

Grażyna Żak, Leszek Ziemiański, Zbigniew Stępień, Michał Wojtasik

*Institut Nafty i Gazu*

## Problemy związane z tworzeniem się osadów na elementach układów wtryskowych nowoczesnych silników Diesla – przyczyny, metody badań, przeciwdziałanie

Omówiono problemy tworzenia się wewnętrznych i zewnętrznych osadów na elementach układów wtryskowych nowoczesnych silników Diesla, w szczególności typu HSDI (*high speed direct injection*). Wskazano na rosnące znaczenie dalszego rozwoju dodatków detergentowych do olejów napędowych. Opisano również różne metody oceny tendencji paliwa do tworzenia osadów w odniesieniu do przyszłych wymagań.

Słowa kluczowe: tworzenie osadów, układy wtryskowe, silnik Diesla, olej napędowy, dodatek detergentowy.

### The problems connected with the formation of deposits the injection systems of modern diesel engines – reasons, test methods, prevention

Problems with the internal and external formation of diesel engine injection systems deposits were discussed, particularly in HSDI type (High Speed Direct Injection) engines. The increasing significance of the need to further development diesel fuel detergency additives has been indicated. Different evaluation methods of deposit formation tendency also were described with reference to future requirements.

Key words: deposit formation, injection systems, diesel engines, diesel fuel, detergent additives.

#### Wstęp

Oleje napędowe przeznaczone do współczesnych silników z zapłonem samoczynnym (ZS) powinny spełniać szereg wymagań, z których te zamieszczone w normie EN 590 [5] stanowią jedynie zbiór podstawowych, podlegających ocenie właściwości. Obecne wymagania stawiane olejom napędowym są w dużym stopniu związane z przeciwdziałaniem niekorzystnym zjawiskom tworzenia się osadów koksowych, zwłaszcza w obszarze otworków wylotowych i w kanalikach paliwowych rozpylaczy układów wtrysku paliwa. Przykładowo, ograniczenie zawartości siarki do 350 mg/kg, PAH do 11% (*m/m*), stabilności oksydacyjnej do 25 g/m<sup>3</sup> czy zawartości FAME do 7% (*V/V*) [4] zmniejsza tendencję paliwa do tworzenia przedmiotowych osadów podczas eksploatacji

silników. W miarę rozwoju silników ZS okazało się, że wymagania normy EN 590 nie są wystarczające. Organizacja ACEA, powołana w UE do uregulowania wymagań w zakresie właściwości użytkowo-eksploatacyjnych paliw węglowodorowych, doprowadziła do powstania *Światowej Karty Paliw (Worldwide Fuel Charter – WWFC)* [9], która z powodzeniem, jak dotąd, systematyzuje i weryfikuje wymagania w zakresie jakości ustalonych kategorii olejów napędowych oraz benzyn silnikowych. Wprowadzono w niej, oprócz wymagań dotyczących właściwości fizykochemicznych wymienionych paliw, również testy laboratoryjne i silnikowe, łącznie z wymaganiami, których spełnienie gwarantuje bezpieczną i niezawodną eksploatację nowoczesnych

silników. Spełnienie przez badane paliwa wymagań części testów laboratoryjnych i wszystkich silnikowych zależy od stosowania odpowiednich dodatków uszlachetniających. Obecnie najistotniejsze wymagania stawiane przez WWFC olejom napędowym to zawartość PAH, aromatów oraz siarki, stabilność termooksydacyjna i inne cechy mające wpływ na jakość paliwa. Dodatkowo wprowadzone są tam też inne badania, takie jak: ocena smarności w teście HFRR czy badanie właściwości detergentowych w teście stanowiskowym z silnikiem Peugeot XUD 9 [6]. W ostatnim czasie, biorąc pod uwagę zmiany konstrukcyjne silników, a zwłaszcza układów wtrysku paliwa, opracowano również inny test silnikowy, w którym wykorzystuje się nowoczesny silnik Peugeot DW10 [7] typu HSDI (*high speed direct injection*) z układem wtrysku paliwa typu HPCR (*high pressure common rail*). W teście tym ocenia się właściwości detergentowe paliw, uwzględniając warunki termiczne i wysokie ciśnienia, jakim podlegają one w przypadku zastosowania bezpośredniego, wysokociśnieniowego układu wtrysku paliwa. Kryterium oceny w teście jest wielkość spadku mocy silnika na skutek wytworzenia się osadów koksowych wokół otworków wylotowych i w kanalikach wtryskiwaczy. Przedmiotowy test został wprowadzony i warunkowo zaaprobowany przez CEC (z określonymi, zapisanymi w *Approvalu* ograniczeniami) w marcu 2008 r. i oznaczony jako CEC F-98-08. Biorąc pod uwagę bardzo wysoki koszt pojedynczego testu, niektórzy producenci paliw i jednostki badawcze, w tym INiG, w dalszym ciągu alternatywnie stosują podobne testy własne (*in-house*). Równocześnie producenci paliw systematycznie podwyższają wymagania dotyczące wyników uzyskiwanych w teście CEC F-23-01 z silnikiem Peugeot XUD 9 A/L, z 85% spadku przepływu powietrza przez końcówkę wtryskiwacza

