

Stanisław Oleksiak, Zofia Łukasik

Institut Nafty i Gazu, Kraków

Nowoczesne układy wtrysku paliwa w silnikach Diesla i ich wpływ na jakość paliw i dodatków detergentowo-dyspergujących

W artykule omówiono wpływ zmian wymagań legislacyjnych, stawianych silnikom o zapłonie samoczynnym, na rozwój konstrukcji układów wtryskowych i wynikające stąd nowe oczekiwania wobec współczesnych paliw i dodatków detergentowo-dyspergujących do paliw. W Instytucie Technologii Nafty przez wiele lat rozwijano silnikowe metody oceny skuteczności działania dodatków detergentowych do olejów napędowych, nadążając za stosowanymi w Europie procedurami badawczymi. Pozwalało to na ocenę porównawczą kolejnych generacji dodatków detergentowo-dyspergujących, poprawiających jakość olejów napędowych.

Advanced fuel injection systems applied to Diesel engines and their influence on the quality of fuels and fuel detergent-dispersant additives

The paper describes influence of Diesel engine's legislation requirements on fuel injection systems development and therefore new expectations towards today's fuels and detergent-dispersant additives. For many years in Petroleum Processing Institute, following European test procedures, engine tests for evaluation of Diesel fuel detergent additives have been developed. It enabled the comparative evaluation of successive detergent-dispersant additive generations improving Diesel fuel quality.

Wprowadzenie

Ciągły nacisk legislacyjny w kierunku obniżenia emisji przez pojazdy z silnikiem Diesla doprowadził, obok innych zmian, do wprowadzenia zaawansowanych układów wtrysku paliwa i filtrów cząstek stałych. Te innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne zwiększają wymagania odnośnie jakości paliwa i dodatków do jego uszlachetniania, zapewniających utrzymanie właści-

wej pracy silnika podczas eksploatacji. Szczególnym problemem nowoczesnych układów wtryskowych są uporczywe osady, tworzące się wokół końcówki iglicy rozpylacza, wymagające odpowiednio skutecznych metod zapobiegania ich powstawaniu i usuwania przy pomocy skutecznych dodatków o działaniu detergentowo-dyspergującym.

Rozwój silników Diesla

Silniki Diesla w zastosowaniu do pojazdów samochodowych uległy w ciągu ostatnich dwudziestu lat znacznemu rozwojowi. Obecnie samochody osobowe z silnikami benzynowymi i Diesla, o podobnej pojemności skokowej, posiadają porównywalną moc. Wersja o zapłonie samoczynnym (ZS) charakteryzuje się jednak wyższym momentem obrotowym, co czyni jazdę łatwiejszą i przyjemniejszą. Innym osiągnięciem w technologii silników wysokoprężnych jest znacząca redukcja emisji szkodliwych składników gazów spalinywych, obejmująca widzialne zadymienie i masę cząstek stałych oraz zawartość tlenków azotu. Powszechne stosowanie systemów następczej obróbki spalin, takich jak filtry cząstek stałych czy systemy redukcji tlenków azotu, powoduje dalsze ograniczenie emisji silników

Diesla. Wszystkie te zmiany zostały osiągnięte przy utrzymaniu, a czasami nawet poprawie, jednostkowego zużycia paliwa. Postęp ten można powiązać z wprowadzeniem wielu nowych rozwiązań konstrukcyjnych. Przykładowo, nowe układy wtrysku paliwa typu *common rail*, z rozpylaczami wielootworowymi o małych średnicach otworów, umożliwiły przekształcenie dynamicznych, wolnych pojazdów użytkowych w sportowe, sprawne, ekonomiczne i czyste pojazdy samochodowe na naszych drogach.

Wprowadzone w 2005 roku normy czystości spalin EURO IV wymagają od producentów spełnienia limitów emisji – zgodnych z ustawieniami fabrycznymi – nie tylko przez silniki nowe, ale również po przebiegu 100 000 km. W tej sytuacji rola dodatków do paliwa zmniejszają-

cych ilość lub przeciwdziałających powstawaniu osadów w układach wtryskowych silników Diesla z wtryskiem

bezpośrednim, szczególnie systemów *common rail*, nabiera coraz istotniejszego znaczenia.

