

Zależność stanu technicznego układu TPC określonego parametrami diagnostycznymi, a emisją spalin na przykładzie pojazdu Polonez

Streszczenie

W systemie eksploatacji pojazdów bardzo istotnym celem diagnostyki technicznej jest wypracowanie metod, a także skutecznych i pewnych procedur badawczych określających stan techniczny silnika. Aktualnie silniki spalinowe są diagnozowane z wykorzystaniem czasochłonnych pomiarów diagnostycznych lub testów diagnostycznych. Zasadniczą wadą stosowanych testerów w diagnostyce silnika jest stwierdzenie, czy pojazd jest sprawny lub niesprawny, a nie ocena stanu technicznego. Należy podkreślić, że bardzo pojemny nośnik informacji, jakim jest skład spalin i zadymienie, nie jest wykorzystywany do oceny zużycia silnika. Publikacje spotykane w literaturze, krajowej i zagranicznej nie ujmują zagadnienia składu spalin w kontekście oceny stanu technicznego, a skupiają się głównie na ocenie poziomu emisji spalin jako czynnika skażenia środowiska. Stąd celem prezentowanej pracy jest określenie wpływu stanu technicznego na emisję spalin.

Słowa kluczowe: pojazd, TPC, parametry diagnostyczne, emisja spalin.

1. Wprowadzenie

Tendencje rozwojowe tłokowych silników cieplnych, skupiły się obecnie wokół nieustannej poprawy parametrów proekologicznych oraz trwałości i ekonomiczności silników. Stąd istnieje potrzeba podyktowana zarówno względami naukowymi jak i praktycznymi, poszukiwania nowych metod wykorzystania łatwo dostępnych procesów wyjściowych. Przyjęto, że skład spalin silnika o zapłonie iskrowym, może być dobrym nośnikiem informacji diagnostycznych możliwych do wykorzystania w ocenie nie tylko przebiegu procesu spalania, ale przede wszystkim jego stanu technicznego.

Wykorzystując wieloletnie doświadczenia z diagnostyki technicznej pojazdów i uwzględniając wspomniane wyżej czynniki, uznano za celowe przeprowadzenie badań na wybranych pojazdach samochodowych, aby ocenić możliwości praktycznego wykorzystania korelacji składu spalin ze stanem technicznym silnika, szczególnie układu tłok – pierścienie – cylinder (TPC).

Analizując przyczyny powstawania składników toksycznych w cylindrze silnika spalinowego można stwierdzić, że istnieje korelacja pomiędzy wzrostem zużycia oleju, a poziomem emisji związków węglowodorowych i ich pochodnych. Znajduje to odzwierciedlenie we wzroście emisji węglowodorów HC w miarę zwiększania się zużycia oleju silnikowego. Natomiast tlenki azotu powstają w strefie popłomiennej z azotu i tlenu zawartego w powietrzu. Czynnikiem determinującym powstawanie NO są wysoka temperatura i ciśnienie oraz nadmiar powietrza. Zaś tlenek węgla powstaje w procesie spalania mieszanek bogatych oraz w wysokotemperaturowym płomieniu, bez względu na nadmiar powietrza, w wyniku dysocjacji CO₂.

2. Cel i zakres badań

Badaniami objęto 30 egzemplarzy silników pojazdu samochodowego „Polonez” 1500/1600. O takim wyborze zdecydowała dostępność egzemplarzy w różnym stanie technicznym i eksploatowanych w różnych warunkach. Badaniami objęto silniki o różnym przypadkowo – losowo dobranym okresie pracy.

W trakcie badań przyjęto założenia minimalizujące zakłócenia analizy związku składu spalin ze zużyciem układu TPC. Przyjęto następujące warunki dla wszystkich pomiarów:

- silnik zasilany benzyną bezołowiową 95,
- szczelny układ wydechowy,
- silnik doprowadzony do stanu równowagi cieplnej, temperatura cieczy i oleju ok. 60...80⁰C,
- układ zapłonowy i zasilania oraz luzy zaworowe wg zaleceń producenta,
- sprawny akumulator lub zasilanie z prostownika rozruchowego.

