

Stanisław W. Kruczyński, Piotr Orliński, Wiktor Danilczyk, Wojciech Kamela

Politechnika Warszawska, Warszawa

Stanisław Orliński

Politechnika Radomska, Radom

Wpływ dodatku etanolu do oleju napędowego na emisję cząstek stałych

W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące pomiaru emisji cząstek stałych z silnika o ZS typu Perkins 1104C-44 z wtryskiem bezpośrednim, zasilanego paliwem węglowodorowym oraz jego mieszaninami z etanolem. Pomiary emisji cząstek stałych wykonano na stanowisku hamownianym wyposażonym w system AVL-415, pracującym w trybie automatycznym, na bazie prędkościowej zewnętrznej i obciążeniowej charakterystyki silnika według testu ECE R49. Wykazano, że rodzaj paliwa o różnych właściwościach fizykochemicznych ma istotny wpływ na emisję cząstek stałych. Wpływ ten przejawia się także w oddziaływaniu na wskaźniki obciążeniowe, ekonomiczne oraz energetyczne badanego silnika.

Influence of ethanol additive in diesel oil on particulate matter emission

In this article there are presented issues concerning measurements of PM (particulate matter) from Perkins 1104-44 direct injection diesel engine, feeded with standard, HC-based, diesel oil and it's mixtures with ethanol. Measurements of PM emissions were made on a test bench equipped with AVL-415 analyser. It was working automatically according to the base speed and load characteristics on engine performance, as advised in ECE R49 test. It was showed, that a type of fuel with different physical and chemical properties, has an essential influence on PM emissions. This influence is also seen in other engine indexes, such as: torque, energy and it's efficiency.

Wstęp

Problem zmniejszenia zawartości zanieczyszczeń w odlotowych spalinach silników wysokoprężnych stanowi dla nowoczesnego społeczeństwa znaczne wyzwanie, w związku z czym opracowanie paliw silnikowych otrzymywanych z odnawialnych zasobów roślinnych ma bardzo duże znaczenie. Wzrastająca troska o ochronę środowiska i ostrzejsze normy zawartości szkodliwych składników w spalinach zmuszają przemysł do pilnego opracowania różnych alternatywnych paliw, które będą spalać się czystiej. Globalna wynalazczość związana ze standardowymi silnikami wysokoprężnymi nie pozwala aktualnie na całkowite wyeliminowanie, jako paliw silnikowych, mieszanin węglowodorów otrzymanych z zasobów mineralnych, takich jak ropa naftowa, węgiel czy gaz ziemny, przy czym przykładem takiej mieszaniny węglowodorów jest również olej napędowy.

Z drugiej strony, możliwe jest zastąpienie części węglowodorów w paliwie silnikowym, takim jak olej napędowy, innymi związkami organicznymi, które dają czystsze gazy wydechowe i nie wykazują niekorzystnego wpływu na osiągi silników. Jak wiadomo, do silników o zapłonie

samoczynnym można stosować dodatek 15% alkoholu, co zapewnia czystsze spaliny i akceptowalną moc – bez modyfikacji silnika.

Jednak problem stosowania bardziej dostępnych i niekosztownych alkoholi, jako części paliwa silnikowego, polega na tym, że związki te nie mieszają się z olejami napędowymi i pędnymi. Potencjalnie, alkohole i inne związki zawierające tlen powinny dawać czyste produkty spalania pod względem środowiskowym, przy czym jednak proces spalania w silnikach jest zjawiskiem nadzwyczaj złożonym, na który ma wpływ nie tylko skład paliwa, lecz także jego parametry fizyczne, a początkowo i jednorodność cieczy.

W artykule ukazano zagadnienia dotyczące pomiaru emisji cząstek stałych z silnika ciągnika rolniczego o zapłonie samoczynnym typu Perkins 1104C-44 z wtryskiem bezpośrednim, zasilanego paliwem węglowodorowym oraz jego mieszaninami z etanolem. Pokazano, że rodzaj paliwa o różnych właściwościach fizykochemicznych ma istotny wpływ na emisję cząstek stałych. Wpływ ten przejawia się także w oddziaływaniu na wskaźniki obciążeniowe, ekonomiczne oraz energetyczne badanego silnika.

Cel badań

Celem badań było wykazanie, że rodzaj paliwa o różnych właściwościach fizykochemicznych (olej napędowy z dodatkami etanolu) ma istotny wpływ na emisję cząstek stałych z silnika Perkins 1104C-44 (EU Stage II G), umieszczonego na stanowisku hamownianym wyposażonym w system AVL-415 pracujący w trybie automatycznym,

na bazie prędkościowej zewnętrznej oraz obciążeniowej charakterystyki silnika zgodnie z ISO 8178 w teście C1 (8-fazowym), zgodnie z Regulaminem ECE R49 [3] oraz porównanie wybranych wskaźników obciążeniowych, ekonomicznych i energetycznych badanego silnika przy zasilaniu mieszankami etanolu i oleju napędowego.

Charakterystyka techniczna stanowiska badawczego oraz parametry fizykochemiczne badanych paliw

Badania przeprowadzono na typowym, zbudowanym według BN-74/1340-12 i PN-88/S-02005 stanowisku hamownianym z silnikiem o zapłonie samoczynnym Perkins typu 1104C-44 z wtryskiem bezpośrednim [2, 4].

Podstawowe dane techniczne silnika zamieszczono w tabeli 1, zaś wybrane właściwości fizykochemiczne badanych paliw: węglowodorowego ONM (Olej Napędowy Miejski) oraz jego mieszanek z etanolem, przedstawiono w tabeli 2. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 1. Mieszanki oleju napędowego z etanolem, w celu uniknięcia rozwarstwienia, były podgrzewane i mieszane w zbiorniku paliwowym przed przystąpieniem do zasilania nimi badanego silnika.

Wspomniany test ECE R49, stanowiący przez lata standard badań emisji zanieczyszczeń z samochodowych silników o zapłonie samoczynnym oraz silników zasilanych paliwami gazowymi, stał się podstawą do syntezy testów statycznych do badań silników o zastosowaniach innych niż w samochodach, zgodnie z normą ISO 8178 [3]. Punkty tego testu definiują tzw. test uniwersalny, z którego wywodzi się test C1 (8-fazowy).

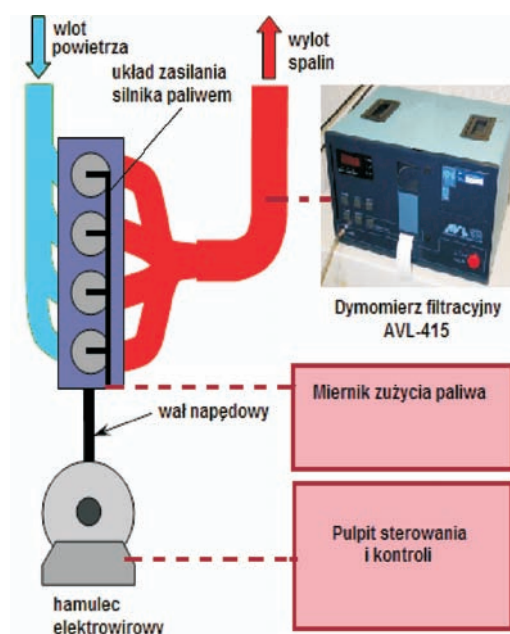
Silnik Perkins 1104C-44 ma zastosowanie głównie w ciągnikach rolniczych (poza Unią Europejską i USA również w pojazdach samochodowych), w związku z tym powinien spełniać normy dotyczące emisji składników toksycznych spalin EU Stage II (dla *Nonroad Diesel Engines*) w wersji G, która obejmuje silniki o mocy efektywnej (tzw. mocy netto) z przedziału $37 \leq P < 75$ kW [3].

Tabela 1. Wybrane dane techniczne silnika Perkins 1104C-44 (EU Stage II G) [2]

Liczba cylindrów	4
Pojemność skokowa	4400 cm ³
Maksymalna moc	60 kW przy 2200 obr/min
Maksymalny moment obrotowy	294 Nm przy 1400 obr/min
Stopień sprężania	19,3
Prędkość biegu jałowego	750 ± 50 obr/min
Kąt dynamicznego początku tłoczenia paliwa	16° OWK

Tabela 2. Wybrane własności fizykochemiczne paliw: węglowodorowego ONM (Olej Napędowy Miejski) oraz jego mieszanek z etanolem [5, 6]

Wybrane parametry fizykochemiczne	ONM	10% Etanolu plus ONM	20% Etanolu plus ONM
Liczba cetanowa	51	50	47,5
Napięcie powierzchniowe [N/m ²]	3,71	----	----
Gęstość w 20°C [g/cm ³]	0,848	0,832	0,828
Lepkość kinematyczna w 40°C [mm ² /s]	1,83	2,42	2,27
Temperatura zapłonu [°C]	40	24	32
Wartość opałowa [MJ/kg]	43,2	41,3	39,9



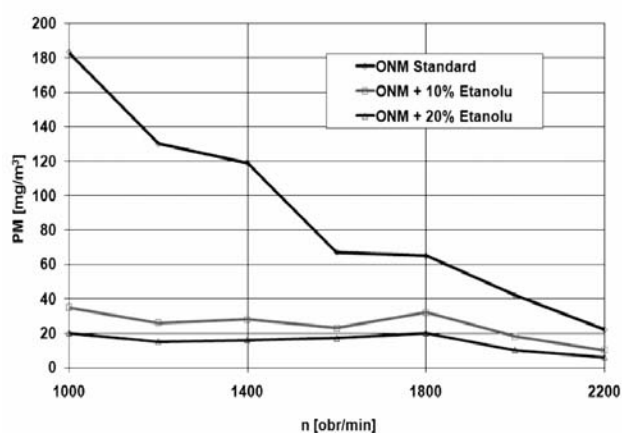
Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego [2]

Wyniki badań

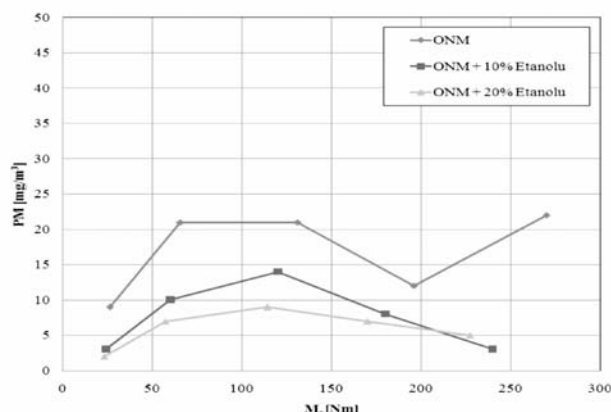
Na rysunku 2 i 3 przedstawiono emisję cząstek stałych (PM) z silnika niedoładowanego Perkins 1104C-44 dla trzech badanych paliw, sporządzone w oparciu o charakterystyki:

- obciążeniową – dla prędkości maksymalnej mocy silnika $n = 2\,200$ obr/min,
- prędkościową zewnętrzną.

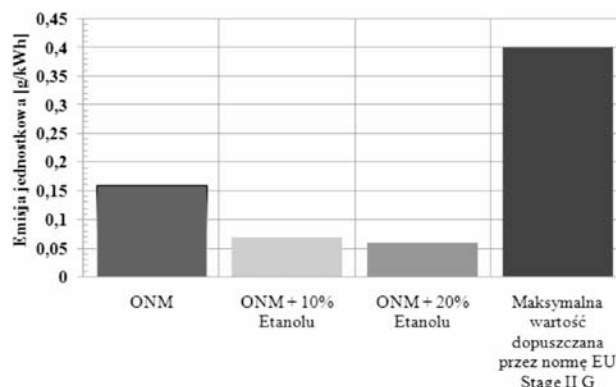
Na rysunku 4 ukazano wyniki badań dla PM mierzone zgodnie z ISO 8178 w teście C1 (8-fazowym), wywodzącym się z Regulaminu ECE R49 [1, 3].



Rys. 2. Charakterystyka prędkościowa zewnętrzna – emisja cząstek stałych z silnika zasilanego olejem napędowym ONM oraz olejem napędowym z dodatkiem 10% oraz 20% etanolu



Rys. 3. Charakterystyka obciążeniowa sporządzona dla prędkości maksymalnej mocy silnika $n = 2200$ obr/min – emisja cząstek stałych z silnika zasilanego olejem napędowym ONM oraz olejem napędowym z dodatkiem 10% oraz 20% etanolu



Rys. 4. Wskaźniki emisji jednostkowej PM, mierzone zgodnie z ISO 8178 w teście C1 (8-fazowym), przy zasilaniu silnika Perkins 1104C-44 trzema rodzajami paliw [3]

Wnioski

Na podstawie wyników otrzymanych z badań można sformułować następujące wnioski, dotyczące emisji cząstek stałych (PM) dla silnika PERKINS 1104C-44:

Wskaźniki emisji jednostkowej PM zmierzone w oparciu o test C1, zgodnie z normą EU Stage II wersja G, są mniejsze dla paliw zawierających jako dodatek etanol, w porównaniu ze standardowym paliwem używanym w czasie badań. Dla mieszanki „ONM + 10% Etanolu” różnica ta wynosi 56%, a dla „ONM + 20% Etanolu” – 62% (rysunek 4).

Zastosowanie dodatków etanolu spowodowało znaczne zmniejszenie emisji cząstek stałych, szczególnie widoczne przy najniższych prędkościach obrotowych silnika. Najlepszym pod tym względem okazał się dwudziestoprocentowy dodatek etanolu, który powodował spadek emisji PM o 89% przy prędkości 1000 obr/min, w stosunku do wartości

uzyskanych dla standardowego oleju napędowego ONM. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej poziomy emisji PM zbliżały się do wartości uzyskiwanych dla paliwa standardowego (rysunek 2).

Zastosowanie dodatków etanolu spowodowało spadek momentu obrotowego rozwijanego przez silnik w całym zakresie prędkości obrotowych. Przykładowo, w punkcie maksymalnej mocy (2200 obr/min) zarejestrowano spadek tego parametru pracy silnika o 11% dla dziesięcioprocentowego dodatku etanolu w paliwie oraz 16% dla dwudziestoprocentowego dodatku etanolu, w stosunku do wartości uzyskiwanej przy zasilaniu silnika standardowym olejem napędowym (rysunek 3).

Przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania olejów napędowych i ich mieszanin z alkoholem etylowym istotne jest zmniejszenie kosztów ich wytwarzania i dystrybucji

poprzez dotacje państwowe tak, aby ceny tych paliw były porównywalne do cen paliw pochodzenia węglowodorowego. Celowe jest dalsze prowadzenie badań związanych

z zasilaniem silnika olejem napędowym z dodatkiem etanolu, związanych z trwałością układu zasilania silnika oraz skojarzenia: tłok-pierścień-cylinder (TPC).

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski

Literatura

- [1] Bielaczyc P., Merkisz J., Kozak M.: *Analysis of the Influence of Fuel Sulphur Content on Diesel Engine Particulate Emissions*. SAE Paper 2002.01.2219.
- [2] *Dokumentacja techniczna stanowiska badawczego*. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska, Warszawa 2008.
- [3] <http://dieselnet.com>.
- [4] Łuksa A., Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: *Wpływ składu paliwa mikroemulsyjnego węglowodorowo-estrowo-etanolowego na wskaźniki pracy silnika o zapłonie samoczynnym*. Zeszyty Naukowe IP PW, Warszawa 2009.
- [5] PKN ORLEN SA i Rafineria Trzebinia, *Świadectwa jakości paliw*, 2009.
- [6] Zakład Produktów Naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska, *Świadectwa jakości paliw*, 2009.

ZAKŁAD DODATKÓW USZLACHTNIAJĄCYCH

Zakres działania:

- opracowywanie i doskonalenie technologii wytwarzania dodatków uszlachetniających do paliw;
- ocena jakości i przydatności do stosowania dodatków i pakietów dodatków uszlachetniających do paliw z ropy naftowej i biopaliw;
- ekspertyzy i doradztwo w zakresie możliwości stosowania dodatków uszlachetniających do paliw;
- rozwiązywanie nietypowych problemów technologicznych, związanych z uszlachetnianiem produktów, szczególnie paliw pochodzenia naftowego i biopaliw;
- badania właściwości fizykochemicznych dodatków uszlachetniających do paliw i olejów smarowych;
- oznaczanie zawartości pierwiastków metodą ICP AES;
- wyznaczanie napięcia powierzchniowego i międzyfazowego znormalizowanymi metodami tensjometrycznymi;
- pomiar wielkości cząstek submikronowych w ciekłych dyspersjach i średniej masy cząsteczkowej metodą dynamicznego rozpraszania światła laserowego (DLS);
- oznaczanie zawartości substancji ekstrahowanych z ciał stałych i wysokocząsteczkowych cieczy z wykorzystaniem automatycznego aparatu do ekstrakcji metodami: ciepłą, gorącą, ciągłą i Soxhleta;
- opracowywanie i walidacja nowych metod analiz dodatków uszlachetniających do paliw.

Kierownik: mgr inż. Zofia Łukasik

Adres: ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków

Telefon: 12 617-74-09

Faks: 12 617-75-22, 12 617-75-69

E-mail: zofia.lukasik@inig.pl

