DOI: 10.18668/NG.2017.01.07

Artur Wolak

*Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*

Marek Krzyżaniak

*LCB Inkubator*

# Ocena wartości użytkowej oleju silnikowego z zastosowaniem chromatografii bibułowej

Niniejszy artykuł zawiera ocenę wartości użytkowej oleju silnikowego (OM5W30TD), eksploatowanego w samochodzie Škoda Fabia, na podstawie chromatografii bibułowej. Zaprezentowany został tester bibułowy opracowany według własnej procedury. W ramach opisanego eksperymentu obserwowano zmiany właściwości dyspergujących (rozpraszających) oleju występujące w trakcie rzeczywistej eksploatacji pojazdu. W pracy skupiono uwagę na interpretacji obrazów otrzymanych dla oleju pracującego w silniku o zapłonie samoczynnym. Zaprezentowano obrazy plam w oleju ze skutecznie działającym detergentem oraz w oleju zawierającym duże ilości zanieczyszczeń. Przedstawiono fotografie, które świadczą o dużej zawartości sadzy (lub/i innych zanieczyszczeń będących wynikiem procesu spalania) w przedmiotowym oleju oraz stanowią przesłankę dla jego wymiany. Zaproponowano narzędzie diagnostyczne, które – wykorzystywane regularnie – może okazać się pomocne przy szacunkowym określeniu czasu, kiedy właściwości rozpraszające oleju silnikowego przestają być wystarczające do bezpiecznej i bezawaryjnej eksploatacji silnika w bazach transportowych.

Słowa kluczowe: olej silnikowy, środki smarowe, chromatografia bibułowa, eksploatacja, test jednokroplowy, metoda jednokroplowa, diagnostyka olejowa.

## Performance evaluation of engine oils with the use of paper chromatography

The article focuses on performance evaluation of the engine oil (OM5W30TD) in a Skoda Fabia with the use of paper chromatography. It also presents a special paper tester, that has been designed and developed by the author. As part of the experiment, the changes in the dispersive (scattering) properties of oil occurring during operation of the vehicle, have been analyzed. The study focuses on the interpretation of the images, obtained from oil testing in a diesel engine. Two types of oil stain images are presented: those observed in oil with an effective detergent, and those in oil containing large amounts of contaminants. The article includes photographs, that prove a high content of carbon black (and/or other contaminants resulting from the combustion process) in the examined oil, thus suggesting oil change. The proposed diagnostic tool, if used regularly, may be helpful in determining the estimated time when the dispersive properties of oil are no longer sufficient for safe and trouble-free operation of the engines in transport bases.

Key words: engine oil, lubricants, exploitation, one-drop method, the condition of motor oil, vehicle testing, one drop lubricant test.

### Wprowadzenie

Współczesny olej silnikowy to nieodzowny składnik eksploatacyjny potrzebny do prawidłowego funkcjonowania silnika. Musi spełniać projektowe wymagania stawiane przez konstruktora silnika. Każdy olej silnikowy w fazie produkcji wzbogacany jest pakietem dodatków uszlachetniających, między innymi dodatkami myjąco-dyspergującymi. Zadaniem dodatków dyspergujących jest równomierne rozprowadzanie wszelkich zanieczyszczeń eksploatacyjnych zmywanych z elementów silnika w całej objętości oleju i zapobieganie ich miejscowej kumulacji, mogącej prowadzić do blokowania magistrali olejowej lub też do przyspieszonego zużycia części silnika. Firmy produkujące oleje silnikowe opra-

cowują coraz to wyższej jakości wspomniane produkty. Starają się dopasowywać je do specyficznych warunków pracy eksploatowanych silników. Często są to warunki bardzo trudne, w wyniku których jakość użytkowa olejów silnikowych stopniowo się pogarsza. Zmiana ta nazywa się starzeniem eksploatacyjnym. Sprzyjają jej zmienne warunki pracy oleju. Z jednej strony start zimnego silnika, z drugiej praca na wysokich obrotach. W wyniku oddziaływania tlenu z powietrza i wysokiej temperatury olej ulega utlenianiu, co prowadzi do częściowego rozkładu jego składników oraz polimeryzacji i kondensacji niektórych produktów tego rozkładu [10]. Jako skutek starzenia się oleju powstają substancje obojętne i kwaśne, które oddziałując na metal, powodują jego korozję i zwiększone zużycie. Kwaśne substancje, głównie kwasy organiczne, reagując z metalami, tworzą sole, odpowiedzialne za powstawanie szlamu w układach olejowych. Substancje obojętne to przede wszystkim alkohole, aldehydy, estry, ketony, asfalteny i żywice [4, 21]. Wzrost stężenia produktów utleniania w oleju powoduje zmiany jego właściwości fizykochemicznych i użytkowych [23, 24].

