

Jerzy Merkisz, Jacek Pielecha, Paweł Fuć
Politechnika Poznańska

BADANIA EMISJI SPALIN W RZECZYWISTYCH WARUNKACH RUCHU DROGOWEGO – AKTUALNE MOŻLIWOŚCI BADAWCZE

Streszczenie: W artykule podano przyczyny światowego podejmowania badań emisji związków toksycznych spalin w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego. Przedstawiono możliwości badawcze Instytutu Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej w zakresie badań drogowych różnego rodzaju pojazdów osobowych, ciężarowych (w tym autobusów), a także pojazdów pozadrogowych oraz samolotów. Zaprezentowano przykładowe wyniki badań, dotyczące klasyfikacji emisyjnej pojazdów.

Słowa kluczowe: emisja spalin, badania pojazdów, rzeczywiste warunki ruchu

1. WPROWADZENIE

Podstawowym czynnikiem prowadzącym do rozwoju techniki i technologii we wszystkich dziedzinach przemysłu jest konieczność ograniczania jego negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Stosowanie zaawansowanych technologii i ich rozwój zmusza do ciągłej weryfikacji istniejących warunków pracy maszyn i urządzeń oraz jej skutków na środowisko naturalne człowieka. Transport jest zaliczany do bardzo dynamicznie zmieniającej się dziedziny przede wszystkim ze względu na ograniczanie emisji szkodliwych składników spalin. W dalszym ciągu poważnym zagrożeniem jest emisja związków toksycznych (gazowych) i dwutlenku węgla oraz emisji cząstek stałych – stanowiąca barierę rozwoju współczesnych silników spalinowych w szczególności silników o zapłonie samoczynnym i iskrowym z bezpośrednim wtryskiem benzyny. Poważnym wyzwaniem dla producentów samochodów jest projekt normy Euro 6, w której poziomy emisji związków gazowych i cząstek stałych są wielokrotnie mniejsze od dotychczasowych.

Rosnąca liczba pojazdów na świecie oraz zanieczyszczenie środowiska naturalnego powoduje wzrost wymagań w zakresie emisji szkodliwych składników spalin. Obecny stopień zaawansowania techniki i technologii we wszystkich dziedzinach przemysłu, w tym również we wszelkich rodzajach transportu, powoduje wzrost wymagań w zakresie

produkcji urządzeń do pomiarów emisji spalin. Aby te wymagania mogły być spełniane w stopniu koniecznym do zmieniających się okresowo przepisów konieczna stała się koncentracja przemysłu w tej dziedzinie. Badania emisji toksycznych składników spalin są procesem skomplikowanym. Obecne analizatory do pomiaru emisji wymagają szczególnych warunków laboratoryjnych, a procedury homologacyjne obejmują testy na hamowniach silnikowych i podwoziowych, które jednak nie odzwierciedlają emisji w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Najnowsze wyniki badań prowadzonych w warunkach rzeczywistych ukazują, że w przypadku niektórych składników toksycznych spalin emisja ta jest większa o kilkaset procent. W związku z powyższym dostrzegalny jest trend usankcjonowania pomiaru emisji w warunkach rzeczywistej eksploatacji pojazdów.

Rygorystyczne normy emisji w odniesieniu do grupy silników spalinowych napędzających samochody mają sens i mogą przynieść realne korzyści tylko wtedy, gdy adekwatnemu zmniejszeniu ulegnie składowa całkowitej emisji związana z pozadrogowymi zastosowaniami silników. System norm opracowany w odniesieniu do silników samochodowych będzie podstawą tworzenia odpowiednich limitów dotyczących silników w zastosowaniach kolejowych, w maszynach roboczych, budowlanych i innych oraz silników stacjonarnych. W przypadku wymienionej grupy silników konieczne jest uwzględnienie ich okresu eksploatacji, który jest znacznie dłuższy niż w przypadku samochodu.