Revolucja wtrysku paliwa

Szerokie zastosowanie systemów *common rail* w silnikach ZS umożliwiło uzyskanie mocy przewyższającej silniki benzynowe. Osiągnięto to przy utrzymaniu, a większości przypadków nawet poprawie, sprawności silnika i wartości momentu obrotowego. Wysiłki konstruktorów ukierunkowane były przede wszystkim na kompletny silnik, z uwzględnieniem komory spalania, technologii materiałów i systemu wtrysku paliwa. W przypadku wtrysku poprawa polegała na zastosowaniu wtryskiwaczy paliwa sterowanych elektronicznie przez cewki elektromagnesów lub piezo-systemy; ciśnienie wtrysku zwiększono z 350 do nawet 2000 bar, a liczbę wtrysków na jeden obieg spalania zwiększono do pięciu, co było przyczyną znaczącego zwiększenia temperatury końcówki rozpylacza. Zmieniły się nie tylko warunki pracy, ale także fizyczna budowa rozpylacza. Ilość otworów rozpylacza została zwiększona i ciągle ma tendencję rosnącą. Średnica otworów została znacząco zmniejszona, do wartości poniżej 0,1 mm, co można porównać z dwukrotną średnicą ludzkiego włosa. Wszystkie te zmiany spowodowały ogromny wzrost energii kinetycznej rozpylonego paliwa, prowadząc do mniejszych wymiarów kroplel w komorze spalania, co poprawia atomizację paliwa i daje w rezultacie sprawniejszy i pełniejszy proces spalania.

W tabelicy 1 zestawiono zmiany parametrów, związanych z rozwojem układów wtrysku paliwa w ciągu ostatnich kilkunastu lat.

Mając na uwadze sprostanie przepisom Euro IV, a następnie Euro V, współczesnym układom wtrysku paliwa stawia się następujące wymagania [5]:

- stopniowe zwiększanie ciśnienia wtrysku paliwa, które obecnie kształtuje się na poziomie 1600-2000 bar (maksimum),

- ograniczanie ich wymiarów i masy, dla łatwiejszego zabudowania w coraz bardziej skomplikowanych głowicach z czterema zaworami na cylinder,
- bardzo szybką reakcją i precyzją działania w odpowiedzi na sygnały sterujące,
- rozdział wtrysku na 5, a nawet na 6 faz, z możliwością elektronicznego, precyzyjnego sterowania kształtem krzywej przebiegu każdej z faz. Pierwsza dawka służy wspomagananiu zimnego rozruchu silnika, a w przyszłości będzie też związana z wymaganiami alternatywnych systemów spalania, druga, poprzedzająca wtrysk zasadniczy, pełni rolę dawki pilotującej, zmniejszającej hałas (zwłaszcza przy częściowych obciążeniach silnika) i emisję NO_x (szczególnie przy wysokich obciążeniach), trzecia dawka to wtrysk zasadniczy (możliwy do dalszego podziału), regulowany przez ilość i ciśnienie wtryskiwanego paliwa w zależności od wielkości obciążenia silnika, jego prędkości obrotowej i stopnia recyrkulacji spalin, czwarta to tzw. wtrysk następczy lub dodatkowy, służący przede wszystkim do kontroli wielkości emitowanych cząstek stałych i tlenków azotu, kolejna stanowi kontrolę i regulację współczynnika nadmiaru powietrza w spalinach; niezbędnego dla sprawnego funkcjonowania układu katalityczno-filtrującego obróbki następczej spalin, a ostatnia – szоста, kontroluje temperaturę spalin i wielkość emisji węglowodorów,
- kontrolowanie ilościowe i jakościowe wtrysku w czasie rzeczywistym i jego płynna regulacja wynikająca z istniejących potrzeb.

