

NOWA PROCEDURA PRZEPROWADZANIA BADAŃ EMISJI SPALIN Z POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH Z WYKORZYSTANIEM TESTÓW DROGOWYCH**NEW PROCEDURE OF EXAMINATION OF EXHAUST EMISSION TEST FROM MOTOR VEHICLES WITH THE USE OF ROAD TEST****Artur Jaworski, Hubert Kuszewski, Kazimierz Lejda, Adam Ustrzycki, Maksymilian Mądziel, Dawid Latała***Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza
Aleja Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów*

Until now, passenger cars before getting permission to sell were tested in the laboratory conditions in order to determine the amount of harmful gas compounds emission and average fuel consumption. However, studies have shown that, during real driving, emission results significantly differ from those obtained in the laboratory. For this purpose, the European Commission has created a new procedure for conducting of driving cycle WLTP (World Harmonized Light-Duty Procedure) taking into account road test (Real-Driving Emissions, RDE). The article presents selected results of pollutant emissions research using the HORIBA OBS 2200 road analysis system.

Wstęp

W celu określenia wielkości emisji spalin przez pojazdy samochodowe do września 2017 r. stosowano test NEDC (ang. New European Driving Cycle), który przeprowadzany był wyłącznie w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, co zapewniało pewną powtarzalność i porównywalność uzyskiwanych wyników [7]. Jednakże okazało się, że test NEDC często nie odzwierciedlał sytuacji, która faktycznie występowała podczas jazdy na drogach publicznych [2,4]. W celu poprawy wyników emisji oraz zużycia paliwa, które mają miejsce podczas rzeczywistej jazdy, utworzono nowe procedury przeprowadzania testów jezdnych WLTP (ang. World Harmonized Light-Duty Procedure). Dzięki nowej procedurze, oprócz określenia wielkości emisji podczas kontrolowanych testów jezdnych na hamowni podwoziowej, przeprowadzane są również testy drogowe RDE, z użyciem mobilnych systemów do pomiaru wielkości emisji – PEMS (ang. Portable Emissions Measurement System) [4-6].

1. Test „real-driving emissions”

Test NEDC powstał w 1997 r., określa drogę o długości 11 km, trwa 20 min., natomiast średnia prędkość jazdy podczas jego trwania wynosi 34 km/h [2]. Utrata wiarygodności wyników testu NEDC wynikała z tego, że wraz z upływem lat rozwój samochodów spowodował, że pomijał on pewne ważne kwestie związane z samą charakterystyką pracy pojazdu. Coraz to nowsze modele samochodów posiadały różne wersje wyposażenia, natomiast test ten np. nie uwzględnia włączenia żadnego z akcesoriów dodatkowych samochodu (klimatyzacja, komputer itp.), co zaniża wartości emisji składników spalin. Błędne dla tego testu jest również wymuszenie na każdym z pojazdów takich samych punktów zmiany przełożeń skrzyni biegów oraz to, że stosunek jazdy miejskiej do jazdy w terenie pozamiejskim wynosił odpowiednio 66% do 34% [7,9].

Opisane powyżej kwestie przyczyniły się do opracowania w Unii Europejskiej nowej procedury przeprowadzania testów jezdnych pojazdów – WLTP. Procedura ta rozgranicza 3 typy pojazdów, kategoryzując je względem stosunku mocy do masy. Kolejno dla danego typu pojazdu przeprowadzany jest test jezdny WLTC (ang. Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicle Test Cycle) - światowy zharmonizowany cykl badania pojazdów lekkich, podczas którego mierzona jest emisja gazowych zanieczyszczeń spalin (CO₂, NO_x, THC, CO), cząstek stałych (PM) oraz zużycie paliwa [8,11]. Uzupełnieniem testów na hamowni jest test drogowy RDE, którego zadaniem jest

określenie wielkości emisji szkodliwych składników spalin w warunkach ruchu na drodze. Przeprowadzanie tego typu testów drogowych jest istotne, ponieważ jazda może odbywać się m.in. w zmiennych warunkach ruchu, odmiennych warunkach klimatycznych, czy dla różnych gradientów drogi, co znacząco wpływa na wyniki emisji spalin [3]. Dlatego też z powodu występowania wielu zmiennych oraz dynamiki testu RDE, konieczne było opracowanie wymagań odnośnie kompozycji drogi (równy podział na część miejską, wiejską oraz autostradową), kalibracji oprzyrządowania systemu PEMS, warunków klimatycznych panujących podczas trwania testu oraz dynamiki jazdy (np. dopuszczalny zakres przyśpieszeń), aby wyniki były reprezentatywne oraz miarodajne dla każdej przeprowadzonej próby [10].