Zewnętrznymi objawami starzenia się oleju są zmiany jego zabarwienia (mocne ściemnienie), zmiany lepkości (zmniejszenie lub zwiększenie – w zależności od stopnia rozcieńczenia paliwem oraz stopnia ścinania), charakterystyczny zapach spalin i benzyny, jak również wytrącenie się zawiesin w postaci osadu [9, 10].

Większość gatunków olejów smarowych zawiera dodatki uszlachetniające, których zadaniem jest podwyższenie właściwości eksploatacyjnych. Dodatki ze względu na ich funkcje można podzielić na następujące grupy:

- dodatki zabezpieczające powierzchnie współpracujących ze sobą części silnika (modyfikatory tarcia, inhibitory korozji, dodatki rozpraszające);
- dodatki zabezpieczające olej przed szybkimi zmianami chemicznymi, np. utlenianiem, nitrowaniem, odparowaniem itd.;
- modyfikatory decydujące o charakterystyce oleju bazowego (środki poprawiające wskaźnik lepkości oleju, depresatory, spulchniacze).

Zestawienie dodatków uszlachetniających oleje silnikowe zamieszczono w tablicy 1.

Niezbędne jest, aby olej miał właściwości umożliwiające spełnianie wszystkich przypisanych mu funkcji, bez względu na zmieniające się warunki pacy, w sposób szczególny po dłuższym okresie eksploatowania [1, 11, 12, 21]. Jest to wyzwanie dotyczące zarówno producentów silników, wytwórców olejów silnikowych i dodatków uszlachetniających te produkty, jak i ogromnej liczby użytkowników środków transportowych [10]. Ostatnia grupa może kontrolować jakość oleju silnikowego z zastosowaniem specjalistycznych metod laboratoryjnych lub poprzez szybkie, mało kapitałochłonne testy, umożliwiające określenie czasu, w którym właściwości oleju silnikowego pozwalają na bezpieczną i bezawaryjną eksploatację silnika. Są to testy należące do grupy metod diagnostycznych, mających na celu podjęcie decyzji o wymianie oleju w taborze samochodowym.

W artykule opisano metodę chromatografii bibułowej jako proste i szybkie narzędzie służące do zidentyfikowania zanieczyszczeń w oleju w postaci rozcieńczonego paliwa, wody, sadzy oraz określenia momentu eksploatacji, w którym olej nie ma już właściwości myjąco-dyspergujących (zmniejszenie wartości TBN) i kwalifikuje się do wymiany na nowy.

Tablica 1. Zestawienie dodatków uszlachetniających oleje silnikowe

| Dodatki uszlachetniające | Mechanizm działania | Rodzaje związku chemicznego |
|---|---|---|
| Wiskozatory | Uaktywniają się w wysokich temperaturach i mają na celu powstrzymanie zmniejszania się lepkości oleju wraz ze wzrostem temperatury | Polimery wielocząsteczkowe |
| Depresatory | Obniżają temperaturę płynięcia oleju, poprawiają pompowalność w ujemnych temperaturach, adsorbując na zarodkach krystalizacji, opóźniają ich łączenie w ciała stałe | Produkty alkilowania naftalenu lub fenolu chloroparafinami itp. |
| Smarnościowe | Tworzą na powierzchniach smarowanych warstwy ochronne | Substancje polarne zawierające siarkę, fosfor, chlor, kwasy tłuszczowe |
| Inhibitory utleniania | Spowalniają utlenianie, tworzą warstwy na powierzchniach metali, eliminując ich katalityczne wspomaganie utleniania | Sole diestrów kwasu fosforowego, siarczki, disiarczki, wielosiarczki |
| Detergenty, dyspergatory | Mają na celu niwelowanie negatywnego wpływu cząstek stałych czyli sadzy, która odkłada się na dnie miski olejowej i w kanałach olejowych (utrzymują silnik w czystości, dyspergują osady) | Bezpopiołowe: pochodne kwasu bursztynowego<br>Popiołowe: organiczne związki wapnia, magnezu |
| Przeciwpienne | Zmniejszają napięcie powierzchniowe na granicy olej–powietrze | Polimery silikonowe |

Źródło: [14].

