

ZAGADNIENIA ZWIĄZANE Z PRZEWIETRZANIEM SKRZYNI KORBOWEJ W KONTEKŚCIE SYSTEMU EOBD/OBD II

prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz, mgr inż. Marek Waligórski

Instytut Silników Spalinowych i Podstaw Konstrukcji Maszyn

Politechnika Poznańska

ul. Piotrowo 3, 60 – 965 Poznań

tel./fax (061) 665 27 04

e-mail: Jerzy.Merkisz@put.poznan.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono budowę i zasadę działania systemu przewietrzania skrzyni korbowej (PCV – *Positive Crankcase Ventilation*) na przykładzie silnika o zapłonie iskrowym. Ponadto zaprezentowano obecne i przyszłościowe wymagania normy EOBD/OBD II (*European/On – Board Diagnostics II*) dotyczące kontroli tych systemów. W pracy uwzględniono też normy prawne dotyczące badań systemów PCV wykonywanych w Unii Europejskiej, co pozwala na określenie miejsca i znaczenia ich w kompleksowej diagnostyce pojazdu i samego silnika spalinowego, rozpatrywanej pod kątem emisji składników szkodliwych spalin. Zamieszczono też przyszłe zmiany w przepisach obowiązujących w USA odnośnie do tych systemów. Uwagę skupiono też na metodach badań certyfikacyjnych pokładowych systemów diagnostycznych.

