

Jerzy MERKISZ, Jacek PIELECHA, Remigiusz JASIŃSKI

EKOLOGICZNA OCENA SAMOCHODÓW OSOBOWYCH W DROGOWYCH TESTACH EMISYJNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono ocenę ekologiczną samochodów osobowych, którą dokonano na podstawie opracowanego testu, używanego do pomiaru emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu. W stosowanych modelach całkowitej emisji spalin z transportu, wskaźniki emisji zanieczyszczeń są przyjmowane na podstawie wartości dopuszczalnych, określonych w normach emisji spalin. W takim przypadku wyniki uzyskane z modeli matematycznych są jedynie wartościami, których zastosowanie jest ograniczone do wartości teoretycznych. Konieczne jest zatem poszukiwanie nowych możliwości oceny emisji spalin pojazdów. Rozwiązaniem przedstawionego zagadnienia są pomiary wykonywane w rzeczywistych warunkach ruchu pojazdów, w których wykorzystywane są przenośne systemy pomiaru emisji zanieczyszczeń. Badania prowadzone na Politechnice Poznańskiej z użyciem tej metody są próbą odpowiedzi na pytania dotyczące rzeczywistej emisji zanieczyszczeń, ich zmienności odpowiadające zmieniającym się parametrom pracy silników i pojazdów. Przedstawione wyniki badań oraz wyznaczone wskaźniki uzyskano na podstawie kilkuletnich pomiarów zanieczyszczeń z pojazdów o różnej klasie emisyjnej oraz różnych parametrach technicznych i technologicznych.

WSTĘP

Podstawowym czynnikiem prowadzącym do rozwoju technologii we wszystkich gałęziach przemysłu jest konieczność zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Transport jest jednym z najbardziej dynamicznie zmieniających się dziedzin gospodarki, w szczególności ze względu na ciągle zmieniające się poziomy emisji spalin. Obecnie zwiększony nacisk kładzie się na pomiary emisji spalin z silników spalinowych pojazdów, szczególnie w rzeczywistych warunkach ich pracy. Pomiary te znacznie lepiej odzwierciedlają wpływ spalin na środowisko niż tylko testy stacjonarne symulujące rzeczywiste warunki pracy stosowane dotychczas.

Samochody osobowe podlegają corocznej (w najlepszym przypadku) kontroli technicznej na stacji kontroli pojazdów, jednak kontrola ta jest przeprowadzana przy ograniczonym (znacznie mniejszym niż w rzeczywistym ruchu) obszarze pracy silnika. Ocena efektywności środowiskowej pojazdów może być również przeprowadzona na hamowni podwoziowej, ale ta metoda jest wykorzystywana tylko w badaniach homologacyjnych. Propozycja testów z wykorzystaniem przenośnych systemów pomiarowych jest uniwersalnym rozwiązaniem, ponieważ może być stosowana do pojazdów o różnym zastosowaniu. Nowatorskim podejściem przedstawionym w artykule jest propozycja wskaźników emisji spalin, które odzwierciedlają spełnienie lub przekroczenie normy emisji spalin.

1. BADANIA DROGOWE

Badania emisji zanieczyszczeń mogą być przeprowadzane podczas badań homologacyjnych oraz w badaniach drogowych, w których mierzona jest emisja drogowa zanieczyszczeń. Odmienne do tego typu pomiarów, na stacji kontroli pojazdów mierzone jest tylko stężenie spalin, na podstawie którego to pomiaru, nie można określić emisji drogowej (ani natężenia emisji) zanieczyszczeń [16]. Pomiary emisji zanieczyszczeń podczas homologacji są wykonywane na hamowni podwoziowej, według ściśle określonych procedur i są wykorzystywane wyłącznie dla porównywania nowych samochodów osobowych. W cyklach jezdnych, m.in. NEDC (*New European Driving Cycle*), WLTC (*Worldwide harmonized Light vehicles Test*

Cycle) i FTP-75 (*Federal test Procedure*) badania homologacji typu (dotyczące emisji spalin) ocenia się zgodności wymagań środowiskowych na podstawie uzyskanej emisji drogowej [4, 5].

Najnowsze badania dotyczące emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu wykonywane z wykorzystaniem urządzeń przenośnych [2] bardzo dobrze odzwierciedlają stan ekologiczny pojazdów. Najwięcej uwagi zwraca się na możliwość wykorzystania takich badań do kalibracji jednostek napędowych [1], w taki sposób aby ograniczyć emisję zanieczyszczeń nie tylko podczas testu badawczego, ale także w całym zakresie pracy silników [10]. Badania porównawcze przeprowadzone w laboratoriach [6] wskazują na spełnianie limitów emisji podczas eksploatacji pojazdów z silnikami benzynowymi, natomiast wskazuje się także, że pojazdy z silnikami Diesla znacznie przekraczają dopuszczalną emisję tlenków azotu [9, 18-20]. Zwraca się uwagę na znaczną emisję cząstek stałych, głównie w zakresie nanocząstek z silników spalinowych zasilanych również paliwami alternatywnymi (np. gazem ziemnym) [14, 17] oraz uzależnienie wyników badań m.in. od topografii terenu [12]. Wyniki takich badań nie są obecnie jednostkowe, ale znajdują potwierdzenie w artykułach, które dotyczą kilkuletnich badań [3] oraz całościowych podsumowań badań pojazdów w rzeczywistych warunkach ruchu [7, 8].

