

Jerzy MERKISZ
Piotr LIJEWSKI
Michał DOBRZYŃSKI
Łukasz RYMANIAK
Andrzej ZIÓLKOWSKI

PTNSS–2013–SC–130

Periodic tests of exhaust emissions from passenger cars with spark ignition engine

Abstract: The paper present the results of emission tests from cars with a maximum weight of up to 3.5 ton. of gasoline engines made during periodic inspection allowing vehicles to move. The presented data on the concentrations of harmful gases were collected during the inspection of a select group of vehicles in the Vehicle Inspection Station. The measurements were performed using a multi-gas analyzer for SI engines ATAL company. The values obtained allowed to develop according to internal combustion engines during regular working conditions resulting from the need to preserve the measurement procedure during the periodic technical inspection.

Keywords: study, periodic, testing, combustion engine

Okresowe badania emisji spalin samochodów osobowych z silnikami ZI

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań emisji samochodów o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 tony z silnikami ZI przeprowadzonych podczas badań okresowych dopuszczających pojazdy do ruchu. Zaprezentowane dane dotyczące stężeń związków szkodliwych spalin pozyskane zostały w czasie kontroli wybranej grupy pojazdów na Stacji Kontroli Pojazdów. Pomiaru wykonywane były przy pomocy wieloskładnikowego analizatora spalin dla silników ZI firmy ATAL. Uzyskane wartości pozwoliły na opracowanie zależności dla silników spalinowych w trakcie stałych warunków pracy wynikających z konieczności zachowania procedury pomiarowej w czasie trwania okresowego badania technicznego.

Słowa kluczowe: emisja, badania okresowe, silnik spalinowy

1. Wprowadzenie

Przeprowadzanie okresowych badań technicznych w głównej mierze związane jest wymogiem nakładanym przez ustawodawcę na właścicieli pojazdów wykorzystywanych w ruchu drogowym. Odpowiedzialność zarówno za stan eksploatowanego pojazdu, jak i za koszty bezpośrednio wynikające z konieczności przeprowadzenia badania ponosi właściciel użytkowanego pojazdu. W przypadku pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej nie przekraczających 3,5 tony prawo nakłada obowiązek dostarczenia pojazdu przez użytkownika na SKP (Stacji Kontroli Pojazdów) w ustalonych odstępach czasowych. Pierwsze badanie przeprowadza się przed upływem 3 lat od dnia pierwszej rejestracji, następnie przed upływem 5 lat od dnia pierwszej rejestracji i nie później niż 2 lata od dnia przeprowadzenia poprzedniego badania technicznego. Następne badanie odbywa się przed upływem kolejnego roku od dnia przeprowadzenia badania[1]. Od tego obowiązku istnieją odstępstwa – między innymi w przypadku skierowania na dodatkowe badanie przez organ uprawniony, gdy zajdzie podejrzenie, że pojazd nie spełnia wymaganych kryteriów.

Od oceny stanu technicznego, wykonywanego według procedur ustalonych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury, zależy dalsza eksploatacja pojazdu. Zużycie elementów silnika lub ich awaria może znacząco wpłynąć na zwiększenie emisji toksycznych składników spalin. Często typowe zużycie lub awarie są ignorowane lub nierozpoznawalne przez użytkowników. Konieczna jest zatem okresowa kontrola w celu sprawdzenia pod względem prawidłowości funkcjonowania elementów odpowiedzialnych za ograniczenie emisji spalin.