po wykonanym teście do wartości poniżej 50%, przy wzroście iglicy rozpylacza wynoszącym 0,1 mm.

Wprowadzone w ostatnich latach zmiany konstrukcji silników z ZS dotyczyły przede wszystkim powszechnego zastosowania systemów spalania z bezpośrednim, wysokociśnieniowym wtryskiem paliwa i znacznych zmian konstrukcyjnych samych układów wtrysku paliwa (wtryskiwacze wielootworowe o zmniejszonych średnicach i geometrii otworów, precyzyjne sterowanie dzieloną dawką wtryskiwanego pod wysokim ciśnieniem paliwa itp.). W konsekwencji poprawiło to w sposób zarówno ilościowy, jak i jakościowy rozpylenie paliwa w komorach spalania silnika, dzięki czemu uzyskano zmniejszenie zużycia paliwa oraz obniżenie emisji toksycznych składników spalin. Skonstruowanie aparatury wtryskowej pracującej przy ciśnieniach osiągających coraz częściej wielkości powyżej 2000 bar ( $2 \cdot 10^8$  Pa), w połączeniu z bezpośrednim wtryskiem paliwa, spowodowało jednak wzrost temperatury paliwa w niektórych elementach układu wtryskowego (końcówki wtryskiwaczy wchodzące do komór spalania silnika) do wielkości nawet około  $250 \div 350^\circ\text{C}$ . Wysoka temperatura paliwa przepływającego przez aparaturę wtryskową może przyspieszać jego degradację oraz wzmacniać tendencję do tworzenia osadów powodujących zakoksowanie końcówek wtryskiwaczy paliwa. Warunki pracy oraz wyżej opisane cechy konstrukcji nowoczesnych układów wtrysku paliwa typu HPCR wymuszają stosowanie do zasilania tych nowoczesnych silników Diesla paliw o dużej odporności termicznej, obniżonej zawartości zanieczyszczeń stałych i pierwiastków metalicznych, odporności na skażenie mikrobiologiczne oraz przede wszystkim skutecznych dodatków detergentowych – usuwających osady oraz zapobiegających ich wytwarzaniu.

### Problemy związane z zewnętrznymi i wewnętrznymi osadami układów wtrysku paliwa

Gromadzenie się osadów wewnętrznych (IDID – *internal diesel injector deposits*) typu mydeł lub substancji polimerowych, takich jak żywice, w wysokociśnieniowej części wtryskiwacza systemu HPCR może prowadzić do zaburzeń dynamiki pracy iglicy. Jest to spowodowane okresowym spowalnianiem, zawieszaniem bądź nawet zacieraniem się iglicy na skutek niekorzystnych właściwości smarujących wyżej wymienionych substancji i bardzo dokładnego pasowania elementów współpracujących ruchowo wtryskiwaczy (tolerancje wykonawcze rzędu  $1 \div 2 \mu\text{m}$ ). Te szkodliwe zjawiska zachodzące wewnątrz wtryskiwaczy paliwa stanowią jedną z podstawowych przyczyn powodujących trudności w zapewnieniu ich poprawnej pracy. Następną to problemy z osadami koksowymi, zwłaszcza gromadzącymi się wewnątrz kanalików i wokół otworków wylotowych wtryskiwaczy paliwa. Osady koksowe lub polime-

