

LOTKO Wincenty, LECHOWSKI Marcin

PROBLEMY EKSPLOATACYJNE POJAZDÓW Z OGRANICZENIEM EMISJI LIMITOWANYCH SKŁADNIKÓW SPALIN

Streszczenie

W artykule omówiono wybrane problemy eksploatacyjne pojazdów z ograniczeniem emisji limitowanych składników spalin. Przedstawiono wpływ głównych układów silnika na system emisji spalin oraz metody ograniczenia zużycia jego podzespołów. Przedstawiono także kilka podstawowych zaleceń eksploatacyjnych odnoszących się do prawidłowego użytkowania elementów układu oczyszczania spalin. Dodatkowo poruszono kwestie związane z nasilającym się zjawiskiem usuwania filtra cząstek stałych z układu oraz wiążące się z tym problemy.

WSTĘP

W pojazdach wykorzystuje się wiele strategii ograniczających emisje limitowanych składników spalin (CO, HC, PM, NO_x). Najbardziej popularne układy obniżające emisje tychże składników do wartości określonych w normie, wykorzystują filtr cząstek stałych (DPF, FAP) [8, 11, 12], katalizator zasobnikowy (w silnikach o ZI z bezpośrednim wtryskiem) [10] oraz katalizator redukujący (w silnikach o ZS) [7, 13, 14]. Zastosowanie tak zaawansowanych technicznie podzespołów oraz skomplikowanych układów ich sterowania, powoduje występowanie wielu problemów eksploatacyjnych, wynikających m.in. z nieprzestrzegania zaleceń producenta. Do głównych błędów użytkowników pojazdów z systemem oczyszczania spalin należą:

- jazda tylko i wyłącznie w trybie miejskim,
- wyłączenie silnika podczas regeneracji filtra cząstek stałych,
- stosowanie innego niż zalecany oleju silnikowego,
- używanie środka redukującego niespełniającego norm DIN70070 i ISO 22241,
- tankowanie do zbiornika pojazdu wyposażonego w filtr FAP niewielkich ilości paliwa.

Tab. 0. Terminologia

DPF	Filtr cząstek stałych (ang. <i>Diesel Particulate Filter</i>)	ZI	Zapłon iskrowy
FAP	Filtr cząstek stałych (fr. <i>Filtre à Particules</i>)	ZS	Zapłon samoczynny
SCR	Selektywna redukcja katalityczna (ang. <i>Selective Catalytic Reduction</i>)	FSI	Bezpośredni wtrysk benzyny (grupa VW) (ang. <i>Fuel Stratified Injection</i>)
SAPS	Olej o niskiej zawartości popiołów siarczanowych (SA), fosforu (P) oraz siarki (S) (ang. <i>Sulphated Ash, Phosphorus Sulphur</i>)	TSI	Bezpośredni wtrysk benzyny z turbodoładowaniem (grupa VW) (ang. <i>Turbo Stratified Injection</i>)
		PSA	Koncern motoryzacyjny (Peugeot/Citroën) (fr. <i>Peugeot Société Anonyme</i>)

Oprócz wyżej wymienionych błędów, które w konsekwencji powodują szereg problemów eksploatacyjnych, a także usterki silnika. Wpływają one także na stan techniczny układów oczyszczania spalin, a tym samym na emisje związków toksycznych do atmosfery. Usterki silnika przyczyniają się do pogorszenia, a nawet zniszczenia podzespołów systemu obróbki spalin. Główne układy silnika, które mają największy wpływ na poprawną pracę układu emisji spalin silnika to:

- układ wtryskowy – znaczne zużycie układu wtryskowego prowadzi m.in. do złego rozpylenia paliwa w cylindrze, co zakłóca proces spalania mieszanki paliwowo-powietrznej. W konsekwencji silnik emituje znaczną ilość cząstek stałych, które doprowadzają do ponadnormatywnego ich nagromadzenia w filtrze DPF,
- układ turbodoładowania – uszkodzenie turbosprężarki na skutek rozszczelnienia układu jej smarowania powoduje przedostanie się niespalonego oleju silnikowego do zespołu wydechowego. To zjawisko wpływa nie tylko na zużycie elementów ograniczających emisje limitowanych składników spalin, ale także na zużycie sond pomiarowych,
- układ dolotowy – nieszczelność układu dolotowego powoduje generowanie znacznej ilości sadzy, co przyczynia się do całkowitego zatkania przepustowości filtra cząstek stałych.

