

MAINTENANCE EFFICIENCY OF ON BOARD DIAGNOSTICS SYSTEM (OBD) WITH REFERENCE TO CHASSIS DYNAMOMETER AND ROAD RESEARCHES

Marcin Ślęzak

*Instytut Transportu Samochodowego
03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80,
tel.+48 22 6753058, fax: +48 22 8110906,
e-mail: marcin.slezak@its.waw.pl*

Abstract

The article describes results of chassis dynamometer as well road researches for systems of on board diagnostics (OBD) Test results of vehicles on chassis dynamometer in temperature of +22°C, -7°C and -12°C as well road tests are presented. Test results of chassis dynamometer and road were compared. Tested monitors were evaluated. There was proposed $t_{0,9}$ time as a measure of the OBD system efficiency.

Keywords: vehicle, vehicle inspection, chassis dynamometer and road researches, OBD, exhaust emissions

EFEKTYWNOŚĆ EKSPLOATACJNA SYSTEMU DIAGNOSTYKI POKŁADOWEJ (OBD) W ODNIESIENIU DO BADAŃ NA HAMOWNI PODWOZIOWEJ I PODCZAS TESTÓW DROGOWYCH

Streszczenie

Artykuł opisuje wyniki badań na hamowni podwoziowej oraz wyniki badań drogowych w odniesieniu do systemów diagnostyki pokładowej (OBD) samochodów. Zaprezentowano wyniki badań rejestracji chwili realizacji monitorów diagnostycznych pojazdów na hamowni podwoziowej w temperaturach dodatniej +22°C oraz dwu ujemnych -7°C i -12°C, a także wyniki badań drogowych w odniesieniu do wybranych pojazdów samochodowych. Zaproponowano czas $t_{0,9}$ jako miarę efektywności działania systemu OBD.

Słowa kluczowe: samochód, diagnostyka samochodów, badania na hamowni podwoziowej i drogowe, OBD, emisja spalin

1. Wstęp

Artykuł przedstawia wyniki własnych badań na hamowni podwoziowej i w warunkach drogowych według metod opisanych w pracach [1] i [2]. W celu realizacji badań posłużono się czytnikiem informacji diagnostycznych do układów OBD firmy AUTOMEX z Gdańska – AMX 550 rozbudowanym o możliwość rejestracji chwili realizacji poszczególnych monitorów diagnostycznych w czasie testów drogowych oraz na hamowni podwoziowej Instytutu Transportu Samochodowego w Warszawie.

Obiektami badań były:

- samochód amerykański Dodge Caravan, wyposażony w amerykańską wersję systemu diagnostyki pokładowej OBD II, w którym zastosowano strategię potwierdzonego symptomu w celu wykrycia usterki SPS;

- europejski samochód Renault Megane II, wyposażony w europejską odmianę systemu diagnostyki pokładowej EOBD ze strategią statystycznej obróbki danych w celu wykrycia usterki SOS.

W artykule, dodatkowo korzystano z danych literaturowych zaprezentowanych w pozycjach [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12] i [13].

2. Badania na hamowni podwoziowej

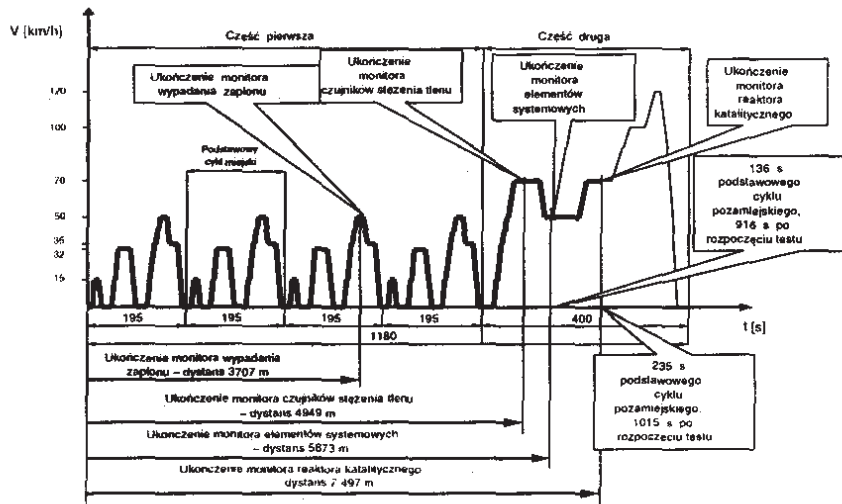
Badania przeprowadzono na hamowni podwoziowej w 3 temperaturach otoczenia (22°C, -7°C i -12°C). Przebadano wpływ temperatury otoczenia na realizację monitorów diagnostycznych. Na podstawie wyników badań przedstawionych na Rys. 1–3, można stwierdzić, że system EOBD niemal do końca trzeciej fazy cyklu UDC nie nadzoruje żadnych badanych elementów ryzyka emisyjnego pojazdu (w temperaturze otoczenia -12°C, w której samochód był kondycjonowany następuje to dopiero w cyklu pozamiejskim EUDC). Zgodnie z regulaminem EKG ONZ 83.05 producent pojazdu może spowodować nie uaktywnianie się systemu EOBD w temperaturach poniżej -7°C, w których samochód był kondycjonowany przed uruchomieniem silnika. Należy jednak pamiętać, że test NEDC pojazdu zgodnie z regulaminem EKG ONZ 83.05 wykonuje się po uprzednim jego kondycjonowaniu (w wypadku pojazdów z silnikami o zapłonie iskrowym), a więc wszystkie procedury diagnostyczne są już wtedy wykonane.

W wyniku rejestracji chwili wykonania poszczególnych procedur diagnostycznych okazało się, że dopiero w trzecim elementarnym miejskim cyklu jezdnym po przebyciu drogi odpowiednio 3707 m i 3540 m (-7°C) następuje realizacja procedury diagnostycznej wypadania zapłonów (przy wcześniejszym wykasowaniu wszystkich monitorów emisyjnych systemu EOBD). Pozostałe procedury diagnostyczne (czujników stężenia tlenu, elementów systemowych, sprawności reaktora katalitycznego; przebyta droga ponad 7,3 km) są wykonywane w piątym, pozamiejskim cyklu jezdym.