Dokładne procedury badawcze emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu (RDE – *Real Drive Emission*) nie zostały jeszcze uchwalone (w odróżnieniu do pojazdów ciężarowych, dla których takie uwarunkowania już funkcjonują), jednakże istnieją propozycje, które obecnie są analizowane przez główne ośrodki badawcze w Europie. Propozycje te różnią się między sobą, m.in. sposobem wyznaczania emisji drogowej zanieczyszczeń, oraz metodyką badań uwzględniającą np. pomiar emisji drogowej węglowodorów. W propozycjach badawczych uwzględnia się przede wszystkim metodykę opartą na:

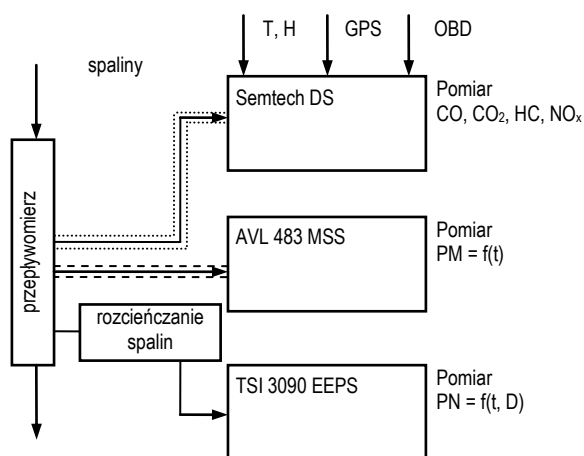
- a) wykorzystaniu „uśrednionych okien pomiarowych” (MAW – *Moving Averaging Window*), gdzie kryterium jest wartość emisji drogowej dwutlenku węgla wyznaczona w teście WLTC; wartości emisji drogowej zanieczyszczeń wyznacza się w przedziałach czasu (oknach pomiarowych) dla przedziałów prędkości jazdy pojazdu charakteryzujące warunki jazdy, w których ocenia się zgodność z przyjętą wartością dopuszczalną;

b) wykorzystaniu histogramu znormalizowanej mocy pojazdu; dla każdego przedziału tak wyznaczonej względnej mocy wyznacza się emisję drogową zanieczyszczeń w podziale na różne zakresy prędkości pojazdu charakteryzujące warunki jazdy.

2. METODYKA BADAŃ

2.1. Aparatura badawcza

Pomiarów emisji zanieczyszczeń dokonano w rzeczywistych warunkach jazdy; podejście takie wymagało zamontowania układu poboru spalin na pojeździe w sposób umożliwiający jego normalną eksploatację. W tym celu wykonano układ poboru spalin, który połączony z układem pomiaru natężenia przepływu spalin stanowił system częściowego poboru próbki spalin do analizatorów pomiarowych. Na rysunku 1 przedstawiono schemat połączeń urządzeń pomiarowych, a na rysunku 2 – przykłady pojazdów z zamontowaną aparaturą do przeprowadzenia badań w rzeczywistych warunkach ruchu.



Rys. 1. Schemat połączeniowy urządzeń pomiarowych wykorzystanych do badań

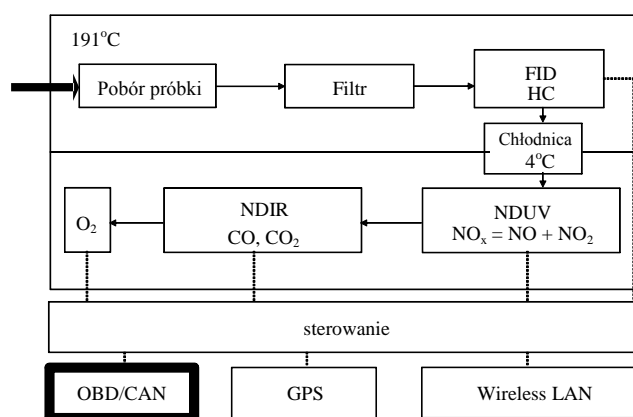


Rys. 2. Pojazdy z zainstalowaną aparaturą do pomiaru emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu (przykład)

Do pomiarów stężenia związków szkodliwych w spalinach wykorzystano mobilny analizator Semtech DS firmy Sensors (*Sensors EMISSION TEChnology*) (tab. 1, rys. 3). Umożliwił on pomiar związków szkodliwych – CO, CO₂, HC oraz NO_x. Do jednostki centralnej analizatora doprowadzono dodatkowo dane bezpośrednio przesyłane z systemu diagnostycznego pojazdu oraz wykorzystano sygnał lokalizacji GPS. Informacje zawarte w publikacjach z zakresu wykorzystania mobilnych analizatorów spalin [2, 9] w powiązaniu z danymi rejestrowanymi z pokładowych systemów diagnostycznych potwierdzają celowość podjęcia oceny emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu z wykorzystaniem takiej aparatury pomiarowej.