W Stanach Zjednoczonych coraz częściej obserwuje się stosowanie badań przejazdowych polegających na pośredniej ocenie toksyczności spalin. Pomiary są dokonywane na osobnych stanowiskach dla pojazdów osobowych i ciężarowych. Schemat takich stanowisk przedstawiono na rys. 1. Badanie polega na pomiarze składników toksycznych z wykorzystaniem analizatorów typu NDIR (umieszczonych na wysokości końca układu wylotowego: dla pojazdów osobowych – około 30 cm nad jezdnią, dla pojazdów ciężarowych – znajdują się na wysokości 3–3,5 m) dla pojazdów poruszających się z prędkością ok. 40 km/h. Wynik toksyczności jest sygnalizowany światłem odpowiedniego koloru (zielony – sprawny, czerwony – przekroczony limit toksyczności) na końcu odcinka pomiarowego.

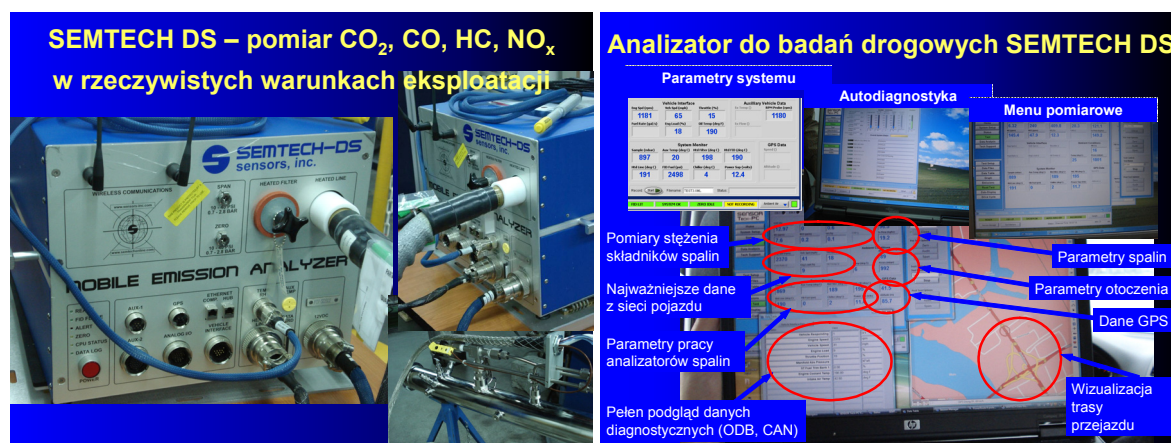


Rys. 1. Przykłady badań przejazdowych wykonywanych w miejscach najbardziej narażonych na emisję związków toksycznych spalin

2. MOBILNA APARATURA BADAWCZA

Najbardziej pożądane są jednak badania drogowe, gdyż tylko wtedy można uzyskać informację o rzeczywistej emisji pojazdów. Największą jednak niedogodnością takich badań jest koszt aparatury pomiarowej i przystosowanie jej do warunków zabudowy w pojeździe.

Kierując się najnowszymi trendami Instytut Silników Spalinowych i Transportu doposażył Laboratorium Silników Spalinowych w nowoczesną aparaturę naukowo-badawczą. Zakupiono system analizatorów spalin SEMTECH DS wraz z zestawem sond pomiarowych (przepływomierzy spalin) firmy Sensors Inc. ze Stanów Zjednoczonych. System analizatorów umożliwia pomiary emisji związków szkodliwych silników spalinowych, stanowiących źródło napędu wszelkiego typu pojazdów i maszyn w warunkach ich rzeczywistej eksploatacji (rys. 2).



Rys. 2. Widok analizatora Semtech DS firmy Sensors Inc. przeznaczonego do badań drogowych pojazdów zasilanych różnymi typami silników spalinowych

W 2008 roku rozpoczęto cykl badań samochodów osobowych (rys. 3) podczas ich eksploatacji w ruchu miejskim i pozamiejskim. Pojazd przygotowano do badań umieszczając w jego wnętrzu analizator oraz mocując na zewnątrz sondę pomiarową. Badania polegały na ciągłym pomiarze emisji związków szkodliwych spalin podczas przejazdu wyznaczoną trasą.