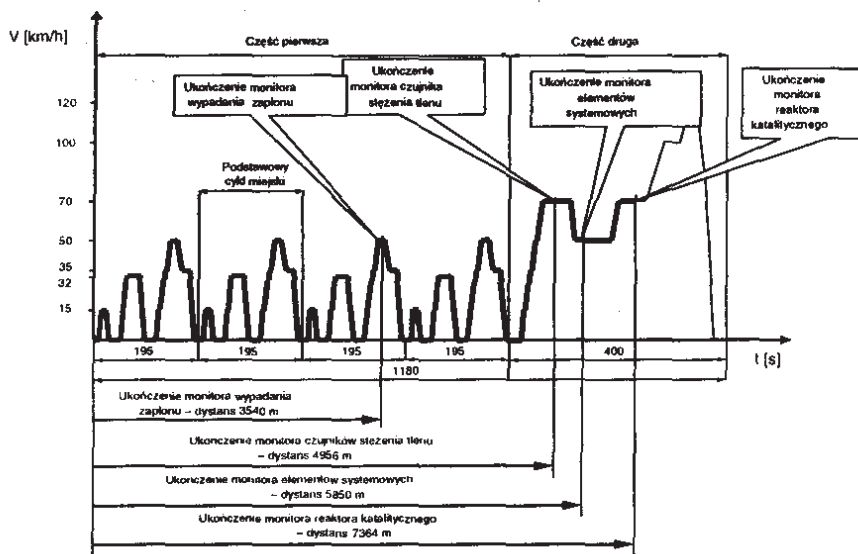
Porównując dane dotyczące emisji substancji szkodliwych (CO, HC, NO_x) otrzymane odpowiednio dla sytuacji przedstawionych na Rys. 1–3 w porównaniu z danymi dla tych substancji podawanymi przez producenta pojazdu oraz wartościami dopuszczalnymi emisji według regulaminu EKG ONZ 83.05, przekonujemy się, że tylko w pierwszej 195-sekundowej fazie cyklu miejskiego UDC testu NEDC jest emitowane średnio ok. 90% CO i 80% HC w stosunku do emisji całkowitej tych substancji w ww. teście.

W ujemnych temperaturach otoczenia, największy wpływ temperatury na emisję, w której samochód był kondycjonowany przed uruchomieniem silnika, występuje w pierwszej fazie cyklu UDC. Emisja CO i HC w tej fazie jest dla temperatury -7°C wyższa odpowiednio 11 do 16,5 razy i 3 do 7 razy, a dla temperatury -15°C odpowiednio 14 do 17 razy i 4 do 7,5 razy niż dla temperatury +22°C. W wyniku otrzymanych wyników należy potwierdzić skuteczność działania systemu EOBD badanego obiektu w zakresie temperatur otoczenia (-7°C - 22°C).

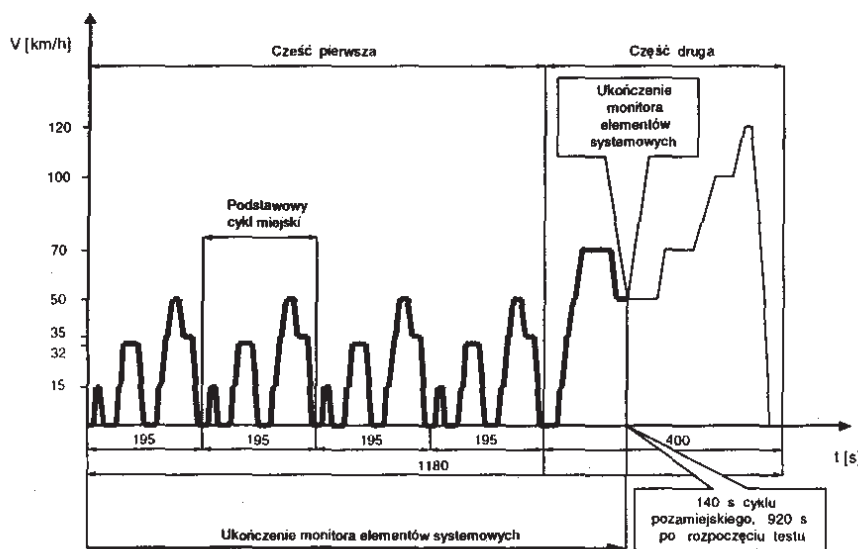
W wyniku przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że skuteczność działania pokładowych systemów diagnostycznych została doświadczalnie potwierdzona. Nieskuteczne działanie systemu zauważono jedynie w temperaturach wykonywania testu poniżej -7°C co nie jest z punktu widzenia przepisów w żaden sposób sankcjonowane.



Rys. 1. Realizacja monitorów w teście NEDC w temperaturze 22°C
 Fig. 1. Monitor realization of the NEDC test in temperature 22°C



Rys. 2. Realizacja monitorów w teście NEDC w temperaturze -7°C
 Fig. 2. Monitor realization of the NEDC test in temperature -7°C



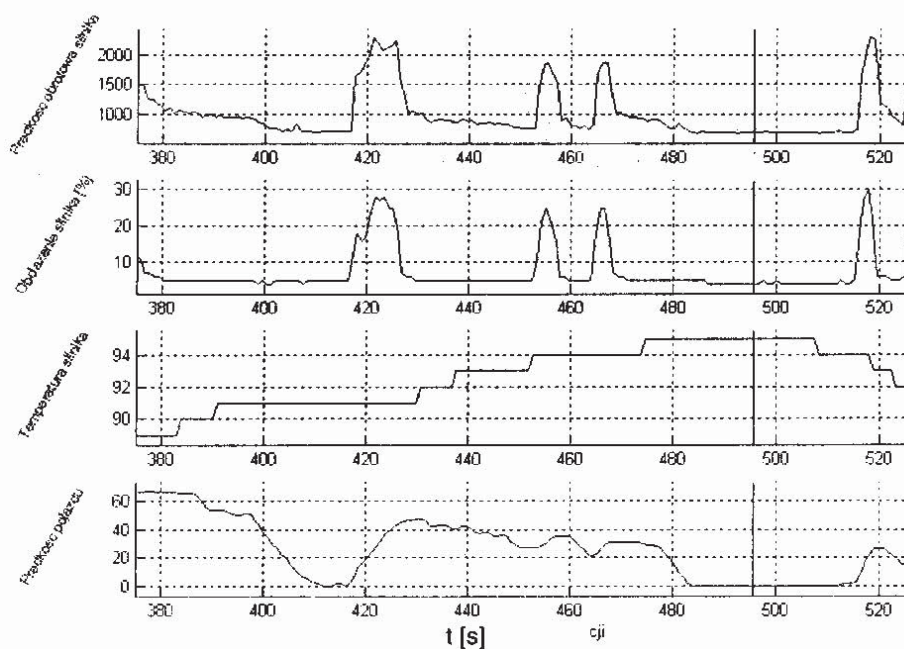
Rys. 3. Realizacja monitorów w teście NEDC w temperaturze -12°C
 Fig. 3. Monitor realization of the NEDC test in temperature -12°C

