalin środowiska przyrodniczego, co zostało potwierdzone w opublikowanych pracach autora [Wasilewski 2001, Wasilewski 2008], wpływając również zasadniczo na temperaturę spalin.

Metodyka i warunki prowadzonych badań

Badaniom poddano silnik wysokoprężny S-4003 ciągnika Ursus C-360, zagregatowanego z maszynami do podstawowej uprawy roli oraz transportu rolniczego. W badaniach wykorzystano: pług zawieszany U023/1 (szerokość robocza 0,9 m, głębokości robocze: 0,2 i 0,25 m), kultywator zawieszany U418/1 (szerokość robocza 2,8 m, głębokość robocza 0,1 m), bronę zawieszaną U316 (szerokość robocza 4,1 m, głębokość robocza 0,06 m) oraz przyczepę rolniczą T058 (pustą oraz załadowaną masą ok. 4 ton – w przybliżeniu równą dopuszczalnej). Miejscem badań był RZD Felin k/Lublina. Agregaty uprawowe realizowały przejazdy robocze na polu o powierzchni płaskiej, na glebie wytworzonej z utworów lessowych. Prace transportowe prowadzono na drodze gruntowej twardej.

Oceny stopnia zużycia elementów układu wtrysku paliwa (par precyzyjnych) dokonano przy wykorzystaniu specjalnych przyrządów metodą hydrauliczną, poprzez pomiary czasu spadku ciśnienia paliwa (ON o lepkości względnej $E_{20} = 1,25^{\circ}E$ i gęstości $\gamma_{20} = 0,828 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ w temperaturze 20°C), spowodowanego jego wyciekaniem przez nieszczelności zespołów. W oparciu o te pomiary wyodrębniono następujące zestawy par precyzyjnych, które zostały wykorzystane w badaniach terenowych:

1. Zestawy badawcze rozpylaczy (typu D1LMK150/W2):
 - zestaw I: rozpylacze wybrane spośród fabrycznie nowych zespołów, o największej szczelności, dla których czas spadku ciśnienia od 15 do 10 MPa (ciśnienie otwarcia wtryskiwaczy – 16,5 MPa) wyniósł średnio 29,6 s – przyjęto stopień zużycia równy 0%,
 - Zestaw II: rozpylacze, dla których czas spadku ciśnienia od 15 do 10 MPa wyniósł średnio 2,5 s (zanotowano wyraźne ich podciekanie – od formowania się kropli do kroplenia: 2 – 4 krople na 10 s przy ciśnieniu 15 MPa, jak również nieprawidłowe rozpylenie paliwa) - przyjęto stopień zużycia równy 100%.
2. Zestawy badawcze elementów tłoczących (typu FPE8-3a):
 - zestaw I: elementy tłoczące wybrane spośród fabrycznie nowych zespołów, o największej szczelności, dla których czas spadku ciśnienia od 25 do 20 MPa wyniósł średnio 13,6 s – przyjęto stopień zużycia równy 0%,
 - zestaw II: elementy tłoczące wybrane spośród wycofanych z eksploatacji zespołów, dla których czas spadku ciśnienia od 25 do 20 MPa (zbliżony do średniego dla przebadanych kilkudziesięciu zespołów) wyniósł średnio 1,2 s – przyjęto stopień zużycia równy 100%,
 - zestaw III: elementy tłoczące, dla których czas spadku ciśnienia od 25 do 20 MPa wyniósł średnio 7,1 s – przyjęto stopień zużycia równy 50%.
3. Zestawy badawcze zaworków odcinających (typu DV73):
 - zestaw I: zaworki odcinające wybrane spośród fabrycznie nowych zespołów, o największej szczelności, dla których czas spadku ciśnienia od 25 do 20 MPa wyniósł średnio 301 s – przyjęto stopień zużycia równy 0%,
 - zestaw II: zaworki odcinające, dla których czas spadku ciśnienia od 25 do 20 MPa wyniósł średnio 56 s; zgodnie z literaturą [Lorenc i Pokrzywa 1984, Hebda i in. 1980] przy czasie spadku ciśnienia poniżej 60 s zaworki nie nadają się do dalszej eksploatacji – przyjęto stopień zużycia równy 100%; ponadto, wykonana charakterystyka dawkowania pompy wtryskowej z tym zestawem zaworków wykazała, w porównaniu z zaworkami wzorcowymi, zwiększone dawkowanie paliwa przy stałym położeniu listwy zębatej, a więc dominowało zużycie w części odciążającej zaworków.