2. Metodyka badań

Badania przeprowadzono na losowo wybranej grupie 70 pojazdów wyposażonych w silniki ZI zasilane benzyną. Celem badań było określenie stężeń związków toksycznych spalin eksploatowanych pojazdów i ich analiza w zależności od roku produkcji, będącym kryterium określającym limity emisji dla silników zamontowanych w pojazdach. Pomiaru stężeń dokonywano na stanowisku badania emisji związków gazowych (rys. 1) wchodzącym w skład obowiązkowego wyposażenia SKP. Do pomiaru składu spalin użyto wieloskładnikowego

analizatora spalin przeznaczonego dla silników ZI firmy ATAL AT 501 (rys. 2) umożliwiającego określenie zawartości w spalinach następujących składników: tlenku węgla CO, węglowodorów HC, dwutlenku węgla CO₂, oraz tlenu O₂. Głównym elementem układu analizatora jest układ pneumatyczny. Podstawowym elementem jest podwójna pompa przeponowa z jednym napędem. Pierwsza pompa odpowiedzialna jest za przepływ tlenu. Druga pompa odprowadza na zewnątrz skropliny z filtra wstępnego, co zapewnia pobór spalin poprzez filtr wstępny.



Rys. 1. Pojazd w czasie badań na stanowisku w SKP

Zawór elektromagnetyczny rozdziela tor gazu zamykając go w czasie samoczynnego zerowania układu pomiarowego, zasilając go w tym czasie powietrzem oczyszczonym w filtrze z węglem aktywnym F4. W filtrze próbka jest oczyszczana z resztek węglowodorów. Mierzona próbka spalin jest poddawana podwójnej filtracji zanim trafi do analizatora, chroniąc optyczną ławę pomiarową i czujnik tlenu przed zanieczyszczeniem.

Urządzenie ma również wejście kalibracji, które jest przystosowane do ciśnieniowego podłączenia gazu wzorcowego. Filtrowanie ma miejsce w filtrze oczyszczania wstępnego, którego wkład wewnętrzny wykonany jest ze spiekanej krystalitu brązu. Drugie filtrowanie odbywa się w filtrze oczyszczania końcowego, który ma wymienny wkład papierowy. Wewnątrz analizatora znajdują się filtry bezpieczeństwa, które chronią precyzyjny mechanizm zaworu

Ponadto urządzenie umożliwia pomiar prędkości obrotowej wału korbowego silnika, kąta wyprzedzenia zapłonu przed GMP (górnym martwym punktem), kąt zwarcia styków przerywacza, temperaturę oleju oraz pomiary parametrów czujnika tlenu. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry analizatora.



Rys. 2. Analizator spalin ATAL AT 501 [2]

Pomiar CO₂, CO, HC, O₂ jest zgodny z wymaganiami normy OIML R99. W przypadku CO, HC, CO₂, zastosowano metodę wykorzystującą promieniowanie podczerwone. Stężenie tych trzech składników mierzone jest w oddzielnych kuwetach pomiarowych. Sygnały otrzymywane z poszczególnych detektorów są porównywane z sygnałem wzorcowym. W wynikach pomiarów uwzględnia się warunki otoczenia (temp. i RH). Pomiar wartości stężenia O₂ dokonywany jest za pomocą ogniwo elektrochemicznych. W celu poprawy stabilności pomiarów O₂ czujnik umieszczono w nagrzewnicy z kontrolowaną temperaturą ustaloną 35°C. Trwałość czujnika jest ograniczona i zależy od czasu pracy oraz stężenia HC. Przy normalnym użytkowaniu wytrzymałość wyznaczona została na okres nie przekraczający 1/2 roku. Po uruchomieniu przyrządu przełącznikiem sieciowym następuje testowanie elementu wyświetlającego informacje (kolejno testowane są pola na wszystkich wyświetlaczach), a następnie sprawdzana jest szczelność obwodu pneumatycznego. W dalszej kolejności realizowana jest faza nagrzewania, konieczna dla stabilizacji temperatury systemu pomiarowego, w czasie której wyświetlany jest aktualny czas, data na panelu informacyjnym oraz czas od podłączenia przyrządu do źródła zasilania. Następnie urządzenie automatycznie przechodzi do funkcji pomiaru stężenia gazów, a dalsza jego praca jest koordynowana przez operatora.