Wysokie ciśnienie wtrysku przy małych otworach rozpylacza umożliwia lepsze rozpylenie paliwa w komorze spalania, generując drobniejsze krople, które łatwiej mieszają się z powietrzem i efektywniej spa-

lają. Należy jednak pamiętać, że wysokie ciśnienia wtrysku i małe otwory rozpylacza prowadzą do wzrostu temperatury w obszarze końcówki rozpylacza. Utrzymanie paliwa w wy-

Tablica 1. Rozwój układów wtrysku paliwa [2]

	Do 1995 r.	Do 2000 r.	Lata 2005-2010
Maksymalne ciśnienie wtrysku [bar]	350	1000 +	2000 +
Liczba wtrysków na minutę przy $n = 3000 \text{ min}^{-1}$	1500	1500	4500-7500 +
Temperatura paliwa w końcówce rozpylacza [°C]	< 230	< 250	> 250
Liczba otworów rozpylacza	1	1-4	4-8 +
Średnica otworu rozpylacza [mm]	< 0,5	> 0,25	< 0,1

sokiej temperaturze może być przyczyną jego degradacji i tworzenia osadów w obrębie końcówki rozpylacza, co ogranicza przepływ paliwa i wpływa na ukształtowanie strugi, a w efekcie może powodować:

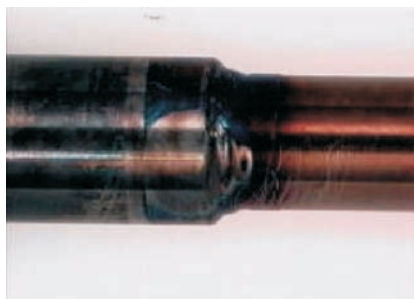
- zwiększoną hałaśliwość silnika,
- nierównomierną, twardą pracę na biegu jałowym,
- gorsze własności jezdne, tj. ograniczenie dynamiki i przyspieszenia pojazdu,
- utratę mocy,
- zwiększone zużycie paliwa,
- zwiększoną emisję szkodliwych składników spalin.

Osady w nowoczesnych silnikach są dużo trudniejsze do usunięcia niż we wcześniejszych systemach wtrysku paliwa. Tradycyjne detergenty, które rozwiązywały ten problem w przeszłości, okazują się obecnie mało skuteczne. Brązowawe, lepkie osady powstające w paliwie zaobserwowane zostały na powierzchniach wewnętrznych wtryskiwaczy w układach *common rail*, gdzie warunki pracy obejmują ciśnienia do 2000 bar i temperatury rzędu 120°C, a chwilowo nawet wyższe, np. bezpośrednio po zatrzymaniu silnika. Serwisy raportowały znaczącą liczbę incydentów, nie ograniczonych do jednego producenta systemu wtrysku, typu systemu, czy wytwórcy paliwa. Te polimerowe osady, tworzące się na newralgicznych elementach wtryskiwacza, mogą powodować znaczące zaburzenia właściwej pracy (funkcjonalności) wtryskiwacza.

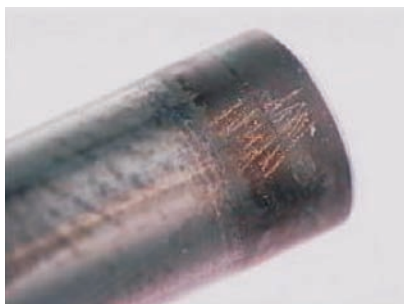
Ocena wtryskiwaczy z silników wykazujących niewłaściwe funkcjonowanie podczas eksploatacji wykazała, że osady tworzą się na płycie zaworu nurkowego i jej prowadnicy, na prowadnicy tłoczka i szczelinach oraz na iglicy rozpylacza (fotografia 1). Osady zaobserwowano w różnych nowoczesnych

systemach wtrysku, przy czym nawet niewielkie ilości osadów mogą mieć znaczący wpływ na funkcjonalność wtryskiwacza. Informacje z eksploatacji, badań stanowiskowych i analizy osadów zdefiniowały obszary, gdzie potrzebne są badania umożliwiające zrozumienie przyczyn tworzenia się osadów [7].

