

Jerzy MERKISZ
Piotr MOLIK
Jacek PIELECHA

PTNSS–2013–SC–030

Concept test of research exhaust emissions for passenger cars in real traffic conditions

Abstract: This paper presents the preliminary concept research to develop the test used in the measurement of emissions in real traffic conditions for passenger vehicles. Work based on the lack of legal solutions for determining the environmental performance of light vehicles – as opposed to heavy-duty vehicles for which such regulations have specified. The elaboration is to compare the emission test used in clinical approval of passenger cars, while the synthesis of the results obtained under different conditions road tests. The intention is to develop a test for assessing the ecological vehicle in real traffic conditions, where restrictions will only drive type (gasoline engine, diesel engine, hybrid vehicle), which is consistent with the requirements of the certification tests. The result should be the foundation for the development of the test in terms of: the duration, to determine the operating conditions and vehicle and proposals for emission limit values.

Keywords: *exhaust emissions, road tests, passenger cars*

Koncepcja testu badawczego emisji spalin dla samochodów osobowych w rzeczywistych warunkach ruchu

Streszczenie: W artykule przedstawiono wstępną koncepcję opracowania testu badawczego wykorzystywanego w pomiarach emisji spalin w rzeczywistych warunkach ruchu dla pojazdów osobowych. Podstawą podjęcia pracy był brak rozwiązań prawnych, dotyczących określania poziomu ekologiczności pojazdów lekkich – w przeciwieństwie do pojazdów ciężkich, dla których takie regulacje już określono. Podstawą opracowania będzie porównanie testów emisyjnych wykorzystywanych w badaniach homologacyjnych samochodów osobowych, a jednocześnie synteza wyników uzyskanych w różnych warunkach badań drogowych. Zamierzeniem jest opracowanie testu, umożliwiającego ocenę ekologiczną pojazdu w rzeczywistych warunkach ruchu, gdzie ograniczeniami będzie tylko rodzaj napędu (silnik ZI, ZS, pojazd hybrydowy), co jest zgodne z wymaganiami badań homologacyjnych. Efektem powinny być założenia do opracowania testu pod względem: czasu trwania, określenia warunków pracy silnika i pojazdu oraz propozycji dopuszczalnych wartości emisji spalin.

Słowa kluczowe: *emisja spalin, testy drogowe, samochody osobowe*

1. Wstęp

Producenci silników spalinowych są obligowani do projektowania jednostek napędowych charakteryzujących się jak najlepszymi wskaźnikami ekologicznymi oraz wysokimi parametrami użytkowymi. Konieczne jest więc rozwijanie i udoskonalanie technik pomiarowych, które pozwolą uzyskiwać niezbędne informacje do prowadzenia prac rozwojowych i koncepcyjnych w sposób szybki, tani i powtarzalny [4, 14]. W ostatnich latach znacząco wzrosła popularność stosowania pomiarów silników spalinowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Najnowsze wyniki badań prowadzonych w rzeczywistych warunkach ruchu wykazują, że niektóre składniki emisji spalin są emitowane w większej ilości w porównaniu z testami przeprowadzonymi na stacjonarnych stanowiskach hamownianych [2, 13]. W związku z tym zauważalna jest tendencja pomiarów emisji w warunkach odzwierciedlających rzeczywistą eksploatację pojazdów [1, 6, 7, 12, 15, 16].