Warunki jakie muszą być spełnione podczas badań kontrolnych:

- układ wylotowy powinien być szczelny, powietrze przedostające się do układu wskutek nieszczelności może spowodować

Tabela 1. Parametry analizatora spalin Atal AT 501 [3]

Mierzony parametr	Zakres	Rozdzielczość	Błąd pomiaru
CO	0-10% obj.	0,01% obj.	0,06% obj. lub 5% WM
CO ₂	0-20% obj.	0,1% obj.	0,5% obj. lub 5% WM
HC	12-2000 ppm obj.	1 ppm obj.	12ppm obj. lub 5% WM
	2000-9000 ppm obj.	10 ppm obj.	5% WM
O ₂	0 - 4% obj.	0,01% obj.	0,1% obj. lub 5% WM
	4-22% obj.	0,1% obj.	0,1% obj. lub 5% WM
Lambda	0,500 ^ 2,000	0,001	ISO 3929
Prędkość (obr/min)	0 - 9000 min-1	10 min-1	2% WM
Temperatura oleju	0-120°C	1°C	2°C
Wyrzucenie zapłonu	0-60° OWK	0,1° OWK	1,5° OWK
Kąt zapłonu	0-100%	1%	2,5%
Napięcie Lambda	0 - 1000 mV	1mV	15 mV
Częstotliwość Lambda	0-20 Hz	0,1Hz	0,2 Hz

zafałszowanie wyników. Szczególnie istotne jest to w przypadku pojazdów wyposażonych w reaktor katalityczny. Jeżeli nastąpi nieszczelność w układzie przed sondą lambda to zakłócona będzie praca całego układu sterowania składem mieszanki, co może przełożyć się na zmianę składu spalin. Jeżeli natomiast układ będzie nieszczelny za sondą lambda to w efekcie wygenerowany zostanie znaczny błąd pomiarowy,

- silnik powinien być nagrany do temperatury pracy min. 70°C (dla oleju silnikowego) lub 80°C (dla cieczy chłodzącej). Warunek poprawnej temperatury jest bardzo istotny w samochodach wyposażonych w reaktor katalityczny, ponieważ osiąga on najwyższą sprawność dopiero po osiągnięciu właściwej temperatury pracy.

Procedura pomiarowa przebiega w dwóch etapach:

- pierwszy etap to pomiar składu spalin silnika ZI dokonywany przy stałej prędkości obrotowej tj. 2000-3000 obr/min,
- drugi etap to badanie składu spalin podczas pracy silnika na biegu jałowym [4].

Wyniki uzyskane podczas pomiarów można analizować w dwojaki sposób:

- porównując uzyskane wartości z wartościami granicznymi dla danego samochodu podanymi przez jego producenta, które zależą od konkretnego modelu samochodu i zastosowanego w nim silnika,
- porównując je z wartościami granicznymi określonymi przez ustawodawcę w celu weryfikacji możliwości dopuszczenia pojazdu do ruchu podczas badań w SKP.

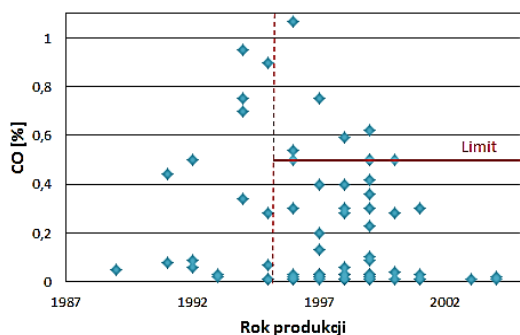
Uzyskane wyniki odniesiono do obowiązujących limitów zawartych w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości graniczne dla emisji CO oraz HC określone przez ustawodawcę [5]

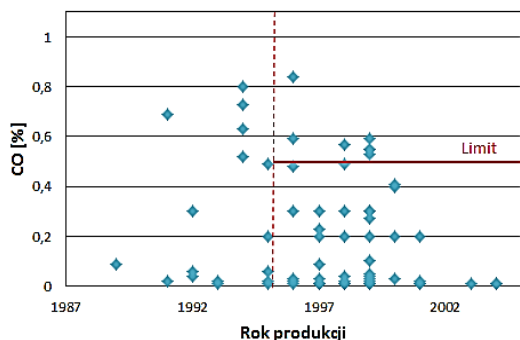
Prędkość obrotowa silnika	Zawartość CO w [%] objętości, HC w [ppm]				
	do 30.09.1986r.	od 01.10.1986r. do 30.06.1995r.	Po 30.06.1995r.		
	CO	CO	CO	HC	Lambda
b. jałowy	4,5	3,5	0,5	100	-
2000-3000 obr/min	-	-	0,3	100	0,97-1,03