Dodatkowo, zużycie elementów komory spalania silnika w tym głównie pierścieni tłokowych powoduje przedostanie się oleju silnikowego do komory spalania a następnie do filtra cząstek stałych. Niespalony olej silnikowy niszczy katalizator utleniający oraz zatyka filtr cząstek stałych.

1. PROBLEMY EKSPLOATACYJNE

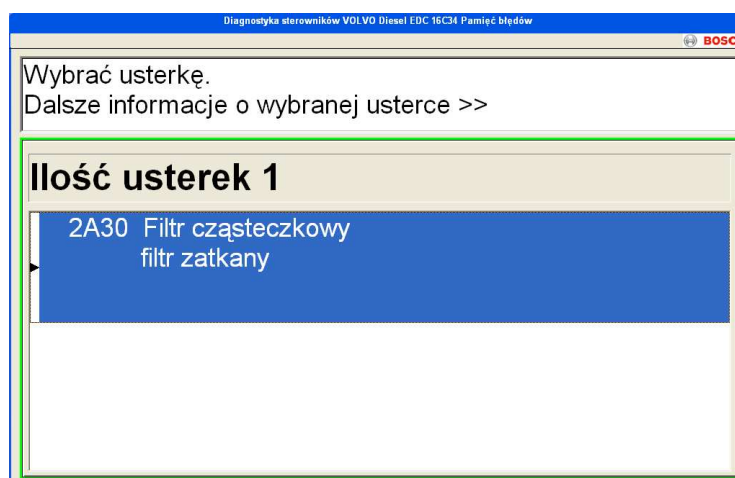
Podstawowymi problemami eksploatacji pojazdów z układem oczyszczania spalin są:

- wzrost poziomu oleju silnikowego,
- brak możliwości zainicjowania regeneracji naturalnej filtra cząstek stałych (DPF),
- niedrożność układu selektywnej redukcji katalitycznej (SCR),
- zmniejszenie zdolności gromadzenia tlenków azotu przez katalizator zasobnikowy NOx,
- nadmierne wykorzystanie dodatku addytywnego (częste komunikaty dotyczące niskiego poziomu lub braku płynu addytywnego).

Wzrost poziomu oleju silnikowego w misce olejowej spowodowany jest zwiększoną dawką paliwa w czasie procesu regeneracji filtra DPF. Po kilku nieudanych próbach dopalenia cząstek stałych w filtrze, nadmiar paliwa przedostaje się pomiędzy tuleją cylindrową, tłokiem a pierścieniami do miski olejowej powodując wzrost poziomu oleju. Zjawisko to następuje, gdy pojazd jest eksploatowany w warunkach uniemożliwiających zainicjowanie regeneracji filtra cząstek stałych lub w przypadku, gdy jest on już w znacznej ilości nagromadzony sadzą (PM). W tym przypadku dokonuje się dodatkowych czynności eksploatacyjnych takich jak wymiana oleju silnikowego oraz wykonanie regeneracji serwisowej filtra DPF. Problem ten występuje tylko w pojazdach wyposażonych w układ oczyszczania spalin, bez stosowania dodatku addytywnego.