2. Przedstawienie problemu

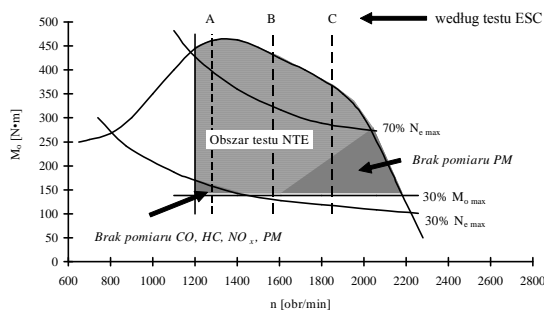
Pomiary stężenia związków szkodliwych z samochodów osobowych odbywają się podczas badań homologacyjnych przeprowadzanych na hamowni podwoziowej, podczas badań drogowych w rzeczywistych warunkach ruchu oraz na stacjach kontroli pojazdu. Badania homologacyjne wykonywane na hamowni podwoziowej odbywają się według ściśle określonych procedur i są stosowane wyłącznie dla nowych samochodów osobowych. Zadaniem testów homologacyjnych NEDC (*New European Driving Cycle*) oraz amerykańskiego FTP (*Federal Test Procedure*) jest kontrola w warunkach ustalonego profilu prędkości, spełnienia przez pojazd wymagań ekologicznych [3, 11]. Badania drogowe pojazdów osobowych pod względem emisji spalin nie są unormowane prawnie w przeciwieństwie do pojazdów ciężarowych, dla których jest opracowany test badawczy NTE (*Not to Exceed*) – test nieprzekraczania wartości dopuszczalnych [5, 8]. Ustala on obszar pracy silnika, w któ-

rym emisja nie może przekraczać określonych limitów (tab. 1).

Tabela 1. Wartości dopuszczalne w teście emisji jednostkowej w warunkach pozatestowych dla pojazdów ciężkich [9]

Zanieczyszczenie	Wartość dopuszczalna [mg/(kW·h)]
CO	2000
HC	220
NO _x	600
PM	16

Test NTE odbywa się podczas rzeczywistej eksploatacji i jest dedykowany do oceny emisji związków toksycznych spalin z silników przeznaczonych do napędu pojazdów ciężarowych. Cechą charakterystyczną tego testu jest wyznaczone pole pracy silnika pojazdu ciężarowego. Emisja z poza obszaru testu nie jest brana pod uwagę.



Rys. 1. Przykład testu NTE dla pracy silnika przy prędkości obrotowej mniejszej od 2400 obr/min [11]

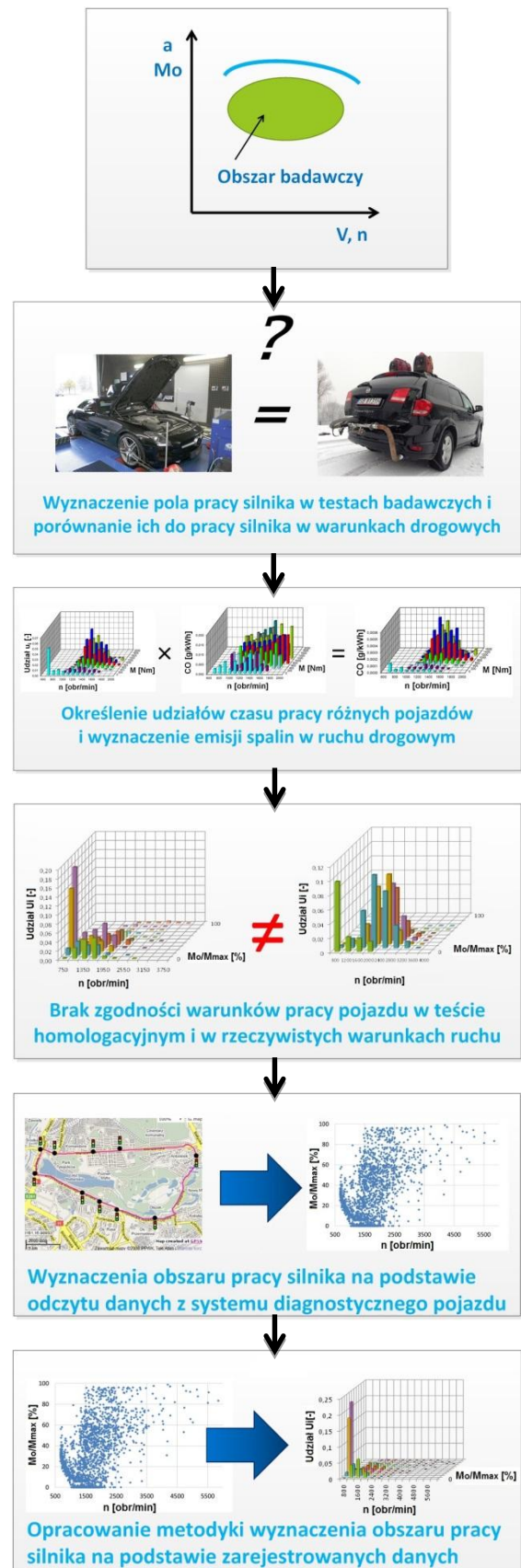
3. Koncepcja opracowania testu badawczego dla pojazdów osobowych

