

THE STUDY OF EXPLOITATION PROPERTIES OF MUNICIPAL TRANSPORT SERVICES POWERED BY FUELS CONTAINING ETHYLBIOCOMPONENTS

Andrzej Pięta^{*}, Mieczysław Struś^{**}, Grzegorz Trawiński^{***}

^{*}Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, ul. Narbutta 84 tel./fax: 0-22-8390303, e-mail: IPPW@simr.pw.edu.pl

^{**}Kompania Spirytusowa „Vratislawia”, ul. Monopolowa 4, 51-501 Wrocław, tel./fax: 0-71- 3474160, e-mail: m.strus@polmos.wroc.pl

^{***}Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, tel./fax: 0-22-6837602, , gtrawinski@wat.edu.pl

Abstract

The report includes chosen research results of engines of municipal transport buses powered by experimental fuels containing mixture of diesel oil, ethyl ester rape oil and ethanol. Research contained complete diagnostics state of torque of engine, measurements smokiness of exhaust gases, experts research and measurements in thermo-controlled chamber. Measurements of torque and power of engines were done with a usage of inertia method (free acceleration). This method was used also while measuring smokiness of exhaust gases. Research results for experimental powered engines were compared with results obtained from engines powered by diesel oil. Experimental research included observation of a few buses in real exploitation conditions while powering with fuel containing biocomponents. The aim of the research in thermo-controlled chamber was to check possibilities of diesel engine starting powered with this fuel in extremely low temperature (-30°C). Research results reassured the thesis about comparative exploitation specifications of the buses powered by experimental fuel containing ethylbiocomponents. Moreover they pointed at lower usage of this fuel comparing to diesel oil and the improvement of low temperature properties of this particular fuel.

Keywords: combustion engines, exploitation properties, fuels, biocomponents

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI EKSPLOATACYJNYCH POJAZDÓW TRANSPORTU MIEJSKIEGO ZASILANYCH PALIWAMI Z BIOKOMPONENTAMI

Streszczenie

Przedstawiono wybrane wyniki badań silników autobusów komunikacji miejskiej zasilanych paliwem eksperymentalnym, stanowiącym mieszaninę oleju napędowego, estru etylowego oleju rzepakowego i etanolu. Wykonane badania obejmowały pełną diagnostyczną ocenę momentu obrotowego silnika, pomiary zadymienia spalin, eksperckie badania eksploatacyjne oraz pomiary w komorze termoklimatycznej. Pomiary momentu obrotowego i mocy efektywnej silników badanych autobusów dokonano z wykorzystaniem metody bezwładnościowej (swobodnego przyspieszania). Tę samą metodę zastosowano przy pomiarach zadymienia spalin. Uzyskane wyniki badań dla silników zasilanych paliwem badawczym porównano z wynikami uzyskanymi przy zasilaniu ich olejem napędowym. Badania eksperckie obejmowały obserwację kilku autobusów w rzeczywistych warunkach eksploatacji przy zasilaniu ich paliwem z biokomponentami. Celem badania w komorze termo-klimatycznej było sprawdzenie możliwości rozruchu silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego tym paliwem w skrajnie niskich (-30°C) temperaturach. Uzyskane rezultaty badań potwierdziły tezę o porównywalnych parametrach eksploatacyjnych autobusów zasilanych paliwem eksperymentalnym z udziałem biokomponentów etylowych. Ponadto wskazały one na niższe zużycie tego paliwa w porównaniu do oleju napędowego i na polepszenie właściwości niskotemperaturowych tego paliwa.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, właściwości eksploatacyjne, paliwa, biokomponenty

1. Wprowadzenie

Zmniejszenie zużycia paliw ropopochodnych w Polsce jest istotny nie tylko z punktu uniezależnienia od dostaw ropy naftowej (95 % ropy naftowej pochodzi z importu), ale także z uwagi na ograniczenie ich szkodliwego oddziaływania na środowisko naturalne. Jednym z kierunków prowadzonych w tym zakresie prac jest stosowanie biokomponentów, dodawanych do benzyny czy oleju napędowego.

