

BAJERLEIN Maciej, RYMANIAK Łukasz, ZIÓŁKOWSKI Andrzej, ŚWIĄTEK Piotr

BADANIA EKOLOGICZNOŚCI POJAZDÓW CIĘŻKICH W RZECZYWISTYCH WARUNKACH RUCHU

Streszczenie

W artykule przedstawiono problem badań ekologiczności pojazdów ciężkich. W pierwszej części pracy szczegółowo omówiono procedury homologacyjne dla pojazdów powyżej 3,5 t obowiązujące w Unii Europejskiej, w odniesieniu do norm Euro I–VI. Wszystkie opisane procedury dotyczą badań stanowiskowych wykonywanych dla samych silników spalinowych, a więc wyniki pomiarów mogą znacznie różnić się od rzeczywistej emisyjności pojazdu ciężarowego. W związku z tym konieczne staje się podjęcie problemu badań w warunkach drogowych i opracowanie odpowiedniej metodyki pomiarów. W artykule przeprowadzono rozważania na temat pomiarów w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Przedstawiono ideę tego typu badań, opisano problem doboru aparatury pomiarowej oraz wymagań jakie musi spełniać, a także uwzględniono sposób doboru przykładowych tras badawczych w aglomeracji poznańskiej.

WSTĘP

Znaczący udział w światowej emisji CO₂ stanowi motoryzacja. Obecnie produkowane silniki spalinowe konstruowane są głównie pod kątem jak najmniejszego zużycia paliwa oraz jak najmniejszej emisji związków toksycznych [3]. Obowiązujące przepisy w zakresie dopuszczalnych wartości emisji oraz sposobu jej pomiaru są inaczej definiowane w różnych regionach świata. Samochody osobowe są badane na hamowniach podwoziowych, natomiast w przypadku pojazdów ciężkich, ze względu na ich gabaryty oraz generowane moce przez silniki spalinowe, pomiary wykonuje się jedynie dla samych jednostek spalinowych na stanowiskach badawczych – dotyczy to przede wszystkim obszaru Unii Europejskiej. W związku z tym normatywy podają graniczne wartości emisji w g/kW·h. Na terenie Unii Europejskiej obowiązuje dla pojazdów ciężkich norma Euro I–VI, która może być uzupełniona limitami normy EEV (*Enhanced Environmentally Friendly Vehicle*). Należy jednak zauważyć, że wyniki badań realizowanych w warunkach laboratoryjnych mogą znacznie różnić się od rzeczywistej emisyjności pojazdu ciężkiego. W związku z tym konieczne jest podjęcie zagadnienia badań w warunkach drogowych i opracowanie metodyki takich pomiarów.

1. PROCEDURY HOMOLOGACYJNE POJAZDÓW CIĘŻKICH OBOWIĄZUJĄCE NA TERENIE UNII EUROPEJSKIEJ

1.1. Procedury dla normy Euro I i II

W przypadku norm Euro I oraz Euro II dla silników spalinowych stosowanych w pojazdach ciężarowych obowiązuje test homologacyjny ECE R49 (rys. 1). Procedura

ECE R49 przewiduje wykonywanie badań w trzynastu fazach na hamowni silnikowej, dla których wyznaczone są odpowiednie udziały (u_i). Pomiar emisji zanieczyszczeń wykonuje się w ściśle określonych warunkach, a wyniki pomiarów przelicza się zgodnie z procedurami zawartymi w normie. Dla każdej fazy pracy należy określić moc użyteczną silnika w zależności od średniej prędkości obrotowej i momentu obrotowego, wyznaczonych z pomiarów przeprowadzonych w ostatnich 60 sekundach trwania każdej z faz. W dalszej kolejności oblicza się emisję jednostkową wyrażoną w $g/(kW \cdot h)$ [1]:

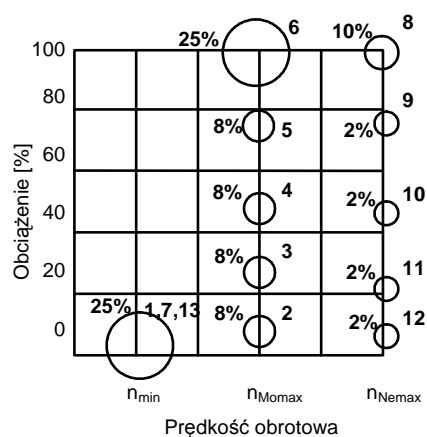
$$e_j = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{j,i} \cdot u_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{e,i} \cdot u_i} \quad (1)$$

gdzie: $N_{e,i}$ – zredukowana moc użyteczna w i -tej fazie [kW], $E_{j,i}$ – emisja uzyskana w danej fazie, u_i – współczynnik udziału pracy w i -tej fazie testu.

Średnią wartość dymienia D_B w j.s.B. oblicza się według wzoru:

$$D_B = \sum_{i=1}^{13} D_{B,i} \cdot u_i \quad (2)$$

gdzie: $D_{B,i}$ – wartość zadymienia spalin w i -tej fazie.