3. Analiza wyników badań

Na rys. 4–7 przedstawiono stężenia CO oraz zawartości HC w zależności od wieku badanego pojazdu. Charakterystyki te dotyczą pomiarów wykonywanych na biegu jałowym silnika i przy zawierającej się w określonym przedziale podwyższonej prędkości obrotowej (2000-3000 obr/min). Na prezentowanych rysunkach dodatkowo został zamieszczony limit dla pojazdów wyprodukowanych po 30.06.1995 roku. Z przebadanej grupy 70 pojazdów 3% nie spełniło wymaganego limitu określonego dla grupy wiekowej. Maksymalne natężenie emisji CO przypada dla grupy samochodów wyprodukowanych powyżej 1995. Stężenie CO zarówno dla biegu jałowego, jak i dla podwyższonej prędkości obrotowej jest wyraźnie mniejsze dla pojazdów wyprodukowanych po roku 2000.

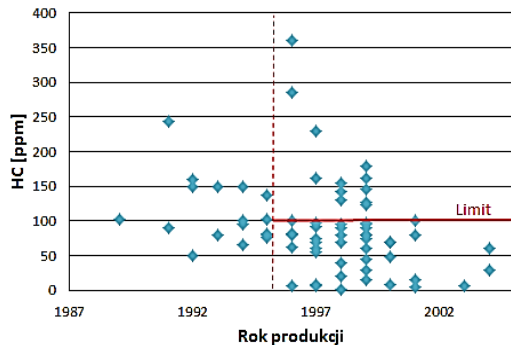


Rys. 4. Stężenie CO dla pracy silnika na biegu jałowym

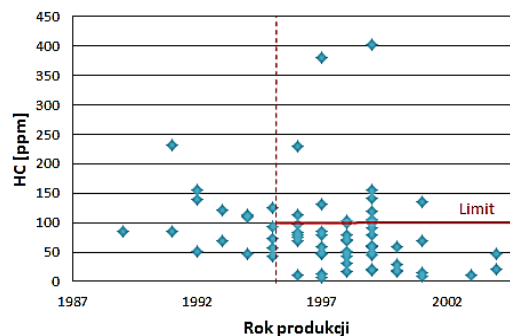


Rys. 5. Stężenie CO dla pracy silnika przy prędkości obrotowej 2000–3000 obr/min

W przypadku HC przekroczenie dopuszczalnego stężenia w spalinach dotyczy 6% pojazdów wyprodukowanych po roku 1995, zarówno dla prędkości obrotowej wału korbowego dla biegu jałowego, jak i dla podwyższonej prędkości w przedziale 2000-3000obr/min. Przekroczenie norm dopuszczalnych wynika z nadmiernego wyeksploatowania silników i ich układów ze względu na znaczne przebiegi pojazdów przekraczające dystans 200 tys km. Z grupy kontrolowanych pojazdów, która nie spełniła wymaganego poziomu emisji składników gazowych spalin, u 60% pojazdów zachodzi zbieżność podwyższonej emisji CO oraz HC. W efekcie końcowym nie uzyskała dopuszczenia do ruchu ze względu na nie osiągnięcie żadnego z zakładanych limitów.