Polska jako jeden z pierwszych krajów w Europie rozpoczął dodawanie bioetanolu do benzyn. W roku 1997 roku 38,1 % benzyn w Polsce zawierało dodatek powyżej 4,5 % bioetanolu (norma EN-PN 228). Wiele nieprzychylnych, często nieprawdziwych opinii o ich stosowaniu zahamowało proces zwiększania ich udziału w paliwie. Publikowane do tej pory wyniki badań wskazują, że stosowanie mieszanek zawierających estry i etanol przy zawartości etanolu do około 15 % praktycznie nie wymaga regulacji silnika. Z uwagi na mniejszą wartość opałową etanolu (27 MJ/kg) w porównaniu do oleju napędowego (43 MJ/kg) czy estrów (39 MJ/kg), wzrasta naturalnie nieco zużycie paliwa. Niższa cena paliwa zawierającego etanol zmniejsza jednak koszty eksploatacji. Stąd duże zainteresowanie i przepowiadany wzrost zastosowań, także z uwagi na inne korzyści.

Silniki zasilane tymi mieszankami mają poprawione własności ekologiczne. Z uwagi na obecność tlenu związanego zarówno w estrach jak i etanolu zmniejsza się zadymienie spalin nawet do 70 %, a zawartość tlenku węgla, węglowodorów i cząstek stałych spada o około 25÷30 %, a co najważniejsze spada także zawartość tlenków azotu do 10 %!. Zarówno ester jak i etanol nie posiadają w swym chemicznym składzie siarki, co zmniejsza ilość cząstek stałych.

Dotychczas nie prowadzono w Polsce eksploatacji mieszanki składającej się z oleju napędowego, estrów etylowych i etanolu. Mamy nadzieję, że doświadczenia eksploatacyjne z w/w paliwem będą krokiem do szerszego jej stosowania i do strategicznego powiększenia paliwowej niezależności Polski i Europy.

2. Badania eksploatacyjne autobusów zasilanych paliwem z biokomponentami

Badania eksploatacyjne wykonano na trzech pojazdach Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego we Wrocławiu: autobusów Volvo 7000A, nr ewidencyjny 8057 i 8059, których jednostkę napędową stanowi silnik Volvo D7C275(290) oraz autobusu Jelcz 120MM, nr ewidencyjny 9023, którego jednostkę napędową stanowi silnik Man D0826LUH05. Podstawowe parametry badanych silników podano w tabeli 1.

Tab. 1. Podstawowe parametry silników autobusów podanych badaniom.
Tab. 1. The basic technical specifications of bus engines which are subject of the research.

Parametr	Silnik	
	Volvo D7C275(290)	Man D0826LUH05
Układ i liczba cylindrów	rzędowy, stojący, 6	rzędowy, leżący, 6
Pojemność skokowa [dm ³]	7,284	6,871
Moment maksymalny [Nm] / przy prędkości [obr/min]	1200/1200	850/1300-1500
Moc maksymalna [kW] / przy prędkości [obr/min]	213/2200	169/2400
Rodzaj wtrysku	wtrysk bezpośredni	wtrysk bezpośredni
Rodzaj komory spalania	toroidalna w denku tłoka	toroidalna w denku tłoka
Stopień sprężania	19,5:1	17:1
Rodzaj układu chłodzenia	cieczowy, o wymuszonym obiegu	cieczowy, o wymuszonym obiegu

Badania eksploatacyjne obejmowały pomiary porównawcze parametrów efektywnych oraz toksyczności spalin badanych silników zasilanych oddzielnie olejem napędowym i paliwem z biokomponentami, wyznaczenie eksploatacyjnego (drogowego) zużycia paliwa pojazdu (silnika) zasilanego paliwem z biokomponentami oraz badania w komorze termo klimatycznej.

2.1. Badania parametrów efektywnych

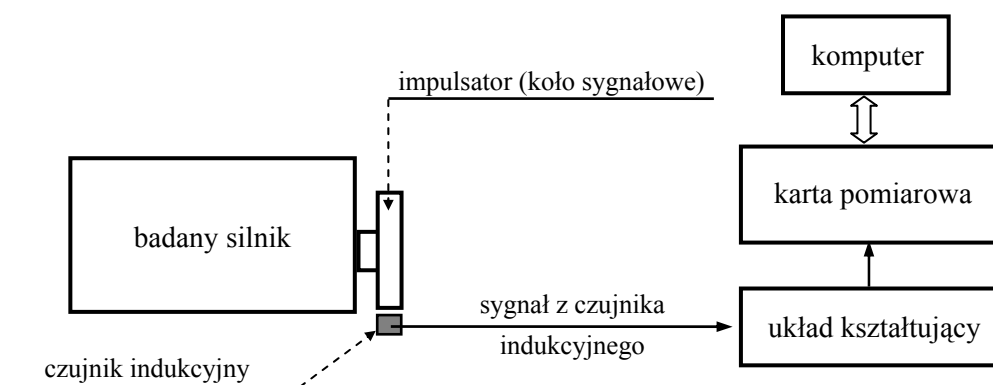
Oceny parametrów efektywnych badanych silników dokonano z wykorzystaniem metody wykorzystującej bezwładność silnika. Polega ona na określaniu momentu obrotowego w czasie akceleracji i deceleracji silnika, będącego skutkiem zadanego wymuszenia o charakterze „skoku jednostkowego” - wzrostu natężenia doprowadzenia paliwa (akceleracja) lub zmniejszenia natężenia doprowadzenia paliwa (deceleracja). W metodzie tej, moment obrotowy silnika M_o wyznacza się z zależności:

$$M_o = I_o \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

gdzie: ε - przyspieszenie kątowe wału korbowego silnika,
 I_o - moment bezwładności silnika.

Ten sposób wyznaczania momentu obrotowego silnika, zakładający stałość wartości momentu bezwładności I_o , umożliwił w toku prowadzonych badań porównanie parametrów efektywnych silnika zasilanego różnymi rodzajami paliwa – olejem napędowym i paliwem z biokomponentami.

Do precyzyjnego pomiaru przebiegu prędkości obrotowej (przyspieszenia kąтового wału korbowego) podczas badań eksploatacyjnych zastosowano tor pomiarowy prędkości obrotowej (rys. 1), składający się z nadajnika prędkości obrotowej (czujnik indukcyjny), umieszczonego podczas badań naprzeciwko koła zamachowego badanego silnika współpracującego z karta pomiarową. Szczegółowy opis stosowanego układu rejestrującego podano w [6, 7, 10].



Rys. 1. Schemat funkcjonalny toru pomiarowego chwilowej prędkości obrotowej wału korbowego silnika stosowanego podczas badań

Fig. 1. Functional diagram represents slotted line of momentary rotary speed crankshaft of the engine during the research

Zastosowana metoda określania prędkości obrotowej (przyspieszenia kąтового) opiera się o bardzo dokładny pomiar czasu T_i pomiędzy „przejściem” kolejnych zębów, czyli pomiędzy kolejnymi impulsami pomiarowymi. Dokładność pomiaru prędkości obrotowej i wielkości pochodnych (przyspieszenia kąтового, momentu obrotowego, mocy efektywnej) jest zależna przede wszystkim od dokładności wyznaczenia przedziałów czasu T_i . Dla opisanego układu pomiarowego z użyciem wysokowydajnej, odpowiednio oprogramowanej karty pomiarowej, błąd pomiaru chwilowej prędkości obrotowej jest mniejszy niż 0,05 %, a przyspieszenia kąтового (momentu obrotowego silnika) wynosi około 2 % [6, 7, 10].

Pomiary wykonano oddzielnie przy zasilaniu silników badanych autobusów olejem napędowym i paliwem z biokomponentami, dla silników rozgrzanych do temperatur eksploatacyjnych (temperatury: cieczy chłodzącej i oleju silnikowego $> 80^{\circ}\text{C}$). Dla każdego autobusu (silnika) wykonano 20 pomiarów, z których wyznaczono uśredniony przebieg momentu efektywnego, momentu oporów własnych oraz mocy efektywnej badanego silnika. Porównanie przebiegu wymienionych wielkości (przy zasilaniu oddzielnie olejem napędowym i paliwem z biokomponentami) dla poszczególnych badanych silników pokazano na rys. 2 i 3.