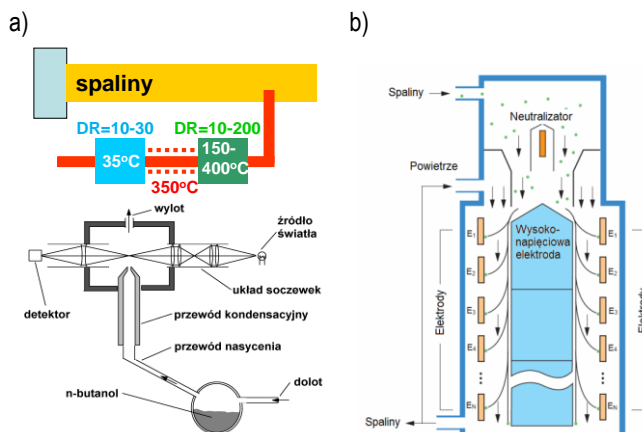
Tab. 1. Charakterystyka mobilnego analizatora Semtech DS z odczytem systemu transmisji danych

Parametr	Metoda pomiaru	Dokładność
1. Stężenie związków w spalinach		
CO	NDIR, zakres 0–10%	±3% zakresu pomiaru
HC	FID, zakres 0–10 000 ppm	±2,5% zakresu pomiaru
NO _x = (NO + NO ₂)	NDUV, zakres 0–3000 ppm	±3% zakresu pomiaru
CO ₂	NDIR, zakres 0–20%	±3% zakresu pomiaru
O ₂	PMD, zakres 0–20%	±1% zakresu pomiaru
2. Przepływ spalin	masowe natężenie przepływu	±2,5% zakresu pomiaru
3. Czas nagrzewania	900 s	
4. Czas odpowiedzi	T90 < 1 s	
5. Systemy diagnostyczne	OBD, OBD-2	



Rys. 3. Schemat mobilnego analizatora Semtech-DS z zaznaczonymi układami dodatkowymi

Natomiast do pomiaru masy cząstek stałych (rys. 4) posłużył mobilny analizator AVL 483 Micro Soot Sensor. Do pomiaru liczby cząstek stałych wykorzystano licznik cząstek stałych AVL 439, a do pomiaru rozkładu wielkości cząstek stałych – spektrometr masowy 3090 EEPS firmy TSI Incorporated.



Rys. 4. System pomiarowy wykorzystany do badań emisji cząstek stałych: a) licznik cząstek stałych AVL 439, b) spektrometr masowy TSI EEPS 3090 do pomiaru rozkładu średnicowego cząstek stałych

2.2. Obiekty badań

Przedstawione wyniki badań emisji zanieczyszczeń są efektem 9-letnich prac związanych z badaniem pojazdów osobowych w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego. Wykonano je na grupie ponad 150 samochodów osobowych o zróżnicowanych parametrach technicznych. Badaniom poddano pojazdy zasilane silnikami benzynowymi, Diesla, o różnej objętości silników (od 1,3 dm³ do 3,0 dm³) oraz z uwzględnieniem różnych układów oczyszczania spalin. Prezentowane dane w artykule w części wyników odnoszących się do badań drogowych odnoszą się do samochodów osobowych o zróżnicowanym przebiegu (od 20 000 km do 500 000 km) i różnych parametrach technicznych (różne układy zasilania benzyną i olejem napędowym). Wyniki podzielono w ramach kategorii emisyjnej Euro 4, Euro 5 oraz Euro 6 nie zamieszczając wyników dla pojazdów o niższej klasie emisyjnej. Wyniki drogowej emisji zanieczyszczeń uszeregowano od wartości najmniejszej do największej i podano wartości mediany oraz wartości ekstremalne (odrzucono wartości, które uzyskano w warunkach niespełniających wymogów testów badawczych).

2.3. Sposób prowadzenie badań

Proponuje się więc wprowadzenie wskaźnika emisji oznaczającego krotność zwiększenia (lub zmniejszenia) emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu w stosunku do testu homologacyjnego. Wskaźnik taki, dla danego związku szkodliwego, zdefiniowano następująco:

$$k_j = \frac{E_{rzecz,j}}{E_{NEDC(FTP-75, WLTC),j}} \quad (1)$$

gdzie:

- j – związek szkodliwy, dla którego określono wskaźnik emisji,
- E_{rzecz} – natężenie emisji uzyskane w warunkach rzeczywistych, g/s,
- E_{NEDC} – natężenie emisji uzyskane w teście homologacyjnym, g/s.

Wskaźniki emisji (odnoszące się do poszczególnych zanieczyszczeń) najczęściej można obliczyć jako wartość odnoszącą się do całego testu badawczego, czyli jako stosunek emisji zanieczyszczenia w teście drogowym wykonywanym w rzeczywistych warunkach ruchu do wartości normatywnej. Warunki, w jakich wykonywane były testy drogowe cechowały się następującymi właściwościami:

- czas trwania testu – nie krócej niż 90 minut;
- 33% udziału czasu warunków miejskich, w których prędkość pojazdu nie przekraczała 50 km/h;
- 33% udziału jazdy pozamiejskiej – przedział prędkości pojazdu z zakresu 50–90 km/h;
- 33% udziału jazdy autostradowej – prędkość z zakresu 90–130 km (nie powinna przekraczać 140 km/h).