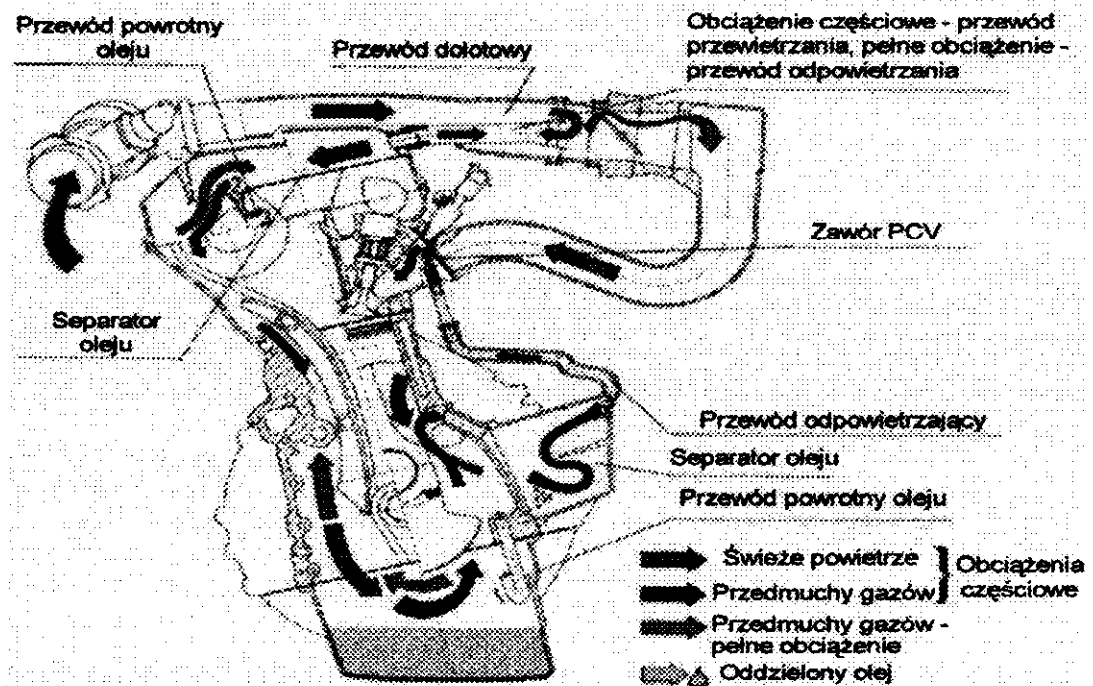
1. Wstęp

Zjawisko przedostawania się gazów z przestrzeni nad tłokiem do skrzyni korbowej (przedmuchy) jest wynikiem ich przepływu między tłokiem, pierścieniami tłokowymi a powierzchnią tulei cylindrowej albo przez szczeliny między prowadnicą zaworową a zaworem. Strumień gazów przedostających się do skrzyni korbowej jest, podobnie jak strumień powietrza w przewodzie dolotowym, strumieniem o dużych pulsacjach ciśnienia [5]. Wynika to z ciągłych zmian objętości wewnątrz skrzyni korbowej na skutek ruchu tłoka czy oleju smarowego. Wspomniane przedmuchy składają się zarówno z fazy gazowej jak i fazy ciekłej. Przepływający z dużą prędkością gaz „porywa” z powierzchni tłoka i tulei cylindrowej krople oleju smarowego. Do fazy ciekłej należy też paliwo silnikowe i para wodna stanowiąc produkty pośrednie i końcowe procesu spalania w silniku. Składniki te działają aktywnie na olej smarowy, powodując jego utlenianie. Wskutek tego olej traci swoje właściwości i ulega starzeniu.

Zwiększenie ciśnienia wskutek przepływu gazu do skrzyni korbowej może spowodować wyciekanie oleju przez uszczelnienia wału korbowego. Aby temu zapobiec stosuje się przewietrzanie skrzyni korbowej, które umożliwia utrzymanie w niej podciśnienia. Wartość podciśnienia w tej przestrzeni powinna wynosić 2 kPa. Ze skrzyni korbowej gazy mogą być odprowadzane do atmosfery (system otwarty) albo mogą być z powrotem skierowane do silnika (system zamknięty). Z uwagi na to, że gazy te zawierają duże ilości składników toksycznych, niedopuszczalne jest stosowanie systemów otwartych. Z tej przyczyny istnieje obowiązek stosowania zamkniętych systemów przewietrzania skrzyni korbowej.

2. Budowa i zasada działania systemu przewietrzania skrzyni korbowej

Istotny wpływ na przedmuchy i na zużycie oleju mają reakcje chemiczne i zjawiska fizyczne występujące w czasie przedmuchów gazów do skrzyni korbowej. Ich szkodliwy wpływ może być zredukowany przez zastosowanie dodatków modyfikujących skład oleju smarowego albo stosowanie olejów syntetycznych, a przede wszystkim przez zastosowanie przewietrzania skrzyni korbowej. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy system przewietrzania skrzyni korbowej (PCV – *Positive Crankcase Ventilation*) silnika o zapłonie iskrowym firmy Mercedes-Benz.



Rys. 1. System przewietrzania skrzyni korbowej (PCV) silnika o zapłonie iskrowym firmy Mercedes-Benz (M111) [3]

Fig. 1. The positive crankcase ventilation system (PCV) in the Mercedes-Benz (M111) spark-ignition engine [3]

W czasie przewietrzania skrzyni korbowej silnika gazy spalinowe wraz z powietrzem kierowane są przez zawór PCV (rys.2) do przewodu dolotowego silnika. W wyniku tego zmniejsza się koncentracja spalin w skrzyni korbowej i okres styku tych gazów z olejem smarowym. Miejsce odprowadzenia gazów ze skrzyni korbowej jest tak dobrane, aby pomimo znacznych pochyleń i przyspieszeń poprzecznych silnika, olej nie przedostawał się do przewodu odpowietrzającego. Ponadto zastosowany jest separator oleju, który rozdziela krople oleju przemieszczające się razem z gazami spalinowymi i powietrzem.

W czasie odpowietrzania skrzyni korbowej, przy wyższych wartościach prędkości obrotowej i obciążeniach silnika, szkodliwe spaliny kierowane są do przewodu dolotowego silnika przed przepustnicę. W pokrywie zaworów jest umieszczony dodatkowy separator oleju.



Rys. 2. Zawory przewietrzania skrzyni korbowej [6]

Fig. 2. Positive crankcase ventilation valves [6]