## Charakterystyka materiału badawczego

Do badań przyjęto smarowy olej silnikowy (zakodowany – OM5W30TD) jako przedmiot badawczy spełniający wewnętrzne specyfikacje firmy Škoda, będącej producentem silnika o pojemności skokowej 1422 $cm^3$ (ZS). W tablicy 2 przedstawiono specyfikację silnika jako obiektu badań. Na starcie zbadano próbkę oleju świeżego, a następnie co tysiąc kilometrów przebiegu.

W tablicy 3 zestawiono wymagania klasyfikacji API, ACEA oraz producentów silników podane przez producenta wyselekcjonowanego do badań oleju klasy SAE 5W/30.

W analizie zmian właściwości fizykochemicznych oleju silnikowego należy uwzględnić fakt, że eksploatacja pojazdu przebiegała w następujących proporcjach: 40% – miasto, 60% – trasa. W tablicy 4 zaprezentowano szczegóły związane z liczbą przejechanych kilometrów przez wytypowany samochód. Dodatkowo znajdują się w niej wyniki tzw. całkowitej liczby zasadowej (TBN), liczby kwasowej (TAN) oraz lepkości kinematycznej zmierzonej w 100°C. Samochód przed przystąpieniem do eksperymentu poddany został kompleksowym badaniom w autoryzowanym serwisie Škody, gdzie potwierdzono jego pełną sprawność.

Tablica 2. Specyfikacje silnika

| Marka i model | Škoda Fabia II, 2011 r. 1.4 TDI |
|---|---|
| Pojemność skokowa | 1422 $cm^3$ |
| Typ silnika | zapłon samoczynny (70 km) |
| Moc silnika | 70 km przy 4000 obr/min |
| Maksymalny moment obrotowy | 155 Nm przy 1600÷2800 obr/min |
| Doładowanie | turbosprężarkowe |
| Liczba cylindrów | 3 |
| Układ cylindrów | rzędowy |
| Liczba zaworów | 6 |
| Średnica cylindra × skok tłoka | 79,5 × 95,5 mm |
| Pojemność zbiornika paliwa | 45 l |
| Liczba biegów | 5 |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych fabrycznych.

Tablica 3. Klasyfikacje jakościowe oraz lepkościowe wybranego do badań oleju silnikowego

| OLEJ | SAE | ACEA | API | Klasyfikacja według producentów silników |
|---|---|---|---|---|
| OM5W30TD | 5W-30 | C3 | SN | BMW Longlife-04 MB-Approval 229.31/229.51 Porsche C30 VW 504 00/507 00 Fulfils the requirements of the former VW 503 01 specification |

Źródło: Opracowanie własne.

Tablica 4. Liczba przejechanych kilometrów

| Kod próbki | OM5W30TD | TBN [mg KOH/g] | TAN [mg KOH/g] | Lepkość kinematyczna 100°C [$mm^2 \cdot s^{-1}$] |
|---|---|---|---|---|
| Przebieg samochodu – start eksperymentu [km] | 60000 | 7,20 | 2,81 | 11,59 |
| Przebieg po 1. poborze [km] | 61203 | 6,27 | 3,02 | 10,55 |
| Przebieg po 2. poborze [km] | 62300 | 7,15 | 3,30 | 10,75 |
| Przebieg po 3. poborze [km] | 63295 | 6,71 | 3,23 | 10,53 |
| Przebieg po 4. poborze [km] | 64301 | 6,17 | 3,07 | 9,54 |
| Przebieg po 5. poborze [km] | 65355 | 5,87 | 3,15 | 9,31 |
| Przebieg po 6. poborze [km] | 66401 | 5,62 | 3,26 | 9,05 |
| Przebieg po 7. poborze [km] | 67422 | 5,6 | 3,21 | 8,92 |
| Przebieg po 8. poborze [km] | 68430 | 5,12 | 3,40 | 8,70 |
| Przebieg po 9. poborze [km] | 69870 | 4,71 | 3,45 | 8,44 |
| Przebieg po 10. poborze [km] | 70720 | 4,63 | 3,39 | 8,57 |
| Przebieg po 11. poborze [km] | 71800 | 4,48 | 3,48 | 8,42 |
| Przebieg po 12. poborze [km] | 72902 | 4,50 | 3,51 | 8,36 |
| Przebieg po 13. poborze [km] | 73908 | 4,33 | 3,69 | 8,21 |
| Przebieg po 14. poborze [km] | 75003 | 4,56 | 3,88 | 8,57 |
| Przebieg po 15. poborze [km] | 76601 | 4,03 | 3,97 | 8,27 |
| Przebieg po 16. poborze – koniec eksperymentu [km] | 77624 | 3,78 | 4,02 | 8,09 |