Takie warunki pracy pojazdu – wyrażone w jednostkach prędkości bezwzględnej – niekoniecznie muszą odpowiadać tożsamym warunkom pracy silnika. W związku z tym określono również wymogi stawiane jednostkom napędowym pojazdów:

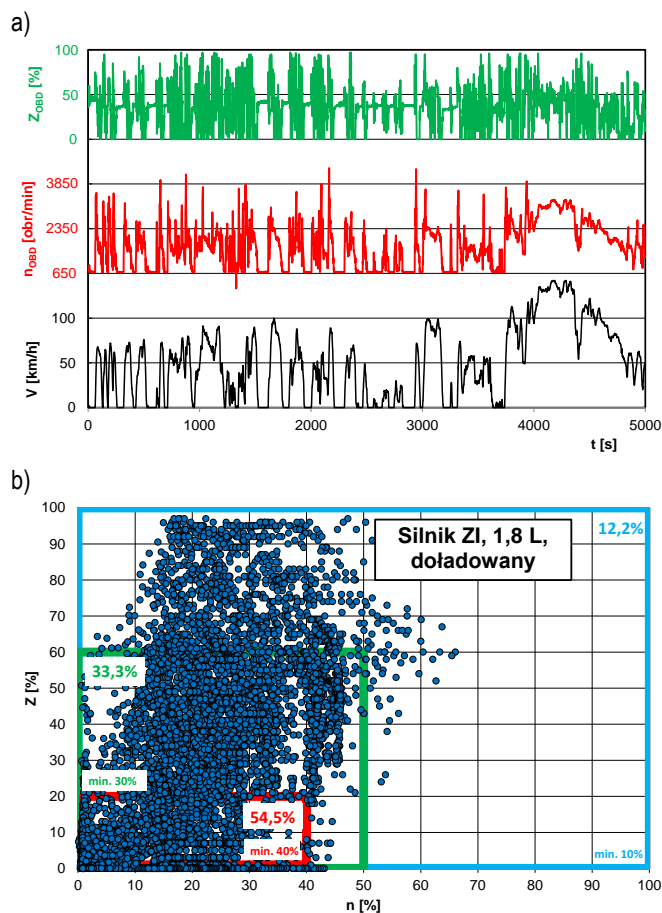
- a) w stosunku do silników benzynowych:
 - 40-procentowy minimalny udział warunków pracy silnika w obszarze względnej prędkości obrotowej, zdefiniowanej jako:

$$n_{wz} = \frac{n - n_{min}}{n_{max} - n_{min}} \quad (2)$$

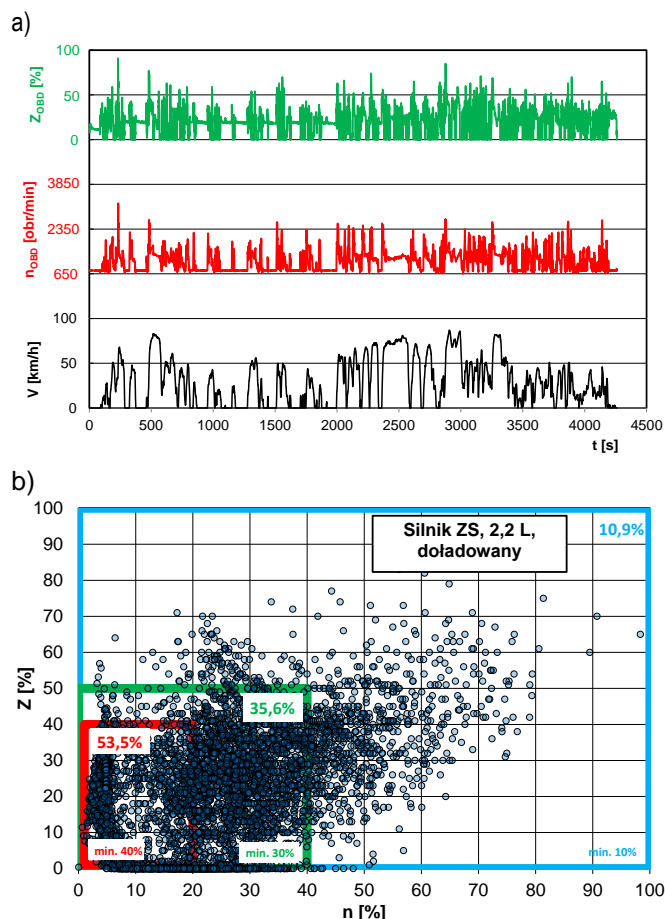
z zakresu n_{wz} = 0–40% oraz względnego obciążenia z zakresu Z = 0–20%;

- 30-procentowy minimalny udział warunków pracy silnika w obszarze względnej prędkości obrotowej n_{wz} = 0–50% oraz względnego obciążenia z zakresu Z = 0–60%, z wyłączeniem z niego obszaru wcześniej zdefiniowanego;
- 10-procentowy minimalny udział warunków pracy silnika w obszarze względnej prędkości obrotowej n_{wz} = 0–100% oraz względnego obciążenia z zakresu Z = 0–100%, z wyłączeniem z niego obszarów poprzednio zdefiniowanych;
- b) w stosunku do silników Diesla:
 - 40-procentowy minimalny udział warunków pracy silnika w obszarze względnej prędkości obrotowej z zakresu n_{wz} od 0% do 20% oraz względnego obciążenia z zakresu Z = 0–40%;
 - 30-procentowy minimalny udział warunków pracy silnika w obszarze względnej prędkości obrotowej n_{wz} = 0–40% oraz względnego obciążenia z zakresu Z = 0–50%, z wyłączeniem z niego obszaru wcześniej zdefiniowanego;
 - 10-procentowy minimalny udział warunków pracy silnika w obszarze względnej prędkości obrotowej n_{wz} = 0–100% oraz względnego obciążenia z zakresu Z = 0–100%, z wyłączeniem z niego obszarów poprzednio zdefiniowanych.

Na rysunku 5 i 6 przedstawiono przykładowe wyniki testów drogowych z zachowaniem wymaganych pól pracy silników: silnika benzynowego spełniającego powyższe wymagania (rys. 5), oraz częściowych wyników pojazdu zasilanego silnikiem Diesla, który również takie wymogi spełniał (rys. 6).