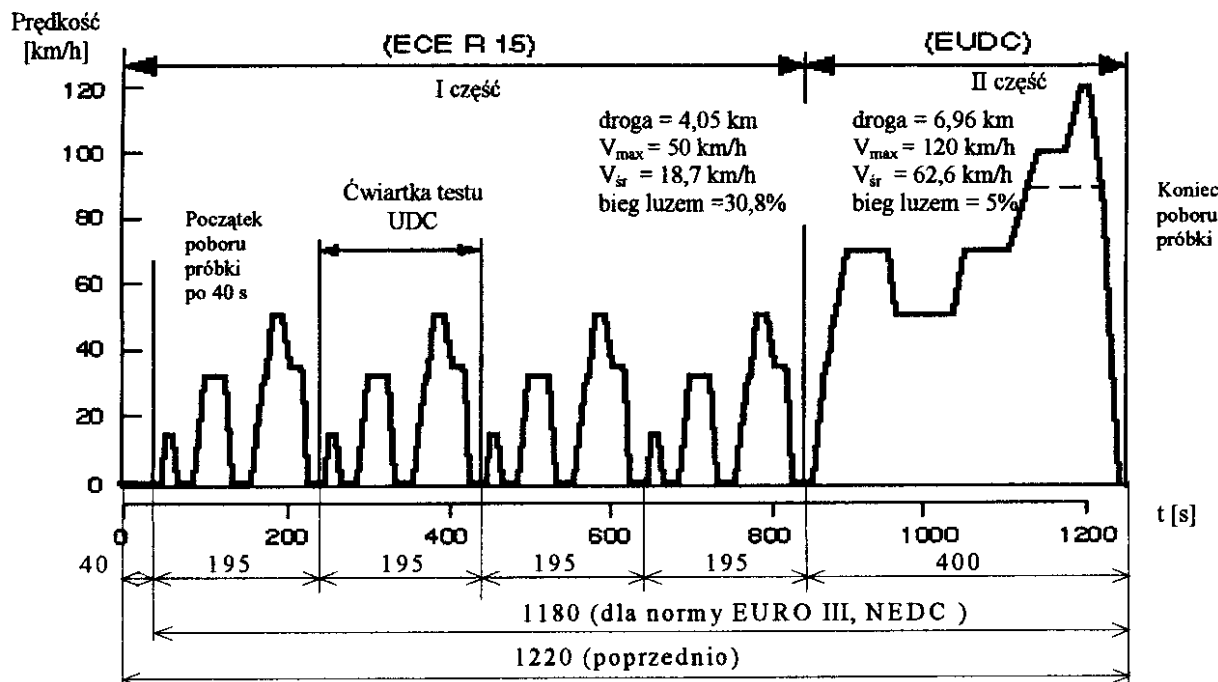
3. Normy prawne i sposoby badań systemu pcv

W obecnie obowiązującej w Unii Europejskiej dyrektywie 98/69 EC (z dnia 23.10.1998 roku) wyznaczono przedsięwzięcia jakie należy podjąć aby zmniejszyć zanieczyszczenia atmosfery spowodowane przez silniki spalinowe. W normie tej poza zagadnieniem emisji spalin z silników spalinowych zamieszczono też nakazy i konieczne próby niezbędne dla otrzymania homologacji przez pojazd z silnikiem spalinowym. Norma zawiera też zakres i metody badań samego systemu EOBD (w USA system ma nazwę OBD II i został wprowadzony w 1996 roku). Na podstawie tej dyrektywy ustalono siedem typów badań, w tym również systemu PCV (tabl.1).

Tablica 1
Rodzaje badań przewidzianych Dyrektywą 98/69 EC [4]
Types of research which are provided by the 98/69 EC instructions [4]