Badania silników obejmowały pomiary parametrów sygnałów diagnostycznych i emitowanych spalin; ciśnienia sprężania, względnego spadku ciśnienia sprężanego powietrza w cylindrach. Badania sygnałów diagnostycznych względnego spadku ciśnienia sprężonego powietrza w cylindrach i ciśnienia sprężania, wykonywano w dwóch próbach: bez oleju i z olejem wtryskiwanym do cylindra. Jednakże w przypadku silników wyposażonych w katalizator TWC, nie wtryskiwano oleju do cylindra ze względu na realne niebezpieczeństwo uszkodzenia katalizatora.

Analizę spalin wykonywano dla trzech stanów pracy silnika:

- prędkości obrotowej biegu wolnego;
- średniej prędkości obrotowej – 2000...3000 obr/min.;
- stanu nieustalonego, czyli zwiększeniu na krótko do maksymalnej prędkości obrotowej dla danego silnika i gwałtownym zamknięciu przepustnicy.

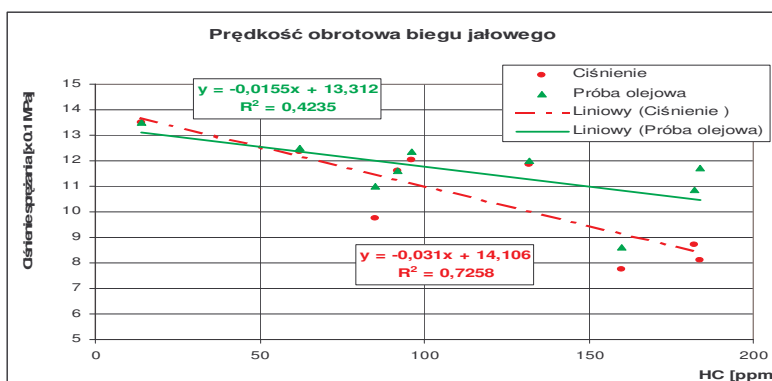
Analizę spalin przeprowadzono z wykorzystaniem następujących analizatorów: AWAT AG-4, OLIVER K 90, Radiotechnika AI 9600.

3. Wyniki badań

3.1 Analiza wyników badań pojazdu samochodowego Polonez

Opis zastosowanych tu metod statystycznych można znaleźć w [1]. Ze względu na wysoką korelację między badanymi cechami, ustalono zachodzące między nimi zależności regresyjne.

Zależność ciśnienia sprężania od zawartości węglowodorów w spalinach w zakresie pomiarowym emisji HC do 200 ppm przy współczynniku $R^2 = 0,73$ przedstawiono na rys.1.

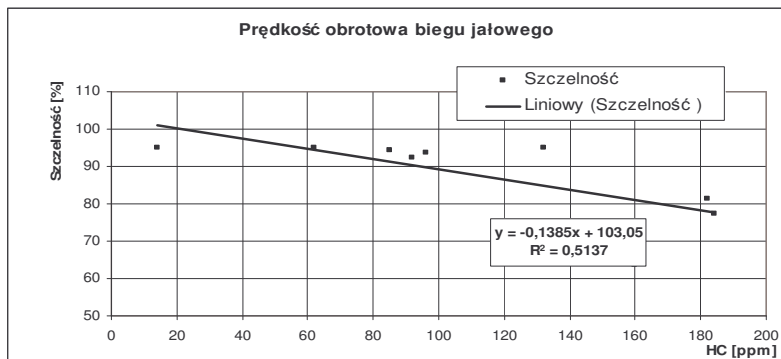


Rys. 1. Przebieg zmian ciśnienia sprężania od zawartości węglowodorów w spalinach

Fig. 1. The course of compression pressure changes depending on hydrocarbons contents in exhaust gases

Parametr diagnostyczny ciśnienia sprężania w próbie olejowej w silniku Poloneza w przedziale pomiarowym zawartości węglowodorów 0 – 200 ppm, opisany równaniem regresji liniowej przy współczynniku $R^2 = 0,42$ także został zamieszczony na rys.1.