Rys. 5. Warunki pracy pojazdu z silnikiem benzynowym w testach drogowych – punkty pracy silnika na charakterystyce względnej prędkości obrotowej i obciążenia

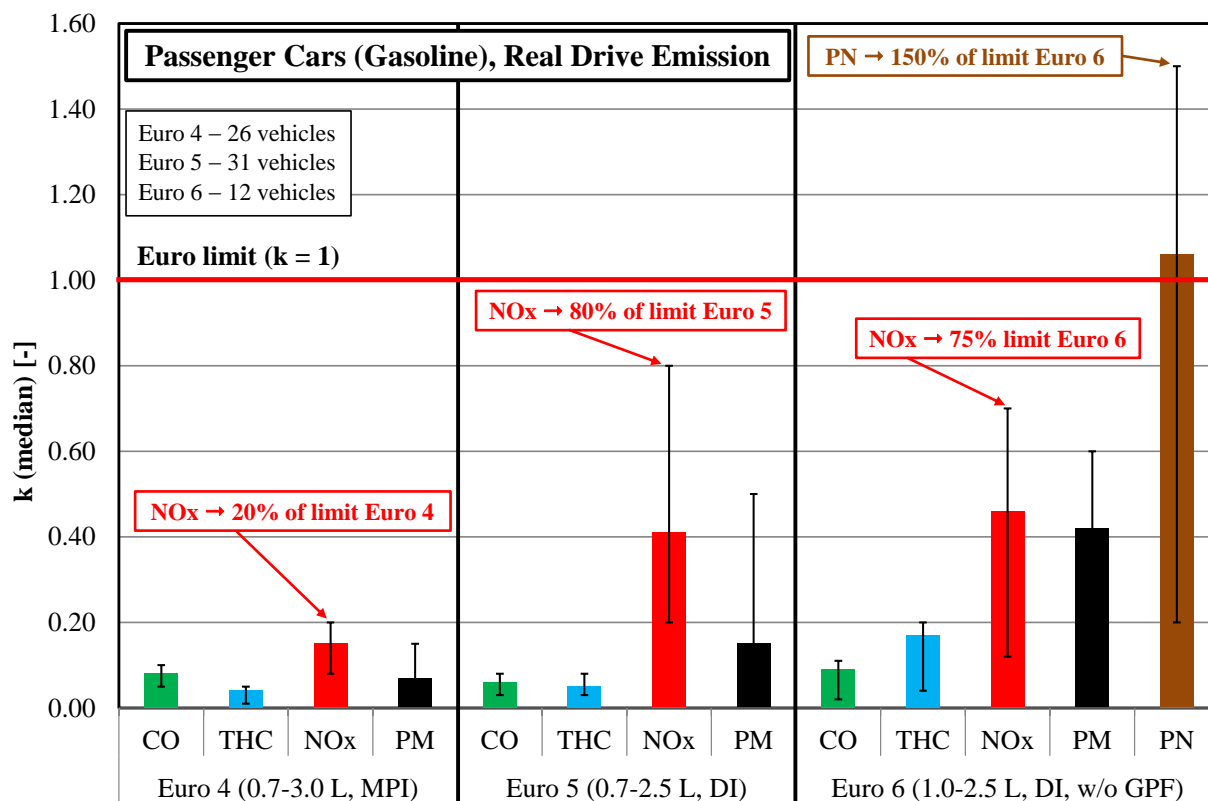


Rys. 6. Warunki pracy pojazdu z silnikiem Diesla w testach drogowych – punkty pracy silnika na charakterystyce względnej prędkości obrotowej i obciążenia

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

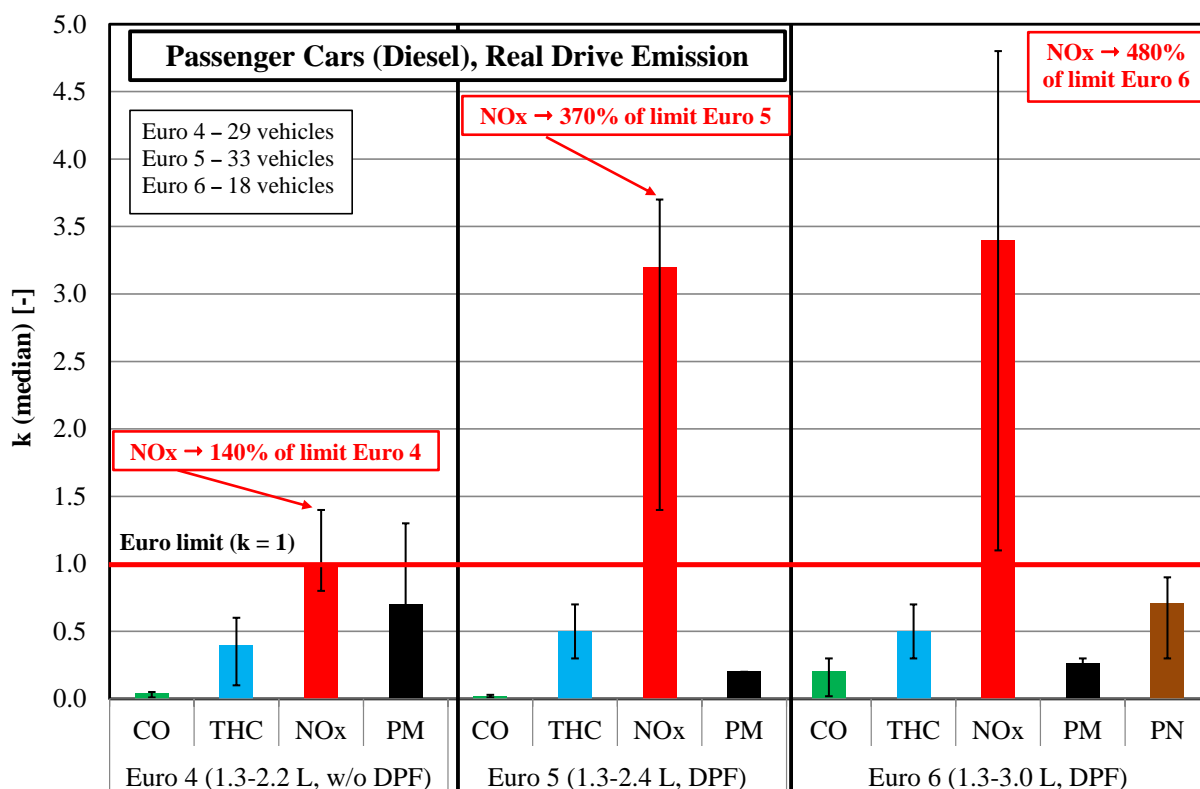
W testach drogowych uzyskane wartości wskaźników korekcyjnych emisji drogowej zanieczyszczeń były następujące:

- a) dla samochodów osobowych zasilanych silnikami benzynowymi (rys. 7):
 - spełniających normę Euro 4 (badano pojazdy o objętości skokowej od 0,7 do 3,0 dm³ o wielopunktowym wtrysku paliwa): wskaźnik emisji drogowej tlenku węgla k_{CO} zawierał się w granicach 0,05–0,1 przy wartości mediany równej 0,08; mediana wskaźnika emisji węglowodorów k_{HC} wynosiła 0,04, natomiast wskaźnik emisji tlenków azotu k_{NOx} zawierał się w granicach od 0,08 do 0,2 (mediana wynosiła 0,15), a wskaźnik korekcyjny emisji cząstek stałych nie przekraczał wartości 0,15, przy medianie wynoszącej 0,07 (jako wartość dopuszczalną emisji cząstek stałych przyjęto wartość 5 mg/km – taką samą jak dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 5);
 - spełniających normę Euro 5 (badano pojazdy o objętości skokowej od 0,7 do 2,5 dm³ o bezpośrednim wtrysku paliwa): wskaźnik emisji drogowej tlenku węgla k_{CO} zawierał się w granicach 0,03–0,08 przy wartości mediany równej 0,06; mediana wskaźnika emisji węglowodorów k_{HC} wynosiła 0,05 (przy wartościach granicznych – minimalnej i maksymalnej wynoszących, odpowiednio 0,03 i 0,08), natomiast wskaźnik emisji tlenków azotu k_{NOx} zawierał się w granicach od 0,2 do 0,8 (mediana wynosiła 0,41), a wskaźnik korekcyjny emisji cząstek stałych nie przekraczał wartości 0,5 (mediana wynosiła 0,15); dla pojazdów o klasach emisyjnych Euro 4 i Euro 5 nie stwierdzono żadnych przekroczeń emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu w stosunku do normy emisji spalin;



Rys. 7. Wartości wskaźników korekcyjnych emisji zanieczyszczeń samochodów osobowych wyposażonych w silniki benzynowe o klasie emisyjnej Euro 4, Euro 5 oraz Euro 6 (dane na podstawie 69 pojazdów)