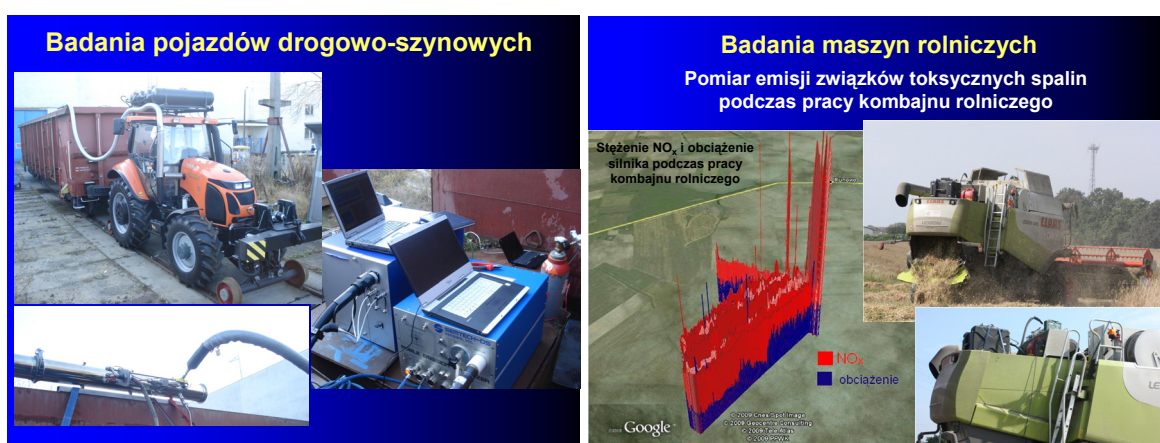
Zakup analizatora SEMTECH DS okazał się niezwykle trafną inicjatywą gdyż po kilku miesiącach firma Solaris Bus & Coach S.A. zgłosiła zapotrzebowanie na przeprowadzenie badań emisyjności autobusów: H18 (osiemnastometrowego, z napędem hybrydowym) oraz U18 z napędem konwencjonalnym. W drugiej połowie roku zainstalowano aparaturę w autobusach i przeprowadzono badania (rys. 3). Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę emisji związków zawartych w spalinach silnikowych emitowanych przez autobusy w ruchu miejskim na ulicach Poznania. Podjęta współpraca firmy Solaris Bus & Coach S.A, a także innych firm krajowych z Instytutem Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej zaowocowała kolejnymi badaniami emisyjności pojazdów ciężarowych, pozadrogowych oraz pojazdów specjalnych (rys. 4–6).



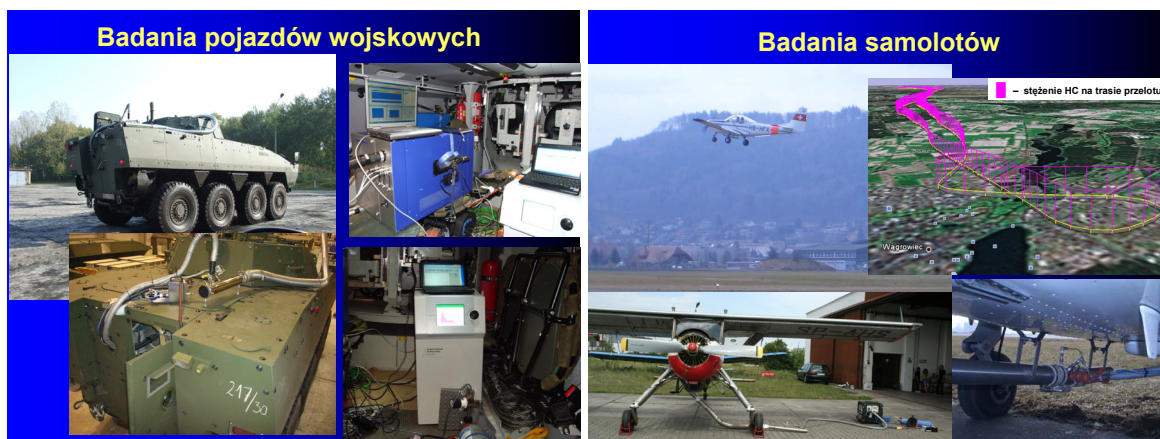
Rys. 3. Wykorzystanie mobilnego systemu pomiaru emisji spalin w pojazdach osobowych i autobusach