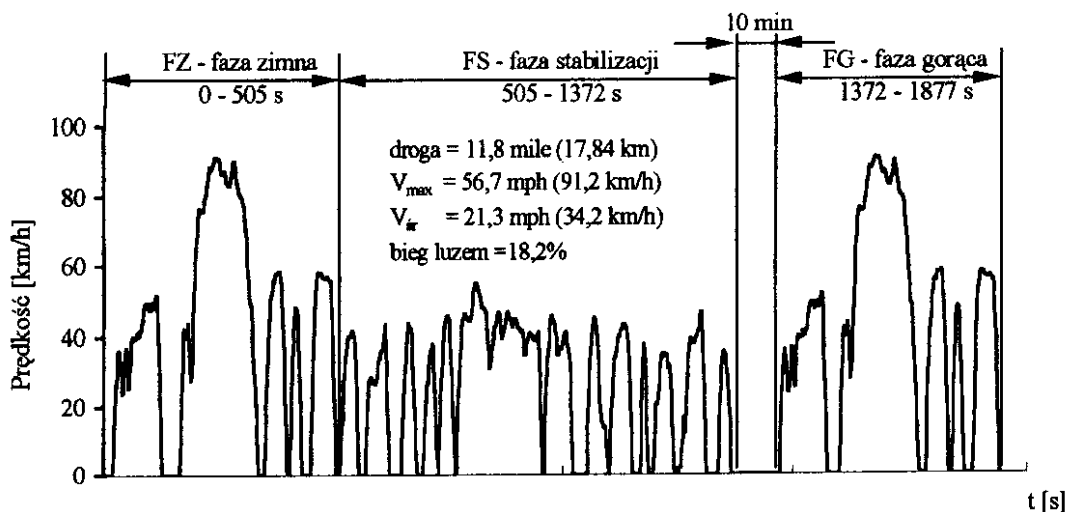
Typ próby	Rodzaj silnika	ZI	ZS
Typ I: test miejski NEDC		rys. 3, według standardów EURO	
Typ II: emisja CO podczas pracy na biegu luzem		0,5 % (objętościowo)	<i>free acceleration</i> (dymienie)
Typ III: emisja ze skrzyni korbowej silnika w czasie próby typu I		zero (przez stwierdzenie podciśnienia w skrzyni korbowej)	-
Typ IV: kontrola emisji w teście parowania SHED		2g HC/test	-
Typ V: emisja po określonym przebiegu (typ I – IV)		80 000 km / 5 lat od 1.01. 2005 r. – 100 000 km / 5 lat	
Typ VI: test UDC w temp. - 7°C (od 1.01.2002 r.)		CO = 15; HC = 1,8 [g/km]	-
Typ VII: kontrola działania systemu EOBD		od 1.01.2001 roku	od 1.01.2003 roku

W przepisach europejskich badanie systemu PCV dotyczy silników o zapłonie iskrowym. Obserwując jednak zmiany norm emisji w USA należy spodziewać się odpowiednich modyfikacji również w przepisach europejskich. W myśl przepisów federalnych w USA [1] badanie systemu przewietrzania skrzyni korbowej silników typu HD-D (*Heavy Duty Diesel*) dotyczy wszystkich silników o zapłonie samoczynnym poza silnikami turbodoładowanymi. Na podstawie propozycji EPA (*Environment Protection Agency*) badanie systemu PCV w tych silnikach ma obowiązywać od modelu 2007 roku. Normy kalifornijskie uściślają, że zerowa emisja ze skrzyni korbowej dotyczy silników o zapłonie iskrowym, silników o zapłonie samoczynnym pracujących na metanolu i niedoładowanych.



Rys. 3. Test jezdny ECE R83 [4]

Fig. 3. Driving test according to the ECE R83 regulations [4]



Rys. 4. Amerykański federalny test jezdny US EPA FTP – 75 [4]

Fig. 4. Federal driving test US EPA FTP – 75 in the USA [4]

Badania homologacyjne systemu EOBD/OBD II polegają na wykonywaniu na hamowni podwoziowej testów jezdnych, które odpowiadają typowym warunkom ruchu w dużych miastach (rys. 3, 4). Badania te oparte są o wprowadzanie albo elektryczne symulowanie uszkodzeń elementów emisyjnych układu napędowego, które są objęte przez kontrolę pokładowego systemu diagnostycznego. Producent przed właściwą próbą homologacyjną jest zobowiązany do montażu uszkodzonego elementu albo uruchomienia symulacji jego wadliwej pracy przed testem przygotowawczym albo, jeżeli są wykonywane dwa testy przygotowawcze – pomiędzy nimi (w normach amerykańskich). Charakterystyczne fazy badań systemu OBD II i EOBD zaprezentowano w tabelicy 2.

Tablica 2
Badania homologacyjne systemu OBD II według przepisów amerykańskich (EPA, CARB) i europejskich (EOBD) [1]

Certification research according to American regulations (EPA, CARB)
and European regulations (EOBD) [1]