- spełniających normę Euro 6 (badano pojazdy o objętości skokowej od 1,0 do 2,5 dm³ o bezpośrednim wtrysku paliwa, bez filtra cząstek stałych dla silników benzynowych): mediana wskaźnika emisji drogowej tlenku węgla k_{CO} to wartość 0,09 (przy wartościach skrajnych 0,02 i 0,11); mediana wskaźnika emisji węglowodorów k_{HC} wynosiła 0,17 (przy wartościach granicznych – minimalnej i maksymalnej wynoszących odpowiednio, 0,04 i 0,2), a wskaźnik emisji tlenków azotu k_{NOx} zawierał się w granicach od 0,12 do 0,7 (przy medianie wynoszącej 0,46); natomiast wskaźnik korekcyjny emisji masowej cząstek stałych k_{PM} nie przekraczał wartości 0,6 (mediana wynosiła 0,42); odmiennie kształtowała się wartość współczynnika korekcyjnego liczby cząstek stałych, mediana wynosiła 1,06 (przy wartościach ekstremalnych wynoszących 0,2 i 1,5); dla pojazdów zasilanych silnikami benzynowymi o klasie emisyjnej Euro 6 stwierdzono przekroczenie emisji liczby cząstek stałych w stosunku do normy emisji spalin o wartość przekraczającą maksymalnie 50% (maksymalna wartość wskaźnika korekcyjnego to 1,5).
- b) dla samochodów osobowych zasilanych silnikami Diesla (rys. 8):
 - spełniających normę Euro 4 (badano pojazdy o objętości skokowej od 1,3 do 2,2 dm³ bez filtra cząstek stałych): wskaźnik emisji drogowej tlenku węgla k_{CO} zawierał się w granicach 0,01–0,05 przy wartości mediany równej 0,04; mediana wskaźnika emisji węglowodorów k_{HC} wynosiła 0,4, natomiast wskaźnik emisji tlenków azotu k_{NOx} zawierał się w granicach od 0,8 do 1,4 (maksymalne przekroczenie emisji tlenków azotu o 40% w stosunku do normy; mediana wynosiła 1,0), wskaźnik korekcyjny emisji cząstek stałych nie przekraczał wartości 1,3, przy medianie wynoszącej 0,7 (a więc przekroczenie wartości emisji dopuszczalnej o 30%);
 - spełniających normę Euro 5 (badano pojazdy o objętości skokowej od 1,3 do 2,4 dm³ z filtrem cząstek stałych); wskaźnik emisji drogowej tlenku węgla k_{CO} zawierał się w granicach 0,01–0,03 przy wartości mediany równej 0,02; mediana wskaźnika emisji węglowodorów k_{HC} wynosiła 0,5 (przy wartościach granicznych – minimalnej i maksymalnej wynoszących, odpowiednio 0,3 i 0,7), natomiast wskaźnik emisji tlenków azotu k_{NOx} zawierał się w granicach od 1,4 do 3,7 (mediana wynosiła 3,2 – przekroczenie emisji tlenków azotu ponad 3-krotnie w stosunku do normy Euro 5), wskaźnik korekcyjny emisji masowej cząstek stałych nie przekraczał wartości 0,2 (mediana wynosiła 0,15); dla tej klasy emisyjnej największe przekroczenie to emisja tlenków azotu – ponad 3-krotnie;
 - spełniających normę Euro 6 (badano pojazdy o objętości skokowej od 1,3 do 3,0 dm³ z filtrem cząstek stałych): mediana wskaźnika emisji drogowej tlenku węgla k_{CO} to wartość 0,2 (przy wartościach skrajnych 0,02 i 0,3); mediana wskaźnika emisji węglowodorów k_{HC} wynosiła 0,5 (przy wartościach granicznych – minimalnej i maksymalnej wynoszących odpowiednio, 0,3 i 0,7), a wskaźnik emisji tlenków azotu k_{NOx} zawierał się w granicach od 1,1 do 4,8 (przy medianie wynoszącej 3,4); natomiast wskaźnik korekcyjny emisji masowej cząstek stałych k_{PM} nie przekraczał wartości 0,3 (mediana wynosiła 0,26); podobnie kształtowała się wartość współczynnika korekcyjnego liczby cząstek stałych, mediana wynosiła 0,71 (przy wartościach ekstremalnych wynoszących 0,3 i 0,9); dla pojazdów zasilanych silnikami Diesla o klasie emisyjnej Euro 6 stwierdzono znaczne przekroczenie emisji tlenków azotu w stosunku do normy emisji spalin o wartość przekraczającą ponad 3,5-krotnie (maksymalna wartość wskaźnika korekcyjnego to 4,8).



Rys. 8. Wartości wskaźników korekcyjnych emisji zanieczyszczeń samochodów osobowych wyposażonych w silniki Diesla o klasie emisyjnej Euro 4, Euro 5 oraz Euro 6 (dane na podstawie 80 pojazdów)

PODSUMOWANIE

W testach drogowych wskaźniki korekcyjne – w zależności od masy własnej pojazdu i stosowanych rozwiązań technicznych – wynoszą dla silników benzynowych dla klasy emisyjnej Euro 4 i 5 do $k_f = 0,8$ dla wszystkich składników spalin. Natomiast dla pojazdów o klasie emisyjnej Euro 6 zasilanych benzyną z bezpośrednim wtryskiem paliwa uzyskane wartości wskaźników korekcyjnych emisji cząstek stałych (pod względem liczby cząstek stałych) przekraczają wartości uzyskiwane w testach homologacyjnych. W testach drogowych średnia wartość wskaźnika korekcyjnego emisji drogowej liczby cząstek stałych wynosiła $k_{PN} = 1,06$ (przy wartości maksymalnej około 1,5).

Inaczej kształtują się wartości wskaźników korekcyjnych dla pojazdów zasilanych silnikami Diesla: w testach drogowych: wykazano, że wartości wskaźników korekcyjnych emisji tlenu węgla i węglowodorów są mniejsze od 1 (spełniona jest norma toksyczności spalin), natomiast dla emisji drogowej tlenków azotu uzyskano wartości z przedziału $k_{NOx} = 0,7-4,8$ (podano tutaj wartości skrajne). Również taka sytuacja dotyczy określania emisji cząstek stałych (pod względem masowym wskaźniki korekcyjne zawierały się w przedziale $k_{PM} = 0,2-1,3$, a pod względem liczbowym $k_{PN} = 0,3-0,9$).

Prowadzone badania i wyznaczone wartości wskaźników emisyjnych pozwoliły na ocenę ekologiczną pojazdów różnych klas emisyjnych, a jednocześnie posłużyły do działań wyprzedzających ograniczanie wybranych zanieczyszczeń z pojazdów osobowych.