Źródło: Opracowanie własne.

## Metodyka badań

W ostatnich latach opracowuje się i wykorzystuje coraz więcej procedur monitorowania zmian właściwości silnikowego oleju smarowego w eksploatacji [3, 5, 7, 13, 25, 26]. Dzieje się tak, aby zapewnić wymagane właściwości użytkowo-eksploatacyjne oleju smarowego poprzez weryfikację interwałów jego wymian w zależności od warunków eksploatacji, ściśle związanych z ilościowymi i jakościowymi procesami degradacji oleju smarowego. Monitoring zmian niektórych właściwości może również być wykonywany przy użyciu szybkich testów chromatograficznych (diagnostyka). Na rynku dostępna jest bardzo szeroka paleta takich rozwiązań [15, 16, 17, 18, 20]. Przesłanką dla podjęcia zaprezentowanej tematyki było opracowanie testera według własnej procedury. W tym celu wykorzystano specjalnie wyselekcjonowaną bibułę (jej szczegółowa specyfikacja pozostaje tajemnicą handlową). Następnie przy wykorzystaniu chromatografii bibułowej skoncentrowano się na ocenie wartości użytkowej silnikowego oleju smarowego.

Podczas testów dotyczących wyboru bibuły na potrzeby stworzenia testera oleju, a następnie w trakcie testowania oleju zauważono ogromną wrażliwość bibuły na warunki zewnętrzne, w tym światło, wilgotność, zanieczyszczenie powietrza itp. Bibuły przechowywane bez stosownego zabezpieczenia po około dwóch tygodniach traciły swoje właściwości, stając się zupełnie bezużytecznymi. Dlatego już na początkowym etapie projektowania testera bibułowego kluczowe okazało się opracowanie odpowiedniej obudowy, która z jednej strony chroniłaby właściwości bibuły, a z drugiej nie ograniczałaby funkcjonalności testera (aplikowanie próbki, odczyt wyniku). Podczas testów prowadzono próby z różnego rodzaju substancjami (np. silkon), których zadaniem było przyspieszenie rozkładu na frakcje. Wykorzystywano bibuły przygotowane przez producentów oraz bibuły surowe, na które nanoszono substancje według indywidualnie opracowanej procedury. Otrzymywane wyniki pozwalają stwierdzić, że istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo wykrycia glikolu (stwierdzenia jego obecności) w próbce przepracowanego oleju przy użyciu testera bibułowego.

Test bibułowy oleju silnikowego w czasie eksploatacji pozwala na określenie właściwości dyspergujących (rozpraszających) oleju. Każdy olej silnikowy w fazie produkcji jest wzbogacany pakietem dodatków uszlachetniających, między innymi dodatkami myjąco-rozpraszającymi. Zadaniem dodatków dyspergujących jest równomierne rozprowadzanie wszelkich zanieczyszczeń eksploatacyjnych zmywanych z elementów silnika przez olej w całej objętości oleju i zapobieganie ich miejscowej kumulacji, mogącej prowadzić do blokowania magistrali olejowej lub też do przyspieszonego zużycia części silnika [2]. Należy zwrócić uwagę na fakt, że opisywana metoda służy głównie do oceny wartości użytkowej olejów zawierających dodatek myjący (detergent), ale może być również stosowana do stwierdzenia takich zanieczyszczeń jak woda czy paliwo. Dla uzyskania jak najbardziej wiarygodnych wyników testów zawsze należy pamiętać o tym, aby badana próbka była reprezentatywna, tj. pobierana z tego samego miejsca magistrali olejowej, a ponadto by olej cyrkulował w układzie smarowania silnika i utrzymywał zbliżony poziom temperatury pracy oraz rozprowadzał wszelkie zanieczyszczenia w całej swojej objętości w misie olejowej [2].