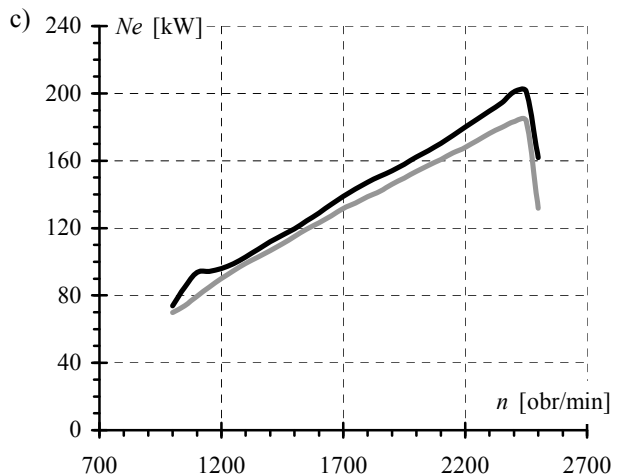
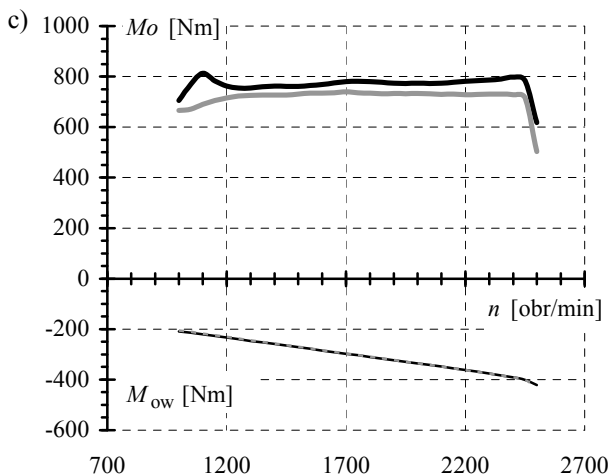
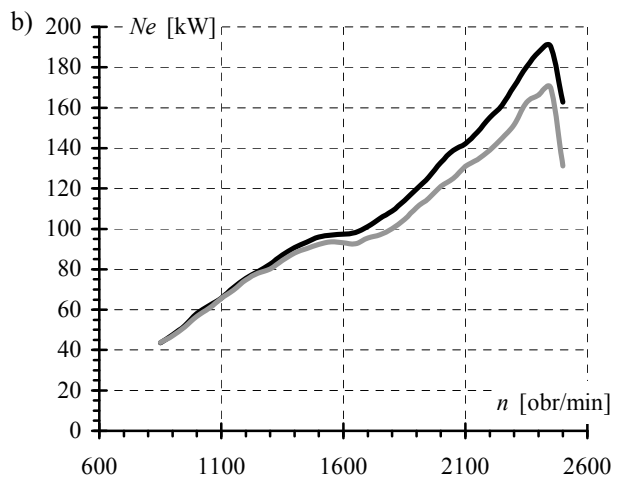
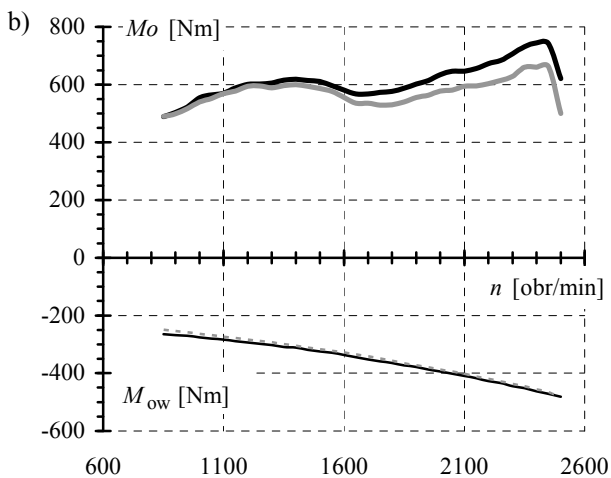
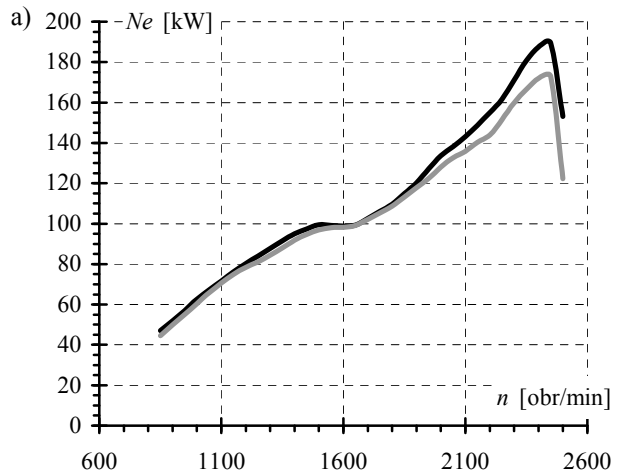
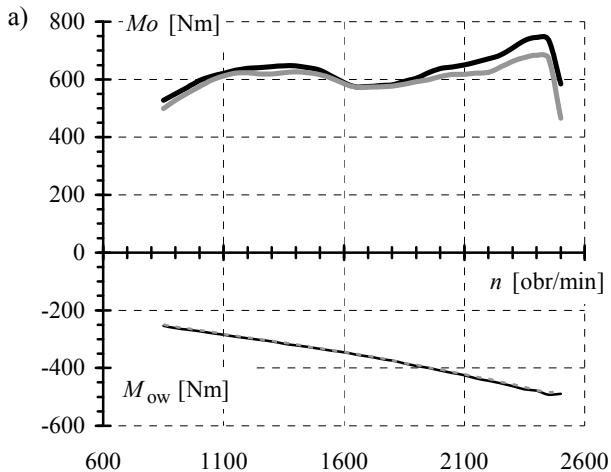
Analiza otrzymanych wyników wskazuje, że w chwili wykonywania pomiarów silniki były w przybliżeniu w tym samym stanie termicznym. Świadczą o tym praktycznie takie same przebiegi momentu oporów własnych przy zasilaniu tego samego silnika różnymi paliwami. Uzyskane parametry efektywne (w stanach nieustalonych) różnią się od wartości maksymalnych momentu i mocy efektywnej (warunki ustalone), podanych w tab. 1. Wynika to z różnic w przebiegu momentu obrotowego i mocy efektywnej silnika wyznaczonych w wymienionych wyżej warunkach (ustalone {hamownia silnikowa} – nieustalone {metoda bezwładnościowa}), co spowodowane jest różnicami w przebiegu procesu spalania (zasilanie paliwem, zasilanie powietrzem, sterowanie pracą silnika).