ryczne na powierzchniach stożkowych gniazd iglic prowadzą do nieszczelności i tzw. podciekania rozpylacza, co w połączeniu z wymienionymi osadami zewnętrznymi gromadzącymi się na końcówkach rozpylaczy niekorzystnie zmienia charakterystykę rozpylenia paliwa, zasięg i kształt rozpylanej strugi, wielkość kropli rozpylonego paliwa itd. Z kolei osady w kanalikach rozpylaczy zakłócają przepływ paliwa, rozpylanego pod wysokim ciśnieniem, zmieniają wielkość dawki i znacząco pogarszają jakość jego rozpylenia. Końcowym skutkiem wyżej opisanych niekorzystnych zjawisk może być spadek mocy silnika, wzrost emisji niepożądanych, szkodliwych składników spalin, wzrost zużycia paliwa, a w skrajnych przypadkach – awaria silnika. Zrozumiałą więc staje się konieczność przeciwdziałania ww. niekorzystnym skutkom stosowania paliwa niespełniającego przedstawionych uprzednio wymagań, zwiększających się

w związku z nieustannie modyfikowanymi konstrukcjami nowoczesnych silników z ZS oraz współpracujących z nimi systemów. Mechanizmy tworzenia się osadów w silnikach z ZS są bardzo złożone i zależą zarówno od właściwości komponentów węglowodorowych tzw. bazowych olejów napędowych, stanowiących podstawę handlowych olejów napędowych, jak i od właściwości dodawanych do nich obligatoryjnie biokomponentów oraz w szczególności składu chemicznego stosowanych dodatków uszlachetniających, nie wspominając o wpływie metali, takich jak np. Fe, Zn, Cu i inne.

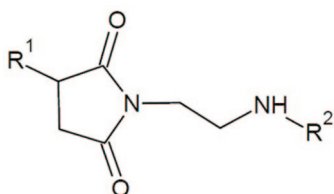
Reakcje chemiczne tworzenia się osadów o różnym charakterze można podzielić na kilka typów:

- reakcje wolnorodnikowe, szczególnie w wypadku olefin czy aromatów prowadzące do powstawania żywic,
- reakcje z udziałem związków siarki i azotu, również prowadzące do powstawania osadów żywicznych,
- wzajemne interakcje pomiędzy dodatkami uszlachetniającymi do paliw, jak również dodatkami wchodzącymi w skład smarowych olejów silnikowych, np. interakcje pomiędzy dodatkami smarnościowymi do ON typu kwasów organicznych a nadzasadowymi detergentami wchodzącymi w skład olejów silnikowych,
- reakcje katalitycznego utleniania związków węglowodorowych związkami metali takich jak Fe, Zn, Cu i inne.

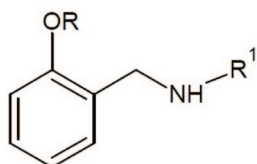
### Znaczenie dodatków detergentowych

Wymienionym wyżej niekorzystnym zjawiskom związanym ze stosowaniem paliw można przeciwdziałać różnymi sposobami, w tym wykorzystując substancje aktywne o działaniu detergentowym. Zastosowanie takich substancji (dodatków) nie ingeruje w ww. procesy chemiczne, ale zapobiega gromadzeniu się osadów powstających w ich wyniku i usuwa już nagromadzone (są to działania nazywane *keep clean* i *clean up*). Działanie takich substancji polega na wytwarzaniu warstwy ochronnej na powierzchni metalu, niedopuszczającej do tworzenia się na niej prekursorów osadów. Związki chemiczne stosowane jako substancje aktywne o działaniu detergentowym to organiczne związki o zdefiniowanej budowie, zawierające zawsze atomy azotu. Ze względu na budowę są one silnie polarne i ta cecha zapewnia im z jednej strony właściwości detergentowe, z drugiej zaś umożliwia przywieranie do powierzchni metalu [1]. Mechanizm działania wyżej wymienionych substancji jest złożony i zależy nie tylko od ich polarności czy zawartości azotu. Poniżej przedstawiono i omówiono niektóre z tych właściwości, co jednak nie wyczerpuje tego złożonego zagadnienia. Grupy związków organicznych, które stosowane są jako substancje aktywne o działaniu detergentowym, to:

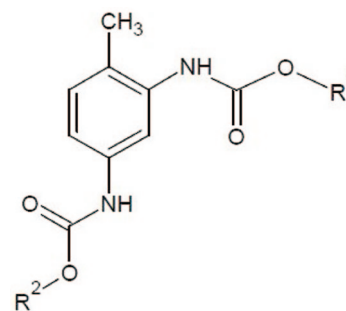
- amidy i imidy, pochodne kwasów organicznych