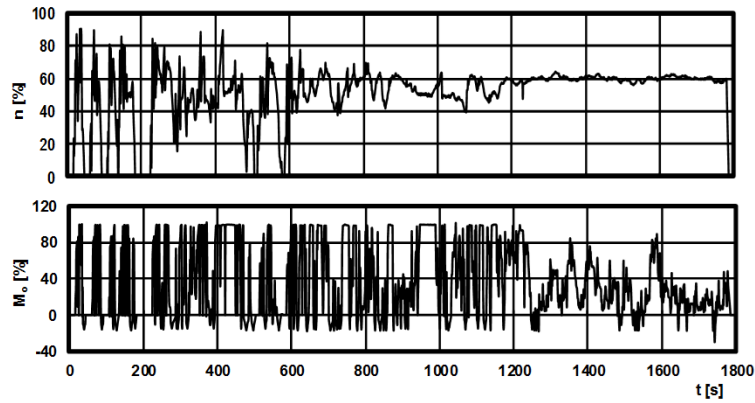


Rys. 1. Schemat cyklu ECE R49 [1]

1.2. Procedury dla normy Euro III–V

Od roku 2000 dla pojazdów homologowanych obowiązuje norma Euro III, która przewiduje stosowanie testów: ETC (*European Transient Cycle*), ESC (*European Stationary Cycle*) oraz ELR (*European Load Response*). Te same procedury obowiązują także dla norm Euro IV i V, a także norm EEV.

Test ETC odwzorowuje rzeczywiste warunki eksploatacji jednostki spalinowej na hamowni silnikowej (rys. 2). W związku z tym został on podzielony na trzy części – jazdę miejską, pozamiejską oraz autostradową. Cały cykl badawczy trwa 1800 s, z czego udział każdego etapu wynosi 600s. Maksymalne prędkości dla każdej z części wynoszą odpowiednio: 50 km/h, 72 km/h i 88 km/h. W procesie homologacji test może być realizowany tylko na hamowni silnikowej, pomimo że w normie istnieją zapisy dotyczące realizacji badań na hamowni podwoziowej.



Rys. 2. Schemat cyklu ETC wykonywanego na hamowni silnikowej [1]

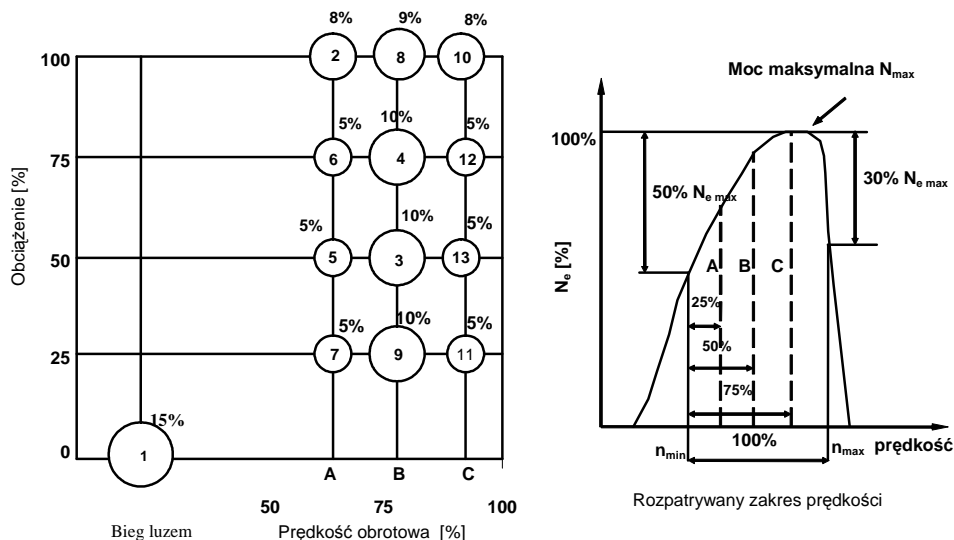
Stacjonarny test ESC, wprowadzony wraz z testem ETC, składa się z trzynastu faz, w których silnik spalinowy musi pracować w określonym czasie (rys. 3). Przejście pomiędzy punktami musi trwać mniej niż 20 s. Prędkość obrotowa wału korbowego powinna być utrzymywana w zakresie ± 50 obr/min, natomiast moment $\pm 2\%$. Emisja zanieczyszczeń wyznaczona w trakcie badań jest uśredniana dla całego cyklu przy wykorzystaniu zestawu współczynników wagowych. Dodatkowo pracownicy dokonujący certyfikacji mogą zażądać wykonania pomiarów w dodatkowych punktach pracy. Prędkości obrotowe wału korbowego, niezbędne do przeprowadzenia pomiaru, określa się w następujący sposób [1]:

- maksymalna prędkość obrotowa (n_{max}) odpowiada 70% $N_{e max}$ badanego silnika;
- minimalna prędkość obrotowa (n_{min}) odpowiada 50% $N_{e max}$ badanego silnika;
- poszczególne prędkości faz A, B, C oblicza się z zależności:

$$A = n_{min} + 0,25 \cdot (n_{max} - n_{min}) \quad (3)$$

$$B = n_{min} + 0,50 \cdot (n_{max} - n_{min}) \quad (4)$$

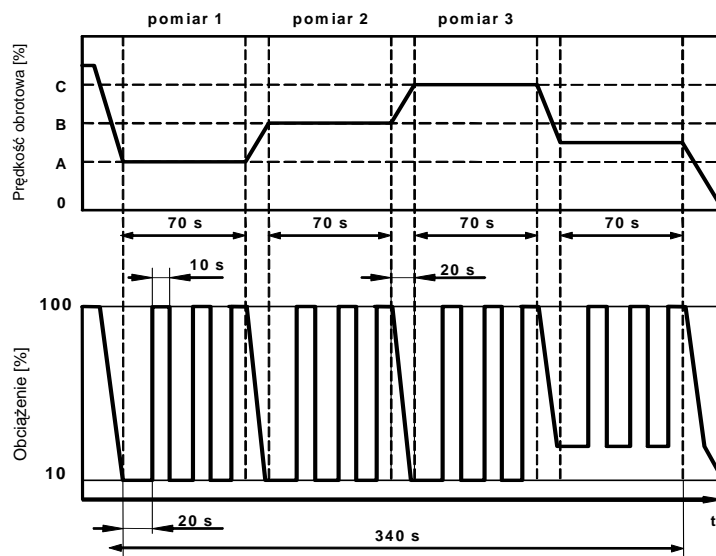
$$C = n_{min} + 0,75 \cdot (n_{max} - n_{min}) \quad (5)$$



Rys. 3. Schemat cyklu ESC [1]

Pomiar zadymienia spalin silników przeznaczonych do pojazdów ciężkich odbywa się w teście ELR (rys. 4). Cały test składa się z czterech części, przy czym w trzech jednostkach spalinowa pracuje w określonych punktach pracy przy zadanej prędkości obrotowej wału korbowego (A, B i C) i określonym obciążeniu. W ostatniej części pomiar prowadzony jest według wytycznych osób prowadzących certyfikację silnika. Prędkości obrotowe wału A, B

i C są wyznaczone w taki sam sposób jak w teście ESC, w ostatniej fazie badań silnik musi pracować pomiędzy prędkościami A i C przy wybranym obciążeniu z zakresu 10-100%.



Rys. 4. Schemat cyklu ELR [1]

1.3. Procedury dla normy Euro VI

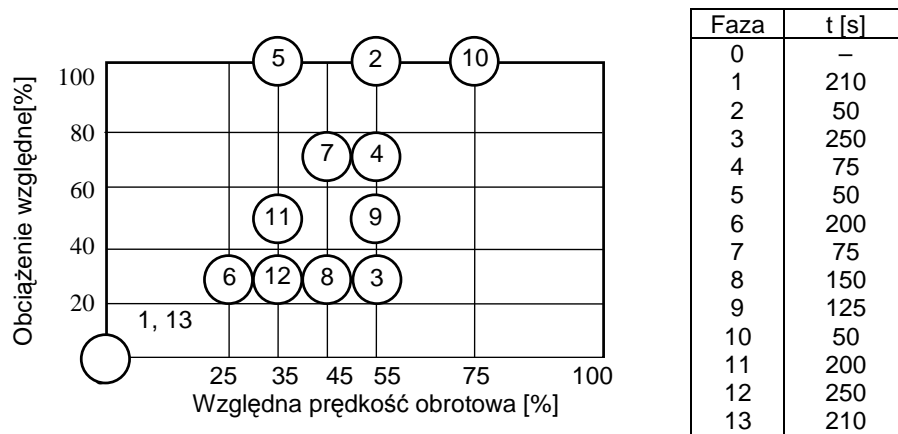
Wraz z wprowadzeniem normy Euro VI dla pojazdów ciężkich (homologacja obowiązuje od 31 grudnia 2012, pierwsza rejestracja obowiązuje od 31 grudnia 2013) w badaniach homologacyjnych zaczęły obowiązywać testy WHSC (*World Harmonized Steady-state Cycle*) i WHTC (*World Harmonized Transient Cycle*) [1]. Ich procedury zostały opracowane na podstawie badań drogowych pojazdów ciężkich zrealizowanych w wybranych państwach UE, Japonii oraz USA. W związku z tym uwzględniają one warunki eksploatacji mające charakter światowy, w przeciwieństwie do testów ESC i ETC odnoszących się jedynie do warunków europejskich. Nowe testy WHSC i WHTC zostały po raz pierwszy wprowadzone w procedurze GTR 4.