Brak sprecyzowanych unormowań prawnych skłonił autorów artykułu do poszukiwania koncepcji stworzenia testu do oceny emisji związków szkodliwych z samochodów osobowych w rzeczywistych warunkach ruchu.

Koncepcja opracowania testu toksyczności spalin wykonywanego w rzeczywistych warunkach ruchu dla pojazdów osobowych powinna opierać się następujących przesłankach (rys. 2):

- wyznaczenia jednego spójnego obszaru pracy silnika dla wszystkich pojazdów osobowych, w taki sposób aby w największym stopniu odpowiadał najczęstszemu warunkom ruchu; przy niemożliwości wyznaczenia jednego wspólnego obszaru powinien istnieć podział na różne klasy pojazdów o różnych napędach przy zastosowaniu pewnych kryteriów wspólnych (np. silniki ZI i ZS bez podziału na sposób zasilania silnika);

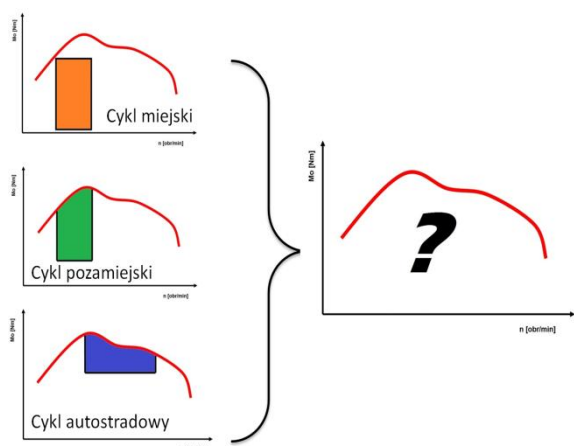
- określeniu parametrów mierzonych podczas testów drogowych i uzyskiwanych wskaźnikach emisji.



Rys. 2. Schemat blokowy budowy testu pomiaru emisji dla samochodów osobowych w warunkach drogowych

Aby spełnić przedstawione ogólne wymagania odnośnie testu badawczego, proponuje się realizację następujących punktów algorytmu:

1. Wyznaczenie pola pracy silnika (we współrzędnych prędkość obrotowa–obciążenie) w testach badawczych (np. NEDC) i porównanie uzyskanego pola z polem pracy w najczęściej występujących warunkach pracy pojazdów osobowych; z podziałem na różne odcinki pomiarowe: jazda miejska, pozamiejska, autostradowa (rys. 3). Pole pracy silnika powinno być scharakteryzowane przez co najmniej dwa parametry (prędkość obrotową i obciążenie silnika), dostępne do określenia np. z wykorzystaniem danych z wewnętrznej sieci informatycznej pojazdów. Trudnością jest tu opracowanie wskaźnika obciążenia, gdyż w pojazdach osobowych pokładowy system diagnostyczny udostępnia jedynie pomocniczy parametr, jakim jest obciążenie silnika przy danej prędkości obrotowej wyrażone procentowo [10]. Efektem powinien być wydzielony obszar pracy silnika, który powinien podlegać testowi, tzn. tylko z tego obszaru powinny być brane pod uwagę pomiary toksyczności spalin w warunkach drogowych.