Parametry efektywne badanych silników zasilanych paliwem z biokomponentami były zbliżone do parametrów uzyskanych przy ich zasilaniu olejem napędowym. W zakresie prędkości obrotowych odpowiadających maksymalnemu momentowi obrotowemu silnika były one porównywalne, natomiast dla wyższych prędkości obrotowych zaobserwowano niewielki ich spadek w przypadku zasilania badanych silników paliwem z biokomponentami w porównaniu do zasilania olejem napędowym.

2.2. Badania toksyczności (zadymienia) spalin

Pomiary toksyczności spalin wykonywano na pojazdach w bieżącej eksploatacji z wykorzystaniem metody pomiaru zadymienia (współczynnika ekstynkcji k_{max}) podczas swobodnego przyspieszania silnika. Tego rodzaju pomiary są wskaźnikiem zawartości sadzy w spalinach (jej ilość zależy od przebiegu {jakości} procesu spalania paliwa) i stosowane są ze względu na prostotę wykonania i dużą dostępność urządzeń pomiarowych (dymomierzy) zarówno podczas badań homologacyjnych (EOBD), jak przede wszystkim podczas badań kontrolnych pojazdów. Pomiary wykonano przy zastosowaniu dymomierza optycznego, przy zasilaniu badanych silników oddzielnie olejem napędowym i paliwem z biokomponentami. Dla każdego badanego autobusu (silnika) wykonywano 11 rozpedzeń dla silnika rozgrzanego do temperatur eksploatacyjnych (temperatury: cieczy chłodzącej i oleju wyższe niż 80°C). Wynik pierwszego pomiaru pomijano. Uśrednione (z 10-ciu przyspieszeń) wartości współ- czynnika ekstynkcji k_{max} oraz parametry oceny statystycznej (odchylenie standardowe $\sigma_{\bar{k}_{max}}$ i współczynnik zmienności $\sigma_{\bar{k}_{max}} / \bar{k}_{max}$) uzyskanych wyników pomiarów podano w tabeli 2.

Badania potwierdziły, że poziom konstrukcji silnika i jego stan techniczny wpływają na wartość zadymienia spalin. Dla silnika Man D0826LUH05 uzyskano średnie wartości współczynnika ekstynkcji odpowiednio $2,55 \text{ m}^{-1}$ (dla zasilania olejem napędowym) i $1,10 \text{ m}^{-1}$ (dla zasilania silnika paliwem z biokomponentami), które są mniejsze niż wartość maksymalna dopuszczalna tego współczynnika (3 m^{-1}) obowiązująca podczas badań technicznych pojazdów dla silnika turbodoładowanego. Można przypuszczać, że na tak wysoką wartość tego parametru (zwłaszcza dla oleju napędowego) wpływ miał przede wszystkim nie najlepszy stan aparatury wtryskowej tego silnika. Dla pozostałych dwóch badanych silników (Volvo D7275) uzyskane wartości współczynnika ekstynkcji są znacznie mniejsze i nie przekraczają $0,8 \text{ m}^{-1}$.