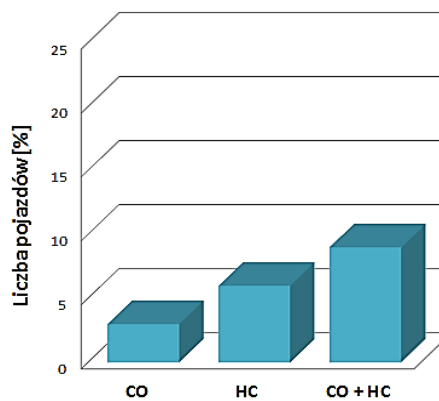
Rys. 6. Stężenie HC dla pracy silnika na biegu jałowym



Rys. 7. Stężenie HC dla pracy silnika przy prędkości obrotowej 2000–3000 obr/min

4. Podsumowanie

Analizując przeprowadzone badania, stwierdzono, że 9% z losowo wybranej grupy pojazdów poruszających się po drogach publicznych nie spełnia wymagania ograniczenia emisji związków toksycznych (rys. 8). Często nadmierna eksploatacja z pominięciem regularnej kontroli rzeczywistego stanu pojazdu oraz jego podzespołów, prowadzi do przedwczesnego zużycia bądź uszkodzenia elementów w pojeździe odpowiedzialnych za ograniczenie emisyjności. Również mała dokładność w czasie rutynowych badań pojazdów przyczynia się do nieprawidłowej oceny – czy pojazd posiada w dalszym ciągu prawo do eksploatacji w ruchu drogowym.



Rys. 8. Udział z badanych pojazdów nie spełniających limitów emisji spalin

Najczęstszymi spotykanymi przypadkami powodującymi zwiększenie emisji są uszkodzenia lub przedwczesne zużycie reaktorów katalitycznych. W wielu przypadkach wynika to z przegrzania, zanieczyszczenia związkami siarki lub dużą ilością niedopalonego paliwa. Innymi przyczynami są niesprawności innych ważnych elementów takich jak czujnik tlenu, czy też układ zapłonowy.

Rzadziej występującymi przyczynami są uszkodzone elementy, które pośrednio wpływają na wzrost ilości związków toksycznych w spalinach. W tej grupie elementów do często spotykanych przypadków zaliczyć można uszkodzenia mecha-

niczne układu recyrkulacji spalin, lub przetworników sygnału odpowiedzialnych za prawidłowe funkcjonowanie układu sterowania składem mieszanki.

Najbardziej obiektywną metodą, którą można by zastosować w okresowych badaniach pojazdów jest możliwość wykorzystania mobilnego analizatora do badań toksyczności, ponieważ zaistniałaby sposobność pomiaru NO_x. Użycie tej metody w warunkach drogowych jest najlepszym wyznacznikiem

odzwierciedlającym badania homologacyjne. Jednakże wiąże się to ze znacznym wydłużeniem czasu badań oraz kosztami związanymi z wykonaniem tego typu pomiarów. Również rozpowszechnienie na szeroką skalę aparatury o wysokiej klasie dokładności w jednostkach odpowiedzialnych za przeprowadzanie badań kontrolnych, pozostawia tę metodę w odległej przyszłości.

Nomenclature/Skróty i oznaczenia

SKP *vehicle inspection station*/Stacja Kontroli Pojazdów

WM *size measured*/wielkość mierzona

OWK *rotation crankshaft*/obroty wału korbowego

GMP *upper dead centre*/Górny Martwy Punkt

RH *Relative Humidity*/wilgotność względna

Bibliography/Literatura

- [1] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997r.- Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2005r., z późniejszymi zmianami).
[2] www.id.vsb.cz

- [3] Materiały udostępnione przez firmę Precyzja-Bit PPHU Sp. z o.o.
[4] Silniki Spalinowe, No.4/2011(147)
[5] ww.mototechnika.republika.pl/plki/analizaspalin

Prof. Jerzy Merkiś, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkiś – profesor na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Piotr Lijewski, DEng. – doctor in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Dr inż. Piotr Lijewski – adiunkt na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Michał Dobrzyński, MSc, Eng. – PhD student in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Mgr inż. Michał Dobrzyński – doktorant na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Łukasz Rymaniak, MSc, Eng. – PhD student in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Mgr inż. Łukasz Rymaniak – doktorant na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Andrzej Ziolkowski, MSc, Eng. – PhD student in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Mgr inż. Andrzej Ziolkowski – doktorant na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