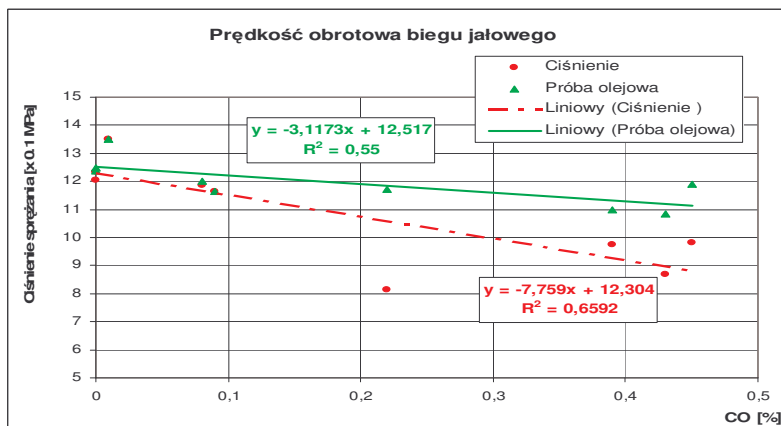
Wyniki przy pomiarach parametru diagnostycznego szczelności cylindrów, opisane liniowym równaniem regresji ze współczynnikiem $R^2 = 0,51$, dla zawartości HC w przedziale 0 – 200 ppm zaprezentowano na rys.2. Przedział poziomu emisji węglowodorów jest przyjęty zgodnie z normą Euro III (200 ppm – dopuszczalna wartość).



Rys. 2. Przebieg zmian szczelności cylindrów od zawartości węglowodorów w spalinach
Fig. 2. The course of cylinder leakproofness changes depending on hydrocarbons contents in exhaust gases

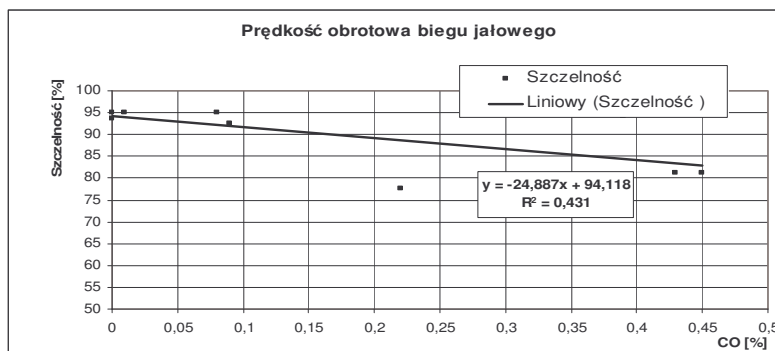
Należy zaznaczyć, że dla zależności ciśnienia sprężania od zawartości tlenku węgla w spalinach w zakresie pomiarowym CO do 0,5%, (dopuszczalny poziom emisji CO wg Euro III) współczynnik $R^2 = 0,66$ (rys.3).

Wartość współczynnika R^2 dla ciśnienia sprężania w próbie olejowej, w zawężonym zakresie pomiarowym CO wynosi $R^2 = 0,55$ (rys.3).



Rys. 3. Przebieg zmian ciśnienia sprężania od zawartości tlenku węgla w spalinach
Fig. 3. The course of compression pressure changes depending on carbon oxide contents in exhaust gases

Przebieg zmian zależności względnego ciśnienia (próba szczelności cylindrów) w odniesieniu do emisji CO opisana równaniem regresji ze współczynnikiem $R^2 = 0,43$ (rys.4).

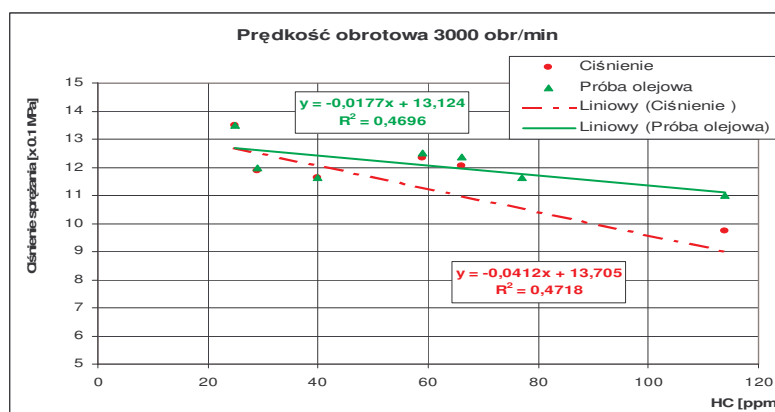


Rys. 4. Przebieg zmian szczelności cylindrów od zawartości tlenku węgla w spalinach