Na rysunku 1 zaprezentowano tester bibułowy zaprojektowany przez autorów pracy, stanowiący narzędzie diagnostyczne pozwalające szacunkowo określić czas, w którym właściwości rozpraszające oleju silnikowego przestają spełniać swoją rolę.

Rys. 1. Zaprojektowane testery bibułowe

W celu przeprowadzenia testu bibułowego kilka kropel reprezentatywnej próbki oleju należy nanieść na kawałek specjalnie przygotowanej bibuły i po jej wysuszeniu obserwować wygląd plamy. Bibuła wykorzystywana w testach wymaga przestrzegania podstawowych zasad. Główny wymóg to rozgrzanie oleju do temperatury roboczej silnika. Następnie nanosi się próbkę oleju (kroplę oleju) przy użyciu bagnetu bezpośrednio z układu smarowania silnika. Odczyt otrzymanego wyniku wykonuje się w dwóch przedziałach czasowych, po 60 minutach oraz po 24 godzinach. Każda osoba, która zapozna się z instrukcją załączoną do testera bibułowego, jest w stanie dokonać analizy już po około 5 minutach. Odpowiednio często przeprowadzane testy bibułowe oraz analiza zmian wyglądu plam olejowych pozwalają na wychwycenie momentu, w którym właściwości rozpraszа-

jące oleju silnikowego przestają być wystarczające do bezpiecznej i bezawaryjnej eksploatacji silnika.

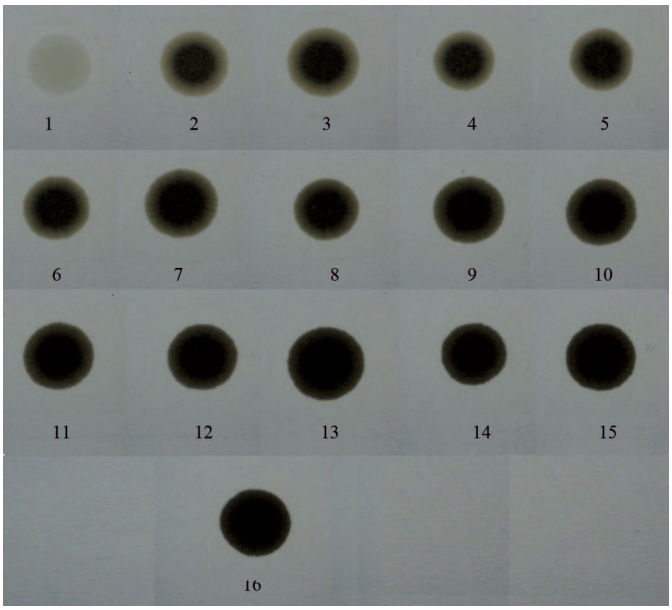
Podczas interpretacji wyniku oznaczenia należy zwracać uwagę na [7]:

- rozmiar jądra plamy,
- barwę jądra,
- wielkość strefy rozproszenia,
- barwę strefy rozproszenia (czarny, szary),
- formację strefy rozproszenia.

Należy podkreślić zróżnicowanie wyników oznaczeń wspomnianych parametrów oleju pracującego w silniku benzynowym w porównaniu z silnikiem o zapłonie samoczynnym. W pracy skupiono uwagę na drugim przypadku. Obecność w oleju zanieczyszczenia w postaci rozcieńczonego paliwa może przejawiać się żółtą koroną wokół zewnętrznej części jądra plamy. Obecność wody w oleju może zostać potwierdzona na podstawie postrzępionych krawędzi wokół jądra. Kolejnym rodzajem zanieczyszczeń jest sadza. Jeśli dodatki uszlachetniające znajdujące się w oleju spełniają swoją funkcję, cząstki sadzy będą drobne. Podczas wykonywania testu bibułowego kropla oleju rozpłynie się łatwo, a uzyskana jednolita plama będzie szara. W sytuacji gdy olej jest nadmiernie zanieczyszczony sadzą (wydłużony okres wymiany), dodatki dyspergujące zostają wyczerpane (sadza tworzy cząstki większych rozmiarów). W momencie wykonania testu bibułowego cząsteczki sadzy pozostają w środku plamy. Warto zwrócić w tym miejscu uwagę na fakt, że na ilość sadzy w oleju wpływa nie tyle liczba przejechanych kilometrów, lecz sposób eksploatacji silnika (niskie/wysokie obciążenie, niska/wysoka temperatura otoczenia, czas pracy na biegu jałowym).