Stacjonarny test WHSC jest znormalizowany, a więc parametry pracy silnika spalinowego takie jak prędkość obrotowa wału korbowego oraz moment obrotowy są obliczane zgodnie z normą (rys. 5). Cały test składa się z 13 faz, dla których rzeczywiste warunki pracy oblicza się przez tak zwaną denormalizację. W tym procesie pierwszy etap polega na określeniu charakterystyki pełnej mocy i na jej podstawie obliczeniu parametrów zgodnie ze wzorem:

$$n_{rzecz} = n_{norm} \cdot (0,45 \cdot n_{lo} + 0,45 \cdot n_{pref} + 0,1 \cdot n_{hi} - n_{idle}) \cdot 2,0327 + n_{idle} \quad (6)$$

$$M_{rzecz} = (M_{norm} \cdot M_M)/100 \quad (7)$$

gdzie: n_{rzecz} – rzeczywista prędkość obrotowa [obr/min]; n_{norm} – znormalizowana prędkość obrotowa [%]; n_{lo} – najmniejsza prędkość obrotowa, przy której jest osiągnięte 55% mocy maksymalnej ($N_{e\ max}$) [obr/min]; n_{hi} – największa prędkość obrotowa, przy której jest osiągnięte 70% $N_{e\ max}$ [obr/min]; n_{idle} – prędkość obrotowa biegu jałowego [obr/min]; n_{pref} – prędkość obrotowa, przy której cała momentu obrotowego stanowi 51% całości momentu w przedziale od n_{idle} do n_{95h} [obr/min]; n_{95h} – największa prędkość obrotowa, przy której jest osiągnięte 95% $N_{e\ max}$ [obr/min]; M_{rzecz} – rzeczywisty moment obrotowy [N·m]; M_{norm} – znormalizowany moment obrotowy [%]; M_M – maksymalny moment obrotowy [N·m]; $N_{e\ max}$ – maksymalna moc użyteczna [kW].



Rys. 5. Schemat cyklu WHSC oraz czas trwania faz [1]

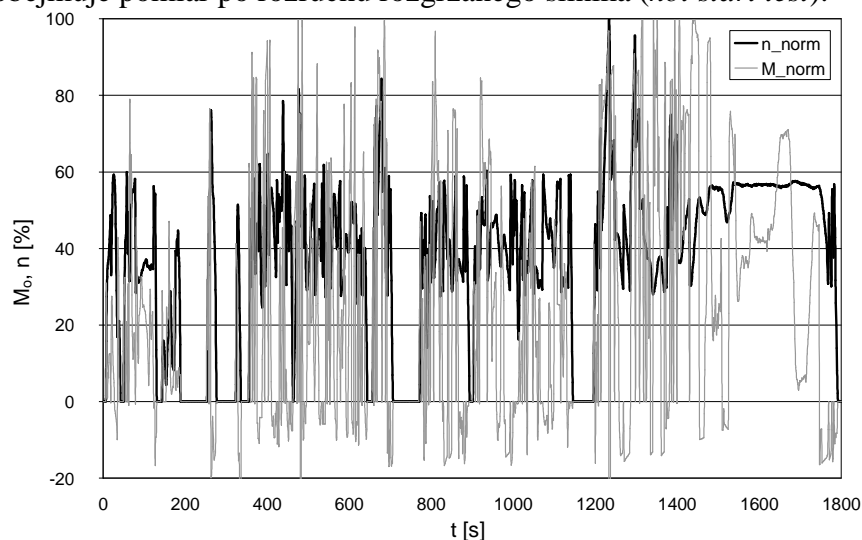
Emisję gazowych zanieczyszczeń mierzy się dla całego cyklu pomiarowego, włącznie z okresem zmiany warunków pracy – przejściem pomiędzy fazami. Sposób zmiany parametrów jest zdefiniowany, to znaczy przesterowanie powinno się odbywać w sposób liniowy w ciągu 20 s. Próbkę cząstek stałych jest uzyskiwana na jednym filtrze z całego testu. Czas trwania testu wynosi 1895 s, a emisja zanieczyszczeń określa się:

$$e = \frac{m}{W_{rzecz}} \quad (8)$$

gdzie: m – masa danego zanieczyszczenia w teście [g/test], W_{rzecz} – praca w teście obliczona na podstawie zarejestrowanych: prędkości obrotowej i momentu obrotowego [kW·h].

Dynamiczny test cykl WHTC jest również testem znormalizowanym (rys. 6). Denormalizację wartości parametrów pracy jednostki realizuje się tak samo jak w przypadku testu WHSC. W cyklu wyróżnia się trzy podstawowe fazy:

- faza I – obejmuje pomiar po rozruchu zimnego silnika (*cold start test*), przy czym silnik uważa się za zimny jeżeli temperatury oleju, płynu chłodzącego i układu ograniczenia emisji są zawarte w przedziale 20–30°C;
- faza II – zatrzymanie nagrzanego silnika na czas 300 s;
- faza III – obejmuje pomiar po rozruchu rozgrzanego silnika (*hot start test*).