Rodzaj systemu Rodzaj procedury	OBD II	EOBD
Faza I	<ul style="list-style-type: none"> • Realizacja pierwszej części testu FTP – 75, - celem jej jest stworzenie warunków do wykrycia uszkodzenia i ewentualnego zapamiętania diagnostycznych kodów błędów, - faza ta może być pominięta w procesie badań na życzenie producenta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Symulacja uszkodzeń elementów albo zamiana na elementy zużyte o odpowiednich właściwościach, - na podstawie normy wartość emisji nie może być większa niż 120% dopuszczalnej jej wartości (w teście typu I – tab. 1).
Faza II	<ul style="list-style-type: none"> • Kompletny test emisyjny w pełnym obowiązującym cyklu (test FTP – 75). 	<ul style="list-style-type: none"> • Prekondycjonowanie pojazdu przez jazdę na hamowni podwoziowej wg testu typu I, - dla silników o ZI wykonywane co najwyżej dwa następujące po sobie testy jezdne, - dla silników o ZS dopuszcza się wykonanie dodatkowo dwa razy drugą część testu typu I.
Faza III	-	<ul style="list-style-type: none"> • Realizacja pełnego testu NEDC, pomiar emisji z układu wylotowego silnika i obserwacja reakcji systemu pokładowego na rzeczywiste albo symulowane uszkodzenia elementów.

System OBD II uzyskuje certyfikację jeżeli świetlny wskaźnik uszkodzenia (MIL – *Malfunction Indicator Lamp*) zostanie uaktywniony przed drugą częścią testu FTP – 75 ze względu na właściwie dobrane parametry diagnostyczne i poprawne działanie procedur diagnostycznych. W systemie EOBD rejestracja odpowiednich kodów uszkodzeń i uaktywnienie świetlnego wskaźnika uszkodzenia musi wystąpić przed zakończeniem drugiej części cyklu jezdnego NEDC.

4. Wymagania normy OBD II dotyczące kontroli systemu PCV

Norma OBD II nie zawiera jak dotąd szczegółowych wymagań dotyczących systemu przewietrzania skrzyni korbowej i jego kontroli, ponieważ systemy PCV najczęściej nie zawierają części elektronicznych [2]. Uszkodzenie któregoś z elementów składowych systemu (np. odłączenie systemu albo nieszczelność między skrzynią korbową a zaworem PCV) powoduje znaczny wzrost emisji wynikający z przepływu składników szkodliwych bezpośrednio do atmosfery. W wyniku badań stwierdzono, że wśród pojazdów o negatywnym wyniku testu I/M (*Inspection/Maintenance*) uszkodzenia spowodowane przez system PCV stanowiły do 5% wszystkich uszkodzeń [2]. Jedynie w 1% badanych pojazdów wystąpił znaczny wzrost rzeczywistej emisji (tj. tylko w jednym z pięciu zdarzeń w systemie PCV wynikiem była emisja ze skrzyni korbowej do atmosfery). Jednak przy wzroście emisji przypadającej na jeden pojazd do 1,2 g/milę, jednocentowa wartość tej emisji (0,012 g/milę) stanowi już 20% wzrost emisji dla standardu obowiązującego w 2003 roku, dla którego graniczna emisja węglowodorów wynosi 0,062 g/milę. W związku z powyższym, Kalifornijska Rada ds. Zasobów Powietrza (CARB – *California Air Resources Board*) proponuje zastosowanie w normie OBD II dodatkowych wymagań kontroli systemu PCV. Propozycja CARB dotyczy stanów uszkodzeń, które w największym stopniu przyczyniają się do przepływu składników szkodliwych do atmosfery. Należy do nich brak połączenia w systemie między skrzynią korbową a przewodem dolotowym od strony zaworu PCV. Tego rodzaju uszkodzenie jest przyczyną znacznego wzrostu emisji (tj. HC = 1,2 g/milę).

Kolejnym uszkodzeniem systemu może być odłączony przewód świeżego powietrza albo zablokowany zawór PCV, lecz nie ma wymagania ich kontroli. Wynika to z faktu, że odłączenie przewodu dostarczającego świeże powietrze między filtrem powietrza a skrzynią korbową nie wpłynie znacząco na wzrost emisji, co jest związane z oczyszczaniem tych składników przez zawór PCV. Zawór przyczynia się do powstania podciśnienia w skrzyni korbowej i do zassania świeżego powietrza przez przewód odpowietrzający zamiast uwolnienia par do atmosfery. Zablokowanie zaworu PCV nie spowoduje przepływu składników szkodliwych do atmosfery chyba, że przewód dostarczający świeże powietrze będzie odłączony. Zablokowanie tego zaworu spowoduje zwiększenie ciśnienia w skrzyni korbowej i skierowanie gazów wynikających z przedmuchów do filtra powietrza, a następnie do silnika. Ze względu na trudności w określeniu rozłączenia przewodu świeżego powietrza i ze względu na małe prawdopodobieństwo wystąpienia obu usterek w tym samym czasie, nie będzie wymagane wykrycie tych rodzajów uszkodzeń. Konieczne będzie tylko wykrycie nieszczelności systemu występującego między skrzynią korbową a zaworem PCV i między zaworem PCV a przewodem dolotowym (pary mogą ulatniać się przez otwór wylotowy zaworu PCV). Drugie wymienione uszkodzenie może być przyczyną ulatniania się powietrza, które ma znaczenie dla istniejącej strategii systemu kontroli ilości powietrza na biegu jałowym albo systemu sterowania ilością dostarczanego paliwa.