Rys. 3. Wyznaczenie pola pracy silnika wykorzystywane go podczas testu

2. Wyznaczenie udziału czasu pracy silnika (lub pojazdu) w testach homologacyjnych (np. NEDC lub FTP), np. w odniesieniu do pola pracy silnika (współrzędne n - M) lub pola pracy pojazdu (współrzędne V - a), a następnie wyznaczenie najważniejszych obszarów pracy silnika (lub pojazdu) odpowiedzialnych za największe wartości emisji drogowej związków szkodliwych. Na podstawie doświadczenia – przeprowadzonych badań w rzeczywistych warunkach ruchu [6, 7, 8,] szacuje się, że zgodność emisji związków szkodliwych w teście NEDC i warunkach rzeczywistych nie będzie zadowalająca. Efektem tego etapu powinna być propozycja ustalania czasu trwania badań drogowych – testu drogowego. Jedną z możliwości jest też ustalenie go w jednostkach względnych (np. w stosunku

do określonego parametru pracy silnika (lub pojazdu) [12].

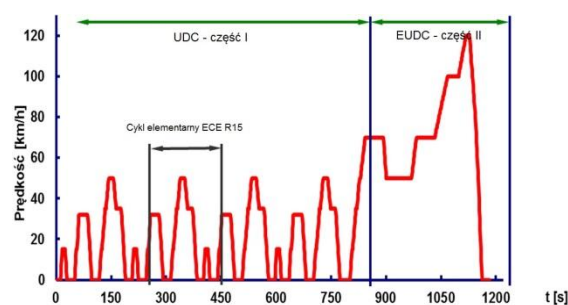
3. Wykonanie badań weryfikacyjnych (przy znajomości zakresu pracy silnika – według wyników punktu 1, oraz czasu trwania testu – według wyników punktu 2) na różnych pojazdach osobowych i ich klasach emisyjnych, polegających na potwierdzeniu poprawności przyjętych założeń odnośnie testu badawczego.

4. Wykonanie modyfikacji założeń koncepcji testu badawczego, w przypadku wniosków negatywnych z postępowania według punktu 3.

5. Próba ustalenia wartości określających maksymalne wartości emisji w badaniach drogowych dla różnych emisyjnych pojazdów. Limity te mogą być ustalone jako wskaźniki emisji danego związku szkodliwego lub jako krotności zwiększenia w stosunku do wartości norm emisji.

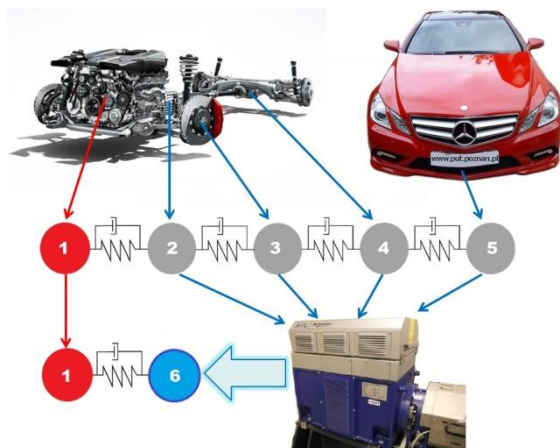
4. Stan zaawansowania prac

Pierwszą próbą wyznaczenia testu przeznaczonego do unormowania pomiarów wykonywanych w rzeczywistych warunkach ruchu dla samochodów osobowych było porównanie pola pracy silnika podczas testu homologacyjnego NEDC oraz dla przykładowego badania pojazdu w warunkach rzeczywistych. W tym celu przeprowadzono procedurę testu NEDC (rys. 4) wykorzystując silnik zamontowany na stacjonarnym stanowisku hamownianym wyposażonym w hamulec dynamiczny. Hamulec dynamiczny połączony z nowoczesnym oprogramowaniem daje możliwość obciążenia samego silnika analogicznie do testu przeprowadzanego dla całego pojazdu z wykorzystaniem hamowni podwoziowej. Idea działania silnikowego stanowiska hamownianego z hamulcem dynamicznym została przedstawiona na rysunku 5.



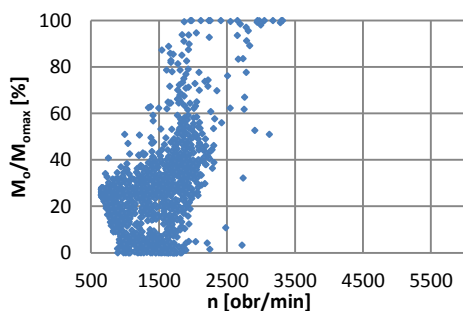
Rys. 4. Podwoziowy test homologacyjny NEDC [1]

W celu porównania wykonano przejazd samochodem osobowym marki Fiat Panda z silnikiem ZS MultiAir 1.3, spełniającym wcześniej zaprogramowane parametry techniczne opisujące pojazd. Podczas przejazdu odczytywano parametry opisujące pracę silnika z wykorzystaniem skanera diagnostycznego AMX 550.

