

ANALIZA SKŁADU I STOPNIA ZADYMIENIA SPALIN NA PODSTAWIE ZUŻYCIA APARATURY WTRYSKOWEJ SILNIKA CIĄGNIKA ROLNICZEGO

Jacek Wasilewski, Tomasz Ćwikła¹, Krzysztof Kornarzyński²

1. Katedra Pojazdów i Silników AR w Lublinie

2. Katedra Fizyki AR w Lublinie

Synopsis: W pracy przedstawiono wyniki badań składu spalin, szczególnie pod kątem emisji toksycznych ich związków, w oparciu o stan techniczny wybranych elementów aparatury wtryskowej silnika ciągnikowego S4002. Analizę spalin wykonano przy użyciu spektrometru masowego.

Słowa kluczowe: ciągnik rolniczy, aparatura wtryskowa, spektrometr masowy.

Wprowadzenie

Różnorodność prac rolniczych, a tym samym i zróżnicowane warunki eksploatacji ciągników rolniczych, wpływają w znacznym stopniu na zużywanie się elementów aparatury wtryskowej. Zły stan techniczny aparatury paliwowej powoduje pogorszenie parametrów eksploatacyjnych silnika tj. spadek mocy oraz wzrost zużycia paliwa a także zwiększoną emisję szkodliwych dla naturalnego środowiska rolniczego składników spalin. Dlatego też, za celowe uznano przeprowadzenie badań składu spalin i dymienia silnika w oparciu o zużycie par precyzyjnych aparatury wtryskowej silnika.

Zużycie aparatury wtryskowej silnika ciągnikowego a skład i zadymienie spalin

Przebieg zużycia (cierne, korozyjne, erozyjne, kawitacyjne) elementów precyzyjnych aparatury wtryskowej jest różnorodny i uzależniony od czynnika wywołującego zużycie. Wymienione rodzaje zużycia mogą wystąpić jednocześnie przy dość dużym zróżnicowaniu ich intensywności. Najintensywniej przebiega

proces zużycia ciernego powierzchni i krawędzi par precyzyjnych aparatury wtryskowej na skutek oddziaływania zawartych w paliwie zanieczyszczeń stałych. Praktycznie można przyjąć, że zużycie ciernych elementów aparatury paliwowej powodują cząstki ciał stałych o wielkości od 1 do 30 mm. Zanieczyszczenia o wymiarach większych są łatwo wydzielane w filtrach. Badania wykazały, że 87 ÷ 98 % zanieczyszczeń stanowią cząstki o wymiarach do 15 μm [Krasowski, 1990].

Pod wpływem zużycia elementów precyzyjnych aparatury wtryskowej zmniejsza się dawka wtryskiwanego paliwa, maleje ciśnienie wtrysku i opóźnia się początek wtrysku. W silniku wielocylindrowym, na skutek niejednakowego stanu technicznego par precyzyjnych, a co za tym idzie rozrzutu dawek paliwa i różnic w wielkości kąta wyprzedzenia wtrysku, zmienia się skład i stopień zadymienia spalin. Zmniejszona dawka paliwa, mniejsze ciśnienie wtrysku i opóźnienie początku wtrysku, postępujące w miarę zużywania się par precyzyjnych aparatury wtryskowej powodują spadek poziomu emisji NO_x , CO_2 , H_2O a wzrost poziomu emisji CO , CH_4 , O_2 oraz zadymienia spalin. Wynika to z opóźnienia samozapłonu, a więc i spalania w pierwszym okresie mniejszej ilości paliwa (mniejsza emisja NO_x), gorszego rozpylenia paliwa i przewlekłego spalania (wzrost emisji CO , CH_4 , O_2 i większe dymienie silnika, a spadek emisji CO_2 i H_2O).