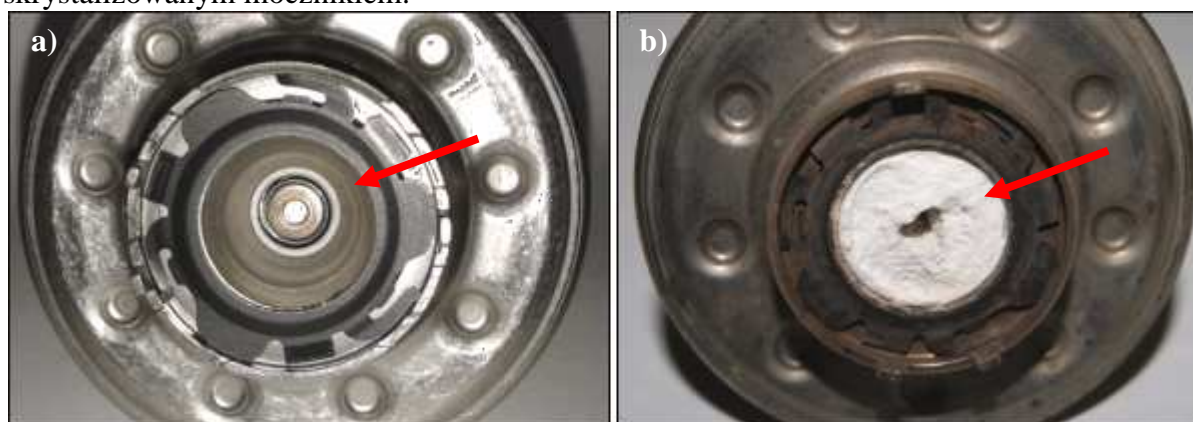
Natomiast brak możliwości regeneracji filtra cząstek stałych wynika z trybu eksploatacji pojazdu. Pojazd użytkowany tylko i wyłącznie w trybie jazdy miejskiej, na skutek niskiego obciążenia silnika, a tym samym niskiej temperatury spalin nie jest w stanie zainicjować regeneracji naturalnej filtra cząstek stałych. Regeneracja naturalna polega na samoistnym spalaniu sadzy w filtrze na skutek wysokiej temperatury spalin powstałej w następstwie dużego obciążenia silnika, np. podczas intensywnej jazdy z dużą prędkością. Nadmierne zapełnienie filtra DPF sadzą może spowodować jego całkowite zablokowanie przepustowości, a nawet uszkodzenie. Stan ten powoduje zapisanie kodu błędu w pamięci diagnostycznej sterownika silnika oraz zapalenie lampki kontrolnej układu oczyszczania

spalin w zestawie wskaźników [3, 5]. Przykładowy odczyt pamięci błędów sterownika silnika w przypadku zatkanego filtra FAP przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Kod błędu zapisany w pamięci diagnostycznej sterownika silnika na skutek zatkania filtra cząstek stałych FAP (Volvo V50 1.6D)

Układ selektywnej redukcji katalitycznej (SCR), który wykorzystuje się głównie w pojazdach ciężarowych o dopuszczanej masie całkowitej powyżej 3,5t [2, 6, 14]. Stosowany jest także coraz częściej w pojazdach osobowych m.in. w Audi (system ultra low) [13] oraz Mercedes-Benz (system BlueTec) [7]. System ten wykorzystuje do redukcji tlenków azotu (NOx) środek AdBlue składający się z 32,5 % roztworu mocznika i wody demineralizowanej, który jest wtryskiwany bezpośrednio do układu wydechowego. Roztwór ten nie jest substancją groźną dla środowiska ani szkodliwą dla zdrowia. Nie jest on także palny. Natomiast podstawową wadą są rygorystyczne warunki jego przechowywania oraz łatwość zanieczyszczenia, co może spowodować jego nieprzydatności do użytku. Płyn AdBlue jest korozyjny, ulega procesowi krystalizacji przy temperaturze poniżej $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ [9]. Krystalizacja jest procesem odwracalnym jednak roztwór pod jej wpływem zmienia swoje właściwości. Prowadzi to do powstania istotnych problemów eksploatacyjnych, związanych z zatykaniem się układu dozowania środka redukującego skryształizowanym mocznikiem (osadem), szczególnie, gdy ulegnie uszkodzeniu jego układ podgrzewania lub zastosowano środek redukujący złej jakości. Na rys. 2 przedstawiono dyszę wtryskiwacza zatkaną skryształizowanym mocznikiem.