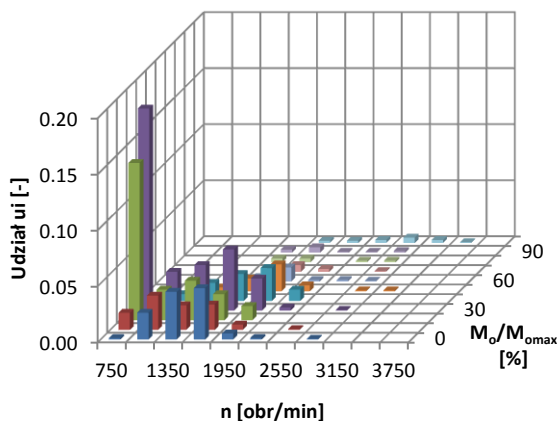


Rys. 5. Schemat przedstawiający zasadę działania hamulca dynamicznego: 1 – silnik, 2 – skrzynia biegów, 3 – koła, 4 – dyferencjał, 5 – nadwozie, 6 – hamulec dynamiczny

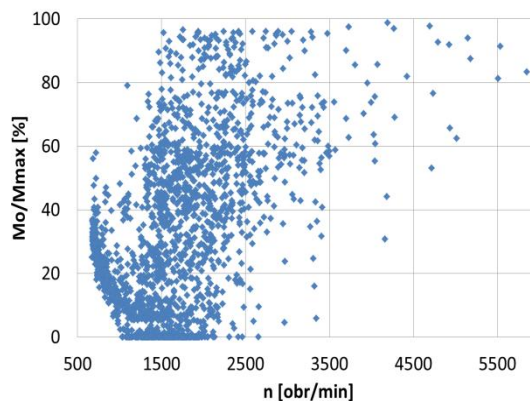
Na podstawie zapisanych danych podczas odtworzenia procedury homologacyjnej NEDC oraz pomiarów drogowych wyznaczono obszary pracy silnika. Porównanie pola pracy silnika w obu przypadkach nie było zadowalające, a dalszym etapem było wyznaczenie obciążenia względnego każdego z punktów pracy silnika dla odwzorowanego testu NEDC (rys. 6 i 7) oraz dla warunków testu drogowego (rys. 8 i 9).



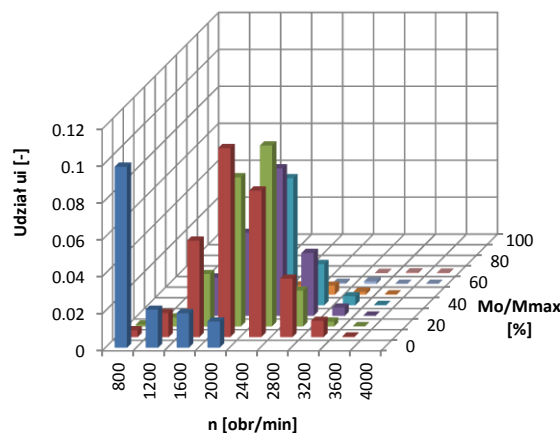
Rys. 6. Odczytane punkty pracy silnika podczas testu NEDC



Rys. 7. Warunki pracy silnika podczas testu NEDC



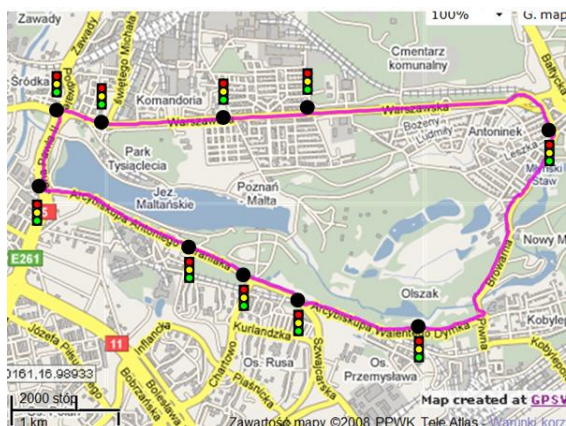
Rys. 8. Odczytane punkty pracy silnika podczas przejazdu