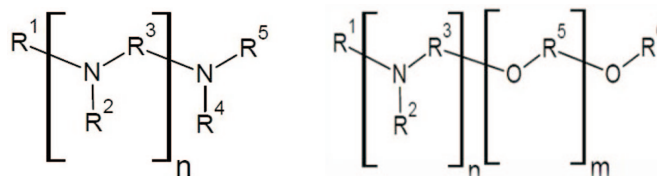
- zasady Mannicha



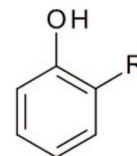
- karbaminiany i pochodne karbaminianów



- polieteroaminy i polibutenoaminy



- alkilofenole i ich pochodne, stosowane jako wspomagające substancje dla wyżej wymienionych substancji aktywnych



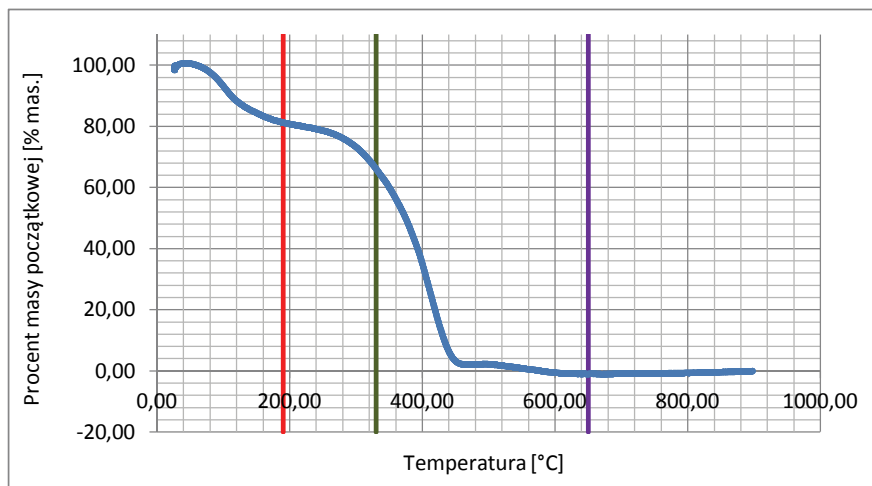
Podstawową cechą związków organicznych stosowanych jako substancje aktywne (dodatki) o działaniu detergentowym jest, jak wspomniano, obecność w nich azotu. Ważna jest zarówno zawartość azotu całkowitego (wyrażana w procentach), jak również tzw. azotu zasadowego, wyrażanego w mg KOH/g. Ścisła korelacja pomiędzy tymi wielkościami jest istotą działania detergentycznego. Informacje o przewidywanej skuteczności działania danej substancji daje ponadto polarność lub polaryzowalność [2]. Zakres średniego ciężaru cząsteczkowego substancji o właściwo-

ściach detergentowych winien się mieścić w przedziale od 500 do 3000 daltonów. Oprócz wyżej wymienionych cech fizykochemicznych, przy założeniu zadowalających właściwości detergentowych, konieczne jest uzyskanie odpowiednich właściwości termicznych [3] i analiza przebiegu krzywych temperaturowego rozkładu termicznego (TG) w odniesieniu do temperatur panujących w neralgicznych elementach silnika z ZS. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono przebiegi takich krzywych dla substancji aktywnej o wysokiej i niskiej skuteczności działania detergentowego.

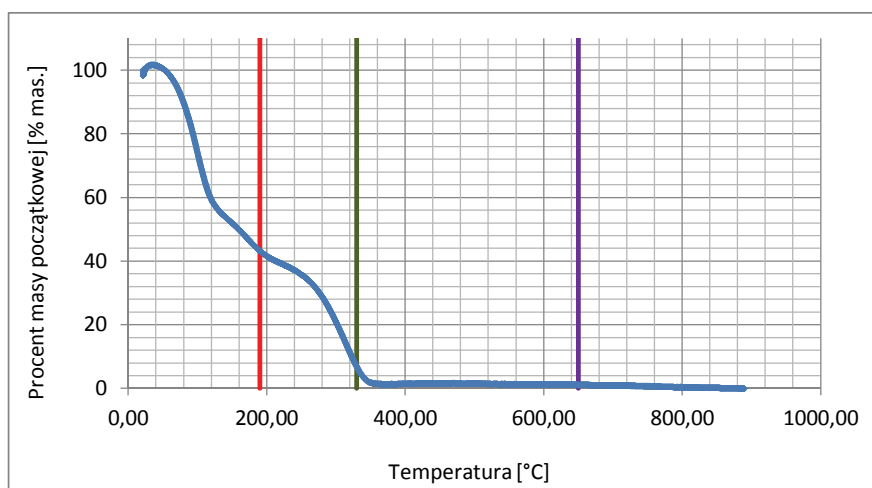
Na rysunkach tych czerwonymi pionowymi liniami zaznaczono temperaturę panującą wewnątrz rozpylaczy wtryskiwaczy (w obszarze stożkowych końcówek iglic), zielonymi pionowymi liniami temperaturę, do której nagrzewa się końcówka rozpylacza, natomiast fioletowymi – temperaturę w komorze spalania silnika.