Metodyka badań

Przedmiotem badań był ciągnikowy silnik spalinowy S-4002, wyposażony w pompę wtryskową typu P24T8-3a.71BIFVR z regulatorem obrotów R8V20-120/74D oraz wtryskiwaczami typu WJ1S78,7. Analizę gazów spalinowych wykonano metodą spektrometryczną, zaś stopnia zadymienia spalin metodą filtracyjną. Zużycie par precyzyjnych aparatury wtryskowej określono metodą hydrauliczną, na podstawie pomiaru czasu spadku ciśnienia, wynikającego z wyciekania paliwa przez nieszczelności tych elementów [Falkowski i in., 1979]. Do pierwszego etapu badań użyto dwóch grup sekcji tłoczących typu FPE 8-3a: wzorcowych- czas spadku ciśnienia od 24 do 20 MPa wyniósł 6,4 s- przyjęto zużycie 0% oraz zużytych - czas spadku ciśnienia od 24 do 20 MPa wyniósł 1,6 s- przyjęto zużycie 75%. Do drugiego etapu badań użyto dwóch grup rozpylaczy typu DII.MK150/W2: wzorcowych- czas spadku ciśnienia od 15 do 12 MPa wyniósł 20 s- przyjęto zużycie 0% oraz zużytych czas spadku ciśnienia od 15 do 12 MPa wyniósł 5 s- przyjęto zużycie 75%.

Aparaturę wtryskową wyregulowano na parametry nominalne: dawka paliwa - 54 $\text{mm}^3/\text{wtrysk}$, kąt wyprzedzenia wtrysku - 20° przed GZP, ciśnienie otwarcia wtryskiwaczy - 16 MPa.

Podsumowanie

Wyniki badań przedstawiono graficznie w postaci przebiegów zmian koncentracji związków spalin w funkcji mocy użytecznej silnika, dla elementów precyzyjnych aparatury wtryskowej o różnym stopniu zużycia. Wpływ zużycia badanych sekcji tłoczących na emisję CO oraz wielkość Zs (stopień zadymienia spalin), NO_x i CH, CO_2 i O_2 , H_2O przedstawiono odpowiednio na rysunkach 1, 2, 3, 4, zaś wpływ zużycia badanych rozpylaczy na emisję CO oraz wielkość Zs, NO_x i CH, CO_2 i O_2 oraz H_2O przedstawiono odpowiednio na rysunkach 5, 6, 7, 8.

Analizując powyższe przebiegi stwierdzono, że:

1. Stężenie CO w spalinach jest największe na biegu luzem i w zakresie niewielkich obciążeń silnika (niewielka temperatura pracy), jak i w zakresie obciążeń znamionowych (duży niedobór tlenu), tak dla badanych sekcji tłoczących jak i rozpylaczy (rys. 1, 5).

2. Zawartość NO_x w spalinach wzrasta w miarę wzrostu obciążenia silnika, zarówno dla badanych sekcji tłoczących jak i rozpylaczy (rys. 2, 6). W miarę wzrostu obciążenia rośnie dawka podawanego paliwa, a tym samym i temperatura w komorze spalania.

3. Zawartość CH w spalinach jest największa na biegu luzem i przy małych obciążeniach silnika (niska temperatura pracy) oraz w zakresie obciążeń znamionowych (duży niedobór tlenu), zarówno dla elementów tłoczących jak i rozpylaczy. W zakresie średnich obciążeń silnika emisja CH jest najmniejsza (wzrost temperatury w cylindrze i intensywne dopalanie węglowodorów) - rys. 2, 6.

4. Stopień zadymienia spalin Zs rośnie w miarę wzrostu obciążenia silnika (większa ilość wtryskiwanego paliwa) tak dla sekcji tłoczących jak i rozpylaczy (rys. 1, 5).

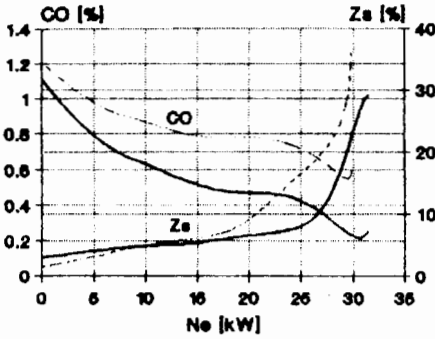
5. Zawartość CO_2 i H_2O w spalinach rośnie w miarę wzrostu obciążenia silnika dla badanych par precyzyjnych (większa ilość wtryskiwanego paliwa) - rys. 3, 4, 7, 8.