Rys. 2. Wtryskiwacz płynu AdBlue; a) drożny, b) zatkany skryształizowanym mocznikiem (VW Crafter 2.5 TDI)

Zastosowanie katalizatora NOx w pojazdach z bezpośrednim wtryskiem benzyny (np. FSI, TSI) spowodowane jest powstawaniem tlenków azotu przy dużym nadmiarze powietrza

w mieszance, których przy zbyt dużym stężeniu nie jest w stanie usunąć katalizator wstępny. Dlatego też, aby silnik z bezpośrednim wtryskiem benzyny spalający mieszanki ubogie mógł spełniać normy emisji spalin, wyposażony jest w katalizator tlenków azotu (NO_x). Katalizator ten zawiera w swojej budowie powierzchnie katalityczną, która umożliwia cykliczne gromadzenie tlenków azotu. Zdolność absorpcji katalizatora jest ograniczona i trwa ok. 60...90 sekund, po przepełnieniu następuje jego regeneracja [3-5]. Wadą katalizatora zasobnikowego redukującego tlenki azotu jest zmniejszona skuteczność działania na skutek związków siarki zawartych w paliwie. Jest to problem, który nasila się dodatkowo poprzez zastosowanie paliwa nie spełniającego odpowiednich norm, które oprócz związków siarki może zawierać także inne niepożądane składniki. Związki siarki zalegające w katalizatorze doprowadzają do zmniejszenia zdolności gromadzenia tlenków azotu, przyspieszenia zużycia katalizatora oraz wydłużenia czasu jego regeneracji (odsarczenia), który trwa około 2 minuty. W porównaniu do prawidłowo działającego katalizatora oraz układu zasilanego paliwem beziarkowym regeneracja ta trwa około 2 sekundy.

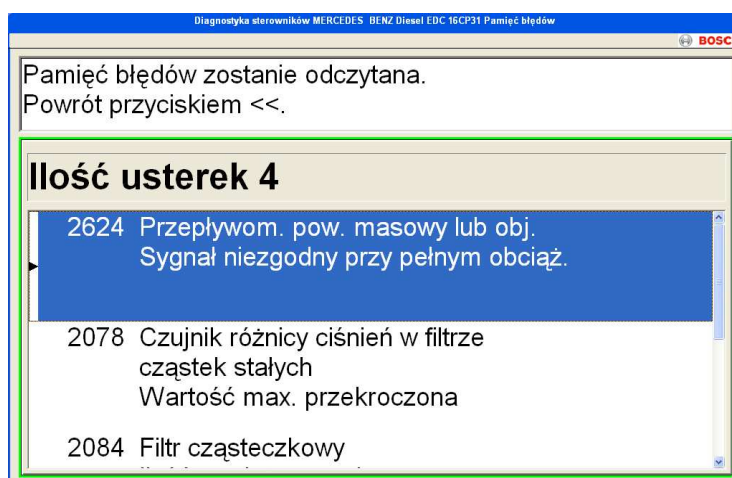
Ostatni rozpatrywany przypadek eksploatacyjny dotyczy systemu dozowania dodatku addytywnego do oleju napędowego. W samochodach osobowych (głównie koncernu PSA) w celu ograniczenia emisji cząstek stałych (PM) do atmosfery stosuje się filtr FAP wraz z dodatkiem addytywnym. Rola tego dodatku polega na nasączeniu cząstek sadzy tworzących się w komorze spalania, ułatwieniu rozprzestrzeniania się płomienia w filtrze oraz obniżeniu temperatury zapłonu sadzy w filtrze cząstek stałych do około 450 °C [3, 8]. Układ dozowania dodatku addytywnego wykorzystuje informacje o położeniu korka wlewu paliwa (wykrywa stan tankowania pojazdu) na podstawie której wtryskuje wyliczoną dawkę dodatku do zbiornika paliwa. Częste tankowanie pojazdu niewielkimi ilościami paliwa doprowadza do nadmiernego cyklu dozowania dodatku, co prowadzi do jego szybkiego wykorzystania. W konsekwencji, składniki środka addytywnego m.in. dwutlenek ceru, nie ulegając spaleni, odkładają się w filtrze FAP. Doprowadza to do skrócenia okresu eksploatacji filtra (zmniejszenie zdolności filtra do gromadzenia cząstek stałych). Stan ten jest sygnalizowany wyświetleniem odpowiedniego komunikatu.