Rys. 2. Porównanie momentu efektywnego i oporów własnych przy zasilaniu olejem napędowym (linia czarna) i paliwem z biokomponentami (linia szara): a) b) silniki Volvo D7C275(290) autobusów Volvo 7000A nr 8057 i nr 8059, c) silnik Man D0826LUH05 auto-busu Jelcz 120MM nr 9023

Fig. 2. Value comparison of effective moment to the resistance moment powered by petroleum (black line) and fuel containing biocomponents (grey line): a) b) engines Volvo D7C275 buses Volvo 7000A nr 8057 and 8059, c) engine Man D0826LUH05 bus Jelcz 120M 9023

Rys. 3. Porównanie mocy efektywnej przy zasilaniu olejem napędowym (linia czarna) i paliwem z biokomponentami (linia szara): a) b) silniki Volvo D7C275(290) autobusów Volvo 7000A nr 8057 i nr 8059, c) silnik Man D0826LUH05 autobusu Jelcz 120MM nr 9023

Fig. 3. Value comparison of effective power powered by petroleum (black line) and fuel containing biocomponents (grey line): a) b) engines Volvo D7C275(290) buses Volvo 7000A nr 8057 and 8059, c) engine Man D0826LUH05 bus Jelcz 120MM nr 9023

Tab. 2. Wyniki pomiarów zadymienia spalin silników badanych autobusów zasilanych różnymi rodzajami paliwa (metoda swobodnego rozpędzania)
 Tab. 2. Measurement results of smokiness of exhaust gases from examined engines that are powered by different fuels (free accelerating method)

Rodzaj paliwa	Olej napędowy			Paliwo z biokomponentami		
Nr ewidencyjny autobusu	8057	9023	8059	8057	9023	8059
Silnik	Volvo D7C275	Man D0826LUH05	Volvo D7C275	Volvo D7C275	Man D0826LUH05	Volvo D7C275
k_{\max} [m^{-1}]	0,52	2,55	0,76	0,25	1,10	0,33
$\sigma_{\bar{k}_{\max}}$ [m^{-1}]	0,05	0,34	0,05	0,02	0,06	0,03
$\sigma_{\bar{k}_{\max}} / \bar{k}_{\max}$ [%]	10	13	7	8	5	10

Analiza wyników badań wskazuje również na dużą niepewtarzalność uzyskiwanych pod-czas kolejnych procesów rozpędzania wartości współczynnika k_{\max} , co jest charakterystyczne dla tego rodzaju badań i wynika z niepewtarzalności stosowanego wymuszenia o charakterze skoku jednostkowego, a tym samym kolejnych procesów rozpędzania. Współczynnik zmienności mieści się w przedziale od 5% (silnik Man zasilany paliwem z biokomponentami) do 13% (silnik Man zasilany olejem napędowym). Dla wszystkich badanych autobusów, przy zasilaniu ich silników paliwem z biokomponentami, uzyskano ponad dwukrotnie mniejsze wartości zadymienia spalin (współczynnika ekstynkcji k_{\max}) niż przy ich zasilaniu olejem napędowym.

2.3. Badania trakcyjne autobusów zasilanych paliwem z biokomponentami

Podstawowym celem badań trakcyjnych była ekspercka ocena charakteru pracy silników autobusów zasilanych paliwem eksperymentalnym oraz ocena ich ekonomii zużycia paliwa w normalnych, nie symulowanych warunkach eksploatacji.

Przed przystąpieniem do badań trakcyjnych autobusów zasilanych paliwem z biokomponentami wykonano prace przygotowawcze, które obejmowały umycie i osuszenie przedziału silnikowego, wykonanie obsługi systemów wspomagających rozruch silnika, naładowanie akumulatorów rozruchowych do pojemności nie mniejszej niż 75% pojemności znamionowej, mycie zbiorników paliwa i filtrów wstępnego oczyszczania (osadników) oraz wymianę papierowych przegród filtracyjnych w układzie zasilania powietrzem.

Badaniu podlegały trzy autobusy, których silniki zasilano paliwem z biokomponentami. Autobusy te poruszały się przez kilka miesięcy po normalnych trasach tych autobusów we Wrocławiu. Kierowcy badanych pojazdów zostali wyposażeni w specjalne karty badań, w których każdego dnia eksploatacji dokonywali odpowiednich wpisów, na przykład o warunkach pogodowych i dostrzeżonych podczas użytkowania (jazdy) anomaliach w pracy silnika (w porównaniu do pracy na oleju napędowym). Łącznie badane autobusy przejechały prawie 18000 km w okresie zimowym (luty i marzec 2006 rok). W tym czasie podczas użytkowania i obsługi pojazdów nie stwierdzono istotnych usterek w pracy silnika wynikających lub przypisywanych układowi zasilania paliwem.