Zasadniczo z jednej strony należy dążyć do uzyskania paliw o jak najdłuższym czasie odporności na rozkład termiczny, a z drugiej – o jak najniższej skłonności do tworzenia pozostałości po rozkładzie termicznym. Badania silnikowe stanowią najbardziej wiarygodny sposób oceny powyższych właściwości paliw, jednakże są one kosztowne. Obecna wiedza dotycząca charakteru chemicznego substancji aktywnych pozwala na ograniczenie badań do stosunkowo wąskiej grupy związków chemicz-

nych, jak również ich wewnętrznych modyfikacji, co jest niezmiernie istotne przy uzyskiwaniu wysoce skutecznych detergentów paliwowych.



Rys. 1. Przebieg krzywej TG dla substancji aktywnej o wysokiej skuteczności działania detergentowego



Rys. 2. Przebieg krzywej TG dla substancji aktywnej o niskiej skuteczności działania detergentowego

### Rozwój metodyk badawczych

W Europie procedury testów silnikowych dotyczące badań paliw i olejów smarowych są opracowywane oraz modyfikowane w grupach roboczych powoływanych przez Europejską Radę Koordynacyjną ds. Rozwoju Metod Badań Paliw, Środków Smarowych i Innych Płynów Stosowanych w Transporcie – CEC (Coordinating European Council for Development of Performance Tests for Transportation Fuel, Lubricants and Other Fluids). CEC założono w 1963 r. i jest to organizacja normalizacyjna, koordynująca działania europejskiego przemysłu rafineryjnego, samochodowego oraz badawczego.

W pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku zaobserwowano narastające zjawisko ograniczania paramet-

trów trakcyjnych oraz utrudnionego rozruchu silników z ZS i pośrednim wtryskiem paliwa, jaki wówczas dominował w jednostkach napędowych samochodów osobowych i dostawczych. Jak się okazało, wskazane problemy wiązały się z intensywnym zakoksowywaniem końcówek rozpylaczy wtryskiwaczy w układzie wtrysku paliwa, co prowadziło do jakościowych i ilościowych zaburzeń w procesie dostarczania paliwa do komory wstępnej.

W tym czasie zakoksowywanie było procesem odkładania się osadów węglowych w rozpylaczu. Osady te powstają między czopikiem iglicy rozpylacza, jego korpusem oraz gniazdem iglicy i są potencjalną przyczyną niekorzystnych zmian osiągnięć silnika.

Tablica 1. Parametry silników stosowanych w badaniach właściwości detergentowych oleju napędowego

Silnik	PSA XUD 9 A/L	Ford Duratorq	PSA DW10	Fiat FPT 2.0 JTD
Liczba cylindrów	4	4	4	4
Rodzaj wtrysku paliwa	wtrysk pośredni	wtrysk bezpośredni (common rail)	wtrysk bezpośredni (common rail)	wtrysk bezpośredni (common rail)
Pojemność skokowa [cm <sup>3</sup> ]	1905	1998	1997	1956
Moc maksymalna [kW]	47	85	100	106
przy prędkości obrotowej [obr./min]	4600	4000	4000	4000
Moment obrotowy [Nm]	118	285	320	310
przy prędkości obrotowej [obr./min]	2000	2000	2000	2000

Potrzeba rozwiązania przedstawionych problemów doprowadziła do wprowadzenia przez CEC 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. Przedmiotowa procedura została opracowana w celu oceny olejów napędowych bez i z dodatkami uszlachetniającymi, pod kątem ich skłonności do zakoksovania rozpylaczy wtryskiwaczy nowoczesnego (wówczas) silnika Diesla PSA XUD 9 A/L z wtryskiem pośrednim. Jako aparat badawczy stosuje się zamontowany na stanowisku testowym seryjny silnik PSA XUD 9 A/L (tablica 1) o pojemności skokowej 1,9 l, mocy maksymalnej 47 kW przy 4600 obr./min i maksymalnym momencie obrotowym 118 Nm przy 2000 obr./min.