Rys. 4. Badania emisyjności pojazdów ciężarowych i pozadrogowych z wykorzystaniem mobilnego systemu analizatorów Semtech DS

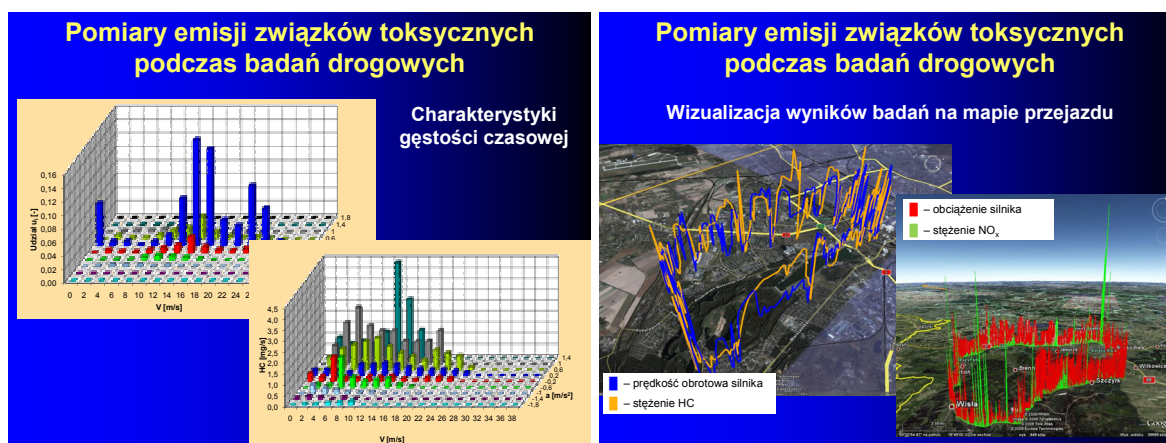


Rys. 5. Analiza emisyjności pojazdów drogowo-szynowych oraz maszyn rolniczych w rzeczywistych warunkach ich pracy



Rys. 6. Analiza emisyjności pojazdów drogowo-szynowych oraz maszyn rolniczych w rzeczywistych warunkach ich pracy