1.1. PEMS

Systemy PEMS wyposażone są w następujące czujniki oraz metody pomiaru: detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID) do pomiaru HC, niedispersyjny spektrometr w podczerwieni (NDIR) do pomiaru CO oraz CO₂, niedispersyjny ultrafiolet (NDUV) do pomiaru NO oraz NO₂. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji UE 2017/1151 dopuszczalne odchylenia pomiarów z PEMS zestawione z wynikami z analizatora stacjonarnego (na hamowni podwoziowej) nie powinny być większe niż: 15% dla HC, CO, NO_x, oraz 10% dla CO₂ [1].

PEMS może być zainstalowany w bagażniku testowanego pojazdu, natomiast sensory pomiarowe z przepływomierzem przyłączone są do rury wydechowej. Przewód pobierający próbkę spalin musi być rozgrzany do temperatury 190°C, żeby uniknąć kondensacji węglowodorów. Dodatkowo, do systemu podłączone są czujniki temperatury i wilgotności powietrza otoczenia, jak również nadajnik GPS. Do uzyskania pełnego obrazu wpływu pracy silnika na generowaną emisję, do sterownika ECU pojazdu można podłączyć interfejs OBDII [3,8,10].



Rys. 1. System PEMS – Horiba OBS-2200, zainstalowany w części bagażowej badanego pojazdu

1.2. Wybór drogi testowej

Wybrany do testów odcinek drogi powinien zaczynać się od części miejskiej (prędkość jazdy nie przekracza 60km/h), następnie powinien obejmować część pozamiejską (prędkość jazdy wyższa niż w obszarze miejskim, natomiast nie większa niż 90 km/h) oraz kończyć się częścią autostradową (prędkość wyższa niż 90 km/h). Opisane części drogi powinny być równe, natomiast ich minimalne długości powinny wynosić ok. 16 km. Czas podróży powinien wynieść od 90 do 120 minut. Temperatura otoczenia musi zawierać się w przedziale od 0 do 30°C. Testy drogowe muszą być przeprowadzane w normalnych dniach pracy, z wyłączeniem weekendów [1]. Wymagania odnośnie warunków przeprowadzania testu RDE przedstawiono zbiorczo w tabeli 1.

Tabela 1.

Wymagania oraz warunki brzegowe dla przeprowadzania testów drogowych RDE

Parametr	Wymagane wartości	
Ładunek	<90% ładowności pojazdu (włączając kierowcę, pasażera do obsługi komputera, urządzenia pomiarowe z zasilaczem oraz dodatkowym osprzętem)	
Procent zatrzymań	6%-30% czasu test podczas jazdy w części miejskiej	
Prędkość maksymalna	145 km/h (możliwe 160 km/h max. dla 3% jazdy w części autostradowej)	
Wysokość n.p.m.	Umiarkowana	<700 m
	Rozszerzona	700-1300 m
Temperatura otoczenia	Umiarkowana	0-30 ⁰ C
	Rozszerzona	(niska) -7 ⁰ C-0 ⁰ C oraz (wysoka) 30 ⁰ C-35 ⁰ C
Różnica wysokości	Nie więcej niż 100 m pomiędzy startem a zatrzymaniem	
Włącznie wyposażenia pojazdu	Dowolność użycia taka jak podczas rzeczywistej jazdy, możliwość włączenia klimatyzacji oraz dodatkowych akcesoriów (operacje pracy urządzeń nie są rejestrowane)	
Dynamiczne, graniczne warunki jazdy	Minimum	RPA (względne przyśpieszenie dodatnie)
	Maksimum	95 percentyl iloczynu V*a
Kompozycja drogi	Teren miejski	29%-44% całościowego dystansu
	Teren podmiejski	23%-43% całościowego dystansu
	Teren autostradowy	23%-43% całościowego dystansu
Dystans	Teren miejski	>16 km
	Teren podmiejski	>16 km
	Teren autostradowy	>16 km
Średnia prędkość	Teren miejski	15-40 km/h
	Teren podmiejski	60-90 km/h
	Teren autostradowy	>90 km/h (100 km/h przynajmniej dla 5 min jazdy)
Warunki temp. pojazdu	pierwsze 5 minut trwania testu, tzw. "zimny start" wykluczony z analizy	
Pora pomiaru	normalne dni pracy, w godzinach "pozaszczytowych"	