Rys. 6. Schemat cyklu WHTC [1]

Emisję z testu oblicz się za pomocą udziałów: dla fazy testu po rozruchu zimnego silnika wynosi 0,1; po rozruchu nagrzanego – 0,9. Uzyskane wartości wyrażane są w g/(kW·h):

$$e = \frac{0,1 \cdot m_{cold} + 0,9 \cdot m_{hot}}{0,1 \cdot W_{cold} + 0,9 \cdot W_{hot}} \quad (9)$$

gdzie: m_{cold} – masowa emisja uzyskana w fazie po rozruchu zimnego silnika [g/faza], m_{hot} – masowa emisja uzyskana w fazie po rozruchu rozgrzanego silnika [g/faza], W_{cold} – praca wykonana w fazie po rozruchu zimnego silnika [kW·h/faza], W_{hot} – praca wykonana w fazie po rozruchu rozgrzanego silnika [kW·h/faza].

Należy zaznaczyć, że duże znaczenie na wartość całkowitej emisji obliczonej dla testu ma pierwsza faza cyklu. Chodzi tutaj przede wszystkim o czas nagrzewania układów do osiągnięcia właściwej temperatury pracy. Przepisy nie zawierają zapisów dotyczących wymagań i sposobu rozgrzewania jednostki spalinowej. Limity zawarte w normie Euro VI z podziałem na silniki ZI oraz ZS przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wartości dopuszczalne emisji zanieczyszczeń Euro VI dla silników pojazdów ciężkich [1]

Rodzaj testu	Silnik ZS						
	CO	THC	NO _x	NH ₃	masa PM	liczba PM	
	mg/(kW·h)	mg/(kW·h)	mg/(kW·h)	ppm	mg/(kW·h)	1/(kW·h)	
WHSC	1500	130	400	10	10	8,0×10 ¹¹	
WHTC	4000	160	460	10	10	6,0×10 ¹¹	
Rodzaj testu	Silnik ZI						
	CO	NMHC	CH ₄	NO _x	NH ₃	masa PM	liczba PM
	mg/(kW·h)	mg/(kW·h)	mg/(kW·h)	mg/(kW·h)	ppm	mg/(kW·h)	1/(kW·h)
WHTC	4000	160	500	460	10	10	*
* Wartość dopuszczalna nie została jeszcze zdefiniowana							

2. BADANIA W RZECZYWISTYCH WARUNKACH EKSPLOATACJI

Ze względu na rozwój aparatury pomiarowej oraz systemów informatycznych, w ostatnich latach pojawiła się możliwość realizacji badań ekologiczności pojazdów w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Taka metodyka pomiaru może niewątpliwie przyczynić się do unifikacji procedur badań emisji na całym świecie. Jednak aby to osiągnąć, konieczne jest dopracowanie technik pomiaru i sposobu ich realizacji. Instytuty badawcze oraz ośrodki naukowe zajmujące się emisją gazów wylotowych, coraz częściej podejmują problem badań w warunkach drogowych. Instytut Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej jest jedną z czołowych instytucji naukowych zajmujących się omawianym zagadnieniem zarówno w Europie, jak i na świecie.

W obszarze badań silników spalinowych oraz całych układów napędowych, coraz większe znaczenie mają pomiary w rzeczywistych warunkach drogowych [4, 5]. Do realizacji tego typu pomiarów konieczne jest wykorzystanie sprzętu, który musi spełniać wiele wymagań dotyczących przede wszystkim energochłonności, masy, gabarytów, dokładności pomiarów, częstotliwości próbkowania itp. Tego typu aparatura należy do grupy PEMS (*Portable*

Emissions Measurement Systems). Badania prowadzone w rzeczywistych warunkach eksploatacji dają możliwość określenia realnej emisyjności i ekologiczności pojazdu. Dlatego są szczególnie przydatne i z tego powodu powinny być zalecane w odniesieniu do pojazdów ciężkich, dla których nie przewiduje się badań na hamowniach podwoziowych, a jedynie realizuje się badania samych silników na laboratoryjnych stanowiskach badawczych. Dodatkowym uzasadnieniem do ich stosowania jest brak osobnych wytycznych dla jednostek montowanych w wybranych typach pojazdów ciężkich, np. autobusach miejskich.

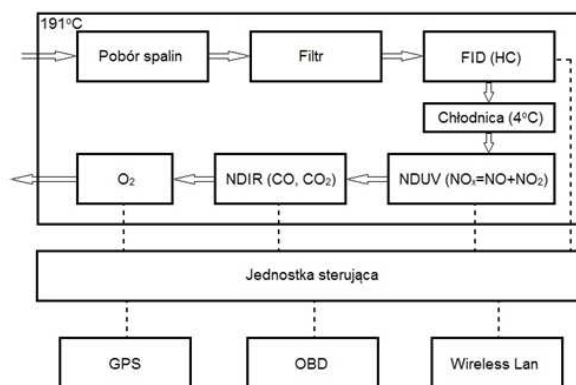
3. APARATURA POMIAROWA PRZEZNACZONA DO BADAŃ W RZECZYWISTYCH WARUNKACH EKSPLOATACJI