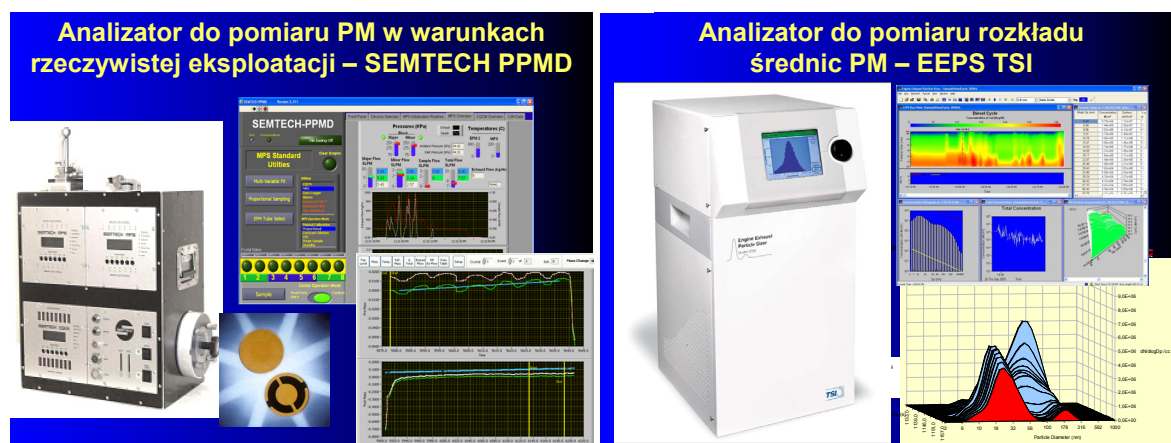
Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki (rys. 7) pokazały szerokie możliwości wykorzystania zakupionej aparatury oraz wskazały potrzebę udoskonalenia pomiaru emisji cząstek stałych. Wskutek czego podjęto decyzję doposażenia Laboratorium Silników Spalinowych w najnowsze urządzenie badawcze do pomiarów cząstek stałych pozwalające na realizację badań w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Dokonano zakupu następujących urządzeń: analizator do pomiaru masy cząstek stałych – PPMD firmy Sensors Inc., a także AVL Particle Counter – licznik cząstek stałych oraz Engine Exhaust Particulate Sizer – spektrometr masowy do pomiaru rozkładu wymiarowego cząstek stałych (rys. 8). Oznacza to możliwość pomiaru wielkości cząstek stałych i liczby cząstek w danym przedziale wymiarowym wraz z odpowiednim przygotowaniem próbki do badań dzięki tunelowi rozcieńczającemu. Aparatura taka umożliwi opisane pomiary nie tylko w warunkach stacjonarnych, ale także w warunkach dynamicznych, np. podczas rozruchu silnika, a także w warunkach przejściowych między dwoma procesami np. regeneracji filtra cząstek stałych (rys. 9).



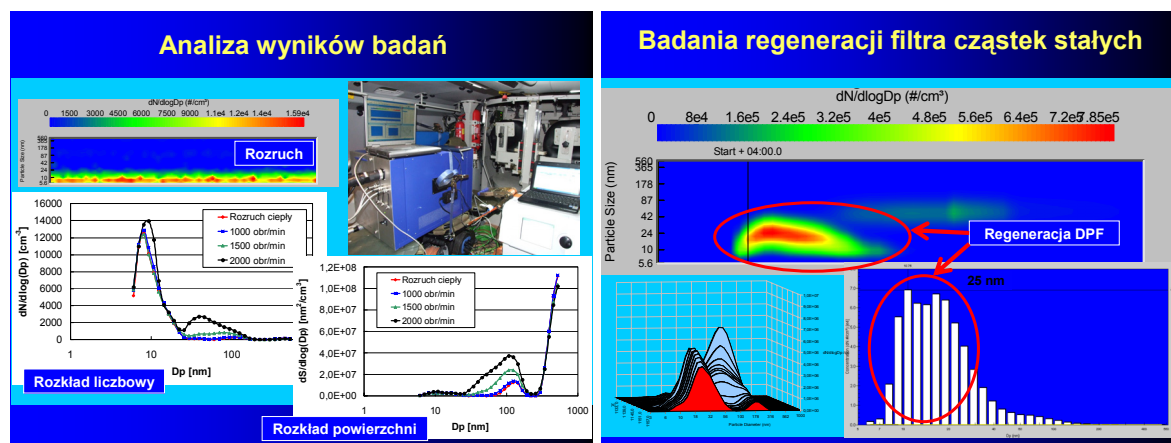
Rys. 7. Prezentacja wyników badań: charakterystyki gęstości czasowej pracy pojazdów oraz wizualizacja wyników badań naniesiona na trasę przejazdu

Wymagania odnośnie toksyczności silników spalinowych od roku 2009 będą wymagały określania liczby cząstek stałych z pojazdów, a więc inwestycja była zgodna ze światowymi

zmianami w dziedzinie badań silników spalinowych. Możliwość posiadania aparatury do pomiaru rozkładu wielkości cząstek stałych umożliwia kompletację aparatury badawczej do pomiaru emisji z silników spalinowych badanych nie tylko na hamowni silnikowej, ale również podczas eksploatacji. Aparatura – unikatowa w skali światowej – charakteryzuje się uzyskaniem wyniku pomiaru emisji wszystkich szkodliwych składników spalin w sposób natychmiastowy co pozwala na szybkie wnioskowanie z prowadzonych badań. Dopuszaenie aparaturowe laboratorium umożliwia spełnienie wymagania Unii Europejskiej w zakresie ograniczenia emisji związków szkodliwych oraz oceny badań procesów spalania.