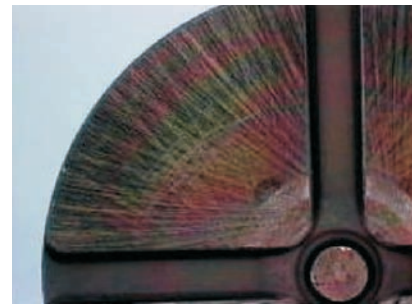
Przesłanki literaturowe wskazują na to, że nowoczesne silniki Diesla z układem wtrysku typu *common rail* są szczególnie wrażliwe na zanieczyszczenia paliwa śladowymi ilościami metali, takich jak: cynk, ołów, sód i potas. Nowoczesne układy wtrysku paliwa wymagają od paliwa zapewnienia odpowiedniego poziomu smarności, co realizowane jest za pomocą odpowiednich dodatków. Jako dodatki smarnościowe w olejach napędowych powszechnie stosowane są kwasy tłuszczowe. Kwasy te wykazują reaktywność z jonami metali, zanieczyszczającymi paliwa, tworząc mydła metali. Przykładowo sód może być wprowadzony do paliw z różnych źródeł, m.in. w postaci soli; stosowanych powszechnie w rurociągach jako inhibitory korozji i jako składniki układów do osuszania paliw. W nielicznych przypadkach sód pochodzić może z procesów rafineryjnych i z zanieczyszczeń wnoszonych przez wodę balastową podczas transportu morskiego. Zanieczyszczenia sodem mogą się również zwiększyć przy stosowaniu – jako biokomponentu – estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME), jako że sód jest składnikiem katalizatora stosowanego w procesie transestryfikacji. Mydła sodowe kwasów tłuszczowych charakteryzują się słabą rozpuszczalnością w oleju napędowym, co znaczy, że w sprzyjających warunkach powstające mydła mogą wypadać z paliwa i przywierać do powierzchni elementów wtryskiwacza.



Środkowa część iglicy



Górna część iglicy



Płytkę zaworu

Fot. 1. Elementy wtryskiwacza pokryte osadami [7]

Rozwój paliw do silników Diesla

Opisane radykalne zmiany w konstrukcji elementów silników Diesla wymagały wprowadzania równoczesnych zmian jakościowych paliw do tych silników.

W tabelicy 2 przedstawiono podstawowe wymagania jakościowe dla olejów napędowych, jakie wprowadzono w polskich normach oraz wybranych normach

Tablica 2. Zmiany wymagań wybranych parametrów jakościowych oleju napędowego

Wymaganie	Olej napędowy			
	PN-92/C-96051 (od 1.01.1993 r.)	EN 590:1993 (PN-EN 590:1999)	EN-590:2004 (PN-EN 590:2006)	Ekodiesel Ultra wg Normy Zakładowej PKN „Orlen” S.A. (2006 r.)
Liczba cetanowa, min.	45	49	51	51
Zawartość siarki, max.	3000 mg/kg	2000 mg/kg	350 mg/kg (do 31.12.2004 r.) 50 mg/kg (do 31.12.2008 r.) lub 10 mg/kg	10 mg/kg
Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, max.	brak wymagania	brak wymagania	11% (m/m)	7% (m/m) (dla oleju napędowego do komponowania z FAME)
Smarność, max.	brak wymagania	brak wymagania	460 µm	400 µm

zakładowych od początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku.

Norma europejska EN-590 nie specyfikuje wymagań dla właściwości detergentowych olejów napędowych. Wymagania te zostały określone przez światowych producentów silników i samochodów, stowarzyszonych w: Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles (ACEA), Alliance of Automobile Manufacturers (Alliance), Engine Manufacturers Association (EMA) oraz Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA). Opracowane wspólnie wymagania są przedstawione w Światowej Karcie Paliw (Worldwide Fuel Charter), w wydaniu czwartym, we wrześniu 2006 r. [8]. Zgodnie z tym dokumentem spadek przepływu powietrza przez rozpylacz, dla oleju napędowego kategorii od 2 do 4, nie może być wyższy niż 85%, w badaniu według metody CEC F-23-01.