2. Badania drogowe

Wyniki badań przedstawiono jako zestawienie przebiegów rejestrowanych parametrów (prędkości obrotowej, obciążenia i temperatury silnika oraz prędkości pojazdu) 180 s przed wykonaniem każdego monitorów oraz 30 s po nim. Następnie porównano przebiegi każdego z parametrów oraz porównano je z dokumentacją producenta. Dzięki temu ustalono, czy podawane warunki realizacji monitorów mają odzwierciedlenie podczas rzeczywistej eksploatacji.

Monitor czujnika stężenia tlenu

Na Rys. 4 zaprezentowano wybrany przypadek realizacji monitora czujnika stężenia tlenu; w toku badań zarejestrowano trzykrotne jego wykonanie. Analizując te sytuacje – można zaobserwować duże podobieństwo przebiegów prędkości obrotowej silnika i prędkości pojazdu podczas wszystkich rejestracji, w czasie bezpośrednio poprzedzającym wykonanie monitora. Polega ono na tym, że pojazd jadący z prędkością powyżej 30 km/h rozpoczyna hamowanie i w ciągu 10 s następuje całkowite zatrzymanie pojazdu. Pokrywa się to z charakterystyką prędkości obrotowej silnika, przed rozpoczęciem hamowania silnik pracuje z prędkością powyżej 1000 min^{-1} , przy hamowaniu zwalnia do osiągnięcia 700 min^{-1} . Po zatrzymaniu pojazdu, a przed pojawieniem się kodu gotowości monitora, postój trwa co najmniej 5 s.



Rys. 4. Przebiegi podstawowych parametrów eksploatacyjnych dla chwili realizacji monitora czujnika stężenia tlenu (rejestracja w ruchu drogowym)

Fig. 4. Essential road data course for point of oxygen sensor monitor (record in road traffic)

Warunek dotyczący jazdy przez 3 min z otwartą przepustnicą – wyniki rejestracji sugerują, że dotyczy on czasu sumarycznego.

W dokumentacji nie podano procedury jazdy wzorcowej, która powinna zapewnić wykonanie monitora czujnika **stężenia tlenu**, jednak z doświadczenia wynika, że realizacja tego monitora następuje po przynajmniej 3 minutowej jeździe z otwartą przepustnicą.

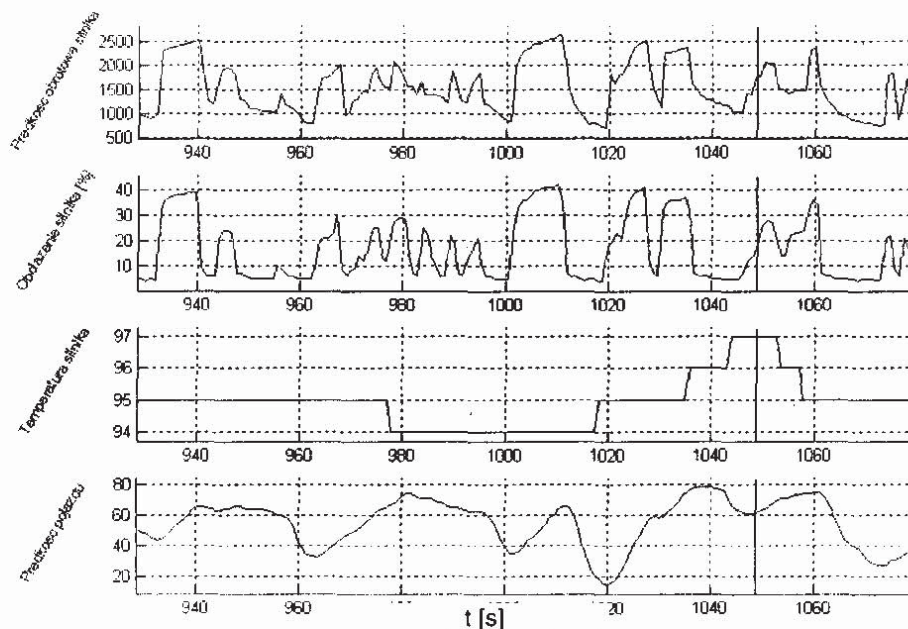
Monitor reaktora katalitycznego

W toku prowadzonych badań monitor reaktora katalitycznego wykonano dwukrotnie (Rys. 5 i 6). Należy stwierdzić, że warunki, w których je zarejestrowano odpowiadały wymaganiom przedstawionym w dokumentacji producenta. Prędkość obrotowa silnika przez większość czasu mieściła się w wymaganym zakresie, przez cały czas spełniony był warunek dotyczący temperatury cieczy chłodzącej, prędkość pojazdu w czasie 3 min poprzedzających wykonanie monitora tylko podczas jednej rejestracji przez 20 s była mniejsza niż 32 km/h. Pozostałych wymagań nie można zweryfikować.

Zastrzeżenia mogą dotyczyć pracy silnika w trakcie pierwszej rejestracji, gdyż prędkość obrotowa ulegała dosyć dynamicznym zmianom, podczas gdy procedura diagnozowania wydajności reaktora katalitycznego wymaga pracy w stanie ustalonym, ale zmienność taka nie przeszkadza w prowadzeniu testów.