6. Koncentracja O_2 w spalinach maleje w miarę wzrostu obciążenia silnika (większa ilość wtryskiwanego paliwa) - rys. 3, 7.

7. Większą zawartość NO_x , CO_2 i H_2O zanotowano dla nowych elementów precyzyjnych (lepsze spalanie i wyższe temperatury pracy) - rys. 2, 3, 4, 6, 7, 8.

8. Większą emisję CO i CH, O_2 oraz większy Zs zanotowano dla zużytych par precyzyjnych (przewlekłe spalanie, mniejsze ciśnienie i opóźnienie wtrysku) - rys. 1, 2, 5, 6, 7.

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciśnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP

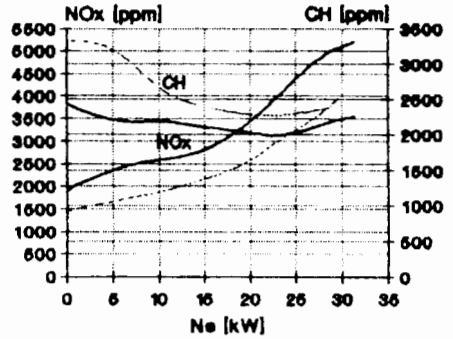


— sekcja grupy I - - - sekcja grupy II

Rys. 1. Wpływ zużycia sekcji tłoczących na emisję CO i wielkość Zs

Fig. 1. Influence of pumping assembly wearing on CO emission and Zs values. Regulated fuel dose - 54 mm³/injection. Opening pressure of injectors - 16 MPa. Advance angle of injection - 20° before GZP

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciśnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP

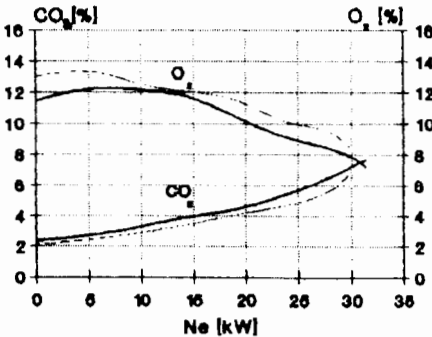


— sekcja grupy I - - - sekcja grupy II

Rys. 2. Wpływ zużycia sekcji tłoczących na zawartość NO_x i CH

Fig. 2. Influence of pumping assembly wearing on the amounts of NO_x and CH. Settings as in Fig. 1

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciśnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP

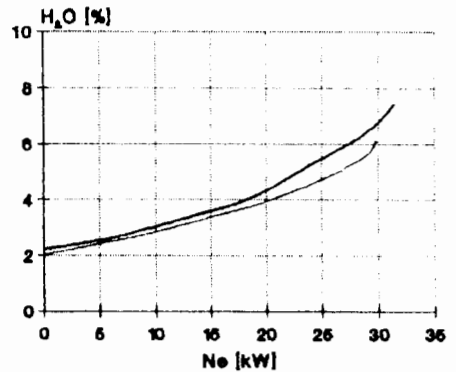


— sekcja grupy I - - - sekcja grupy II

Rys. 3. Wpływ zużycia sekcji tłoczących na zawartość CO₂ i O₂

Fig. 3. Influence of pumping assembly wearing on the amounts of CO₂ and O₂. Settings as in Fig. 1

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciśnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP

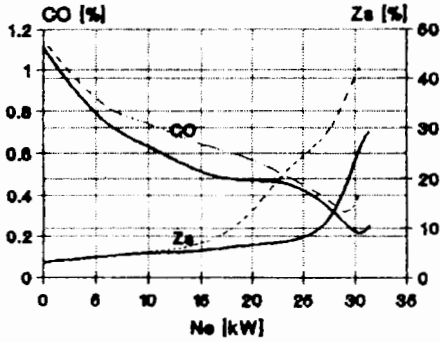


— sekcja grupy I - - - sekcja grupy II

Rys. 4. Wpływ zużycia sekcji tłoczących na zawartość H₂O

Fig. 4. Influence of pumping assembly wearing on the amounts of H₂O. Settings as in Fig. 1