Fig. 4. The course of cylinder leakproofness changes depending on carbon oxide contents in exhaust gases

Dla zależności ciśnienia sprężania od zawartości węglowodorów w spalinach w zakresie pomiarowym HC do 150 ppm (dopuszczalny poziom emisji HC wg normy Euro opisanej równaniem liniowej regresji, współczynnik $R^2 = 0,47$; (rys.5).

Współczynnik R^2 dla zależności ciśnienia w próbie olejowej, w analizowanym poziomie emisji HC wynosi także 0,47 (rys.5).

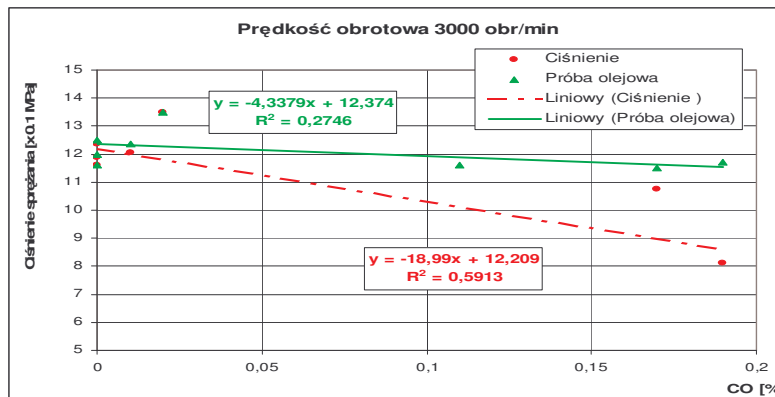


Rys. 5. Przebieg zmian ciśnienia sprężania od zawartości węglowodorów w spalinach

Fig. 5. The course of compression pressure changes depending on hydrocarbons contents in exhaust gases

Analizując zależność ciśnienia sprężania od zawartości tlenku węgla w spalinach w zakresie pomiarowym CO do 0,3% (zgodnie z wymaganiami diagnostycznymi dla średniej prędkości obrotowej) widać, że przebieg zmian ciśnienia opisany jest równaniem regresji o współczynniku $R^2 = 0,59$ (rys.6).

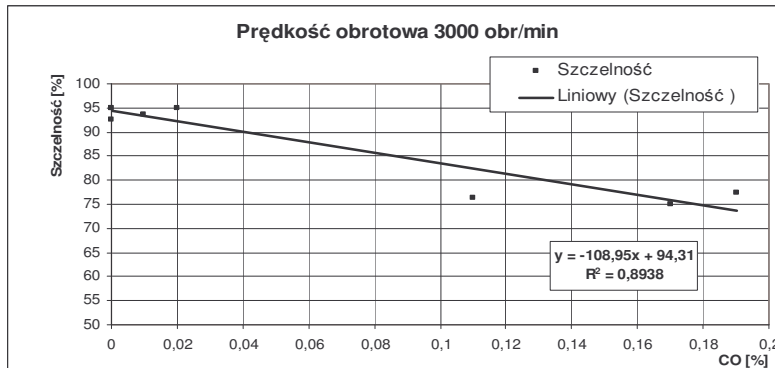
Współczynnik R^2 dla regresji opisującej ciśnienie w próbie olejowej, w zakresie zawężonym CO wynosi $R^2 = 0,27$ (rys.6).