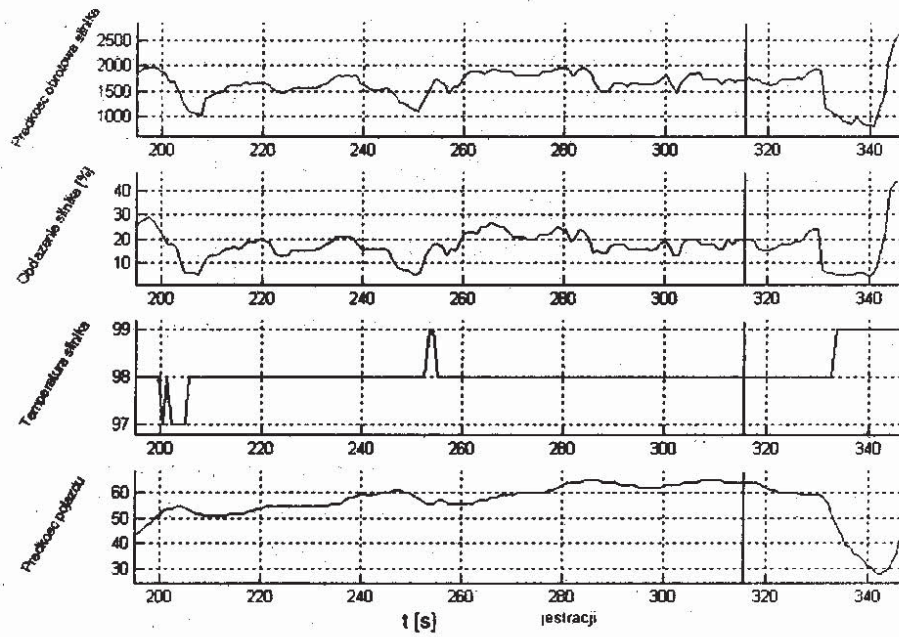
Monitor recyrkulacji spalin

Na podstawie wyników badań (w jeździe drogowej i na hamowni podwoziowej) zarejestrowano cztery sytuacje, w których wykonano monitor EGR (Rys. 7 i 8). Stwierdzono rozbieżność między prędkością obrotową silnika wymaganą do realizacji monitora EGR a prędkością zarejestrowaną wykonania tego monitora. Z dokumentacji wynika, że powinna się ona zawierać w przedziale 2200–2700 min^{-1} , tymczasem we wszystkich czterech wypadkach wykonania tego monitora podczas rejestracji stwierdzono, że wynosiła ona 1500 min^{-1} . W zadanym zakresie parametr ten znajdował się co najwyżej przez kilka sekund (maksymalnie wartość to 10 s). W dokumentacji brakuje niestety informacji, czy dana prędkość obrotowa powinna być utrzymywana przez minimalny czas, cały czas trwania testu, czy też stanowi jedynie wielkość „wyzwalającą” wykonanie testu. Najbardziej prawdopodobną przyczyną rozbieżności jest przykładowy charakter parametrów podanych w dokumentacji, oraz zastrzeżenie, że mogą wystąpić rozbieżności uzależnione od aplikacji silnika.

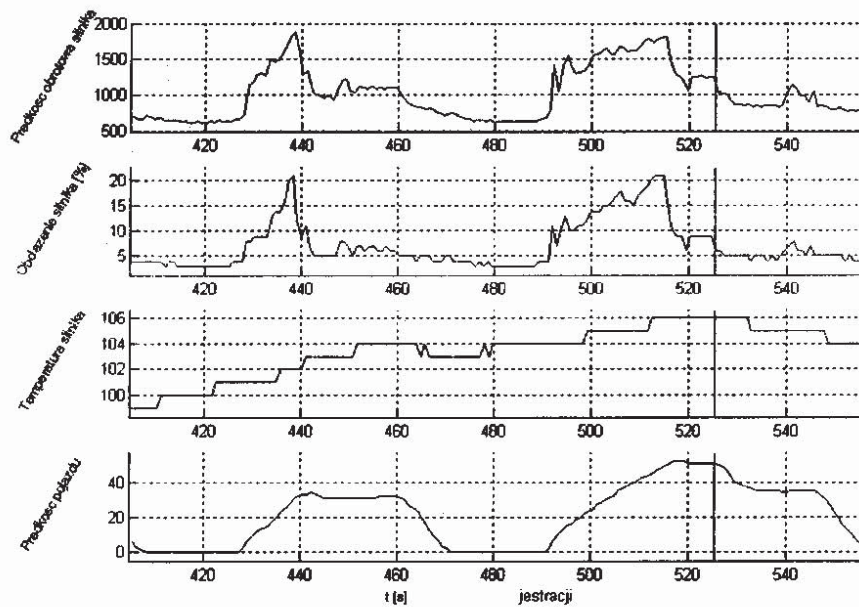


Rys. 5. Przebiegi podstawowych parametrów eksploatacyjnych dla chwili realizacji monitora reaktora katalitycznego (rejestracja w ruchu miejskim)

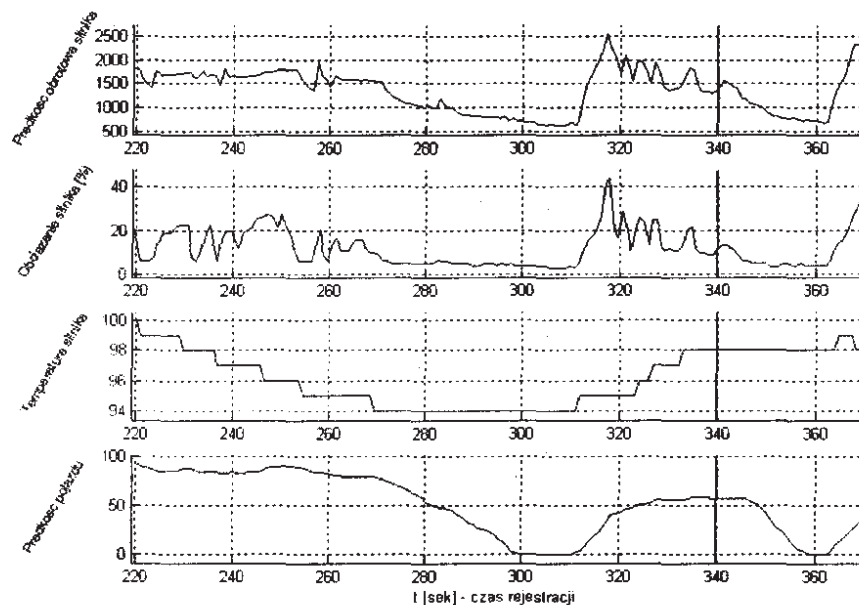
Fig. 5. Essential road data course for point of catalytic reactor monitor (record in urban traffic)



Rys. 6. Przebiegi podstawowych parametrów eksploatacyjnych dla chwili realizacji monitora reaktora katalitycznego (rejestracja w ruchu pozamiejskim)
 Fig. 6. Essential road data course for point of catalytic reactor monitor (record in road traffic)