Nieszczelność systemu między skrzynią korbową a zaworem PCV może być trudna do wykrycia przy obecnie stosowanych monitorach i może wymagać urządzeń umożliwiających weryfikację stanu połączenia. Takim elementem może być, np. przełącznik ciśnienia, który zapewnia przepływ czynnika między skrzynią korbową a zaworem PCV. Aby ułatwić producentom dostosowanie się do wymogów przepisów normy OBD II, będą oni zwolnieni z zapewnienia wykrycia nieszczelności między skrzynią korbową a zaworem PCV, jeżeli zawór ten będzie zamocowany prawidłowo i bezpośrednio do pokrywy skrzyni korbowej albo pokrywy zaworów za pomocą, np. połączenia gwintowego. Powstające nieszczelności

często mają miejsce w czasie prac obsługi, w których zdejmowane są jednocześnie: zespół zaworu PCV i przewód odpowietrzający. Uszkodzenia wynikające z ponownej instalacji przewodu mogą być przy obecnej strategii kontroli łatwo określone, podczas gdy wykrycie nieszczelności wynikającej z nieprawidłowej instalacji zaworu PCV może być trudniejsze do zrealizowania.

Zgodnie z propozycją kolejnych edycji normy OBD II, realizacja tych przepisów rozpocznie się od modelu 2000 aż do modelu 2002 roku odpowiednio dla 30–60–100% pojazdów. Niewielka liczba producentów będzie zwolniona z procentowego wymogu fazy zastosowania przepisów normy pod warunkiem całkowitego ich osiągnięcia dla modelu 2002 roku. Zawór PCV dla większości konstrukcji systemów jest prawidłowo zamocowany do pokrywy zaworów albo skrzyni korbowej. Producenci powinni jedynie zapewnić kontrolę połączenia między zaworem PCV a przewodem dolotowym. Niektórzy z producentów zastosowali ją w części swoich modeli pojazdów. Uzyskany okres realizacji postanowień normy pozwoli wytwórcom na zastosowanie niezbędnych zmian w systemie.

5. Zakończenie

W obecnej formie norma EOBD/OBD II nie zawiera szczegółowych wymagań dotyczących kontroli systemu przewietrzania skrzyni korbowej, co wynika zarówno z braku elektronicznych elementów składowych jak i z niewielkiej ilości usterek spowodowanych przez system. Ze względu jednak na ciągłe zmniejszanie się bezwzględnych wartości granicznej emisji składników emitowanych przez silnik, kontrola działania systemu PCV staje się koniecznością. Dlatego też Kalifornijska Rada ds. Zasobów Powietrza w normie OBD II zaproponowała kontrolę tego systemu.

Do zalet systemu przewietrzania skrzyni korbowej i kontroli poprawności działania należą:

- zmniejszenie poziomu emisji składników toksycznych przez skierowanie gazów spalinowych ze skrzyni korbowej do przewodu dolotowego silnika zamiast do otoczenia,
- utrzymywanie stałej wartości podciśnienia w skrzyni korbowej,
- zmniejszenie okresu styku szkodliwych gazów z olejem silnikowym, w wyniku czego zapobiega się utlenianiu oleju i w konsekwencji zmianie jego własności,
- wykrycie niesprawności w systemie przewietrzania w krótkim czasie, które powoduje, że skrócony jest okres pomiędzy wystąpieniem usterki a jej naprawą.