Rys. 6. Przebieg zmian ciśnienia sprężania od zawartości tlenu węgla w spalinach

Fig. 6. The course of compression pressure changes depending on carbon oxide contents in exhaust gases

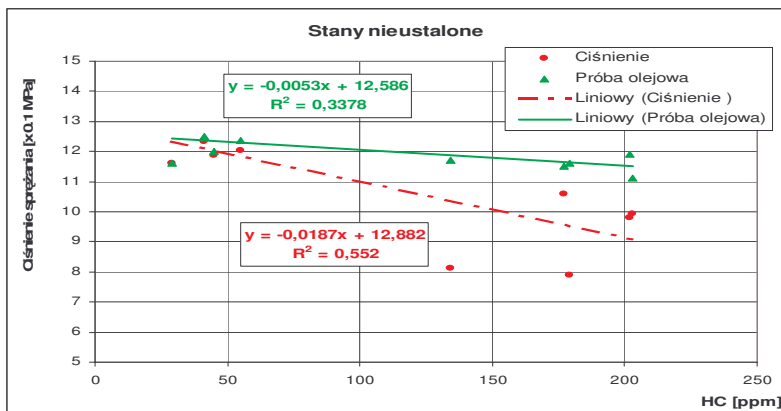
Współczynnik determinacji R^2 dla próby szczelności, w zakresie bardzo zawężonym do przedziału 0 – 0,2 % CO, wynosi $R^2 = 0,89$ (rys.7).



Rys. 7. Przebieg zmian szczelności cylindrów od zawartości tlenu węgla w spalinach

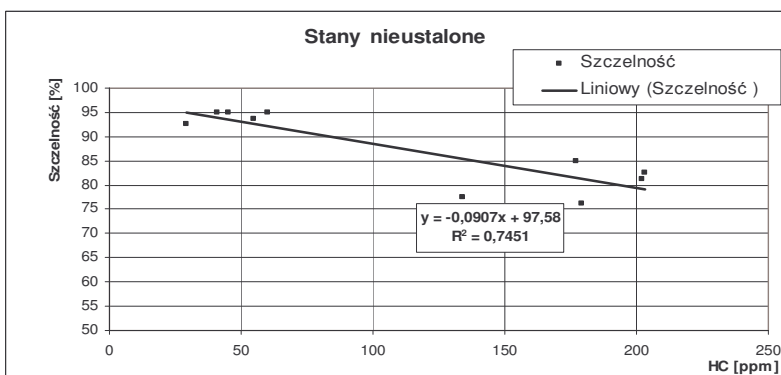
Fig. 7. The course of cylinder leakproofness changes depending on carbon oxide contents in exhaust gases

Przy pomiarach zależności ciśnienia sprężania od zawartości węglowodorów w spalinach w zakresie pomiarowym HC do 200 ppm, przy prędkości obrotowej 3000 obr/min. stwierdzono, że współczynnik $R^2 = 0,55$ (rys.8).



Rys. 8. Przebieg zmian ciśnienia sprężania od zawartości węglowodorów w spalinach
Fig. 8. The course of compression pressure changes depending on hydrocarbons contents in exhaust gases

Dla próby szczelności w zakresie pomiarowym HC równym 0 – 200 ppm HC współczynnik $R^2 = 0,74$ (rys.9).



Rys. 9. Przebieg zmian szczelności cylindrów od zawartości węglowodorów w spalinach
Fig. 9. The course of cylinder leakproofness changes depending on hydrocarbons contents in exhaust gases

4. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując, niniejsza praca jest przyczynkiem do dalszych prac badawczych. Jednocześnie został wykazany związek stanu technicznego układu TPC ze składem spalin oraz opracowana metodyka pomiarów. Określone zostały także obszary wykorzystania proponowanej metody diagnostycznej. Należy nadmienić, że skład spalin jest jednym z dobrych sygnałów diagnostycznych możliwych do wykorzystania w ocenie stanu

układu TPC, gdyż cechuje się dużą dostępnością oraz łatwością pomiaru i w sposób prawidłowy opisuje stany diagnostyczne układu tłokowego.

Wyniki pomiarów weryfikowano z próbą drogową i deklarowanym przebiegiem badanego pojazdu.