Rys. 7. Przebiegi podstawowych parametrów eksploatacyjnych dla chwili realizacji monitora systemu recyrkulacji spalin (rejestracja na hamowni podwoziowej, cykl NEDC)
 Fig. 7. Essential road data course for point of exhaust gases recirculation monitor (record in chassis dynamometer, NEDC cycle)



Rys. 8. Przebiegi podstawowych parametrów eksploatacyjnych dla chwili realizacji monitora systemu recykulacji spalin (rejestracja na hamowni podwoziowej, cykl FTP75)
 Fig. 8. Essential road data course for point of exhaust gases recirculation monitor (record in chassis dynamometer, FTP75 cycle)

4. Efektywność systemu OBD

Na podstawie otrzymanych wyników i przeprowadzonego rozumowania [2] Jako miarę efektywności systemu można wykorzystać wartość wskaźnika informującego o średnim czasie reakcji systemu OBD na pojawienie się usterki. Ma to szczególny sens w sytuacji upowszechniania się rozwiązań podnoszących niezawodność procedur diagnostycznych, jednak wydłużających czas reakcji.

Czas reakcji systemu OBD na pojawienie się usterki o charakterze emisyjnym nie jest czasem równym zero. Nie wiadomo, ile cykli jezdnych samochód musi przejechać, aby system wykrył usterkę. Ważne jest jedynie, ile czasu pojazd musi być eksploatowany, aby doszło do aktywowania kontrolki MIL. Oczywiście czas nie będzie zawsze taki sam – jest on związany z warunkami użytkowania pojazdu, które – w wypadku monitorów nieciągłych – muszą być odpowiednie dla uruchomienia procedury diagnostycznej. Z tego względu nie można definiować pojedynczego pomiaru wyniku jako wskaźnika efektywności eksploatacyjnej. Miarodajnym wskaźnikiem będzie uśredniona wartość z kilku pomiarów.

Należy zauważyć, że dla każdego z zaimplementowanych monitorów czas ten będzie różny – każdy monitor jest realizowany w innych warunkach eksploatacyjnych, oparty jest na innym algorytmie, a wynik jest uzyskiwany z różnych danych odbieranych w różnym czasie. W związku z tym najszybciej będą reagować na usterki monitory ciągłe, realizowane przez cały czas eksploatacji, a z monitorów nieciągłych – ten, którego realizacja jest możliwa w najszerszym zakresie warunków eksploatacji.

Czas reakcji systemu OBD na wystąpienie usterki o charakterze emisyjnym (t_{RS}) jest to czas użytkowania pojazdu w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego, jaki upływa od chwili pojawienia się usterki do chwili uaktywnienia przez system OBD kontrolki MIL i zapamiętania kodu DTC. Do czasu użytkowania zalicza się jedynie czas, w którym silnik pojazdu był uruchomiony, a nie zalicza się do niego postoju samochodu z wyłączonym silnikiem.

Globalnym wskaźnikiem efektywności eksploatacyjnej systemu OBD w danym pojeździe (GE) jest najdłuższy czas reakcji monitora systemu OBD na wystąpienie usterki o

charakterze emisyjnym, spośród wszystkich czasów t_{RS} dla danej implementacji systemu OBD:

$$GE = \max \{t_{RS}(M_1), \dots, t_{RS}(M_n)\}, \quad (1)$$

gdzie: n – liczba zaimplementowanych monitorów.

Należy zwrócić uwagę na zagadnienie średniego czasu reakcji poszczególnych monitorów OBD. Jego znajomość oraz znajomość cząstkowych cykli OBD, zapewniających realizację poszczególnych monitorów diagnostycznych zaimplementowanych w danym pojeździe, umożliwi rozwiązanie postępowania z samochodami, w których podczas badań kontrolnych stwierdzono, że nie wszystkie monitory OBD zostały zrealizowane.

W takich sytuacjach znajomość powyższych zagadnień umożliwia zastosowanie następujących rozwiązań:

- a) zalecenie kierowcy wykonania cząstkowego cyklu OBD, dzięki któremu powinna zostać uzupełniona brakująca realizacja monitora;
- b) odesłanie pojazdu ze stacji i zalecenie kierowcy ponownego stawienia się na badania kontrolne po określonym czasie, który – w oparciu o znajomość czasu reakcji brakującego monitora – powinien zagwarantować jego realizację.

Dzięki znajomości tych parametrów można podnieść efektywność badań diagnostycznych, jednocześnie zmniejszając ich koszty. Jeśli bowiem nie są one znane, może zaistnieć konieczność wielokrotnego powtarzania badań kontrolnych, które z braku realizacji któregoś z monitorów OBD nie będą mogły być dokończone, a także opóźnione zostaje ewentualne wyeliminowanie z eksploatacji pojazdu niesprawnego pod względem emisyjnym.

Eksploatowanie pojazdu na jednej, określonej trasie determinuje przebieg parametrów. Jednak zakres tej determinacji nie jest zbyt duży. Zmienne, które mogą mieć największy wpływ na wynik rejestracji to: prędkość pojazdu, styl jazdy kierowcy, organizacja ruchu, a także warunki środowiskowe, rozumiane jako temperatura i ciśnienie otoczenia, opady atmosferyczne lub ich brak oraz prędkość i kierunek wiatru. Nie są to zmienne całkowicie niezależne, prędkość pojazdu i styl jazdy kierowcy uzależniona jest zarówno od warunków atmosferycznych, jak i warunków drogowych, a te ostatnie również mogą ulegać dużym zmianom w wyniku zjawisk atmosferycznych. Zwiększenie liczby tras, po których poruszałby się samochód testowy zwiększyłoby liczbę czynników, niezależnych od osób realizujących rejestracje, a mogących mieć związek z danym pewnym odcinkiem drogi, takich jak zmiany pogody, zmiany ustawienia i awarie sygnalizacji świetlnej, roboty drogowe, tymczasowe objazdy itp.

Należy zwrócić uwagę, jaki jest związek wszystkich warunków, które zostały wymienione z mierzoną wielkością, jaką jest czas realizacji poszczególnych procedur diagnostycznych.