Zestawione w powyższej tablicy przykłady zmian europejskich wymagań jakościowych dla olejów napędowych są powiązane z wprowadzanymi już od drugiej połowy lat osiemdziesiątych XX wieku ograniczeniami w zakresie emisji toksycznych składników w spalinach emitowanych z silników Diesla. Zmiany te są zaplanowane na kolejne lata, co przedstawiono w tablicy 3.

Wprowadzane w najbliższej przyszłości normy czystości spalin EURO V wymuszą dalszą poprawę

jakości paliw. Z jednej strony paliwa muszą zapewniać utrzymywanie w czystości rozpylaczy paliwa, co może okazać się trudnym zadaniem ze względu na wspomniane wyżej zmiany konstrukcyjne układów wtrysku paliwa oraz ze względu na rosnące zastosowanie biokomponentów szczególnie estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego. Z drugiej strony zmiany technologii produkcji i komponowania paliw mogą pomóc w zmniejszeniu zawartości węglowodorów aromatycznych, które uznawane są za prekursorzy sadzy i ich zmniejszenie umożliwi ograniczenie emisji cząstek stałych.

W przyszłości należy mieć na uwadze trzy podstawowe zagadnienia związane z rozwojem paliw:

- wzrost udziału biodiesla (FAME) w mieszankach paliwowych i zróżnicowanie specyfikacji biodiesla w Europie i na świecie,
- wprowadzanie nowych paliw (np. biopaliwa II generacji i paliwa syntetyczne) lub ich domieszek do paliw konwencjonalnych, które mają znakomite właściwości pod względem czystości spalania, ale niosą pewne ryzyko z racji niekompletnych wyników badań i ich walidacji oraz braku specyfikacji,
- zapobieganie osadom w nowoczesnych układach wtrysku paliwa, mimo, że ciśnienia i temperatury wzrastają.

Tablica 3. Wymagania EURO dotyczące emisji toksycznych składników w gazach spalinowych silników samochodów osobowych (kategoria M) [9]

Regulacja	Data wprowadzenia	HC + NO _x [mg/km]	NO _x [mg/km]	Cząstki stałe (PM) [mg/km]
Euro IV	styczeń 2005 r.	300	250	25
Euro V	wrzesień 2009 r.	230	180	5
Euro VI	wrzesień 2014 r.	170	80	5

Metody oceny skuteczności dodatków detergentowych

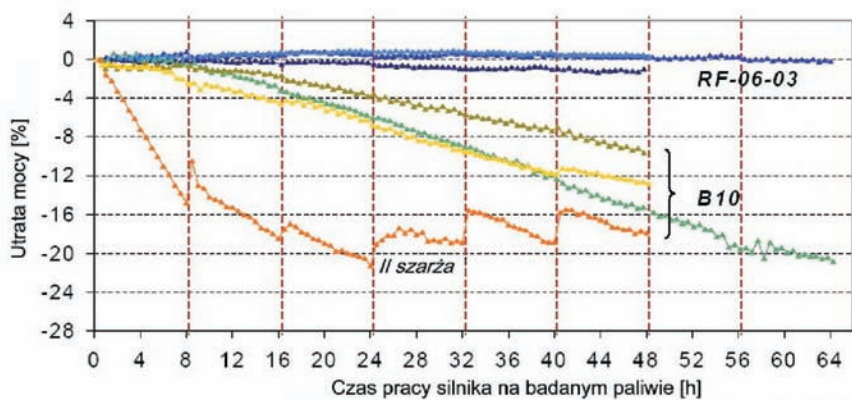
Potrzeba rozwiązania problemów zanieczyszczania rozpylaczy paliwa doprowadziła do powołania przez CEC w latach dziewięćdziesiątych odpowiedniej grupy roboczej i wprowadzenia w 1995 r. procedury testowej CEC F-23-X-95, która następnie została znacznie zmodyfikowana i w 2001 r. wdrożona jako CEC F-23-01. Procedura została opracowana w celu oceny olejów napędowych, pod kątem ich skłonności do zakoksovania rozpylaczy wtryskiwaczy nowoczesnego (wówczas) silnika Diesla PSA XUD9 A/L z wtryskiem pośrednim. Jako aparat badawczy stosuje się seryjny, 4-cylindrowy silnik PSA XUD9 A/L o pojemności skokowej 1,9 l oraz mocy maksymalnej 47 kW przy 4600 obr./min. Silnik uruchamia się na okres 10 godzin i utrzymuje w warunkach pracy cyklicznej, symulującej warunki jazdy miejskiej. Procedura ta została wdrożona w ITN w 1996 r., a specjaliści z Zakładu Oceny Właściwości Eksploatacyjnych są członkami grupy roboczej CEC TG-F-23, sprawującej nadzór nad tą metodą badania.