Przejazdy robocze agregatów z poszczególnymi zestawami badawczymi par precyzyjnych realizowano na odcinkach pomiarowych długości 100 m, utrzymując stałą prędkość obrotową silnika 1500 obr·min⁻¹ oraz 2000 obr·min⁻¹. Ciągnik pracował na II biegu z wyłączonym reduktorem. Podczas przejazdów roboczych mierzono temperatury spalin przy pomocy termopary NiCr – NiAl (nichrom – alumel); końcówka pomiarowa termopary znajdowała się w kolanku wylotowym spalin przed tłumikiem wydechu. Odczytu temperatur spalin dokonywano z miernika temperatury typu EMT – 07 o zakresie pomiarowym od -80°C do 1200°C.

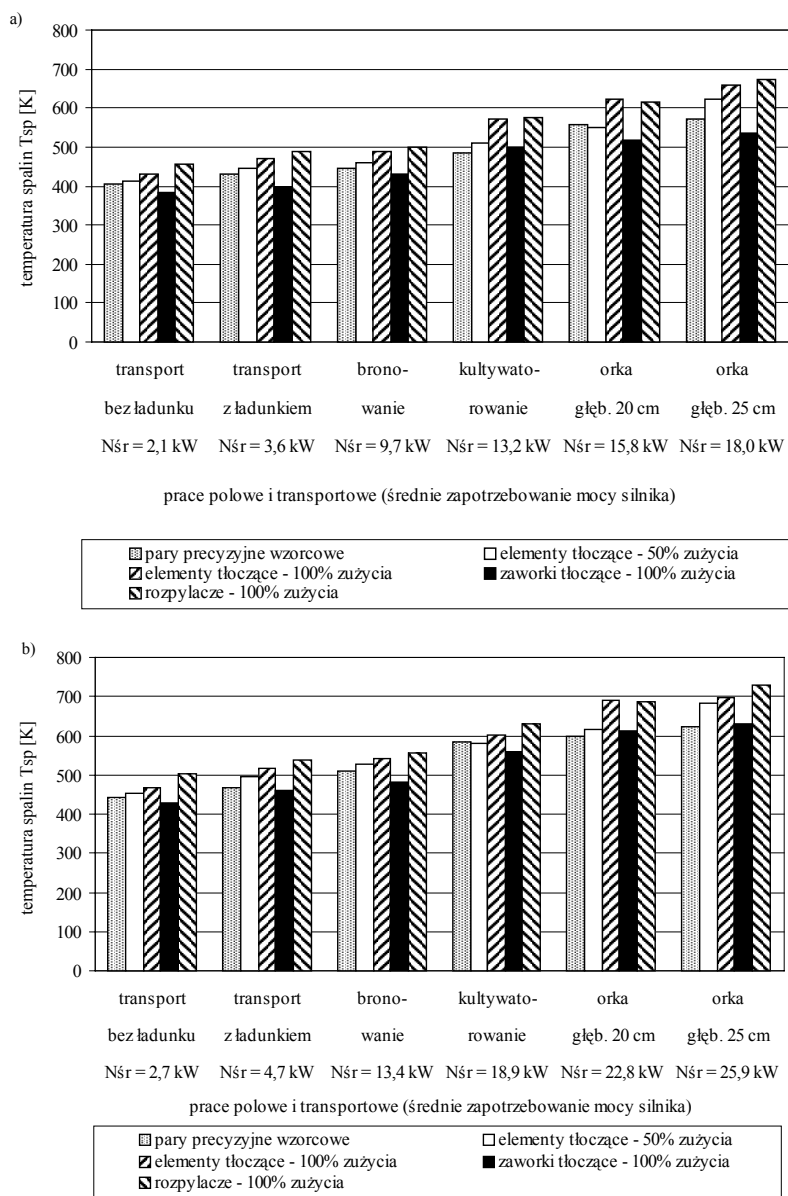
Wyniki badań i ich analiza

Zmiany temperatury spalin ciągnika Ursus C-360 podczas prac polowych i transportowych, w zależności od stopnia zużycia par precyzyjnych układu wtrysku paliwa i przy prędkości obrotowej silnika 1500 obr·min⁻¹, przedstawiono na rys. 1a, a przy prędkości 2000 obr·min⁻¹ na rys. 1b.