## Prezentacja i analiza wyników badań

W wyniku zaaplikowania na bibułę filtracyjną jednej kropli używanego oleju otrzymuje się obraz zgodny z zaprezentowanymi na rysunkach 2 i 3.



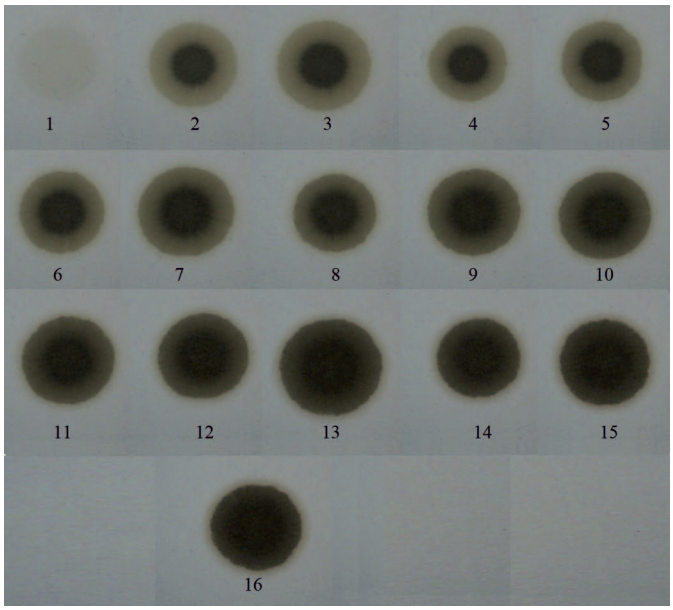

Rys. 2. Test kroplowy – wynik po 60 min

Źródło: Opracowanie własne.

W zależności od przebiegu eksploatacyjnego oleju silnikowego wyrażonego liczbą przejechanych kilometrów zaprezentowano obrazy świeżego oleju (obraz nr 1) oraz po przebiegu pierwszego tysiąca kilometrów (obraz nr 2), jak również drugiego tysiąca kilometrów (obraz nr 3) itd.

W pierwszym etapie analizie poddano właściwości penetrujące oleju, tj. pochłanianie przez niego zanieczyszczeń. Olej o poprawnych właściwościach fizykochemicznych szybko rozlewa się na bibule w przedziale od 10 sekund do 1 minuty. Oleje o naruszonych parametrach nie rozlewają się nawet po 15 minutach. Drugi etap to rozdział na frakcje – oleje o dobrych właściwościach fizykochemicznych reagują znacznie szybciej niż oleje przepracowane. Należy zaznaczyć, że test przeprowadzony w warunkach opisanych wcześniej może doprowadzić do sytuacji, w której bibuła rozkłada próbkę na frakcje nawet 30 dni i dłużej, ponieważ proces dyspersji postępuje. Dlatego istotnym czynnikiem jest odczyt wyniku w wyznaczonym przedziale czasu. Plamy jednorodnie zanieczyszczone osadami wskazują, że olej ma dobre właściwości dyspergujące.

Jeżeli badany olej charakteryzuje się ubytkiem detergentu, obraz plamy w miarę przedłużania okresu jego użytkowania będzie się zmieniał zgodnie z rysunkami 2 i 3 (obrazy




Rys. 3. Test kroplowy – wynik po 24 godz.