Każdy z monitorów nieciągłych do właściwego działania potrzebuje spełnienia określonych warunków zarówno środowiskowych, jak również dotyczących parametrów eksploatacyjnych pojazdu. Jeśli warunki będą spełnione na samym początku rejestracji, monitor będzie wykonany, i czas reakcji t_{RS} danego monitora będzie krótki (t_1). Odmierna będzie sytuacja, w której warunki nie będą możliwe do spełnienia przez długi czas, mogący być dłuższym, niż czas pojedynczej rejestracji. Wówczas czas $t_{RS} = t_2$ będzie odpowiednio dłuższy, a w razie gdyby przekraczał czas pojedynczej rejestracji, do czasu reakcji zmierzonego w cyklu, w którym monitor zrealizowano, dodać należy czas trwania wszystkich rejestracji, które poprzedzały wykonanie monitora i wchodziły w skład tej serii, w której go wykonano. Wynika to z definicji współczynnika t_{RS} , który obejmuje cały czas reakcji, oprócz postojów pojazdu z wyłączonym silnikiem – bez względu na liczbę cykli roboczych zrealizowanych przez samochód. Skoro czas reakcji systemu OBD uzależniony jest od wielu

czynników o charakterze losowym – w sytuacji, w której jest on jedynym znanym parametrem – z punktu widzenia analizy jest on również zmienną losową.

Bardzo istotnym jest zastrzeżenie, że czas t_{RS} można traktować jako zmienną losową w sytuacji, gdy jest on jedynym parametrem rejestracji uwzględnianym w obliczeniach. Przy braku tego zastrzeżenia, takie traktowanie nie jest zalecane, gdyż nie jest to parametr niezależny. W rzeczywistości jest on bowiem ściśle zdeterminowany wystąpieniem sprzyjających warunków realizacji odpowiedniego monitora OBD. Również one nie są zbiorem parametrów wyłącznie o charakterze losowym. Jedynym, który może być jako taki traktowany jest temperatura otoczenia, uwzględniana przez wiele procedur diagnostycznych. Pozostałe warunki realizacji monitorów są związane z parametrami eksploatacyjnymi pojazdu i mogą zależeć od: warunków atmosferycznych (np. silnik spalinowy gorzej pracuje w niskich temperaturach), warunków drogowych oraz czynnika ludzkiego. Jako w pełni losowe można traktować zjawiska atmosferyczne. Warunki drogowe są częściowo od nich uzależnione, ale losowe są np. awarie urządzeń sterowania ruchem, roboty drogowe itp.

Zatem postuluje się wprowadzić jako miarę efektywności systemu OBD wartość czasu jazdy $t_{0,9}$, tzn. czas wykonania z prawdopodobieństwem 0,9 wszystkich zaimplementowanych monitorów.

5. Estymacja czasu jazdy $t_{0,9}$ dla pojazdów

Aby dokonać porównania szybkości działania strategii SPS i SOS – w warunkach pełnej sprawności pojazdu, zrealizowano badania porównawcze (eksperyment typu *car-following*, dla estymacji czasu $t_{0,9}$ dla samochodu europejskiego i porównawczo dla amerykańskiego). W ramach eksperymentu z użyciem dwóch samochodów: Renault Megane II i Dodge Caravan, pokonano określoną drogę w warunkach ruchu miejskiego i autostradowego.

Na Rys. 10 przedstawiono przebieg prędkości zarejestrowany w badanym obiekcie wraz z zaznaczeniem chwil realizacji poszczególnych monitorów nieciągłych.

Wyniki eksperymentu: w samochodzie Renault Megane II żaden z zaimplementowanych monitorów nieciągłych nie został wykonany, podczas gdy w wypadku Dodge Caravan zrealizowano monitory reaktora katalitycznego i czujnika stężenia tlenu, czyli jedyne obecne w obydwu samochodach.

Podobieństwo przebiegów prędkości jest bardzo wyraźne, co potwierdza, że pojazdy eksploatowane były w praktycznie identycznych warunkach (dane liczbowe):

Renault Megane II:

- czas trwania rejestracji 1345 s (22 min 25 s);
- prędkość średnia 50 km/h;
- prędkość maksymalna 145 km/h;
- czas postoju 207 s (3 min 27 s);
- czas jazdy z prędkością powyżej 40 km/h 842 s (14 min 2 s);

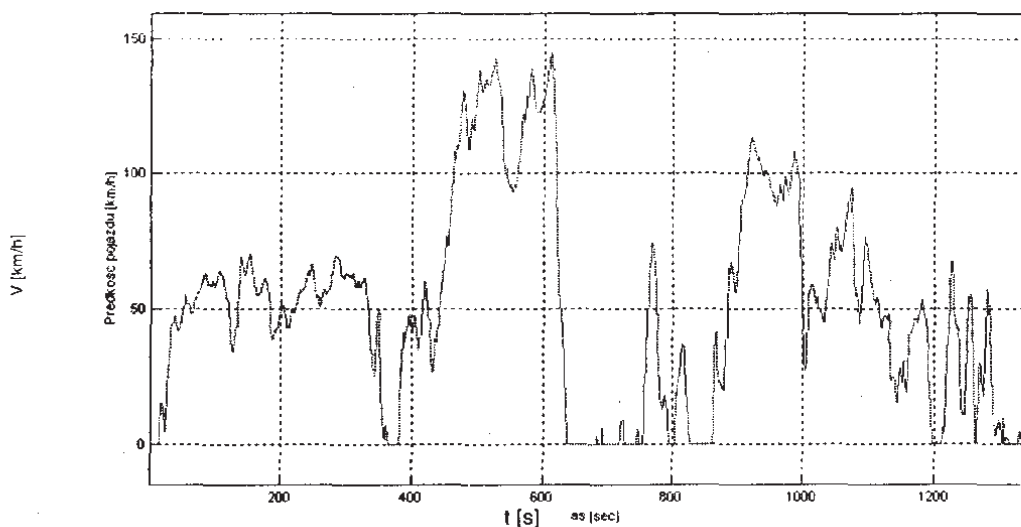
Dodge Caravan:

- czas trwania rejestracji 1370 s (22 min 50 s);
- prędkość średnia 50 km/h;
- prędkość maksymalna 142 km/h;
- czas postoju 224 s (3 min 44 s);
- czas jazdy z prędkością powyżej 40 km/h 853 s (14 min 13 s);
- zmiany statusu monitorów – sygnalizacja zrealizowania: monitor reaktora katalitycznego: 316 s rejestracji, monitor czujnika stężenia tlenu: 663 s rejestracji.

Warunki eksploatacyjne dla obu pojazdów były porównywalne. Wynika stąd, że czas t_{RS} ulega wydłużeniu przy zastosowaniu strategii opartych na statystycznej obróbce danych pomiarowych. Potwierdził to wynik pojedynczego pomiaru. Jednak, aby dokonać rzetelnego oszacowania różnicy, przeprowadzono dodatkowe badania (opisane poniżej).