Silnik uruchamia się na okres 10 godzin i utrzymuje w warunkach pracy cyklicznej, symulującej warunki jazdy miejskiej. Parametry pracy silnika w kolejnych czterech fazach cyklu podano w tablicy 2.

Tablica 2. Parametry pracy silnika Peugeot XUD 9 w teście CEC F-23-01

Czas trwania fazy [s]	Prędkość obrotowa [obr./min]	Obciążenie [Nm]
30	1200	10
60	3000	50
60	1300	35
120	1850	50

Skłonność badanego paliwa do zakoksovowania rozpylaczy wtryskiwaczy wyraża się w postaci procentowego ograniczenia natężenia przepływu powietrza przez rozpylacz przed testem i po jego zakończeniu, przy wielkościach wzniosu iglicy: 0,10 mm, 0,20 mm i 0,30 mm.

W 1997 r. Fiat w silnikach samochodów Alfa Romeo zastosował jako pierwszy bezpośredni, wysokociśnieniowy wtrysk paliwa typu *common rail*. Układ ten okazał się na tyle efektywny i proekologiczny, że obecnie większość samochodów osobowych z silnikiem Diesla stosuje ten typ układu wtryskowego. W związku z tym w CEC rozpoczęto prace nad

wdrożeniem nowego testu badawczego oceniającego zakoksovowanie wtryskiwaczy w układach wtryskowych typu HPCR, stosowanych do zasilania silników Diesla typu HSDI.

W 2001 r. zawiązano grupę roboczą CEC TDG-035, mającą za zadanie opracowanie testu z wykorzystaniem silnika Ford Duratorq (tablica 1), (metoda *Deposit Forming Tendencies in High Speed Direct Injection Diesel Engines*). Pomimo wysokiego zaawansowania prac i opracowania tzw. *Code of Practice*, wyniki uzyskiwane przy stosowaniu tej metody uznano za mało powtarzalne i przerwano dalsze prace wymienionej grupy roboczej. Udział pracowników INiG przy wdrażaniu tej metody zaowocował opracowaniem w Instytucie własnej metody (*in-house*) badawczej, w której jako narzędzie badawcze zastosowano ten właśnie silnik. Test INiG jest modyfikacją i rozwinięciem procedury opisanej w dokumencie *Code of Practice*, opracowanym przez grupę roboczą CEC TDG-035.

Podobnie jak w przypadku testu z zastosowaniem silnika Peugeot XUD 9, praca silnika Ford Duratorq w teście ma przebieg cykliczny (tablica 3) i odwzorowuje różnorodne warunki jazdy miejskiej.

Tablica 3. Parametry 4-fazowego cyklu silnikowego (według procedury INiG)

Nr fazy	Czas [s]	Prędkość obrotowa silnika [obr./min]	Obciążenie silnika [Nm]
1	30	800	~0
2	300	1850	100
3	120	3000	70
4	120	1500	50

Parametry pracy tego silnika monitorowane są w sposób okresowy poprzez pomiary: jednostkowego zużycia paliwa, wielkości zadymienia, emisji cząstek stałych i momentu obrotowego. Wycenie podlegają zmiany tych właśnie parametrów w początkowej i końcowej fazie testu, a na podstawie różnic szacowany jest poziom zakoksovowania wtryskiwaczy.

Związane jest to z faktem, że zanieczyszczenie rozpylacza wtryskiwacza jest przyczyną zaburzeń wtrysku paliwa (zarówno ilościowych, jak i kształtu strugi), co ma wpływ między innymi na zmiany powyższych parametrów.

Wraz z zakończeniem prac nad wyżej wymienionym testem i rozwiązaniem grupy roboczej CEC TDG-035 zawiązano nową grupę roboczą CEC F-98-08 [9], której zadaniem było opracowanie testu z zastosowaniem silnika PSA DW10 (tablica 1). Po kilku latach pracy w 2008 r. została wdrożona ogólnoeuropejska metodyka badawcza opisana procedurą zatytułowaną *Development of Peugeot DW10 Direct Injection Diesel Nozzle Fouling Test* i oznaczona jako CEC F-98-08. Aktualnie jest to jedyny znormalizowany tego typu test na świecie pozwalający na badanie paliw w silnikach z nowoczesnym układem wtrysku paliwa typu HPCR. Powyższa metoda osiągnęła dopiero pierwszy stopień rozwoju i wymaga wielu dalszych prac badawczo-rozwojowych do osiągnięcia pełnych możliwości oceny różnorodnych paliw i stosowanych do nich dodatków w zakresie ich tendencji do zakoksowywania wtryskiwaczy silników HSDI.