BIBLIOGRAFIA

- Bergmann D., *Developing the technology innovation process for further emissions reduction*. Presented at the 6th Integer Diesel Emissions Conference and Diesel Exhaust Fluid Forum, Atlanta 2013.
- Bougher T., Khalek I., 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 Paper Series 2010-01-1069, 2010, doi:10.4271/2010-01-1069.
- Chen Y., Borcken-Kleefeld J., *Real-driving emissions from cars and light commercial vehicles – results from 13 years remote sensing at Zurich*. Atmospheric Environment, 88, 2014, 157–164, doi:10.1016/j.atmosenv.2014.01.
- Commission Regulation (EU) No 459/2012 of 29 May 2012 amending Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 692/2008 as regards emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 6). OJ L 142, 1.6.2012, p. 16–24.
- Commission Regulation (EC) No 692/2008 of 18 July 2008 implementing and amending Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information. OJ L 199, 28.7.2008, p. 1–136.
- Fontaras G., Franco V., Dilara P., Martini G., Manfredi, U., *Development and review of Euro 5 passenger car emission factors based on experimental results over various driving cycles*. Science of the Total Environment, 468-469, 2014, 1034–1042, doi:10.1016/j.scitotenv.2013.09.043.
- Franco V., Kousoulidou M., Muntean M., Ntziachristos L., Hausberger S., Dilara, P., *Road vehicle emission factors development: a review*. Atmospheric Environment, 70, 2013, 84–97, doi:10.1016/j.atmosenv.2013.01.006.
- Franco V., Posada Sánchez F., German J., Mock, P., *White paper: real-world exhaust emissions from modern diesel cars. Part 2: detailed results*. Washington, DC: The International Council on Clean Transportation 2014.
- Ligterink N., Kadijk G., van Mensch P., Hausberger S., Rexeis, M., *Investigations and real world emission performance of Euro 6 light-duty vehicles*. TNO Report, R11891, 2013, 1–53.
- Merkisz J., Jacyna M., Merksiz-Guranowska A., Pielecha J., *Exhaust emissions from modes of transport under actual traffic conditions*. Energy Quest 2014, Ekaterinburg 23-25.04.2014, Russia.
- Merkisz J., Jacyna M., Merksiz-Guranowska A., Pielecha J., *The parameters of passenger cars engine in terms of real drive emission test*. The Archives of Transport, 4 (32), 2014, 43–50, ISSN 0866-9546.
- Merkisz J., Pielecha J., *Real driving emissions – vehicle tests in variable terrain*. Journal of KONES, 22 (1), 2015, 217–225, doi:10.5604/12314005.1161748.
- Merkisz J., Pielecha J., Fuc P., *LDV and HDV vehicle exhaust emission indexes in PEMS-based RDE tests*. Fortschritt-Berichte VDI Verlag, 12, 1 (783), 2015, 240–265. ISBN 978-3-18-378312-0, ISSN 0178-9449.
- Merkisz J., Pielecha J., Jasiński R., *Real driving emissions testing of vehicles powered by compressed natural gas*. Powertrains, Fuel and Lubricants, SAE Paper Series 2015-01-2022, JSAE 20159011, 2015, doi:10.4271/2015-01-2022.
- Merkisz J., Pielecha J., Molik P., *The proposal of RDE test for passenger cars with hybrid drive*. Combustion Engines, PTNSS-2015-3354, 3 (162), 2015, 369–375, ISSN 0138-0346.
- Merkisz J., Pielecha J., Radzimirski S., *New trends in emission control in the European Union*. Springer Tracts on Transportation and Traffic, Vol. 1, 2014, p. 170, doi:10.1007/978-3-319-02705-0.
- Myung C.L., Park S., *Exhaust nanoparticle emissions from internal combustion engines: a review*. International Journal of Automotive Technology, 13, 1, 2012, 9–22, doi:10.1007/s12239-012-0002-y.
- Weiss M., Bonnel P., Hummel R., Manfredi U., Colombo R., Lanappe G., et al., *Analyzing on-road emissions of light-duty vehicles with portable emission measurement systems (PEMS)*. European Commission Joint Research Centre, Technical Report EUR 24697 EN. Publications Office of the European Union 2013.
- Weiss M., Bonnel P., Hummel R., Steininger N., *A complementary emissions test for light-duty vehicles: assessing the technical feasibility of candidate procedures (No. EUR 25572 EN)*. 2013, 1–56. European Commission. JRC Scientific and Policy Reports.
- Weiss M., Bonnel P., Kühlwein J., Provenza A., et al., *Will Euro 6 reduce the NOx emissions of new diesel cars? insights from on-road tests with portable emissions measurement systems (PEMS)*. Atmospheric Environment, 62, 2012, 657–665, http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.056.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF PASSENGER CARS IN ROAD EMISSION TESTS

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. In the applied models of total exhaust emissions from transport, the emission rate is adopted based on maximum admissible values prescribed in an exhaust emission homologation standard. In such a scenario, the results obtained from the models are only estimates, whose applicability may be restricted. It is thus necessary to seek new possibilities to assess vehicle exhaust emissions such as real driving measurements. The measurements are performed under vehicle actual operating conditions and they use the PEMS (Portable Emission Measurement System) equipment. The research carried out at Poznan University of Technology with the use of this method attempts to answer questions regarding the exhaust emissions, their variability and relation to the engine and vehicle operating parameters. The paper presents several vehicles investigated for exhaust emissions under actual traffic conditions – RDE (Real Driving Emissions).

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Jerzy Merkisz** – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel. 61 665 2207, e-mail: jerzy.merkisz@put.poznan.pl

dr hab. inż. **Jacek Pielecha**, prof. PP – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel. 61 665 2118, e-mail: jacek.pielecha@put.poznan.pl

mgr inż. **Remigiusz Jasiński** – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel. 61 665 2118, e-mail: remigiusz.w.jasinski@docotare.put.poznan.pl