Analiza ww. kart wykazała, że badane autobusy eksploatowane były w tym okresie przy ujemnych temperaturach otoczenia w zakresie od -7°C do około 0°C . Podczas większości okresu

eksploatacji jezdnie, po których poruszały się autobusy były mokre, a w ciągu kilku dni jazd wystąpiły opady deszczu i śniegu z deszczem.

Podczas badań nie zaobserwowano trudności w uruchamianiu silników zasilanych paliwem z biokomponentami. Uruchamianie zarówno „zimnych” silników jak i rozgrzanych do temperatur eksploatacyjnych w wyżej wymienionych warunkach klimatycznych przebiegało analogicznie jak przy zasilaniu tych silników olejem napędowym i nie sprawiało żadnych trudności. Silniki uruchamiały się przy „pierwszym załączeniu rozrusznika” w czasie około 2÷3 s. Także zachowanie się silników przy ruszaniu z miejsca, przy przyspieszaniu, przy zmianie biegów czy przy rozbiegu i redukcji zostało ocenione przez kierowców na poziomie takim samym jak dla oleju napędowego.

Badania obejmowały również porównanie zużycia paliwa z biokomponentami w porównaniu do zużycia oleju napędowego.

W przypadku autobusu Volvo (nr ewidencyjny 8057) średnie zużycie paliwa z biokomponentami wynosiło w okresie badań $53,8 \text{ dm}^3/100\text{km}$, podczas gdy norma jego zużycia w Ruchu miejskim wynosi $59,0 \text{ dm}^3/100\text{km}$. Natomiast autobus Jelcz (nr ewidencyjny 9023) którego norma w ruchu miejskim wynosi $36,0 \text{ dm}^3/100\text{km}$, w okresie badań zużył średnio $33,6 \text{ dm}^3$ paliwa na 100 km przebiegu. Można więc sformułować wniosek, że w obu badanych pojazdach zużycie paliwa z biokomponentami jest w przybliżeniu o $6,7\div 8,8\%$ mniejsze niż zużycie oleju napędowego. Dla trzeciego badanego autobusu (Volvo nr ewidencyjny 8059) stwierdzono zróżnicowane zużycie paliwa z biokomponentami, zależne od kierowcy prowadzącego pojazd i okresu jego eksploatacji. Z danych zawartych w zdecydowanej części *kart pracy* tego autobusu wynika, że statystycznie zużycie paliwa z biokomponentami było o $14,2\%$ mniejsze od normatywnego zużycia oleju napędowego, chociaż zdarzały się okresy pracy (*karty pracy*), podczas których zużycie to było większe.

2.4. Badania w komorze termoklimatycznej

Celem przeprowadzonych w komorze termoklimatycznej badań było sprawdzenie możliwości rozruchu silnika D08 MAN autobusu Jelcz 121M zasilanego paliwem z biokomponentami w ujemnych temperaturach otoczenia zgodnie z wymaganiami normy BN-74/1345-09. Badania wykonano w wielkogabarytowej komorze termoklimatycznej o wysokich parametrach eksploatacyjnych (Politechnika Krakowska). Na podstawie przeprowadzonych prób rozruchu badanego silnika autobusu Jelcz M121M w warunkach obniżonej temperatury otoczenia do $-31^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$, przy równoczesnym wstępnym podgrzaniu badanego silnika (temperatura zasysanego powietrza do cylindrów silnika oraz temperatura paliwa miały spełnione warunki przemrożenia do wymaganej temperatury) z zachowaniem wybranych kryteriów z procedury badawczej określonej w normie BN-74/1345-09, stwierdzono, że możliwy był rozruch silnika i jego dalsza praca w badanych warunkach temperaturowych. Wykonany test badawczy powtarzano kilkakrotnie, przy czym w ostatniej, trzeciej fazie praca silnika utrzymywana była na tzw. „biegu jałowym” przez okres ponad 5 minut. Należy zaznaczyć, że podczas całego okresu prowadzonych prób w tej fazie badań, temperatura testowanego paliwa, a także zasysanego przez silnik powietrza były ustabilizowane na wymaganym poziomie ($-31^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$). Na tej podstawie można uznać, iż poddane badaniom paliwo z dodatkiem biokomponentów może być wykorzystywane w warunkach zimowych jako alternatywne paliwo do silników napędowych o zapłonie samoczynnym.