Kryterium wielkości zakoksovania rozpylaczy wtryskiwaczy w przedmiotowej metodyce jest spadek mocy maksymalnej mierzonej na początku i po zakończeniu testu. Podstawą wielofazowego testu silnikowego jest jednogodzinny, powtarzalny cykl opisujący przebieg zmian obciążenia i prędkości obrotowej silnika. W celu zintensyfikowania procesów zakoksovowania rozpylaczy wtryskiwaczy w cyklu załóżono pracę silnika przy bardzo wysokich lub maksymalnych prędkościach obrotowych i obciążeniach. Na początku testu powyższy jednogodzinny cykl zmiennych obciążeń i prędkości obrotowych silnika powtarzany jest szesnaście razy w celu „ułożenia się” – dotarcia wtryskiwaczy przy użyciu paliwa wzorcowego. Następnie, już przy użyciu paliwa poddawanego

badaniom, cykl powtarza się osiem razy, z tym że po każdym pojedynczym (1-godzinnym) cyklu mierzona i rejestrowana jest moc silnika. W kolejnym, ośmiogodzinnym etapie testu silnik jest wyłączony, a elementy układu paliwowego poddawane są oddziaływaniu paliwa zawartego w układzie w czasie samoistnego wychładzania. W dalszym ciągu testu zestaw ośmiu jednogodzinnych cykli badawczych silnika wraz z następującym po nim ośmiogodzinnym okresem oddziaływania paliwa na elementy układu paliwowego (wychładzania) powtarzany jest jeszcze dwa razy, a test kończy kolejne ośmiokrotne powtórzenie jednogodzinnego cyklu pracy silnika w zmiennych warunkach obciążenia i prędkości obrotowej. W rezultacie w tym 72-godzinnym teście czas rzeczywistej pracy silnika (pomijając okres docierania wtryskiwaczy) wynosi 32 godziny (monitorowanych zmian mocy silnika), a czas oddziaływania paliwa na elementy układu paliwowego przy wyłączonym silniku jest równy 24 godziny.

Metodyka CEC F-98-08, podobnie jak pozostałe metody silnikowe, pozwala na badanie skuteczności różnego typu dodatków detergentowych, jednak w tym teście w celu lepszego rozróżnienia efektywności działania dodatków uszlachetniających procedura przewiduje celowe pogorszenie uszlachetnionego oleju napędowego związkami cynku, które są katalizatorami procesu tworzenia się osadów.

Obecnie w Polsce nie ma laboratorium wykonującego test zgodny z metodyką CEC-F-98-08, jednak niektóre jednostki wprowadziły metody własne zbliżone do przedmiotowej normy. Jedną z nich (poza metodą INiG) jest metoda własna Instytutu Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o. Metoda ta opiera się ściśle na procedurze badawczej CEC F-98-08, ale wykonywana jest z zastosowaniem innego niż przewidziany w przedmiotowej procedurze – choć bardzo podobnego konstrukcyjnie – silnika Fiat 2.0 JTD (tablica 1).

## Podsumowanie

Obecnie przewidywane kierunki rozwoju tłokowych silników spalinowych z zapłonem samoczynnym zakładają dalsze optymalizowanie procesów spalania poprzez zmiany i modyfikacje konstrukcji wysokociśnieniowych układów wtrysku paliwa. W konsekwencji, większego znaczenia będzie nabierał rozwój coraz bardziej skutecznych dodatków detergentowych, warunkujących bezawaryjną pracę silnika i długotrwałe utrzymanie jego parametrów użytkowo-eksploatacyjnych deklarowanych przez producenta. Spowoduje

to konieczność jeszcze szerszego wykorzystywania metod silnikowych do pełnej i wiarygodnej oceny właściwości użytkowych paliw oraz zagwarantowania ich bezpiecznego stosowania w silnikach. To z kolei będzie wymuszało dalszy rozwój zapewne coraz bardziej skomplikowanych i kosztownych metod badań silnikowych, jako że tylko tego rodzaju badania dają możliwość pełnej jakościowej oceny zmieniających się formułacji paliw w odniesieniu do dynamicznie rozwijających się konstrukcji silników.