W tabeli 1 zaznaczono warunki brzegowe określone jako rozszerzone. Oznacza to, że w przypadku ich wystąpienia dla konkretnego przedziału czasu, wszystkie emisje dzieli się przez wartość 1,6, przed dokonaniem ich oceny pod kątem zgodności z wymaganiami rozporządzenia [1].

2. Badania emisji z użyciem systemu pems

Badania z użyciem systemu PEMS (model Horbia OBS-2200), będącym na wyposażeniu Laboratorium Ekologii Motoryzacyjnej Katedry Silników Spalinowych i Transportu na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, przeprowadzono w listopadzie 2017 r.

Zgodnie z przepisami zawartymi w najnowszym Rozporządzeniu Komisji Europejskiej, test RDE rozpoczęto od porównania pomiarów z systemu PEMS ze stacjonarnym systemem analizy spalin AMAi60. Badania przeprowadzono na hamowni podwoziowej zabudowanej w komorze klimatycznej na samochodzie osobowym (rys. 2). Wyniki mieściły się w dopuszczalnych wartościach odchyłek, dlatego też dalsze etapy testu można uznać za poprawne.



Rys. 2. Sonda pomiarowa systemu PEMS podłączona do wylotu spalin badanego pojazdu na hamowni podwoziowej

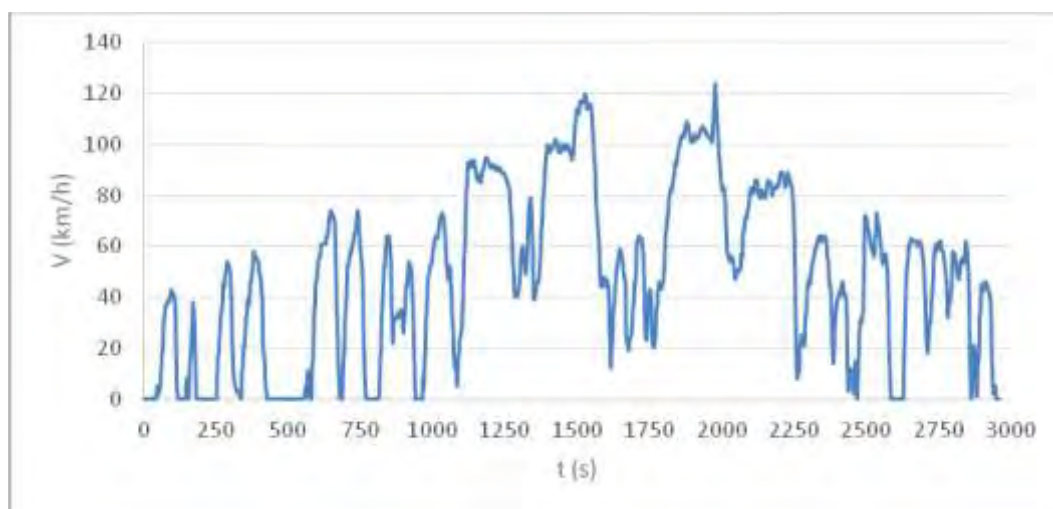
Wykorzystany do badań drogowych pojazd prezentuje rys. 3, natomiast wybraną do testu drogowego trasę oraz zarejestrowany na niej wykres prędkości przedstawiono na rys. 4 i 5.