Symbole i oznaczenia

CARB	<i>California Air Resources Board</i> – Kalifornijska Rada ds. Zasobów Powietrza
98/69 EC	dyrektywa Europejskiej Komisji Gospodarczej dotycząca badań emisji składników toksycznych w pojazdach realizowanych na hamowni podwoziowej
EOBD	<i>European On – Board Diagnostics</i> – europejski pokładowy system diagnozowania pojazdów
EPA	<i>Environment Protection Agency</i> – Urząd Ochrony Środowiska w USA
FTP – 75	<i>Federal Test Procedure</i> – federalny test jezdny w USA
HC	<i>Hydrocarbons</i> – węglowodory
HD-D	<i>Heavy Duty Diesel</i> - duże, wysilone silniki o zapłonie samoczynnym
I/M	<i>Inspection/Maintenance</i> – test badanie/obsługa

MIL	<i>Malfunction Indicator Lamp</i> – świetlny sygnalizator uszkodzenia systemu kontroli (lampka na desce rozdzielczej o znormalizowanym kształcie sygnalizująca wystąpienie uszkodzenia i częściowo jego rodzaj)
NEDC	<i>New European Driving Cycle</i> – nowy europejski cykl jezdny Zmodyfikowany test ECE R83 z natychmiastowym poborem spalin
OBD	<i>On – Board Diagnostics</i> – pojazdowa diagnostyka pokładowa Zespół programowo i sprzętowo realizowanych procedur i testów umożliwiających na bieżąco wykrywanie w czasie ruchu niesprawności poszczególnych systemów pojazdu
OBD I	<i>On – Board Diagnostics I</i> – pokładowy system diagnozowania pierwszej generacji Metody diagnostyki pokładowej stosowanej przez producentów w celu wykrycia niesprawności, np. systemu elektronicznego pojazdów do 1996 roku w USA, a w Europie do 2000 roku
OBD II	<i>On – Board Diagnostics II</i> – pokładowy system diagnozowania drugiej generacji Norma zastosowana w USA przez EPA mająca na celu wykrywanie emisyjnie krytycznych uszkodzeń pojazdów we wczesnym stadium ich rozwoju
PCV	<i>Positive Crankcase Ventilation</i> – termin oznaczający system przewietrzania skrzyni korbowej Nazwa ta jest przeznaczona również dla zaworu przewietrzania skrzyni korbowej, który jest elementem składowym tego systemu, a którego zadaniem jest sterowanie przepływem gazów ze skrzyni korbowej do przewodu dolotowego i ilością dostarczanego do niej powietrza
SHED	<i>Sealed Housing Evaporative Determination</i> – test parowania węglowodorów z pojazdu (z nie pracującym silnikiem)
UDC	<i>Urban Driving Cycle</i> – miejski europejski cykl jezdny będący składową testu ECE R83

Literatura

- [1] AVL Consulting and Information: „Current and Future Exhaust Emissions Legislations”. AVL List GmbH, Graz 8.04.2001.
- [2] Cross R. H.: Aneks IV audytorium Kalifornijskiej Rady ds. Zasobów Powietrza. 2000.
- [3] Kollman K., Bachschmid R, Thom R, Puchas Ch.: Die neuen Vierventil-Ottomotoren für die mittlere Baureihe von Mercedes-Benz. *Motortechnische Zeitschrift* nr 10, 1992.
- [4] Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, tom 1 i 2, Poznań 1998.
- [5] Sauter H. L., Trautmann P.: Messung und Abscheidung von Ölnabelaerosolen aus der Kurbelgehäuseentlüftung von Verbrennungsmotoren. *Motortechnische Zeitschrift* nr 12, 2000.
- [6] Schneider P.: Zentrale Druckversorgung im Fahrzeug. *Automobiltechnische Zeitschrift* nr 10, 2000.

PROBLEMS CONCERNING OF CRANKCASE VENTILATION AT CONTEXT OF AN EOBD/OBD II SYSTEM

Summary. The paper presents issues which are connected with construction and operation of a positive crankcase ventilation system (PCV) for the spark-ignition engine. The author of this article has also described the present and future requirements of the EOBD/OBD II norm, which concern of control these systems. There are also legal requirements concerning of research of the PCV systems in European Union, what it helps define their place and importance in a complete diagnostic of a vehicle and an exhaust engine. This diagnostic is considered as regards toxic emission from the engine. There are future changes in the USA regulations regarding these systems in the paper as well. The author concentrated on certification research methods of the On – Board Diagnostics systems.