Prosimy cytować jako: *Nafta-Gaz* 2013, nr 9, s. 702–708

Artykuł powstał na podstawie pracy badawczej 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”* – praca INiG na zlecenie NCBiR, nr archiwalny: DK-4100/204/2008, nr zlecenia: 0944/TC.

## Literatura

- [1] Barbour R., Arters D., Dietz J.: *Diesel Detergent Additive Responses in Modern, High-Speed, Direct-Injection, Light-Duty Engines*. Materiały międzynarodowej konferencji JSAE/SAE International Fuels and Lubricants Meeting, Kyoto 23–27.06.2007, 2007-01-2001.
- [2] Janik J. M.: *Fizyka chemiczna*. PWN 1980.
- [3] Krasodomski M., Krasodomski W.: *Badania trwałości termicznej dodatków dyspergująco-myjących do paliw silnikowych z wykorzystaniem technik analizy termicznej. Część I. Stan wiedzy*. Nafta-Gaz 2012, nr 10, s. 684–692.
- [4] Mazanek A.: *Ocena parametrów pracy aparatury wtryskowej typu Common Rail przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości biokomponentu*. Nafta-Gaz 2012, nr 8, s. 540–544.
- [5] Norma europejska PN-EN 590 *Olej napędowy*.
- [6] Procedura testowa z silnikiem Peugeot XUD 9, CEC (PF-023) TBA.
- [7] Procedura testowa z silnikiem PSA DW10, CEC F-98-08.
- [8] Stępień Z., Oleksiak S., Dybich K.: *Development of „CEC” Engine Test Methods for Fuels Performance Evaluation*. Materiały Międzynarodowej Konferencji „KONES 2007”, Rynia 9–11.09.2007.
- [9] *Worldwide Fuel Charter (WWFC)*. September 2006, s. 8–14, 33.



Dr Grażyna ŻAK  
Kierownik Laboratorium Technologii Dodatków w Zakładzie Dodatków i Nowych Technologii Chemicznych.  
Instytut Nafty i Gazu  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków, E-mail: zak@inig.pl



Dr Leszek ZIEMIAŃSKI  
Adiunkt; kierownik Zakładu Dodatków i Nowych Technologii Chemicznych.  
Instytut Nafty i Gazu  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
E-mail: ziemianski@inig.pl



Dr inż. Zbigniew STĘPIEŃ  
Adiunkt; kierownik Pracowni Badań Silnikowych i Trybologicznych Zakładu Oceny Właściwości Eksploatacyjnych.  
Instytut Nafty i Gazu  
ul. Lubicz 25A, 31-503 Kraków  
E-mail: stepien@inig.pl



Mgr Michał WOJTASIK  
Asystent w Zakładzie Dodatków i Nowych Technologii Chemicznych.  
Instytut Nafty i Gazu  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
E-mail: wojtasik@inig.pl

## ZAKŁAD DODATKÓW I NOWYCH TECHNOLOGII CHEMICZNYCH

Zakres działania:

- opracowywanie i doskonalenie technologii wytwarzania:
  - » dodatków uszlachetniających do płynnych paliw węglowodorowych i biopaliw,
  - » dodatków stosowanych podczas wydobycia, transportu oraz magazynowania ropy naftowej i gazu ziemnego,
  - » dodatków do paliw stałych, ze szczególnym uwzględnieniem komponentów pochodzących ze źródeł alternatywnych (gliceryna, odpady, itp.),
  - » specjalistycznych środków stosowanych w przemyśle;
- ocena jakości i przydatności do stosowania oraz ekspertyzy i doradztwo w zakresie dodatków i pakietów dodatków uszlachetniających do paliw oraz biopaliw;
- badania w zakresie nowych technologii chemicznych w przemyśle wydobywczym i rafineryjnym;
- badania niestandardowe i identyfikacyjne na potrzeby ekspertyz;
- badania nad wykorzystaniem nanoproduktów w przemyśle wydobywczym i rafineryjnym, opracowywanie i doskonalenie ich technologii;
- opracowywanie i walidacja nowych metod analiz dodatków uszlachetniających do paliw, biopaliw, ropy naftowej i gazu ziemnego;
- badania właściwości fizykochemicznych dodatków uszlachetniających do paliw i olejów smarowych.

**Kierownik:** dr Leszek Ziemiański

**Telefon:** 12 617-74-18

**Adres:** ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków

**Faks:** 12 617-75-22

**E-mail:** leszek.ziemianski@inig.pl