Na podstawie wyników badań przedstawionych na rys. 1 można stwierdzić, że zużycie końcówek rozpylających oraz elementów tłoczących powoduje wzrost temperatury spalin w porównaniu z zespołami nowymi. Wzrost T_{sp} dla rozpylaczy i elementów tłoczących o przyjętym 100% stopniu zużycia wyniósł średnio w badanym przedziale obciążeń odpowiednio 13,2% i 9,9% przy prędkości obrotowej silnika 1500 obr·min⁻¹, a przy 2000 obr·min⁻¹ odpowiednio 13,4% i 7,5% w stosunku do zespołów wzorcowych. W przypadku elementów tłoczących o przyjętym 50% stopniu zużycia zanotowano ok. 3% wzrost temperatury spalin. Z kolei dla zużytych zaworków odcinających stwierdzono spadek temperatury spalin, średnio o 4,6% przy 1500 obr·min⁻¹ i o 2% przy 2000 obr·min⁻¹ w porównaniu z zespołami nowymi. W miarę zwiększenia obciążenia pracami rolniczymi zanotowano wzrost temperatury spalin o 200 K, tj. od $T_{sp} = 438$ K w zakresie transportu bez ładunku do $T_{sp} = 638$ K podczas orki na głębokości 0,25 m (wartości średnie). Ponadto, wykonywanie prac polowych i transportowych przy $n = 2000$ obr·min⁻¹ w stosunku do $n = 1500$ obr·min⁻¹ spowodowało wzrost temperatury spalin średnio o 11,3%.

Podsumowanie

Temperatura spalin jest parametrem diagnostycznym możliwym do wykorzystania przy ocenie przebiegu procesu spalania, na który wpływa w znaczący sposób zużycie układu wtrysku paliwa (głównie par precyzyjnych). Stopień oraz charakter zużycia poszczególnych par precyzyjnych mniej lub bardziej intensywnie zaburzają poprawne przebiegi tłoczenia i wtrysku paliwa, wpływając na jakość procesu spalania i w sposób wyraźny na temperaturę spalin. Największą zmianę w porównaniu do zespołów wzorcowych, a zarazem najwyższą wartość temperatury spalin, uzyskano dla zużytych końcówek rozpylających wtryskiwaczy. Spowodowane to jest wzrostem ilości przeciekowego paliwa, jego nieprawidłowego rozpylenia oraz opóźnienia wtrysku, a w konsekwencji zwiększonej ilości podawanego paliwa niezbędnej do osiągnięcia określonej prędkości obrotowej silnika.



Rys. 1. Zmiany temperatury spalin ciągnika Ursus C-360 podczas wykonywania wybranych prac polowych i transportowych w zależności od stopnia zużycia par precyzyjnych układu wtrysku paliwa: a) 1500 obr·min⁻¹, b) 2000 obr·min⁻¹

Fig. 1. Changes in Ursus C-360 tractor exhaust gas temperature during execution of selected field and transport works depending on wear degree of precision pairs in fuel injection system: a) 1500 rpm, b) 2000 rpm

Bibliografia

- Falkowski H., Hauser G., Janiszewski T., Jaskuła A.** 1989. Układy wtryskowe silników wysokopiężnych. WKiŁ Warszawa. ISBN 83-206-0822-8.
- Hebda M., Niziński S., Pelc H.** 1980. Podstawy diagnostyki pojazdów mechanicznych. WKiŁ Warszawa. ISBN 83-206-0007-3.
- Krasowski E.** 1990. Wpływ zużycia par precyzyjnych na parametry pracy silnika wysokopiężnego. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. Mechanika nr 45.
- Lejda K.** 1989. Wpływ zużycia par precyzyjnych pompy wtryskowej na zmianę dawkowania paliwa. Silniki spalinowe Nr 1. s. 15-19.
- Lorenc W., Pokrzywa B.** 1984. Naprawa ciągników rolniczych. PWRiL Warszawa. ISBN 83-09-00394-3.
- Wasilewski J.** 2001. Ocena zużycia paliwa rolniczych agregatów maszynowych w zależności od stopnia zużycia par precyzyjnych aparatury paliwowej. Inżynieria Rolnicza Nr 1. Warszawa. s. 347-353.
- Wasilewski J.** 2008. An influence of injection pump wear of a tractor engine on exhaust gas toxicity. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. Lublin. T. VIII A. s. 188-195.

THE IMPACT OF TRACTOR ENGINE INJECTION SYSTEM WEAR ON EXHAUST GAS TEMPERATURE IN FIELD CONDITIONS

Abstract. The paper presents results of Ursus C-360 tractor exhaust gas temperature tests carried out during field works in the aspect of fuel injection system wear. The tractor was working with selected tools for basic soil cultivation: U023/1 suspended plough, U418/1 suspended cultivator, U316 suspended harrow, and T058 farm trailer. During field tests, exhaust gas temperature values were measured using NiCr – NiAl (nichrome – alumel) type thermocouple. Hydraulic method was used to determine wear degree for injection apparatus elements (precision pairs).

Key words: exhaust gas temperature, consumption, fuel injection system, precision pair, tractor engine, field tests

Adres do korespondencji:

Jacek Wasilewski; e-mail: jacek.wasil@neostrada.pl
Katedra Energetyki i Pojazdów
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Głęboka 28
20-612 Lublin