Aparatura przeznaczona do badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji może być stosowana w maszynach i pojazdach różnych kategorii, zasilanych różnego rodzaju paliwami: benzyną, olejem napędowym, CNG, LPG, paliwami z dodatkami tlenowymi i innymi. Aparatura typu PEMS charakteryzuje się dużą częstotliwością próbkowania (min. 1Hz), a także dużą dokładnością pomiaru. Warunki atmosferyczne (ciśnienie, temperatura, wilgotność) mają niewątpliwie duży wpływ na badane wartości. W związku z tym, w przyrządach zaimplementowane są rozwiązania (czujniki i algorytmy), które pozwalają z powodzeniem korygować otrzymywane wyniki do warunków normalnych. Przedstawione urządzenia pomiarowe stanowią w pełnej komplekacji unikatowy zestaw analizatorów pozwalający ocenić energochłonność i ekologiczność pojazdu w rzeczywistej eksploatacji:

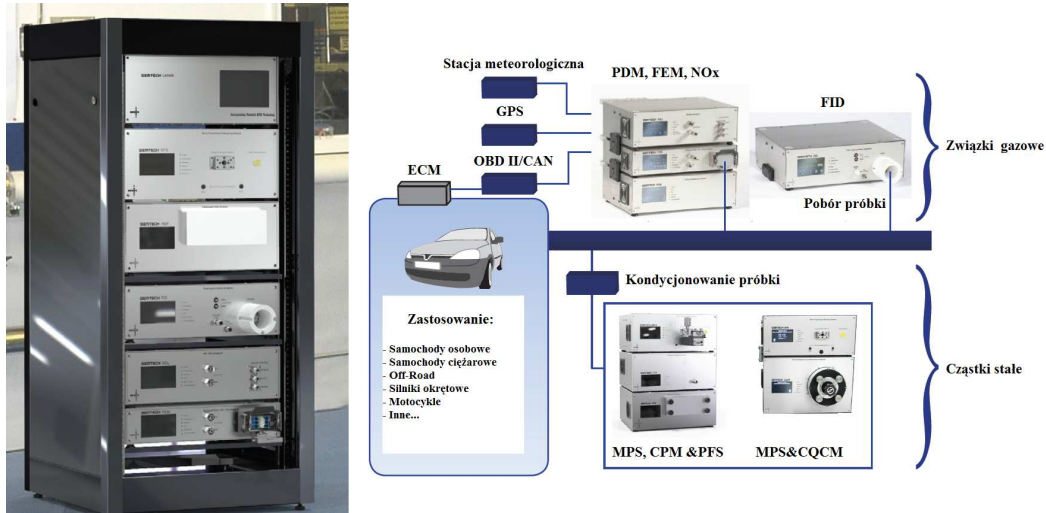
- SEMTECH DS (rys. 7a) – przeznaczony do badań gazowych związków szkodliwych spalin: metoda NDIR: CO [%], CO₂ [%]; metoda FID: THC [ppm]; metoda NDUV: NO [ppm], NO₂ [ppm] oraz metoda elektrochemiczna O₂ [%];
- SEMTECH ECOSTAR (rys. 7b) – umożliwia pomiar zarówno gazowych składników spalin, jak i PM (masa i liczba);
- AVL MSS (*Micro Soot Sensor* – rys. 7c) – służy do określenia stężenia PM [mg/m³] metodą fotoakustyczną;
- TSI 3090 EEPS™ (*Engine Exhaust Particle Sizer™ Spectrometer* – rys. 7d) – umożliwia pomiar rozkładu wymiarowego PM [nm];
- AVL OTR (*On The Road*) OPACIMETER – przeznaczony jest do badań zaczerniania spalin [%];
- SEMTECH LASAR – pozwala określić zawartość gazowych składników spalin, w tym przede wszystkim NH₃, N₂O, CH₄ [ppm].

Ponadto uzupełnienie stanowią analizatory takie jak: SEMTECH PPMD, SEMTECH LAM, AVL M.O.V.E., SEMTECH NMHC, AVL PARTICULATE COUNTER, TEXA NAVIGATOR TXT, AVL INDIMICRO.

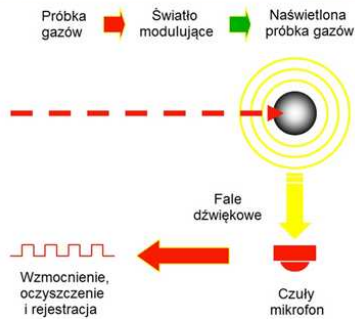
a)