Rys. 9. Punkty pracy silnika podczas rzeczywistej eksploatacji

Po przeanalizowaniu pól pracy oraz udziałów dla poszczególnych punktów pracy można zauważyć duże różnice między wynikami, a zarazem niezgodność warunków pracy pojazdu w teście homologacyjnym i w rzeczywistych warunkach ruchu. Brak możliwości przeniesienia punktów pracy silnika z testu NEDC było przyczyną do poszukiwania innego sposobu wyznaczenia wspólnego obszaru pracy silnika dla samochodów osobowych.

Kolejną możliwością badań było wyznaczenie obszaru pracy silnika na podstawie odczytu danych z systemu diagnostycznego pojazdu oraz poszukiwanie wspólnego charakterystycznego obszaru dla wszystkich pojazdów osobowych. Dla dokładniejszego porównania wyznaczono trasę badawczą (rys. 10), która była połączeniem cyklu miejskiego oraz pozamiejskiego. Jednakowa trasa będzie skutkować równym charakterem przejazdu oraz zbliżonym czasem jego trwania. Podczas badań dokonywano zapisu parametrów pracy silnika z wykorzystaniem skanera diagnostycznego AMX550. Uzyskane dane zebrano z możliwie największej liczby samochodów osobowych (z silnikami ZS, ZI oraz pojazdów hybrydowych).



Rys. 10. Przykładowa trasa przejazdu, wykorzystywana podczas badań

W dalszej kolejności zostaną wykonane badania na różnych trasach – odcinkach testowych, z których zostanie wybrany najbardziej odpowiedni do zastosowań zgodnych z koncepcją testu badawczego dla pojazdów osobowych. Autorzy artykułu mają świadomość przedstawionego jedynie pewnego fragmentu z całości prac, jednakże założenia początkowe na tym etapie koncepcji mogą być dostosowywane do warunków i możliwości technicznych realizowanego zadania.

Nomenclature/Skróty i oznaczenia

a	acceleration/przyspieszenie
CO	carbon oxide/tlenek węgla
FTP	Federal Test Procedure/federalny test jezdny w USA
HC	hydrocarbons/węglowodory
M_o	engine torque/moment obrotowy silnika
n	engine speed/prędkość obrotowa silnika
NEDC	New European Driving Cycle/nowy europejski test jezdny

5. Podsumowanie

Przedstawiona koncepcja badań pojazdów osobowych pod kątem ich emisji w rzeczywistych warunkach ruchu nie ma odpowiednika w regulacjach prawnych. Podjęcie tego tematu było wynikiem wprowadzenia w regulacjach europejskich podobnych badań jedynie dla pojazdów ciężarowych, a jednocześnie nabytych doświadczeń w badaniach emisji w rzeczywistych warunkach ruchu różnych środków transportu.

Realizacja tak podjętego zadania może być wykorzystana przy opracowaniu wytycznych do testów toksyczności spalin zawartych w regulacjach prawnych, a jednocześnie być wskazaniem na możliwości oceny ekologicznej pojazdów w trakcie ich eksploatacji. Jest to inny sposób oceny stanu technicznego pojazdów, charakteryzujący się szczegółową oceną emisyjności pojazdu, która może być wykonywana równoległe do procedur emisyjnych na stacjach kontroli pojazdu.

Możliwość stworzenia normatywów emisji dla pojazdów osobowych o różnych klasach emisyjnych oraz różnych przebiegach eksploatacyjnych może stanowić podstawę do określania współczynników pogorszenia (stanu emisyjnego) pojazdu eksploatowanego w różnych warunkach drogowych i klimatycznych.

