ZESZYTY NAUKOWE AKADEMII MARYNARKI WOJENNEJ
ROK LII NR 1 (184) 2011

Jerzy Merkisz
Ireneusz Pielecha
Jacek Pielecha
Politechnika Poznańska

Maciej Szukalski
Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych

EMISJA SPALIN Z WOZÓW BOJOWYCH ROSOMAK W WARUNKACH POLIGONOWYCH

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono rezultaty badań silnika spalinowego wozu bojowego — kołowego transportera opancerzonego 8x8 Rosomak w warunkach poligonowych. Do pomiarów wykorzystano mobilny analizator, który umożliwiał pomiar stężenia związków szkodliwych i jednocześnie masowego natężenia spalin. Analizy emisji cząstek stałych dokonano w oparciu o pomiar masy oraz liczbę cząstek stałych. Wykonano pomiary CO, HC, NO_x oraz PM i zużycia paliwa w warunkach standardowej jazdy poligonowej, a także w trybie *overboost*. Na podstawie uzyskanych wyników dokonano analizy warunków pracy silnika i pojazdu, porównano wartości emisji spalin (drogowej i jednostkowej) oraz zużycia paliwa.

Słowa kluczowe:
emisja spalin, badania drogowe, wozy bojowe.

WSTĘP

Ograniczanie zużycia paliwa przez silniki pojazdów typu heavy-duty jest obecnie zagadnieniem często podejmowanym zarówno przez producentów tych silników, jak i całych pojazdów. Pomiary certyfikacyjne przeprowadzane na hamowni silnikowej dotyczą samego silnika, jednak nie przedstawiają żadnej informacji o zużyciu paliwa podczas rzeczywistych warunków ruchu takiego pojazdu [3]. Biorąc pod uwagę specjalne zastosowania pojazdów (w tym przypadku wozów bojowych), brak jest badań w tym zakresie. Przeprowadzone przez autorów badania pozwalają więc na ocenę zużycia paliwa podczas rzeczywistych warunków ruchu. Warunki te określono jako poligonowe, w których możliwe było wykorzystanie zwiększonej mocy silnika (*overboost*).

Ze względu na specyfikę użytkowania wozów bojowych podjęto próbę oceny sposobu eksploatacji wozu bojowego i jego wpływu na zużycie paliwa i emisję składników szkodliwych. Znajomość tych wielkości pozwala na ocenę sposobu użytkowania wozów bojowych. Celem opracowania jest odpowiedź na pytanie, w jakim stopniu zmiana warunków eksploatacji wpływa na zużycie paliwa i emisję składników szkodliwych przez silnik spalinowy pojazdu bojowego. Analiza literatury wskazuje na prowadzone badania drogowe zużycia paliwa i emisji składników toksycznych na pojazdach osobowych [1, 4, 5] i ciężarowych [2]. Dotychczas w Polsce nie prowadzono takich badań na pojazdach bojowych. Politechnika Poznańska wraz z Wyższą Szkołą Oficerską Wojsk Lądowych we Wrocławiu są pierwszymi ośrodkami naukowymi w Polsce, które zajęły się tym problemem.

METODYKA BADAWCZA

Badaniom poddano kołowy transporter opancerzony, którego podstawowe dane techniczne przedstawiono w tabeli 1. Charakterystyka gęstości czasowej [1] posłużyła do określenia warunków pracy silnika oraz pojazdu. Będzie ona zastępowała cały cykl jazdy w warunkach poligonowych kilkunastoma punktami pomiarowymi na charakterystyce pracy silnika i pojazdu.

Tabela 1. Parametry techniczne silnika pojazdu bojowego Rosomak

Wielkość	**Wartość**
Typ silnika	Scania DI1249A03P
Liczba cylindrów/układ	6/rzędowy
Maks. moc silnika	294 kW/2100 obr/min
Maks. moment obrotowy	1688 N·m/1500 obr/min
Maks. moc silnika — *oveboost*	360 kW/2100 obr/min
Maks. moment obrotowy — *overboost*	1974 N·m/1500 obr/min
Masa pojazdu	22 000 kg