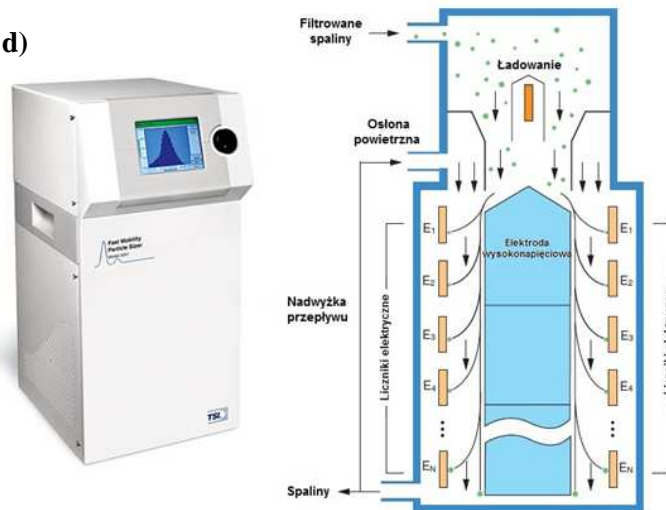
b)



c)



d)



Rys. 7. Aparatura przeznaczona do badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji:

a) SEMTECH DS, b) SEMTECH ECOSTAR, c) AVL MSS, d) TSI 3090 EEPS™ [2]

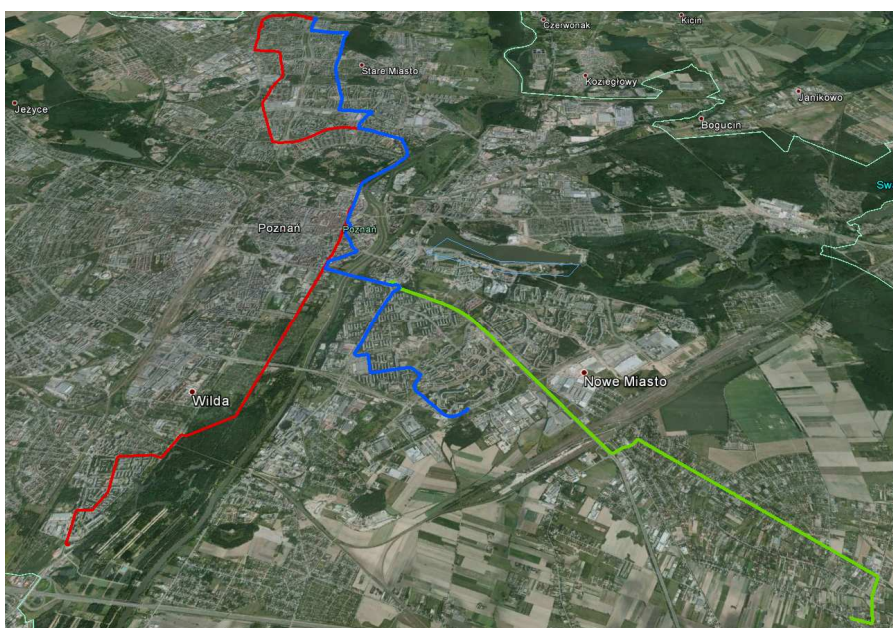
4. DOBÓR TRAS BADAWCZYCH

Podczas przygotowywania metodyki pomiarów w rzeczywistych warunkach eksploatacji bardzo ważny jest dobór tras pomiarowych. Podjęta problematyka badań ekologiczności pojazdów ciężkich wymaga realizacji prac w warunkach, które zapewnią możliwość porównywania otrzymanych wyników, jak najwierniej odzwierciedlając rzeczywistą eksploatację i zapewnią jak najmniejsze koszty całego przedsięwzięcia. Rozważania na temat doboru tras badawczych przeprowadzone zostaną na przykładzie autobusów miejskich.

Ruch miejski charakteryzuje się znaczną różnorodnością oraz przypadkowością. Dla przeprowadzenia oceny układów napędowych autobusów pod kątem zużycia paliwa i energochłonności ruchu, niezbędne jest opracowanie rzeczywistych cykli jezdnych na podstawie badań prowadzonych w prawdziwym cyklu jazdy, w rzeczywistych warunkach drogowych i rozpatrywanej aglomeracji. Cykle takie stanowią wiarygodne źródło informacji o dynamice ruchu i są przydatne do projektowania napędów konwencjonalnych i hybrydowych. Ponadto, są pomocne w obliczeniach mających na celu określenie podstawowych parametrów podzespołów oraz przy doborze układu sterowania.

Badania emisji zanieczyszczeń autobusów powinny być wykonywane w dzień roboczy, w czasie szczytu komunikacyjnego (godziny popołudniowe), w porze największej częstotliwości kursów autobusów. Na rysunku 8 przedstawiono wybrane trasy miejskie, na których mogą być realizowane badania ekologiczności pojazdów w aglomeracji poznańskiej, dobrane zgodnie z przebiegiem linii przewoźnika miejskiego. Trasy przejazdu charakteryzują się różnymi prędkościami średnimi, obciążeniem, długością itp. W przypadku linii nr 76 przystanek początkowy znajduje się w północnej części miasta, następnie trasa biegnie przez ścisłe centrum aglomeracji i kończy się przy zjeździe na autostradę A2 – w południowej części miasta (kolor czerwony). Całkowita długość trasy wynosi 16,883 km, uwzględnia 43 przystanki i odzwierciedla warunki panujące w ścisłym centrum miasta.