NO_x	nitrogen oxide/tlenki azotu
NTE	Not to Exceed/test nieprzekraczania wartości dopuszczalnych emisji (USA)
PM	Particulate Matter/cząstki stałe
ZI	silnik o zapłonie iskrowym
ZS	silnik o zapłonie samoczynnym
V	vehicle speed/prędkość pojazdu

Bibliography/Literatura

- [1] Bonnel P., Weiss M., Provenza A.: In-use emissions requirements in the new and future European motor vehicle emissions regulations: state of play. 8th Annual SUN Conference, Ann Arbor 2011.
- [2] Bougher T., Khalek I.A., Trevitz S., Akard M.: Verification of a gaseous Portable Emissions Measurement System with a laboratory system using the Code of Federal Regulations Part 1065. SAE Technical Paper Series 2010-01-1069, 2010.
- [3] Chłopek Z.: Some remarks on engine testing in dynamic states. Combustion Engines, No. 4, 2010.
- [4] Jinghong Yu, Hosni E., Haskell J.: Application of Fuel and Cost Efficient Steering Technology – Variable Displacement Pump – to SUV/SUTS. World Automotive Congress Fisita, F2010-A-032, Budapest 2010.
- [5] Johnson K.C., Durbin T.D., Cocker D.R., Miller J.W., Agama R.J., Moynahan N.: On-Road Evaluation of a PEMS for Measuring Gaseous In-Use Emissions from a Heavy-Duty Diesel Vehicle. SAE Technical Paper Series 2008-01-1300, 2008.
- [6] Merksiz J., Pielecha J.: Exhaust Emissions during Cold Start Gasoline and Diesel Engine from Passenger Cars. Combustion Engines, No. 3, 2011.
- [7] Merksiz J., Pielecha J.: The on-road exhaust emissions characteristics of SUV vehicles fitted with diesel engines. Combustion Engines, No. 2, 2011.

-
- [8] Merkisz J., Pielecha I., Pielecha J.: Gaseous and PM Emission from Combat Vehicle Engines during Start and Warm-Up. SAE Technical Paper Series 2010-01-2283, 2010.
- [9] Merkisz J., Pielecha J., Radzimirski S.: Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej. WKŁ, Warszawa 2012.
- [10] Ortenzi F., Costagliola M.A.: A New Method to Calculate Instantaneous Vehicle Emissions using OBD Data. SAE Technical Paper Series 2010-01-1289, 2010.
- [11] Regulations Commission: Regulation No 582/2011 of 25 May 2011 implementing and amending Regulation No 595/2009 of the European Parliament and of the Council with respect to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and amending Annexes I and III to Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, 2011.
- [12] Rubino L., Bonnel P., Hummel R., Krasenbrink A., Manfredi U., De Santi G., M Perotti, Bomba G., PEMS Light Duty Vehicles Application: Experiences in downtown Milan. SAE Technical Paper Series 2007-24-0113, 2007.
- [13] Schwenger C., Wagner U., Spicher U.: Investigation of the Inflow Behavior of a Diesel Particulate Filter Using Laser-Optical Measurement Techniques During Soot Loading and Filter Regeneration with the Aim of Improving these Processes. THIESEL Conference on Thermo- and Fluid Dynamic Processes in Diesel Engines, Valencia 2010.
- [14] Seger J.P.: Vehicle Integration for US EPA 2010 Emissions and Lowest Cost of Ownership. SAE Technical Paper Series 2010-01-1956, 2010.
- [15] Steininger N.: Automotive particulate emissions in European legislation: state of the art and developments to come. 13th ETH Conference on Combustion Generated Particles, Zurich 2009.
- [16] Wei Q., Rooney R.: The On-Board PM Mass Calibration for the Real-Time PM Mass Measurement. SAE Technical Paper Series 2010-01-1283, 2010.

Mr Jerzy Merkisz, DEng. – Professor in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

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



Mr Jacek Pielecha, DSc., DEng. – Doctor in the Faculty of Machines and Transport at Poznan University of Technology.

Dr hab. inż. Jacek Pielecha – adiunkt na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



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

Mgr inż. Piotr Molik – doktorant na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