Skłonność paliwa do zakoksovania rozpylaczy wtryskiwaczy wyraża się w procentach ograniczenia natężenia przepływu powietrza przez rozpylacz, przy wielkościach wzniosu iglicy: 0,10; 0,20 i 0,30 mm [6].

Pod koniec lat dziewięćdziesiątych CEC postanowiła rozpocząć prace nad procedurą oceny osadów w szybkoobrotowych silnikach Diesla z bezpośrednim wtryskiem paliwa. W 2001 r. została powołana odpowiednia Grupa Robocza CEC, do której w 2002 r. przystąpił ITN. Opracowana została procedura badawcza z wykorzystaniem silnika Ford Duratorq 2.0 TDCi, wyposażonego w układ wtryskowy typu *common rail*. Niestety, kilkulatnie prace wymienionej grupy nie doprowadziły do opracowania pełnowartościowej metodyki badawczej, z powodu niedostatecznej precyzji uzyskiwanych wyników. W konsekwencji CEC zdecydowała o rozwoju innej metodyki, zaproponowanej przez PSA, z wykorzystaniem silnika PSA DW10, stosowanego

m.in. w samochodach Peugeot 407, również wyposażonego w układ wysokociśnieniowego wtrysku paliwa typu *common rail*. Silnik, o mocy maksymalnej 100 kW/4000 min⁻¹, pracuje cyklicznie, głównie pod dużym obciążeniem, a wynikiem testu jest utrata mocy silnika, spowodowana zanieczyszczeniem rozpylaczy paliwowych. W listopadzie 2008 r. CEC zatwierdziła procedurę badawczą CEC F-98-08 „*Direct Injection, Common Rail Diesel Engine Nozzle Coking Test*”, opracowaną przez wyżej wspomnianą grupę roboczą. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe wyniki badań na stanowisku z silnikiem DW10, przeprowadzonych przez członków grupy roboczej CEC [3].

Na podstawie przedstawionego wykresu można stwierdzić, że w porównaniu z paliwem wzorcowym (RF-06-03), pozwalającym utrzymać stałe parametry pracy silnika w długim okresie, paliwo zawierające biokomponent (10% FAME) powoduje wyraźny spadek mocy silnika testowego już po kilkunastu godzinach, osiągając wartości mocy silnika mniejsze od wyjściowych o około 10%, do 16% po 48 godzinach pracy. Druga szarża paliwa, o wyraźnie większej skłonności do tworzenia osadów w rozpylaczach, powoduje 15% spadek mocy silnika już po 8 godzinach pracy. Wyniki te potwierdzają dużą skłonność paliw zawierających biokomponenty do zanieczyszczania rozpylaczy nowoczesnego układu wtryskowego silnika Diesla.



Źródło: CEC, lipiec 2007

Rys. 1. Przykładowe wyniki testu w silniku PSA DW10 dla dwóch szarż paliw zawierających biokomponent (B10 – 10% FAME) przy zastosowaniu prototypu rozpylacza do silnika EURO V (RF-06-03 paliwo wzorcowe, S < 10 ppm) – prace CEC

Rozwój dodatków detergentowo-dyspergujących do olejów napędowych

Badania skuteczności działania związków chemicznych o działaniu detergentowo-dyspergującym, zgodne

z procedurami europejskimi, prowadzono w Instytucie Technologii Nafty od początku uruchomienia stano-

wiska badawczego z silnikiem PSA XUD9 A/L, tj. od roku 1996.