Rys. 3. Wybrany pojazd badawczy do prób RDE z zabudowanym systemem HORIBA OBS 2200

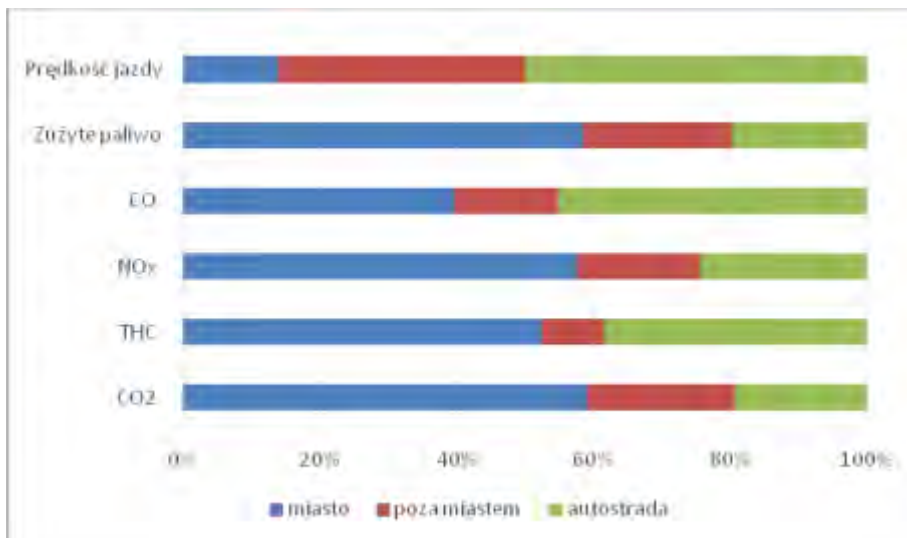


Rys. 4. Mapa z zaznaczonym wybranym odcinkiem drogi



Rys. 5. Wykres prędkości zarejestrowany dla przeprowadzonej próby drogowej

Średnia prędkość jazdy dla poszczególnych części testu drogowego wynosi odpowiednio: część miejska – 28 km/h, część pozamiejska 73 km/h, część autostradowa – 101 km/h. Uzyskane wyniki emisji dla całego testu drogowego przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 6. Rozkład prędkości, zużycia paliwa oraz emisji szkodliwych składników spalin dla poszczególnych części testu RDE

Na podstawie rys. 6 zauważyć można, że najmniejsza prędkość jazdy zarejestrowana została dla części miejskiej testu. Oczywiście ma to związek z panującymi w mieście ograniczeniami prędkości oraz z największym zagęszczeniem ruchu drogowego. Duża liczba przyspieszeń oraz hamowań w części miejskiej przyczyniła się również do największego zużycia paliwa względem pozostałych części. Taki stan rzeczy bezpośrednio rzutował na największą emisję szkodliwych składników spalin. Natomiast najmniejszą emisją szkodliwych składników spalin dla przeprowadzonego testu cechuje się część pozamiejska.

Tabela 2.

Wartości średniej emisji wybranych toksycznych składników spalin dla przeprowadzonego testu RDE

CO ₂ [g/km]	THC [g/km]	NO _x [g/km]	CO [g/km]
112,054	0,109	0,0503	1,491

Według wymagań homologacyjnych badany pojazd powinien spełniać wymagania normy EURO 5 (ograniczenia ilości PM nie obowiązują, ponieważ pojazd posiada silnik z wtryskiem typu MPI). Jak widać z tabeli 2 dopuszczalne wartości emisji tlenku węgla jak i węglowodorów zostały przekroczone, co należy wiązać z odmienną realizacją testu jezdny.

Podsumowanie

W pracy opisano tylko wybrane aspekty przeprowadzania testów RDE. Porównując przedstawione w tabeli 2 wyniki emisji dla badanego pojazdu względem obowiązującej dla niego normy EURO 5, zauważyć można przekroczenie dopuszczalnych wartości dla następujących składników spalin: tlenków węgla (CO) o 49%, a dla węglowodorów (THC) o 9%. Należy zauważyć jednak, że dla badanego samochodu nie był wymagany test RDE z tej racji, że ta procedura nie obowiązywała dla pojazdów spełniających normę EURO 5. Natomiast warto ją przeprowadzać również dla starszych konstrukcji pojazdów, w celu poznania wielkości emisji spalin jakie generują one w warunkach rzeczywistej jazdy.