Z analizy uzyskanych wyników badań, sformułowano następujące wnioski:

1. Składnikiem spalin najlepiej opisującym zużycie układu TPC są węglowodory HC, będące konsekwencją termicznego procesu zużycia oleju w komorze spalania. Znajduje to odzwierciedlenie w wartościach współczynników determinacji określanych przy opisie danych doświadczalnych równaniami regresji liniowej. Przykładowo dla ciśnienia sprężania w zależności od zawartości HC w spalinach przy pracy z prędkością obrotową biegu jałowego współczynnik $R^2 = 0,73$, natomiast dla zależności ciśnienia sprężania od zawartości CO dla analogicznych warunków pracy, współczynnik ten wynosił $R^2 = 0,66$.
2. Zawartość tlenu węgla CO w spalinach stanowi wtórny sygnał diagnostyczny opisujący stan układu TPC, gdyż zwiększony poziom CO w spalinach jest następstwem nieprawidłowości procesu spalania, których przyczyną jest zużycie układu tłokowego.
3. Wartości współczynnika R^2 oscylują w granicach 0.3...0.8 dla pomiarów przeprowadzanych przy prędkości obrotowej biegu jałowego, średniej prędkości obrotowej oraz w stanach nieustalonych. Przyczyn zakłóceń towarzyszących pomiarom, należy upatrywać chociażby w różnych gatunkach oleju smarującego stosowanych w badanych silnikach.
4. W zakresie pomiarowym do 500 ppm HC oraz do 1 % CO następuje wyraźna zmiana współczynnika R^2 . Współczynnik ten wzrósł w większości przypadków z około 0,4 do 0,6...0,8. Jest to o tyle korzystne, że 70 % pojazdów będących w eksploatacji emituje spaliny o takim właśnie składzie.
5. Przeprowadzenie badań trwałościowych silników w warunkach hamowni silnikowej przyczyniłoby się do znacznej poprawy współczynnika R^2 oraz umożliwiłoby uzyskanie formuł i algorytmów do precyzyjnego prognozowania zużycia układu TPC, na podstawie emisji składników spalin.

Analizując powyższe wnioski potwierdzające celowość podjęcia niniejszego tematu, można sformułować następujące ogólne spostrzeżenia:

1. Skład spalin jest jednym z najlepszych sygnałów diagnostycznych możliwych do wykorzystania w ocenie stanu układu TPC, gdyż cechuje się dużą dostępnością oraz łatwością pomiaru i w sposób prawidłowy opisuje stany diagnostyczne układu tłokowego.
2. Proponowana metoda może mieć zastosowanie w diagnostyce i autodiagnostyce w odniesieniu do silników trakcyjnych i stacjonarnych.

3. Proponowana metodyka oceny stanu układu TPC umożliwia precyzyjne łączenie parametrów ekologicznych ze stanem technicznym silnika.

Bibliografia

1. Koronacki J., Mielniczuk J.: „Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych” Wyd. Naukowo – Techniczne Warszawa 2001.
2. Merkisz J.: Studium wpływu zużycia oleju na emisję toksycznych związków w szybkoobrotowych silnikach spalinowych. Wyd. Politechniki Poznańskiej. Seria rozprawy nr 261, Poznań 1992.
3. Piekarski W.: Analiza oddziaływania agregatów ciągnikowych na środowisko przyrodnicze, rozprawa habilitacyjna, Wyd. Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin 1997.
4. Żółtowski B., Jankowski M.: Diagnostyka '99. Materiały konferencyjne. Cz. 1 i 2
Bydgoszcz – Borówno 1999.

Dependence of the technical conditions of the tpc system defined by diagnostic parameters and exhaust gas emission exemplified by “Polonez” vehicle

Summary

A very important goal of technical diagnostics is working out method and procedures for the verification of the technical state an engine. Some diagnostic tests or measurements, which require a very long time are now used to diagnose combustion engines. Such study gives the information about the vehicle efficiency but not about its technical condition. Till now the composition of fumes and smoke are not used for estimation of the wear of the engine, in spite of being very voluminous and interesting carrier of information.

In many publications the composition of fumes is treated as one of the environment pollution factors, for this reason the level of fumes emission is studied. The aim of this paper was to define the influence of the technical state of engine on exhaust fumes emission.

Key words: vehicle, TPC, diagnostic parameters, fumes emission