Przeprowadzono analizę warunków eksploatacji przeciętnego samochodu osobowego, kolejno poddano analizie drogę z domu do pracy człowieka zatrudnionego w centrum miasta, a mieszkającego w typowej dzielnicy sypialni lub w osiedlu domów jednorodzinnych zlokalizowanym poza miastem lub na jego obrzeżach:

- pojazd zostaje uruchomiony po całonocnym postoju z wyłączonym silnikiem – typowe warunki zimnego rozruchu.
- pojazd przejeżdża przez strefę zamieszkania (osiedle) w kierunku drogi głównej – porusza się z niewielką prędkością (10–40 km/h) i krótkimi postojami. Przed wyjazdem na drogę główną – możliwy dłuższy postój w celu ustąpienia pierwszeństwa innym pojazdom; silnik stopniowo się nagrzewa.



Rys. 9. Przebieg prędkości samochodu Renault Megane w trakcie badań porównawczych
 Fig. 9 Speed course for Renault Megane car during comparison tests

pojazd wyjeżdża na drogę główną:

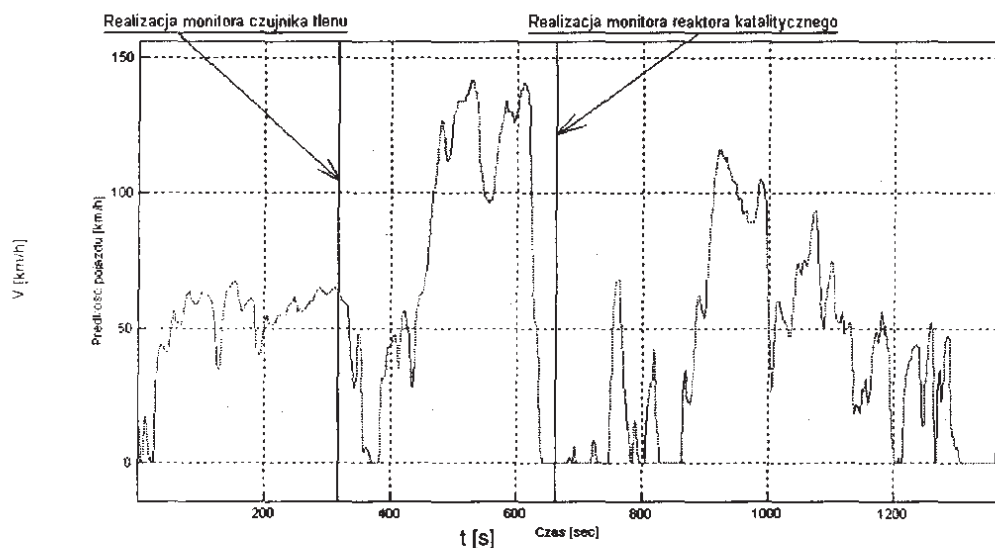
- a) w warunkach osiedli miejskich – jest to główna ulica międzyosiedlowa. Pojazd jedzie zdecydowanie szybciej (50–70 km/h), możliwe hamowania lub całkowite zatrzymania w wypadku skrzyżowań o ruchu kierowanym lub zmian kierunku jazdy. W czasie jazdy silnik osiąga wymaganą temperaturę pracy;
- b) w wypadku dojazdu z przedmieścia do centrum – jest to szosa lub droga o jeszcze wyższym standardzie (ekspresowa, autostrada), a po wjeździe do miasta – główna ulica wlotowa. Za miastem pojazd porusza się z prędkością 60–100 km/h, po wjeździe do miasta – 50–70 km/h. W czasie jazdy silnik osiąga wymaganą temperaturę pracy.

pojazd zbliża się do centrum miasta – pojawiają się skrzyżowania z ruchem kierowanym i korki powodujące przejeżdżanie każdego z nich na dwie – trzy zmiany. Następuje seria cyklicznego rozpędzania i hamowania pojazdu; prędkość maksymalna spada do 15–30 km/h; przejazd między skrzyżowaniami z prędkością 40 km/h.

pojazd dojeżdża do celu – zjazd na parking, manewry parkingowe, wyłączenie silnika. Prędkość w granicach 5–15 km/h, kilka kilkunastosekundowych odcinków jazdy z niewielką prędkością podczas poszukiwania i zajmowania miejsca parkingowego.

Na Rys. 9 przedstawiono przykład prędkości przejazdu z osiedla mieszkaniowego do centrum miasta – w godzinach największego natężenia ruchu. Badania efektywności eksploatacyjnej powinny być prowadzone podczas takich typowych przebiegów jazdy. Najbardziej

interesującym zagadnieniem z punktu widzenia badawczego i prawnego jest działanie systemu OBD w takich typowych, najczęściej spotykanych warunkach.



Rys. 10. Przebieg prędkości samochodu Dodge Caravan w trakcie badań porównawczych z zaznaczeniem chwil realizacji monitorów nieciągłych

Fig. 10 Speed course for Dodge Caravan car during comparison tests with remarking of realization points for noncontiguous monitors

Mimo że wymogiem prawnym jest, aby każdy z monitorów OBD zainstalowanych w pojeździe zrealizowano w trakcie określonego testu emisyjnego (obowiązującego w danym systemie prawnym), istotniejszym problemem jest, aby system OBD działał skutecznie podczas codziennej eksploatacji. Przejście procedury homologacyjnej nie oznacza, że system OBD sprawdza się w trakcie eksploatacji w rzeczywistym ruchu drogowym. Wynika to w głównej mierze z faktu, że warunki testowania pojazdów podczas realizacji procedury homologacyjnej są praktycznie takie same. Każdy z realizowanych wówczas cykli jezdnych, jest zdefiniowany z dokładnością do jednego kilometra lub jednej mili na godzinę. Dodatkowo, przebiegi prędkości tych cykli są ogólnodostępne, co pozwala producentowi przygotować pojazd do badania homologacyjnego, oraz przetestować działanie systemu OBD we własnych laboratoriach, w warunkach identycznych do wymaganych podczas procedury homologacyjnej.