W rozważaniach należy również zaznaczyć, że testy RDE, jak również systemy analizy spalin PEMS, cechują pewne ograniczenia. Modalny pomiar emisji na drodze w dłuższym przedziale czasu powoduje zwiększenie czasu reakcji analizatora (m.in. poprzez wahania

temperatury otoczenia). W związku z tym pomiary emisji podczas prób drogowych cechują jeszcze większe marginesy błędów (dla NO_x nawet do 20-30%) względem pomiaru emisji na analizatorach stacjonarnych, mimo tego, że analizatory PEMS spełniają podobne wymagania odnośnie dokładności pomiarowej.

Nowa procedura przeprowadzania testów jezdnych WLTP, jak również sam test drogowy RDE, obowiązuje dla wszystkich nowych generacji aut wprowadzonych do sprzedaży po 1 września 2017 r. Obecnie sprzedawane modele pod nowe procedury podlegać będą od 1 września 2018 r, z wyłączeniem testów RDE, które obowiązywać będą od 1 września 2019 r. Wyniki emisji tlenków azotu z testu RDE zestawia się z tzw. współczynnikiem zgodności (ang. conformity factor, skr. CF), który obecnie wynosi wartość 2,1. Oznacza to, że mimo tego, że emisja NO_x z pojazdów przekroczy limit 2,1 razy, to wciąż spełnią one wymagania zawarte w normie. Po 2020 r. współczynnik CF zmaleje do wartości 0,5. Taki stan rzeczy potwierdza to, że wprowadzane procedury, głównie w aspekcie przeprowadzania testów drogowych są wciąż w fazie rozwojowej i wymagają dalszych badań i ulepszeń. To samo dotyczy się analizatorów PEMS, ponieważ obecnie na rynku powstaje coraz więcej firm specjalizujących się w tego typu oprzyrządowaniu.

Literatura

1. Rozporządzenie komisji UE 2017/1151 z dnia 1 czerwca 2017 r. uzupełniające rozporządzenie (WE) nr 715/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie homologacji typu pojazdów silnikowych w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń pochodzących z lekkich pojazdów pasażerskich i użytkowych (Euro 5 i Euro 6).

2. Tietge, U., et al. From laboratory to road: a 2015 update of official and "real-world" fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe. ICCT white paper. (2015).

3. Weiss, M., et al. On-road emissions of light-duty vehicles in Europe. Environ. Sci. Technol. 45, 8575-8581. (2011).

4. Ntziachristos, L., and Galassi, M. Emission Factors for New and Upcoming Technologies in Road Transport. JRC Report. 26952. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC92064/jrc92064_online.pdf (2014).

5. Vlachos, T., et al. In-use emissions testing with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS) in the current and future European vehicle emissions legislation: Overview, underlying principles and expected benefits. SAE Int. J. Commer. Veh. 7 (1), 199-215 (2014).

6. Giechaskiel, B., et al. Feasibility Study on the Extension of the Real Driving Emissions (RDE) Procedure to Particle Number (PN): Chassis Dynamometer Evaluation of Portable Emission Measurement Systems (PEMS) to Measure Particle Number (PN) Concentration: Phase II. Ispra: EU Report. 27451 (2015).

7. Steven, H. Analysis of the WLTP EU in-use database and additional data with respect to dynamic driving behavior parameters. Presented to the RDE Task Force on 25 Feb 2015. Available upon request. (2015).

8. Ligterink, N. E. On-road determination of average Dutch driving behaviour for vehicle emissions. TNO Report 2016 R 10188. TNO - Netherlands Organisation for Applied Scientific Research. Available at https://www.researchgate.net/publication/303809697_Onroad_determination_of_average_Dutch_driving_behaviour_for_vehicle_emissions (2016).

9. Bosteels, D. Real Driving Emissions and Test Cycle Data from 4 Modern European Vehicles. IQPC 2nd International Conference Real Driving Emissions., Düsseldorf, 18 September 2014 http://www.aecc.eu/content/pdf/140918_IQPC%20RDE_AECC.pdf (2014).

10. Vlachos, T. et al. The Euro 6 Real-Driving Emissions (RDE) procedure for light-duty vehicles: Effectiveness and practical aspects. 37th International Vienna Motor Symposium. 28 - 29 April 2016, Vienna (2016).

11. Jaworski A., Lejda K., Mądziel M.: Emission of pollution from motor vehicles with respect to selected solutions of roundabout intersections. Polish Scientific Society of Combustion Engines. Combustion Engines 1 (168), Poznań (2017).