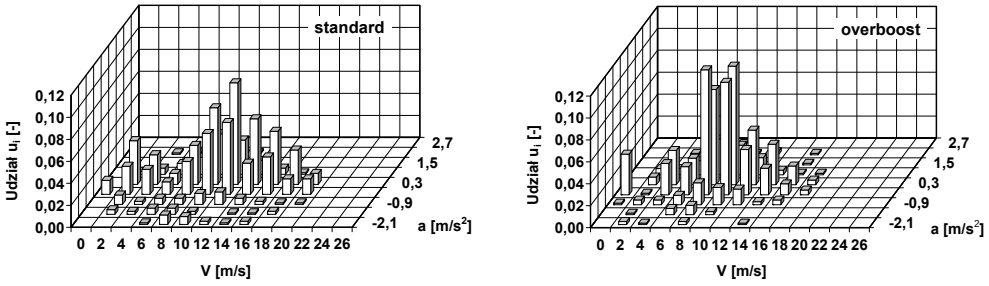
Do badań emisji spalin wykorzystano:

— mobilny analizator do badań stężenia składników gazowych spalin SEMTECH DS firmy SENSORS; analizator umożliwiał także pomiar masowego natężenia przepływu spalin;
— aparaturę do pomiaru stężenia cząstek stałych łącznie z układem kondycjonowania próbki — układem rozcieńczania spalin (Micro Soot Sensor firmy AVL);
— układ rozcieńczania spalin, który umożliwiał również wykorzystanie spektrometru masowego do analizy liczby cząstek stałych (Engine Exhaust Particle Sizer 3090 firmy TSI).

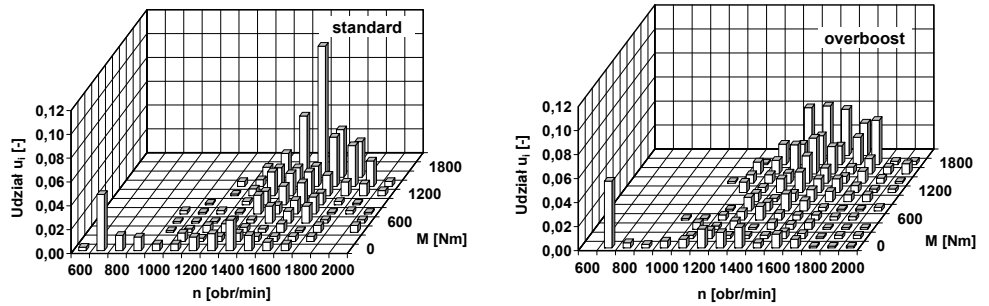
Do pomiarów warunków pracy silnika oraz informacji o zużyciu paliwa wykorzystano diagnostyczną sieć pokładową pojazdu (CAN J1939); uzyskane dane posłużyły do opracowania macierzy pracy silnika (i pojazdu) dla różnych aspektów prowadzonych badań. Emisyjność pojazdu bojowego przedstawiono w postaci porównania (w dwóch trybach pracy: standard i *overboost*) stężenia, emisji drogowej i jednostkowej poszczególnych składników spalin oraz zużycia paliwa.

WYNIKI BADAŃ

Charakterystykę pracy silnika podczas jazdy poligonowej podzielono na dwa etapy: przejazd w warunkach mocy standardowej oraz zwiększonej (*overboost*). Charakterystyka ruchu pojazdu wskazuje na niewielkie ograniczenie prędkości pojazdu z wykorzystaniem trybu *overboost* (rys. 1.). Skutkuje to zwiększeniem udziału czasu pracy pojazdu z większymi przyspieszeniami. Pole pracy pojazdu w trybie *overboost* jest skupione wokół niewielkich przyspieszeń z ustalonymi prędkościami. W warunkach *overboost* wykorzystywane jest większe pole pracy silnika, tzn. maksymalne wartości prędkości i obciążenia (rys. 2.). Pozwala to wnioskować o wzroście zużycia paliwa i emisji składników szkodliwych w tym trybie pracy, co potwierdzono w badaniach (rys. 3.). Stężenia wszystkich składników szkodliwych są znacznie większe niż podczas standardowego trybu jazdy poligonowej.