Trasa 74 (kolor niebieski) charakteryzuje się większą prędkością średnią przejazdu ze względu na mały udział skrzyżowań i duże wartości maksymalnych prędkości dopuszczalnych. Droga przejazdu wiedzie głównymi arteriami miasta – rozpoczyna się w północnej części Poznania i kończy się w części wschodniej aglomeracji. Całkowity dystans wynosi 14,43 km, obejmuje 30 przystanków i odzwierciedla warunki panujące w centrum miasta. Linia nr 54 (kolor zielony) reprezentuje podmiejskie warunki eksploatacji pojazdu. Na badanym odcinku pojazd obsługuje 12 przystanków, a całkowity dystans wynosi 8,35 km. Szacuje się, że średnia prędkość pojazdu przewyższy prędkość średnią testu jezdnego SORT 3 reprezentującego warunki pozamiejskie. Przejazd rozpoczyna się w pobliżu centrum miasta i wiedzie głównymi ulicami do południowo wschodniej granicy aglomeracji.



Rys. 8. Przykładowe trasy przejazdu w ruchu miejskim na liniach: 76 — ; 74 — oraz 54 — [6]

PODSUMOWANIE

Jak wynika z dokładnej analizy obecnie obowiązujących norm i projektów przyszłych przepisów dotyczących emisji z pojazdów ciężkich, konieczne staje się podjęcie problemu badań emisji w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Przykład, gdzie szczególnie jest to istotne, stanowią autobusy miejskie, dla których występują specyficzne warunki eksploatacji. Sposób eksploatacji silnika autobusu, wymagania, jakie silnik musi spełnić są charakterystyczne tylko dla danej konstrukcji pojazdu i układu napędowego, a przede wszystkim charakterystyki realizowanej trasy komunikacyjnej: systemu komunikacyjnego, liczby przystanków, liczby przewożonych pasażerów itd. Zatem oczekiwać należy, że w każdym przypadku rzeczywistego obciążenia silnika, warunki pracy będą zdecydowanie

różnić się od warunków testu. To z pewnością niekorzystnie wpływa na obecny sposób oceny emisji szkodliwych składników spalin silników tej grupy pojazdów. Jednocześnie może to się przyczynić do dopuszczenia do ruchu autobusów o nadmiernej emisji. Wnioski te odnoszą się także do innych pojazdów klasyfikowanych jako pojazdy ciężkie [5].

The research was funded by the National Centre for Research and Development – the LIDER Programme (contract No. LIDER/02/72/L-3/11/NCBR/2012).

Prace sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju – program LIDER (umowa nr LIDER/02/72/L-3/11/NCBR/2012).

BIBLIOGRAFIA

1. Delphi, *Worldwide emission standards. Heavy Duty & Off – Highway Vehicles 2013/2014*, 2013.
2. Gis W., Gis M., *Selected issues related to the reduction of the CO₂ emission from combustion engines fitted in vehicles of the M and N categories*. Combustion Engines / Silniki Spalinowe nr 1/2012 (148).
3. Materiały firm: AVL, Semtech, TSI.
4. Merkisz J., Fuć P., Lijewski P., *On-road exhaust emission tests from hybrid passenger vehicles*. SAE Paper 2011-01-2053 (JSAE 20119012).
5. Merkisz J., Kozak M., Andrzejewski M., Molik P., Nowak M., Rymaniak Ł., Ziółkowski A, *Analiza ekologiczności pojazdów ciężarowych przeznaczonych do ruchu miejskiego*. Combustion Engines / Silniki Spalinowe nr 3/2012 (150).
6. Wykonano na podstawie: www.gpswisualizer.com

THE INVESTIGATION OF THE ECOLOGICAL PERFORMANCE OF HEAVY DUTY VEHICLES UNDER ACTUAL OPERATING CONDITIONS

Abstract

The paper presents the issues related to the investigations into the ecological performance of heavy duty vehicles. In the first part of the paper the homologation procedures for heavy-duty vehicles applicable in the European Union (Euro I–VI) have been discussed in detail. All the described procedures refer to bench testing performed on the engines exclusively, hence the results of the measurements may significantly differ from the actual exhaust emissions of a heavy duty vehicle. In light of the above it is necessary to focus on the problem of testing under actual traffic conditions and develop appropriate measurement methodology. In the further part of the paper the authors have discussed the measurements under actual traffic conditions. The idea of this type of testing has been presented along with the problem of selection of the measurement equipment, the requirements it has to meet and the methods of selection of example test routes in the Poznań agglomeration.

Autorzy:

dr inż. **Maciej Bajerlein** – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o., e-mail: maciej.bajerlein@put.poznan.pl

mgr inż. **Łukasz Rymaniak** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: lukasz.m.rymaniak@doctorate.put.poznan.pl

mgr inż. **Andrzej Ziółkowski** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: andrzej.wo.ziolkowski@doctorate.put.poznan.pl

dr inż. **Piotr Świątek** – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.