Źródło: Opracowanie własne.

od 1 do 16). Jak wynika z rysunków, próbki oleju niezanieczyszczonego nie reprezentują plam na bibule (obraz 1). Gdy plama oleju przybiera wygląd o znacznym zaciemnieniu (fotografie 15 i 16), świadczy to o dużej zawartości sadzy w przedmiotowym oleju lub innych zanieczyszczeń będących wynikiem procesu spalania i o konieczności jego wymiany. Inny obraz plamy otrzymuje się w przypadku oleju zawierającego dodatek detergentu (obrazy od 1 do 14). Już po krótkim okresie pracy oleju silnikowego widoczne są drobne rozproszone zanieczyszczenia występujące w stanie zawiesiny (obraz 2). Typowy obraz plamy oleju ze skutecznie działającym detergentem jest widoczny na fotografiach od 2 do 9. W miarę przedłużania okresu pracy oleju charakterystyczna otoczka staje się coraz wyraźniejsza, ponieważ efektywność działania detergentu stopniowo się zmniejsza.

Olej eksploatowany w silnikach wyposażonych w recyrkulację spalin oraz w filtr cząstek stałych daje inne plamy (w silnikach z DPF plama jest od razu czarna mimo wymiany oleju na nowy, w przypadku silników bez DPF plama ma kolor zbliżony do szarego) niż olej z silników niewyposażonych w te układy. W pierwszym przypadku jądro otrzymanej plamy jest dość wyraziste (barwa ciemnoszara), natomiast zewnętrzna aureola ma kolor jasnoszary. W drugim przypadku zarówno jądro, jak i aureola są w barwach bardziej jednolitych. Wymieniona recyrkulacja spalin to jedno z trzech głównych źródeł sadzy w silniku. Przyjmuje się, że przy maksymalnej recyrkulacji do cylindra z zasysanym powietrzem podawane jest do około 0,05 g sadzy na 1 kWh [19]. Pozostałe dwa źródła to sadza przedmuchiwana z komory spalania oraz pochodząca z destrukcji oleju.

## Wnioski

Niniejsze opracowanie koncentruje się przede wszystkim na zaprezentowaniu testera bibułowego, wyprodukowanego według własnej procedury, który znajduje się w fazie prototypowania. W zaprezentowanej formie (bez atlasu obrazów, instrukcji) nie może pełnić funkcji pełnowartościowego narzędzia diagnostycznego. Główne wnioski/przemyślenia z tego badania są następujące:

- Regularne wykorzystywanie testera bibułowego w celu dokonania analizy wyglądu plam oleju pozwala szacunkowo określić czas, w którym właściwości rozpraszające oleju silnikowego przestają być wystarczające do bezpiecznej i bezawaryjnej eksploatacji silnika. Jest to cenne narzędzie diagnostyczne dla eksploratorów pojazdów samochodowych.
- Zaletą proponowanego narzędzia jest zdolność do uzyskiwania przy jego użyciu szybkich (czas wykonania oznaczenia oraz otrzymania pierwszych wyników wynosi około 5 minut) oraz niekapitałochłonnych (koszt jednego testera to około 4 zł) wyników. Zaproponowany tester może okazać się bardzo wartościowym narzędziem w procesie nadzoru nad stanem obiektów badawczych. W większości laboratoriów analizy właściwości eksploatacyjnych środków smarowych są wykonywane z zastosowaniem stacjonarnej aparatury badawczej.
- Zaprezentowana metoda niesie ze sobą bardzo wiele korzyści dla środowiska (brak produktów ubocznych oznaczenia), co w dzisiejszych czasach również stanowi istotne kryterium przy wyborze procedury badawczej (szczególnie w sytuacjach, w których nie jest wymagana laboratoryjna dokładność). Wiąże się to ze sporą oszczędnością czasu oraz pieniędzy, które przeznaczane są na odczynniki niezbędne do wykonania wybranych analiz (szczególnie widoczne przy oznaczaniu TBN, które jest miarą zdolności dyspergowania szlamów w silniku. W trakcie eksploatacji tzw. całkowita liczba zasadowa maleje, a w konsekwencji pogarszają się właściwości myjące oraz dyspergujące oleju).
- Stosowanie metody bibułowej do analizy olejów przepracowanych nie wymaga dużego doświadczenia w analizie obrazów i interpretacji uzyskanych wyników. Metoda bibułowa nie wymaga procedury przygotowania próbki oraz czasochłonnego czyszczenia układu pomiarowego. Po kilkudziesięciu minutach otrzymuje się obraz, który umożliwia ocenę wartości eksploatacyjnych badanego oleju.
- Niezbędne jest przeprowadzenie badań porównawczych według normatywnych standardów naukowo-badawczych z wynikami otrzymywanymi przy wykorzystaniu innych dostępnych testerów: *FluidRx Instant Lubricant Diagnostics* [8], *oil-spy* [20], *the blotter spot test* [16], *Lubricheck Oil Tester* [15], *motorcheckup* [17, 18]. Należy ujednolicić bazę danych (różne typy silników, rodzaje olejów itd.) z obrazami chromatograficznymi wydzielanych szlamów z oleju.