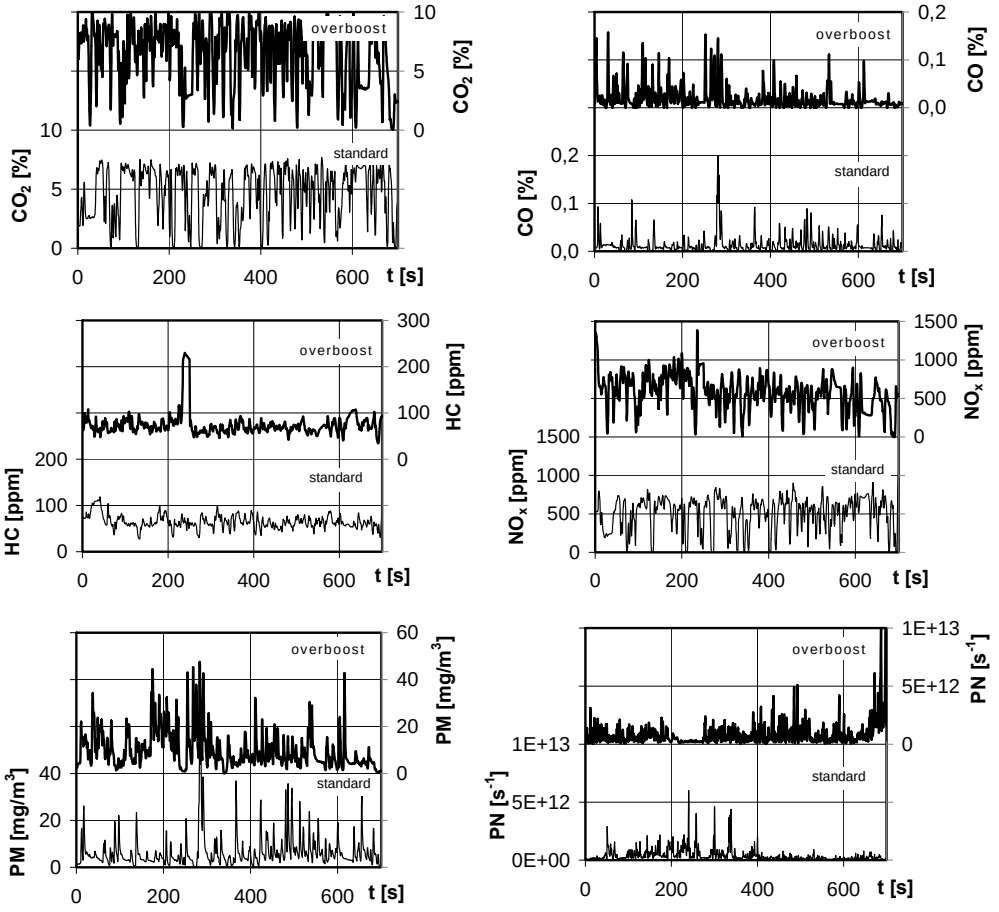
Rys. 1. Charakterystyka podczas jazdy poligonowej pojazdu w trybach standard i *overboost*



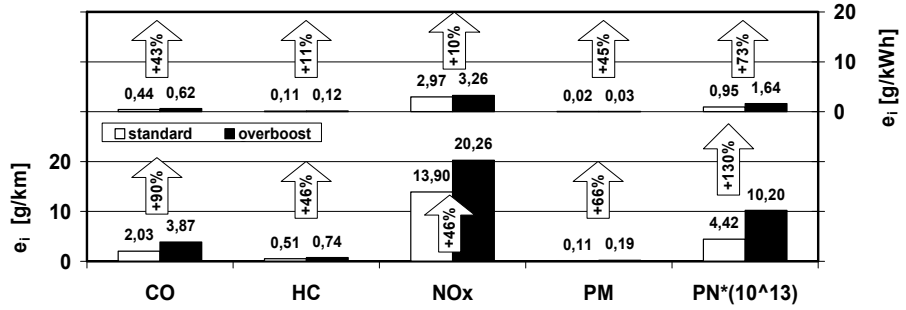
Rys. 2. Charakterystyka silnika podczas jazdy poligonowej w trybach standard i *overboost*

Maksymalne wartości stężenia dwutlenku węgla w warunkach jazdy poligonowej w trybie standardowym i *overboost* wynoszą odpowiednio około 7% i 10%. Znaczące różnice odnotowano w odniesieniu do stężenia tlenków azotu, odpowiednio średnio około 500 oraz 900 ppm. Wynika to ze wzrostu obciążenia silnika w trybie *overboost*. Stężenie cząstek stałych (PM) zwiększa się średnio od 7 do ponad 13 mg/m^3.