Rys. 8. Urządzenia do pomiaru emisji oraz rozkładu wymiarowego cząstek stałych podczas rzeczywistych warunków eksploatacji



Rys. 9. Możliwości wizualizacji wyników badań cząstek stałych: rozkłady wymiarowe w stanach przejściowych pracy silnika m.in. podczas rozruchu silnika i regeneracji filtra cząstek stałych

Instytut Silników Spalinowych i Transportu planuje w szerokim zakresie przeprowadzenie badań emisyjności środków transportu lotniczego w ich rzeczywistych warunkach eksploatacji z wykorzystaniem zakupionych mobilnych analizatorów spalin. Założone plany badawcze wynikają z rozwinięcia oferty dydaktycznej i profilu kształcenia Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu o specjalności lotnicze: transport lotniczy na kierunku transport i silniki lotnicze na kierunku mechanika.

4. SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA MOŻLIWOŚCI BADAWCZYCH W WARUNKACH RZECZYWISTYCH

1. Pomiar związków gazowych (Semtech DS firmy Sensors Inc.)

napięcie zasilania		12 V
CO	zakres pomiarowy:	0–8%
HC	zakres pomiarowy	0–40 000 ppm
NO _x	zakres pomiarowy	0–3000 ppm
NO	zakres pomiarowy	0–2500 ppm
NO ₂	zakres pomiarowy	0–500 ppm
CO ₂	zakres pomiarowy	0–20%

Pomiar stężenia związków gazowych metodami homologacyjnymi (CO, CO₂ – NDIR, HC – HFID, NO_x – HCLD; dodatkowo pomiar NO_x zgodny z normą CFR40 §86.1342-94 Diesel, CFR40 §86.1342-94 SI, CFR40 §86.1370-2007 NTE oraz CFR40 §1065.670). Możliwy pomiar emisji drogowej (g/km) lub jednostkowej (g/kWh) związków szkodliwych, zużycia paliwa, w zależności od rodzaju używanego paliwa, rodzaju napędu pojazdu itd. Możliwość wykorzystania danych z sieci diagnostycznych pojazdów osobowych i ciężarowych oraz systemu nawigacji satelitarnej. Wyniki badań można wykorzystać do ekologicznej oceny pojazdów w aspekcie emisji związków toksycznych, różniących się m.in. przeznaczeniem, spełnianymi limitami toksyczności spalin, przebiegiem lub warunkami eksploatacji pojazdu.

2. Pomiar zadymienia spalin (Opacimetr firmy AVL)

napięcie zasilania		12/24 V
zaczernienie spalin (430 mm)	zakres pomiarowy	0–100%
zaczernienie spalin (215 mm)	zakres pomiarowy	0–100%
współczynnik absorpcji	zakres pomiarowy	0–99 m ⁻¹

3. Pomiar masy cząstek stałych (PPMD firmy Sensors Inc.)

napięcie zasilania		12 V
pomiar masy cząstek stałych	rozdzielczość	0,002 ug
maksymalny czas pomiaru		do 48 h

4. Pomiar stężenia i masy cząstek stałych (Laser Aerosol Monitor firmy Sensors Inc.)

napięcie zasilania		12/24 V
stężenie PM	zakres pomiarowy:	0–700 mg/m ³
	rozdzielczość	0,01 mg/m ³
pomiar cząstek stałych z zakresu średnic		100–10 000 nm
pomiar masowy z wykorzystaniem przepływomierzy spalin		

5. Pomiar stężenia i masy cząstek stałych (Micro Soot Sensor firmy AVL)

stężenie PM	zakres pomiarowy:	0–50 mg/m ³
	rozdzielczość	0,001 mg/m ³
stopień rozcieńczenia		1–5000
pomiar masowy z wykorzystaniem przepływomierzy spalin		