W pierwszych latach na tym stanowisku silnikowym oceniano właściwości detergentowe olejów napędowych zawierających dodatki detergentowe, których podstawowymi substancjami aktywnymi były pochodne kwasu alkilobursztynowego oraz zasady Mannicha.

Handlowe dodatki detergentowe zawierające te substancje wykazują skuteczne działanie myjące już przy dozowaniu w zakresie od 30 do 50 mg/kg, zapewniając uzyskanie – dla typowego bazowego oleju napędowego – wartości zmiany natężenia przepływu powietrza przez wtryskiwacz paliwa od 60 do 70%.

Produkty te są od wielu lat przedmiotem wielu opisów patentowych, w których podkreśla się wysoką skuteczność ich działania w zakresie utrzymywania w czystości wtryskiwaczy paliwa w silnikach Diesla.

Instytut Technologii Nafty był przez wiele lat producentem pakietów dodatków do olejów napędowych. Pakiety te zawierały dodatki detergentowe o wysokiej skuteczności działania.

W tablicy 4 podano przykładowe wyniki badań właściwości detergentowych na stanowisku z silnikiem

PSA XUD9 A/L dla typowego oleju napędowego z udziałem kolejnych generacji wielofunkcyjnego pakietu dodatków, o nazwie handlowej Petropak.

Przedstawione w tablicy wyniki badań świadczą o tym, że dodatek detergentowo-dyspergujący, zawarty w kolejnych wersjach pakietu dodatków Petropak do olejów napędowych, umożliwił spełnienie przez uszlachetniony olej napędowy wymagań w zakresie właściwości detergentowych paliwa według Światowej Karty Paliw. Pomimo faktu, że w latach 1998-2004 następowały zmiany w zakresie jakości olejów napędowych, skuteczność dodatku była wystarczająca.

Rozwój konstrukcji silników Diesla, szczególnie w zakresie układów wtrysku paliwa i nadszające za nim zmiany jakości olejów napędowych, powodują konieczność opracowania dodatków detergentowych, które sprostają tym wymaganiom. Zaawansowane prace normalizacyjne nad nową silnikową metodą oceny własności detergentowych olejów napędowych umożliwią wkrótce wiarygodną ocenę skuteczności działania dodatków w nowoczesnym silniku z wtryskiem bezpośrednim.

W Instytucie Nafty i Gazu od kilku miesięcy realizowany jest projekt rozwojowy pt.: „*Opracowanie wielofunkcyjnego pakietu dodatków uszlachetniających zawierającego nowy dodatek detergentowy do olejów napędowych, przeznaczonych do silników Diesla z wysokociśnieniowym, bezpośrednim wtryskiem paliwa typu common rail*”. Projekt jest wykonywany zgodnie z umową zawartą 1.08.2008 r. pomiędzy Narodowym Centrum Badań i Rozwoju oraz INiG.

Tablica 4. Wyniki badań właściwości detergentowych typowego oleju napędowego zawierającego pakiet dodatków uszlachetniających o nazwie handlowej Petropak

Nazwa handlowa pakietu dodatków z udziałem dodatku detergentowego	Dozowanie pakietu dodatków	Spadek przepływu powietrza (w %) przy wzniosie iglicy rozpylacza 0,10 mm
Petropak DC 10 (1998 r.)	300 mg/kg	72,4
Petropak DCS 11 (1999 r.)	450 mg/kg	65,0
Petropak DC 20 (2001 r.)	300 mg/kg	71,5
Petropak 40 (2004 r.)	300 mg/kg	68,4

Podsumowanie

Pod koniec lat dziewięćdziesiątych w samochodach osobowych i dostawczych szerokie zastosowanie znalazły szybkoobrotowe silniki Diesla z bezpośrednim wtryskiem paliwa. Postęp w dziedzinie ich konstrukcji wiązał się z rozwojem zaawansowanych układów wtrysku paliwa, m.in. typu *common rail* i wprowadzeniem systemów następczej obróbki spalin z filtrami cząstek stałych. Rozwój konstrukcji silników powodował jednoczesny wzrost wymagań odnośnie jakości paliwa i dodatków do jego uszlachetniania, zapewniających utrzymanie właściwej pracy silnika podczas długotrwałej eksploatacji.