W celu uniknięcia wiele problemów eksploatacyjnych należy stosować się do zaleceń producenta dotyczących eksploatacji pojazdu. Zalecenia te różnią się w zależności od zastosowanego systemu oczyszczania spalin. W pojazdach z filtrem cząstek stałych należy:

- tankować do pełna pojazd wyposażony w filtr FAP, ponieważ tankowanie pojazdu do pełna wydłuża okres eksploatacji filtra FAP oraz zmniejsza zużycie dodatku addytywnego,
- stosować wyłącznie olej silnikowy z niską zawartością popiołów. Olej silnikowy składa się m.in. z dodatków uszlachetniających, które nadają mu pożądane właściwości. Podczas suwu pracy silnika, pozostająca warstwa oleju na gładzi cylindra ulega spaleni. Jest to zjawisko naturalne. Jednak zawarte w oleju niektóre dodatki uszlachetniające (na bazie siarki i fosforu) spalają się powodując powstanie popiołu, w skład którego wchodzi trudne do usunięcia osady. Osady te nieodwracalnie zatykają porowatą strukturę filtra. Dlatego też należy stosować w silnikach z filtrem cząstek stałych wyłącznie olej silnikowy o niskiej zawartości popiołu (tzw. Low SAPS). Według testu polegającego na pomiarze grubości warstwy osadów popiołowych na powierzchni filtra przeprowadzonego przez firmę Castrol stosowanie oleju „Low SAPS” powoduje zmniejszenie ilości osadów nawet o 50 % w stosunku do konwencjonalnych olejów silnikowych [1],
- eksploatować pojazd zgodnie z wytycznymi producenta. W przypadku zasygnalizowania przez układ oczyszczania spalin informacji o konieczności wykonania regeneracji filtra cząstek stałych należy wykonać jazdę regeneracyjną stosując się do zaleceń producenta pojazdu.

W pojazdach wyposażonych w system selektywnej redukcji katalitycznej (SCR) należy stosować tylko i wyłącznie płyn AdBlue spełniający normę DIN70070 i ISO 22241.

Zastosowanie płynu AdBlue, którego właściwości nie są potwierdzone stosownymi certyfikatami, prowadzi do uszkodzenia układu SCR [9]. Natomiast w pojazdach o zapłonie iskrowym z bezpośrednim wtryskiem benzyny trzeba stosować wyłącznie benzynę bezsiarkową.



Rys. 3. Odczyt pamięci błędów sterownika silnika z usuniętym filtrem DPF (MB Sprinter 518 CDI)

Ze względu na duże koszty (filtr cząstek stałych w zależności od producenta pojazdu kosztuje nawet do kilkunastu tys. zł.), często użytkownicy pojazdów decydują się na nieautoryzowaną ingerencję w układ sterowania silnikiem, w celu usunięcia filtra cząstek stałych z układu wydechowego. To rozwiązanie w praktyce przynosi wiele dodatkowych problemów, o czym nie informuje się klientów podczas demontażu filtra cząstek stałych. W tym przypadku sterownik silnika może generować błędy związane z układem oczyszczania spalin (rys. 3) lub związane z własną usterką wewnętrzną. Niekiedy pojawia się brak możliwości zapisu błędów nawet w sytuacji, gdy silnik pracuje w trybie awaryjnym. Taka antyeekologiczna i bezprawna praktyka powoduje dodatkowo wiele problemów diagnostycznych, które wydłużają proces diagnozowania pojazdu a tym samym znacznie podrażają koszty użytkownika.