Z tych względów koniecznością staje się wprowadzenie dodatkowej procedury, która pozwoliłaby na weryfikację efektywności działania systemu OBD w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Propozycją jest wprowadzenie miary czasowej niezależnej od warunków i czasu eksploatacji pojazdu. Pomiaru dla celów określenia wartości parametru t_{RS} , prowadzone w ruchu rzeczywistym, gwarantują miarodajne wyniki. Miarodajność ta wynika z faktu, że rejestracje prowadzono w warunkach zróżnicowanych zarówno pod względem prędkości, jak parametrów środowiskowych (np. temperatura otoczenia, profil drogi), co eliminuje problem ich przewidywalności i powtarzalności w kolejnych próbach.

Propozycja średniego czasu wykonania wszystkich monitorów t_{RS} – nowego wskaźnika efektywności wykonywania monitorów jest średnią arytmetyczną czasów wykonania monitora obliczaną według wzoru:

$$t_{RS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (2)$$

gdzie: n – liczb próbek,
 t_i – i -ty czas wykonania monitora.

6. Wnioski

Z przeprowadzonych wyników badań można wysnuć następujące wnioski:

- stwierdzono praktyczną użyteczność pokładowych systemów diagnostycznych przy lokalizacji uszkodzeń oraz weryfikacji poprawności dokonywanych napraw;
- z uwagi na złożoność konstrukcyjną systemów pokładowych oraz różnorodność i ilość mierzonych i dostępnych parametrów diagnostycznych stwierdzono konieczność budowy w Polsce centralnego systemu gromadzenia i dystrybucji danych diagnostycznych;
- miarą ilościowej efektywności systemu OBD jest czas jazdy $t_{0,9}$ w typowych warunkach eksploatacji, zapewniający z prawdopodobieństwem 90% realizację wszystkich monitorów diagnostycznych. Koncepcja zaproponowanego wskaźnika opiera się na kryterium czasowym, niepodlegającym ograniczeniom (zbyt krótki czas trwania cyklu jezdny, mała prędkość jazdy, krótki czas postoju na biegu jałowym). Jest to bezwzględna, ale miarodajna metoda oceny efektywności eksploatacyjnej systemu diagnostyki pokładowej.

Ponadto analizując przeprowadzone badania opracowano następujące wnioski szczegółowe:

- celowe jest wprowadzenie zmian w metodyce badawczej, polegających na wprowadzeniu do wymagań homologacyjnych testów monitorów diagnostycznych wykonywanych w niższych temperaturach otoczenia;
- niezależność metody oceny efektywności od warunków jazdy umożliwia oszacowanie efektywności eksploatacyjnej monitorów systemu OBD nie tylko w sposób globalny, ale także, po dokonaniu dodatkowych rejestracji parametrów eksploatacyjnych czy warunków zewnętrznych, daje możliwość oceny efektywności w różnych warunkach pracy. Wprowadzenie do przepisów homologacyjnych wymogu związanego z pomiarami czasów t_{RS} pozwoli zagwarantować, że wprowadzane do obrotu handlowego pojazdy są wyposażane w systemy diagnostyczne o skuteczności sprawdzonej nie tylko w warunkach laboratoryjnych hamowni podwoziowej, ale także w zróżnicowanych warunkach rzeczywistej eksploatacji;
- proponuje się, aby integralną częścią procedury homologacyjnej pojazdów samochodowych, poza badaniami hamownianymi, była rejestracja realizacji monitorów w warunkach rzeczywistej eksploatacji, w warunkach ruchu miejskiego i pozamiejskiego. Jej przebieg mógłby być oparty na wskazówkach i z wykorzystaniem aparatury zaproponowanej przez autora. Uzyskane dane powinny być poddane obróbce statystycznej według reguł przedstawionych w niniejszej pracy;
- dodatkowo w przepisach homologacyjnych powinno być sprecyzowane dla danego typu pojazdów, jakie są wartości dopuszczalne czasów reakcji dla poszczególnych monitorów OBD. Ze względu na zależność pomiaru od czynników niezależnych, dla każdego z nich mógłby być przewidziany zbiór kilku takich wartości, z których każdy odpowiadałaby wartości t_{RS} w pewnym określonym zakresie parametrów.

Literatura

- [1] Ślęzak M.: *Systemy diagnostyki pokładowej (OBD) w warunkach polskich na przykładzie wybranych pojazdów samochodowych*. Archiwum Motoryzacji. Vol. 7 No.3. pp. 153 – 164 (2004).
- [2] Ślęzak M.: *Eksploatacyjna efektywność działania systemu diagnostyki pokładowej samochodów (OBD)*. Politechnika Warszawska (Praca doktorska), Warszawa 2003.

- [3] Environmental Protection Agency (EPA): *Control of Air Pollution from Motor Vehicles and New Motor Vehicle Engines; Modification of Federal On-board Diagnostic Regulations for Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks. Extension of Acceptance of California OBD II Requirements*. W: 40 CFR Part 86.
- [4] Environmental Protection Agency (EPA): *Control of Air Pollution from New Motor and New Motor Vehicle Engines; Regulations Requiring On-Board Diagnostic Systems on 1994 and later Model Year Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks*. W: 58 FR 9468, 1993-02-19.
- [5] *EPA 420-B-00-001 Federal and California Exhaust and Evaporative Emission Standards for Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks Certification and Compliance Division*. Office of Air Transportation and Air Quality, U.S. Environmental Protection Agency, February 2000.
- [6] www.sae.org.
- [7] Birnbaum R., Truglia J.: *OBD II Diagnostic Strategies*. Ralph Birnbaum and Jerry „G” Truglia, 2002.
- [8] Chłopek Z.: *Modelowanie procesów emisji spalin w warunkach eksploatacji trakcyjnej silników spalinowych*. Prace Naukowe, Mechanika, z. 173. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- [9] *Directive 98/69/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 1998 Relating to Measures to be Taken Against Air Pollution by Emissions from Motor Vehicles and Amending Council Directive 70/220/EEC*. Official Journal L 350, 28/12/1998.
- [10] Wendeker M.: *Adaptacyjne sterowanie wtryskiem benzyny w silniku samochodowym*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
- [11] Merkisz J., Ślęzak M.: *Problemy związane z wprowadzeniem systemu OBD II*. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 2(41)2001. PW. SiMR. Warszawa 2001.
- [12] Merkisz J., Gis W., Ślęzak M.: *Konieczność i możliwości wykorzystania systemu EOBD/OBD II podczas badań kontrolnych pojazdów*. 27th International Scientific Conference on Combustion Engines KONES 2001. Jastrzębia Góra 2001.
- [13] Bendat J. S., Piersol A. G.: *Metody analizy i pomiaru sygnałów losowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.