6. Pomiar masy cząstek stałych metodą wagową (Mettler Toledo)

pomiar masy cząstek stałych	do 2,1 g
rozdzielczość	0,001 mg

7. Pomiar liczby cząstek stałych (CPC firmy AVL)

pomiar zgodny z regulaminem R83 oraz PMP		
liczba cząstek stałych	zakres pomiarowy	0–10 000 cm ⁻³
	rozdzielczość	0,1 cm ⁻³
efektywność pomiaru cząstek d ₅₀		od 23 nm do 3 um

8. Pomiar rozkładu wymiarowego cząstek stałych (EEPS 3090 firmy TSI)

pomiary cząstek o średnicach		5–560 nm
liczba kanałów		32
liczba kanałów na dekadę		16
stopień rozcieńczenia	pierwszy (gorący)	10–10 000
stopień rozcieńczenia	drugi (zimny)	1, 5, 15, 20
możliwość pomiaru spalin rozcieńczonych i nierozcieńczonych		

3. ZAKOŃCZENIE

Instytut Silników Spalinowych i Transportu na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej jest jednym z wiodących ośrodków naukowo-badawczych w Polsce, w zakresie ekologii transportu, a zwłaszcza emisji związków toksycznych z silników spalinowych, we wszystkich ich zastosowaniach, obejmujących m.in. samochody osobowe i ciężarowe, autobusy miejskie, pojazdy szynowe, maszyny robocze i pojazdy pozadrogowe, jednostki morskie oraz samoloty. Jest również liczącym się ośrodkiem w skali europejskiej, o czym świadczy członkostwo w prestiżowym stowarzyszeniu EARPA (*European Automotive Research Partner Association*).

Analiza światowych trendów w dziedzinie ekologii wskazuje, że w celu efektywnego obniżenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego, konieczny jest pomiar emisji gazów toksycznych w warunkach rzeczywistych. Instytut Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej dysponuje systemem mobilnych analizatorów, który umożliwia pomiary emisyjności pojazdów nie tylko w warunkach stacjonarnych, ale także w warunkach dynamicznych, np. podczas rozruchu silnika, a także w warunkach przejściowych pomiędzy dwoma procesami (np. regeneracji filtra cząstek stałych). Zespół analizatorów mobilnych jest urządzeniem umożliwiającym kompleksowy pomiar emisji toksycznych składników spalin on-board w czasie rzeczywistym w warunkach drogowych pojazdów zasilanych różnymi paliwami (benzyną, olejem napędowym, LPG, CNG, E85 itd.), a także pojazdów hybrydowych. Uzupełnieniem takiego zestawu jest pomiar zadymienia spalin oraz pomiar cząstek stałych zarówno pod względem masowym, ilościowym (licznik cząstek stałych), jak i wymiarowym (spektrometr masowy).

Bibliografia

1. Inwestycje aparaturowe w Instytucie Silników Spalinowych i Transportu w 2008 roku. Głos Politechniki, nr 2-3, 2009 (139).
2. Merkisz J., Pielecha J., Gis W.: On-road testing and characterization of the exhaust emissions of light-duty vehicles. Sustainable Development and Planning. Southampton, WIT Press, Vol. 1, s. 439-449, 2009.
3. Merkisz J., Pielecha J., Gis W.: Warunki rzeczywiste ruchu drogowego: badania emisji spalin pojazdów W: Badania techniczne pojazdów w świetle obowiązujących przepisów. X Konferencja Szkoleniowa Mikołajki, 21-23 października 2009.

ON ROAD EMISSIONS IN REAL CONDITIONS – POSSIBILITY OF RESEARCH

Abstract: The worldwide reasons of undertake to do exhaust emissions test in real conditions have been presented in this paper. The road tests potential of Institute Combustion Engines and Transport Poznan University of Technology to measure emissions from different means of transport (passenger car, heavy duty vehicles (incl. bus), non road vehicles and plane) have been show also. The paper has presented the examples of results of the tests in real conditions.

Keywords: exhaust emission, vehicle tests, on road real conditions