Dodatki detergentowo-dyspergujące do uszlachetniania paliw przeznaczonych do silników Diesla odgrywają szczególnie ważną rolę w utrzymaniu w czystości rozpylaczy paliwa w warunkach wysokich temperatur i ciśnień, podczas rozpylania i spalania paliwa. Zastosowanie bezpopiołowych, termicznie stabilnych i chemicznie obojętnych składników pakietów dodatków uszlachetniających do nowoczesnych olejów napędowych wydaje się być najlepszą metodą uniknięcia tworzenia się osadów wewnątrz wtryskiwaczy paliwa w silnikach Diesla.

Wprowadzone w 2005 roku normy czystości spalin EURO IV wymagają od producentów spełnienia limitów emisji zgodnych z ustawieniami fabrycznymi przez nie tylko przez silniki nowe, ale również te po przebiegu 100 000 km. Jeszcze ostrzejsze wymagania stawiają przepisy EURO V. W tej sytuacji rola dodatków zmniejszających ilość lub przeciwdziałających powstawaniu osadów w układach wtryskowych silników Diesla z wtryskiem bezpośrednim, szczególnie systemów *common rail*, nabiera coraz istotniejszego znaczenia.

W Instytucie Technologii Nafty przez wiele lat rozwijano silnikowe metody badań właściwości detergentowych olejów napędowych, nadszając za stosowanymi w Europie metodami silnikowymi. Pozwalało to na ocenę porównawczą kolejnych generacji dodatków detergentowo-dyspergujących, poprawiających jakość olejów napędowych. Badania skuteczności działania związków chemicznych o działaniu detergentowo-dyspergującym kontynuowane są obecnie w Instytucie Nafty i Gazu w ramach projektu rozwojowego, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

- [1] *Advanced injectors need advantaged fuels*. Infineum Insight, iss. 38, June 2008.
- [2] *Diesel demand new generation of additives*. Infineum Insight, iss. 24, Dec. 2004.
- [3] Elliott N. *Draft Biodiesel Specification Proposal for CEC Engine Tests*. CEC Management Board Meeting, Bruksela 10.07.2008.
- [4] Howthorne M., Ross J., Openshaw M.: *Use of fuel additives to maintain modern Diesel engine performance with severe test conditions*. SAE 2008-01-1806.
- [5] Stępień Z., Oleksiak S.: *Przyszłościowe kierunki rozwoju konstrukcji silników HD Diesel*. II Międzynarodowy Kongres Silników Spalinowych, Kraków 20-23.05.2007, publikacja w mat. konferencyjnych.
- [6] Stępień Z., Oleksiak S., Dybich K.: *Ocena jakości paliw zgodnie z metodyką CEC w Instytucie Nafty i Gazu*. Wiadomości Naftowe i Gazownicze 4, s.16-18, 2008.
- [7] Ullmann J. i in.: *Investigation into the formation and prevention of internal Diesel injector deposits*. SAE 2008-01-0926.
- [8] *Worldwide Fuel Charter*, iss. 4, Sept. 2006.
- [9] *Worldwide Emission Standards and Related Regulations*. March 2008, wyd. Continental.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski



Dr inż. Stanisław OLEKSIĄK – absolwent Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. W 1992 r. obronił pracę doktorską nt. dodatków detergentowych do benzyn silnikowych. Kierownik Zakładu Oceny Właściwości Eksploatacyjnych INiG w Krakowie. Specjalność – ocena właściwości użytkowych paliw silnikowych i środków smarowych.



Mgr inż. Zofia ŁUKASIK – absolwentka Wydziału Chemicznego Politechniki Krakowskiej, specjalność Chemia i Technologia Organiczna. Kierownik Zakładu Dodatków Uszlachetniających Pionu Technologii Nafty INiG. Zajmuje się opracowywaniem technologii wytwarzania i stosowania dodatków uszlachetniających do paliw pochodzenia naftowego i biopaliw.