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciężnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP

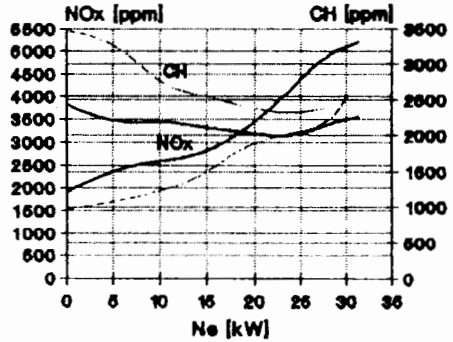


— rozpylacze gr.I - - - rozpylacze gr.II

Rys. 5. Wpływ zużycia rozpylaczy na emisję CO i wielkość Zs

Fig. 5. Influence of spray nozzle wearing on CO emission and Zs value. Settings as in Fig. 1

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciężnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP

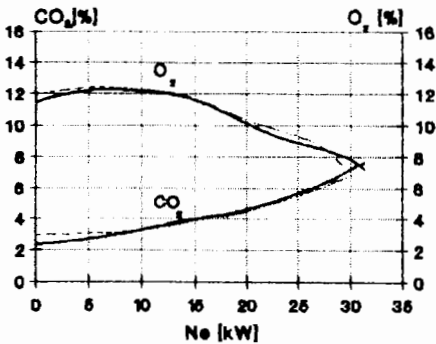


— rozpylacze gr.I - - - rozpylacze gr.II

Rys. 6. Wpływ zużycia rozpylaczy na zawartość NO_x i CH

Fig. 6. Influence of spray nozzle wearing on the amounts of NO_x and CH. Settings as in Fig. 1

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciężnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP

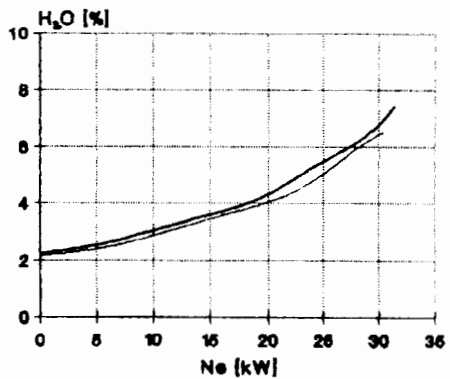


— rozpylacze gr.I - - - rozpylacze gr.II

Rys.7. Wpływ zużycia rozpylaczy na zawartość CO₂ i O₂

Fig. 7. Influence of spray nozzle wearing on the amounts of CO₂ and O₂. Settings as in Fig. 1

Wyregulowana dawka paliwa 54 mm³/wtrysk
Ciężnienie otwarcia wtryskiwaczy 16 MPa
Kąt wyprzedzenia wtrysku 20° przed GZP



— rozpylacze gr.I - - - rozpylacze gr.II

Rys. 8. Wpływ zużycia rozpylaczy na zawartość H₂O

Fig. 8. Influence of spray nozzle wearing on the amounts of H₂O. Settings as in Fig. 1

Bibliografia

- Falkowski, H., T. Krępeć. 1979. Obsługa i naprawa aparatury paliwowej silników wysokoprężnych. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa.
- Krasowski, E. 1990. Wpływ zużycia par precyzyjnych na parametry pracy silnika wysokoprężnego. Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej 193. Mechanika 45.

J. Wasilewski, T. Ćwikła

ANALYSIS OF COMPOSITION AND DEGREE OF SMOKINESS OF EXHAUST GASES ON THE BASIS OF INJECTION APPARATUS WEARING OF AGRICULTURAL TRACTOR ENGINE

Summary

This paper presents the results of studies on the concentration of components in combustion gases and the degree of fumes smokiness at different wearing of precise pairs of injection apparatus of tractor's engine.

The studies were carried out in engine test house. Technical state of precise pairs was determined with the hydraulic method, the degree of fumes smokiness with filtration method, and analysis of combustion gases with spectrometric method. The results were presented on graphs as relationships of Co, NO_x, CH, CO₂, O₂, H₂O and the degree of fumes smokiness (Zs) in function of effective engine power (Ne).