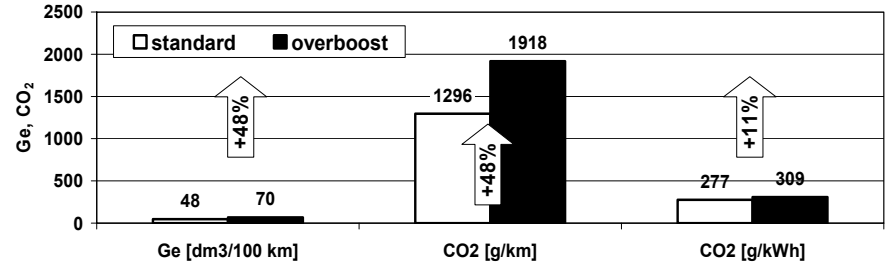
Odnotowano znacznie większe zmiany w emisji drogowej niż jednostkowej między trybem standardowym a *overboost* (rys. 4.). Największe zmiany dotyczą: emisji CO (90%), PM (66%) oraz liczby cząstek stałych (130%). Zmiany w emisji jednostkowej są o około 50% mniejsze między warunkami pracy silnika. Warunki pracy mają istotne znaczenie w przypadku zużycia paliwa: odnotowano przyrost o 48% (z 48 do 70 dm^3/100 km) podczas pracy silnika w trybie *overboost* (rys. 5.).



Rys. 3. Stężenie składników spalin i emisja cząstek stałych w warunkach jazdy poligonowej



Rys. 4. Emisja drogowa i jednostkowa składników spalin z silnika pojazdu bojowego Rosomak podczas jazdy poligonowej w trybie standard oraz *overboost*



Rys. 5. Przebiegowe zużycie paliwa oraz emisja dwutlenku węgla z silnika pojazdu bojowego Rosomak podczas jazdy poligonowej w trybie standard oraz *overboost*

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

1. Warunki pracy silnika i pojazdu w obu trybach (standardowym i *overboost*) różnią się. Tryb *overboost* powoduje znaczne zwiększenie pola pracy silnika spalinowego, czyli wykorzystanie maksymalnych wartości prędkości obrotowych i momentu obrotowego.
2. Tryb *overboost* powoduje zwiększenie emisji drogowej wszystkich składników spalin, najbardziej zwiększa się liczba cząstek stałych (o 130%), zwiększa się również emisja jednostkowa składników spalin — oprócz zmiany liczby cząstek stałych PN (130%) obserwuje się ponad 40% zwiększenie ich masy.
3. Wzrost zużycia paliwa jest proporcjonalny do emisji drogowej dwutlenku węgla i w trybie *overboost* wynosi około 48% (z 48 do 70 dm^3/100 km). Emisja jednostkowa dwutlenku węgla zwiększa się o 11%.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2011 jako projekt badawczy.

BIBLIOGRAFIA

[1] Czerwiński J., Pétermann J.-L., Ulrich A., Mueller G., Wichser A., *Particle emissions of a TDI-engine with different lubrication oils*, 'Combustion Engines', 2005, No 2, pp. 46–55.

[2] Ensfield C., Bachman L. J., Erb A., Bynum C., *Evaluating Real-World Fuel Economy on Heavy Duty Vehicles using a Portable Emissions Measurement System*, 'SAE Technical Paper', 2006-01-3543.

[3] Gao Y., Checkel M. D., *Emission Factors Analysis for Multiple Vehicles Using an On-Board, In-Use Emissions Measurement System*, 'SAE Technical Paper', 2007-01-1327.

[4] Merkisz J., Pielecha J., *Analysis of Particle Concentrations and Smoke in Common-Rail Diesel Engine*, 'SAE Technical Paper', 2008-01-1743.

[5] Merkisz J., Pielecha J., Bielaczyc P., *Investigation of Exhaust Emissions from DI Diesel Engine During Cold and Warm Start*, 'SAE Technical Paper', 2001-01-1260.

EXHAUST EMISSIONS UNDER COMBAT SIMULATING CONDITIONS FROM AMV ROSOMAK

ABSTRACT

The paper presents the results of tests on a combustion engine of an armored modular vehicle 8x8 Rosomak under combat simulating conditions. For the tests a portable exhaust analyzer was used. It measured the concentrations of the exhaust components and the exhaust gas mass flow. The analysis of the PM emission was done based on the measurement of the mass and number of the particles. The measurements of CO, HC, NO_x, PM and fuel consumption were performed under the conditions of combat simulation and in the *overboost* mode. Based on the obtained results an analysis of the engine and vehicle operation was performed and the on-road and unit exhaust emissions as well as on-road and unit fuel consumption were compared.

Keywords:
exhaust emission, road tests, combat vehicle engines.

Recenzent prof. dr hab. inż. Leszek Piaseczny