PODSUMOWANIE

Coraz bardziej rygorystyczne normy emisji spalin wymuszają na producentach pojazdów stosowanie zaawansowanych systemów oczyszczania spalin. Systemy te wymagają od użytkowników stosowania się do szczególnych zaleceń dotyczących eksploatacji pojazdów. Powyższy artykuł porusza tematykę tych wymagań oraz konsekwencje niestosowania się do nich. Niekiedy problemy te doprowadzają użytkowników do podjęcia decyzji o ingerencji w układy oczyszczania spalin, takich jak usunięcie filtra cząstek stałych, co powoduje szereg dodatkowych problemów. W czasach kryzysu myślenie proekologiczne często przegrywa z rachunkiem ekonomicznym. Podwyższona emisja cząstek stałych w samochodach z usuniętym filtrem cząsteczkowym jest nie do wykrycia nawet podczas pomiaru zadymienia spalin w trakcie okresowego badania technicznego pojazdu. Niemniej jednak zanieczyszczenie środowiska i globalna ekoświadomość nie jest jedyną przesłanką powstrzymującą użytkowników nie chcących ponosić kosztów związanych z wymianą filtra cząstek stałych. Skutki uboczne tego typu zabiegów często bywają uciążliwe dla samych użytkowników, a mowa tu chociażby o spadku mocy silnika.

BIBLIOGRAFIA

1. Castrol Professional Academy, Płyiny eksploatacyjne – Oleje silnikowe do silników Euro 4 i Euro 5.
2. Koebel M., Elsner M., Kleemann M., Urea – SCR: a promising technique to reduce Nox emissions from automotive diesel engines. Catalysis Today 05/2000.
3. Lechowski Marcin, Systemy filtrów cząstek stałych i katalizatorów NOx, Diagnostyka i Regeneracja. Poradnik serwisowy 5/2012. Instalator Polski.
4. Robert Bosch GmbH, Sterowanie silników o zapłonie iskrowym, Zasada działania, Podzespoły. WKŁ. Wydanie 2008.
5. Rokosch Uwe, Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne samochodów OBD. WKŁ. Warszawa 2007.
6. Scania, Secend-generation EURO 6 with lower fuel consumption. 03/2013.
7. Schommers Joachim, Breitbach Hermann, A global emission strategy – Bluetec for diesel engines. AutoTechnology 05/2007.
8. Sobieraj Wojciech, Mączyński Tadeusz, Ograniczenie emisji cząstek stałych z wykorzystaniem filtra FAP. Journal of KONES Internal Combustion Engines 2003, vol. 10.
9. Zarebska Katarzyna, Gniatkowski Piotr, Technologia AdBlue w aspekcie możliwości aplikacyjnych oraz ochrony środowiska. IV Krakowska Konferencja Młodych Uczonych 2009.
10. Zeszyt do samodzielnego kształcenia nr 253, Direct Petrol Injection System with Bosch Motronic MED. 7. Volkswagen AG, Wolfsburg 06/2002.
11. Zeszyt do samodzielnego kształcenia nr 336, The catalytic coated diesel particulate filter, Design and function. Volkswagen AG, Wolfsburg 02/2005.
12. Zeszyt do samodzielnego kształcenia nr 420, Silnik Audi 2.0 l TDI z układem wtrysku Common-Rail. Audi AG, Ingolstadt 12/2007.
13. Zeszyty do samodzielnego kształcenia nr 428, Silnik Audi 3.0 l V6 TDI systemem emisji spalin ultra low (EU6, LEV II, BIN5). Audi AG, Ingolstadt 10/2008.
14. Zeszyt do samodzielnego kształcenia nr 446, Silnik 2.5 l TDI EURO V z układem SCR w Crafterze, Budowa i zasada działania. Volkswagen AG, Wolfsburg 05/2009.

OPERATIONAL PROBLEMS WITH LIMITATION OF EXHAUST FUMES POLLUTION IN VEHICLES

Abstract

This paper describes chosen operational problems with limitation of the emission of limited elements of exhaust fumes. The influence of the main systems of engine on both, emissions and exploitation wear of the engine parts, is also presented. Basic recommendations of proper exploitation of the engine systems responsible for exhaust fumes treatment are described. Paper additionally discusses the lack of particulate filter in the engine systems and problems related with that.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Wincenty LOTKO** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny w Radomiu, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn
mgr inż. **Marcin LECHOWSKI** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny w Radomiu, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn