

Stanisław KRUCZYŃSKI¹
Piotr ORLIŃSKI²
Stanisław ORLIŃSKI³

WPŁYW MIESZANIN ETANOLU Z OLEJEM NAPĘDOWYM NA EMISJĘ CZĄSTEK STAŁYCH

W referacie 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 pracujący 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 MIXTURES OF THE ETHANOL WITH DIESEL FOR EMISSION OF PARTICULATES

In this paper there are presented issues concerning measurements of PM (particulate matter) from Perkins 1104-44 direct injection diesel engine, fueled with standard, HC-based, diesel oil and its mixtures with ethanol.

Measurements of PM emissions were made on a test bench equipped with AVL-415 analyzer. 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.

1. WSTĘP

Zmniejszenie zawartości substancji zanieczyszczających w spalinach silników o zapłonie samoczynnym stanowi dla nowoczesnego społeczeństwa wyzwanie w trosce o ochronę środowiska naturalnego. Ostrzejsze normy zawartości szkodliwych składników w spalinach odlotowych zmuszają przemysł do pilnego opracowania różnych alternatywnych paliw, które spalają się czystiej.

¹ Instytut Energii Odnawialnej i Paliw, Warszawa.

² Politechnika Warszawska, Wydział SiMR, Instytut Pojazdów

³ Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, e-mail: walorl@wp.pl

Globalna wynalazczość związana z standardowymi silnikami o zapłonie samoczynnym 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 olej napędowy.

Z drugiej strony jest także możliwe zastąpienie części węglowodorów w paliwie silnikowym, takim jak olej napędowy innymi związkami organicznymi, które dają bardziej czyste spaliny odlotowe i nie wpływają niekorzystnie na osiągi silników. Aktualnie dysponujemy wiedzą, dzięki której wiemy, że można stosować do silników o zapłonie samoczynnym dodatek 20% 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 te związki 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 parametry fizyczne paliwa, a początkowo i jednorodność cieczy.

2. 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) wywodzącego się z Regulaminu ECE R49 [3]. Kolejnym zamierzeniem było porównanie wybranych wskaźników efektywnych, ekonomicznych, energetycznych oraz ekologicznych badanego silnika przy zasilaniu mieszankami etanolu i oleju napędowego.

3. CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA STANOWISKA BADAWCZEGO ORAZ PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE BADANYCH PALIW

Badania przeprowadzono na typowym, zbudowanym wg 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 EKODIESEL PLUS 50-B oraz jego mieszanek z etanolem przedstawiono w tabeli 2. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys.1. Mieszanki oleju napędowego z etanolem w celu uniknięcia rozwarstwienia były podgrzewane i mieszane w zbiorniku paliwowym przed przystąpieniem do zasilania nimi badanego silnika.

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

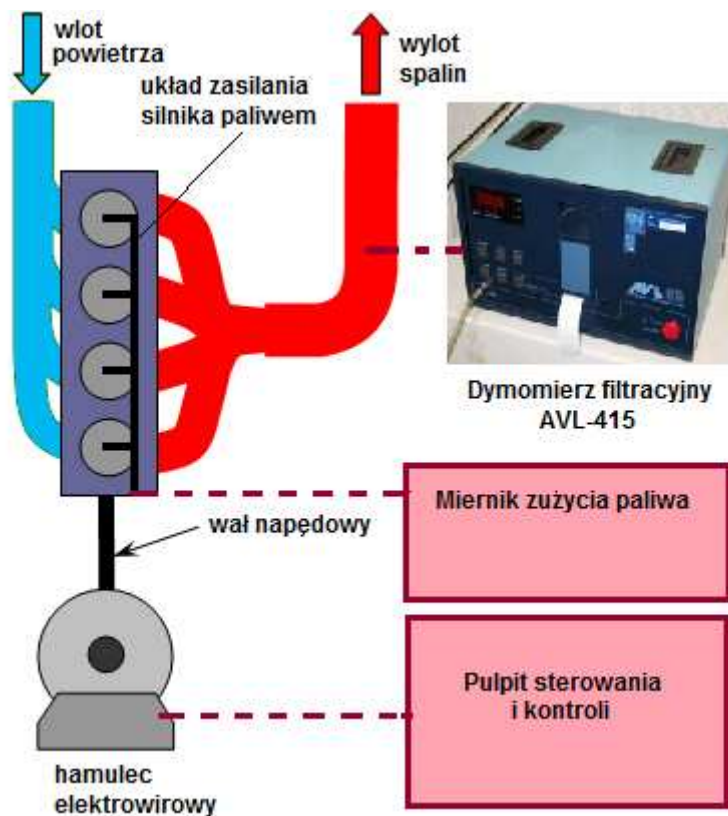
Liczba cylindrów	4
Pojemność skokowa	4400, cm ³
Maksymalna moc	60, kW przy 2200, obr./min.
Maksymalny moment obrotowy	294, Nm przy 1400, obr./min.
Stopień sprężania	19,3
Prędkość biegu jałowego	750 ± 50, obr/min
Kąt dynamicznego początku tłoczenia paliwa	16 °OWK

Tabela 2. Wybrane właściwości fizykochemiczne paliw: węglowodorowego Olej Napędowy Ekologiczny EKODIESEL PLUS-50B oraz jego mieszanek z etanolem [5, 6]

Wybrane parametry fizykochemiczne	ON PLUS-50B	10% Etanolu 90% ON PLUS-50B	15% Etanolu 85% ON PLUS-50B	20% Etanolu 80% ON PLUS-50B
Liczba cetanowa	51	50	48,2	47,5
Napięcie powierzchniowe, N/m²	3,71	----	-----	----
Gęstość w 20 °C, g/cm³	0,848	0,832	830,7	0,828
Lepkość kinematyczna w 40 °C, mm²/s	3,12	2,42	2,37	2,27
Temperatura zapłonu, °C	40	24	29	32
Wartość opałowa, MJ/kg	43,0	41,3	40,2	39,9

Test ECE R49, stanowiący przez lata standard badań stanowiskowych 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-fazowym).

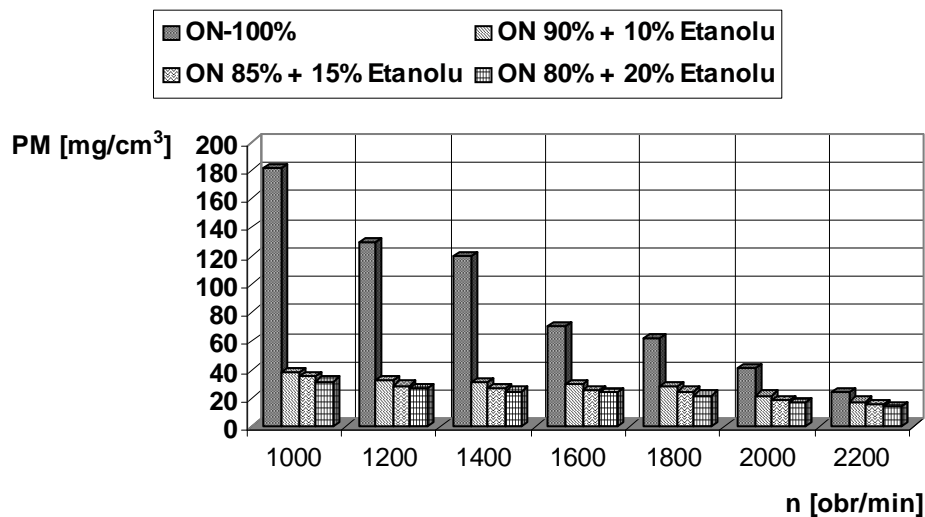
Silnik Perkins 1104C-44 ma zastosowanie głównie w ciągnikach rolniczych (poza Unia Europejską i USA również w pojazdach samochodowych) w związku z tym powinien spełniać normy dotyczące emisji składników toksycznych spalin EU Stage II (dla Nonroad Diesel Engines) w wersji G, która obejmuje silniki o mocy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



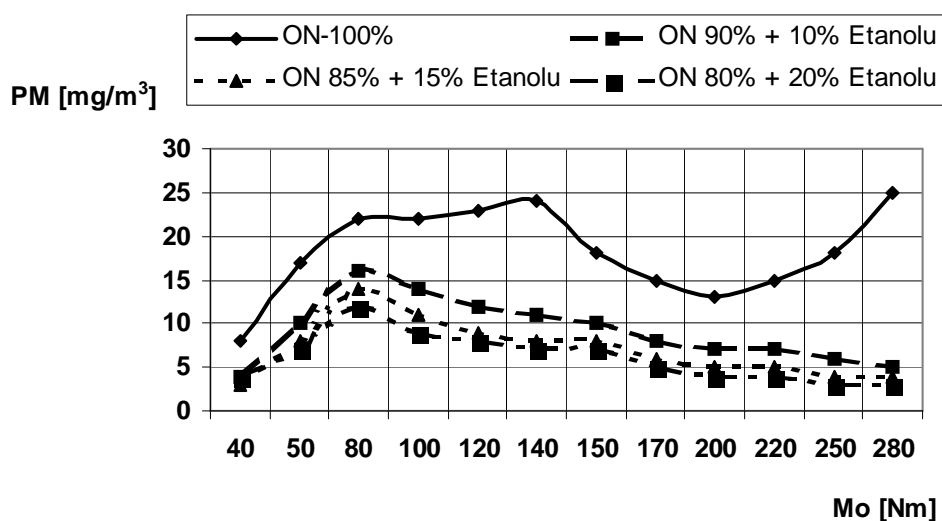
Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego [2]

4. WYNIKI BADAŃ

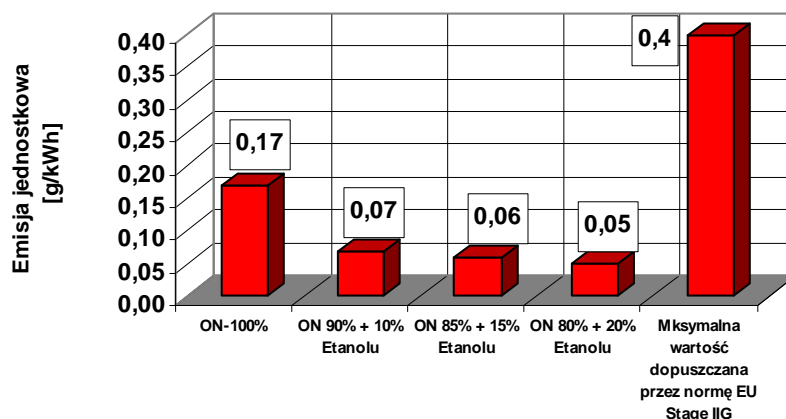
Na rys. 2 i 3 przedstawiono emisję cząstek stałych (PM) z silnika niedoładowanego Perkins 1104C-44 dla trzech badanych paliw sporządzone w oparciu o charakterystyki: obciążeniową dla prędkości maksymalnej mocy silnika $n=2200$ obr/min oraz prędkościową-zewnętrzną. Na rys. 4 ukazano wyniki badań dla PM mierzone zgodnie z ISO 8178 w teście C1 (8-fazowym) wywodzącym się z Regulaminu ECE R49 [1, 3].



Rys. 2. Zbiorcze porównanie emisji cząstek stałych PM na bazie prędkościowej charakterystyki zewnętrznej w przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000-2200 obr/min dla badanych paliw



Rys. 3. Zbiorcze porównanie emisji cząstek stałych PM na bazie charakterystyki obciążeniowej w funkcji momentu obrotowego M_o [Nm] przy prędkości obrotowej maksymalnej mocy $n = 2200$ obr/min



Rys. 4. Wskaźniki emisji jednostkowej mierzone zgodnie z ISO 8178 w teście CI (8-fazowym) przy zasilaniu silnika czterema rodzajami paliw [3]

5. WNIOSKI

Na podstawie wyników otrzymanych z badań można sformułować następujące spostrzeżenia i wnioski dotyczące emisji cząstek stałych (PM) dla silnika PERKINS 1104C-44 zasilanego mieszaninami etanolu z olejem napędowym.

Wnioski dotyczące emisji cząstek stałych (PM) przy sporządzaniu prędkościowej charakterystyki zewnętrznej (rys.2):

- przy sporządzaniu prędkościowej charakterystyki zewnętrznej zastosowanie etanolu jako dodatku do oleju napędowego w ilości: 10%, 15% i 20% spowodowało znaczne zmniejszenie emisji cząstek stałych (PM) w całym przedziale prędkości obrotowych silnika od 1000-2200 obr/min,
- największe zmniejszenie emisji cząstek stałych (PM) występowało przy dużych obciążeniach silnika w przedziale prędkości obrotowych od 1000-1400 obr/min, prędkość 1400 obr/min jest prędkością maksymalnego momentu obrotowego M_o , Nm.
- najlepszym pod tym względem okazał się 20% dodatek etanolu, który powodował spadek emisji PM o 89% przy prędkości 1000 obr/min w stosunku do wartości uzyskanych przy zasilaniu olejem napędowym EKODIESEL PLUS-50B,
- wraz ze wzrostem prędkości obrotowej poziomy emisji PM zbliżały się do wartości uzyskiwanych dla paliwa standardowego EKODIESEL PLUS-50B.

Wnioski dotyczące emisji cząstek stałych (PM) przy sporządzaniu charakterystyki obciążeniowej dla prędkości obrotowej maksymalnej mocy $N_{e,max}$ (kW) $n = 2200$ obr/min (rys.3):

- zastosowanie dodatków etanolu w ilości 10, 15 i 20% spowodowało zmniejszenie emisji cząstek stałych w (PM) całym zakresie momentu obrotowego silnika od 40-280 Nm.

- w przedziale momentu obrotowego silnika M_o od 40-200 Nm, wskazania emisji PM dla oleju napędowego są większe od 40-60%, zaś od 200-280 Nm wzrasta emisja PM dla oleju napędowego do 80% w stosunku do mieszanin etanolowych,
- najlepszym pod tym względem okazał się 20% dodatek etanolu, który powodował spadek emisji PM od 40-60% w stosunku do wartości uzyskanych przy zasilaniu olejem napędowym EKODIESEL PLUS-50B,
- wyniki badań emisji cząstek stałych PM wykazały, że przy sporządzaniu charakterystyki obciążeniowej jak i prędkościowej zewnętrznej występuje ta sama analogia: ze wzrostem zawartości etanolu w oleju napędowym zmniejsza się emisja PM w stosunku do oleju napędowego spowodowane to jest dysocjacją termiczną występującą w procesie spalania badanych mieszanin oleju napędowego z etanolem.

Wnioski dotyczące emisji cząstek stałych (PM) przy sporządzaniu testu C1 zgodnie z normą EU Stage II wersja G (rys.4):

- wskaźniki emisji jednostkowej zmierzone w oparciu o test C1 zgodnie z normą EU Stage II wersja G wykazały: zmniejszenie emisji jednostkowej PM pomiędzy olejem napędowym, a 10% mieszaniną z etanolem o 59%, 15% mieszaniną z etanolem o 64% oraz 20% mieszaniną z etanolem o 70,5%.
- Maksymalna wartość dopuszczalna emisji cząstek stałych przy sporządzaniu 8-fazowego testu przez normę EU Stage II G wynosi 0,4 g/kWh.

Wnioski podsumowujące:

- przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania olejów napędowych i ich mieszanin z alkoholem etylowym, 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 (TPC) tłok-pierścień-cylinder.

6. 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://www.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 S.A. i Rafineria Trzebinia, Świadczenia jakości paliw, 2009,
- [6] Zakład Produktów Naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska, Świadczenia jakości paliw, 2009.