Podczas badań autobusu w komorze termoklimatycznej umieszczono pobrane przed przystąpieniem do badania próbki paliwa z biokomponentami. Zaobserwowano, że paliwo umieszczone w szklanych pojemnikach zachowało płynność nawet w warunkach przemrożenia do -32°C , co może świadczyć, iż spełnia ono kryterium przepompowalności i nie będzie powodować zjawiska zablokowania zimnego filtra paliwa.

3. Wnioski końcowe

1. Parametry efektywne (moc, moment obrotowy) silników badanych pojazdów zasilanych paliwem z biokomponentami są porównywalne (średnio o 5,1 % mniejsze) niż przy ich zasilaniu olejem napędowym, przy znacznie mniejszym (ponad 50 %) zadymieniu spalin (średniej wartości współczynnika ekstynkcji k_{\max} dla metody swobodnego przyspieszania).
2. Średnie eksploatacyjne (drogowe) zużycie paliwa z biokomponentami dla badanych auto-busów jest od 6,7÷14,2 % mniejsze od zużycia oleju napędowego. W okresie, w którym prowadzono badania drogowe silników zasilanych paliwem z biokomponentami nie stwierdzono żadnych usterek w ich pracy silników wynikających lub przypisywanych układowi zasilania paliwem.
3. Paliwo z biokomponentami, umieszczone w szklanych pojemnikach razem z autobusem w komorze termoklimatycznej, zachowało płynność w warunkach przemrożenia do -32°C .
4. Stwierdza się, że rozruch silnika i jego dalsza praca były możliwa przy temperaturze testowanego paliwa (a także zasysanego powietrza) ustabilizowanego na poziomie -31°C .
5. Wyniki wykonanych badań eksploatacyjnych pozwalają na wstępne postawienie tezy, że paliwo z dodatkiem biokomponentów etylowych rokuje szansę na szerokie przyszłe wykorzystywanie jako alternatywnego źródła zasilania silników o zapłonie samoczynnym. Jego stosowanie jest celowe ekonomicznie (mniejsze zużycie paliwa) i ekologicznie (mniejsza toksyczność spalin). Powinno ono stanowić przedmiot dalszych analiz i szerszych badań stanowiskowych i drogowych oraz eksperymentów w warunkach rzeczywistej eksploatacji.

Literatura

- [1] Bocheński, C., *Biodiesel – paliwo rolnicze*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2003.
- [2] Chwieduk, D., *Analiza możliwości stosowania nośników energii produkowanych w oparciu o surowce ze źródeł odnawialnych*. Warszawa 2005.
- [3] Kolczyński, J., *Wybrane aspekty technologiczne i eksploatacyjne stosowania Biodiesla FAME*. Służby materiałów pędnych i smarów, Warszawa 2005.
- [4] Lewandowski, W.: *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [5] Olchowik, W., Piętak, A., Trawiński, G., *Określenie dokładności pomiaru przyspieszenia kątownego silników spalinowych*. Materiały V Krajowej Konferencji „Diagnostyka techniczna urządzeń i systemów DIAG’2003”, Ustroń, 13-17.10.2003, skrót str. 361÷362, wersja pełna wydanie na CDROM-ie.
- [7] Olchowik, W., Piętak, A., Trawiński, G., *Redukcja zakłóceń i błędów pomiaru chwilowej prędkości obrotowej wału korbowego z wykorzystaniem cyfrowej filtracji sygnału*. Materiały V Krajowej Konferencji „Diagnostyka techniczna urządzeń i systemów DIAG’2003”, Ustroń, 13-17.10.2003r, skrót str. 363÷364, wersja pełna wydanie na CDROM-ie.
- [8] Podkówka W., *Biopaliwo, gliceryna, pasza z rzepaku*. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2004.
- [9] Szlachta S., *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwem rzepakowym*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002.
- [10] Trawiński G., *Analiza możliwości wykorzystania pomiarów chwilowej prędkości obrotowej i przyspieszenia wału korbowego do oceny stanu technicznego silnika o zapłonie samoczynnym*. Rozprawa doktorska, WAT, Warszawa 2004.
- [11] *Oxidation stability of fatty acid methyl esters*. <http://btgs.ct.utwente.nl/eeci/archive/-biobase/B10376.html>.
- [12] *Biodiesel, SoyGold Biodiesel*. <http://www.soygold.com/biodiesel.html>.
- [13] *Caterpillar position on the use of biodiesel fuel*. Dokument PELE0805.

[14] Dyrektywa 2003/30/WE parlamentu europejskiego z dnia 8 maja 2003 roku w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych.