Autorzy w tym miejscu bardzo serdecznie dziękują Panu prof. INiG Michałowi Krasodomskiemu oraz Panu dr. Wojciechowi Krasodomskiemu za cenne uwagi oraz konsultacje podczas prototypowania testera bibułowego.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2017, nr 1, s....., DOI: 10.18668/NG.2017.01.07

Artykuł nadesłano do Redakcji 29.06.2016 r. Zatwierdzono do druku 4.11.2016 r.

Publikacja została sfinansowana ze środków przyznanych Wydziałowi Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

**Literatura**


[1] Abou-Ziyan H.Z.: *Heat transfer characteristics of some oils used for engine cooling*. Energy Conversion and Management 2004, vol. 45, no. 15–16, s. 2553–2569.
[2] ATV Polska, www.atvpolska.pl (dostęp: 1.03.2016).
[3] Bassbasi M., Hafid A., Platikanov S., Tauler R., Oussama A.: *Study of motor oil adulteration by infrared spectroscopy and chemometrics methods*. Fuel 2013, vol. 104, s. 798–804.
[4] Beran E.: *Wpływ budowy chemicznej bazowych olejów smarowych na ich biodegradowalność i wybrane właściwości eksploatacyjne*. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2008.
[5] Besser Ch., Dorr N., Novotny-Farkas F., Varmuza K., Allmaier G.: *Comparison of engine oil degradation observed in laboratory alteration and in the engine by chemometric data evaluation*. Tribology International 2013, vol. 65, s. 37–47.
[6] Braga J.W.B., Araci Araujo dos Santos Junior, Martins I.S.: *Determination of viscosity index in lubricant oils by infrared spectroscopy and PLSR*. Fuel 2014, vol. 120, s. 171–178.
[7] Doyle D.: *Field Screening Methods for Soot Levels in Used Diesel Engine Oils*. Lubrication Excellence Conference Proceedings 2003.
[8] *Fluid Rx Test Kit*. GWR Specialty Automotive Parts, http://www.fluidtesting.com (dostęp: 1.03.2016).
[9] Iskra A.: *Parametry filmu olejowego w węzłach mechanizmu tłokowo-korbowego silnika spalinowego*. Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2001.
[10] Jakóbiec J., Mazanek A.: *Monitorowanie właściwości użytkowych oleju silnikowego w eksploatacji*. Transport Samochodowy 2008, z. 3, s. 67–76.
[11] Korcek S., Jensen R., Johnson M., Sorab J.: *Maximizing the fuel efficiency of engine oils*: *The role of tribology*. TriboTest 2001, vol. 7(3), s. 187–201.
[12] Kral J. Jr., Konecny B., Kral J., Madac K., Fedorko G., Molnar V.: *Degradation and chemical change of longlife oils following intensive use in automobile engines*. Measurement 2014, vol. 50, s. 34–42.
[13] Krasodomski M., Krasodomski W.: *Wydzielanie sadzy z olejów przepracowanych*. Nafta-Gaz 2009, nr 5, s. 419–427.
[14] Litwiński M.: *Badania wybranych właściwości olejów silnikowych w warunkach eksploatacji*. Praca doktorska, Kraków 2011.
[15] *Lubricheck*. WaveOn Tech, www.lubricheck.com (dostęp: 1.03.2016).
[16] *Machinery Lubrication Magazine*. Noria Corporation, http://www.machinerylubrication.com (dostęp: 1.03.2016).
[17] *Motor checkup Polen*. MOTORcheckUP Ltd., http://www.motorcheckup-pl.jimdo.com (dostęp: 1.03.2016).
[18] *MOTORcheckUP*. MOTORcheckUP GmbH, http://www.motorcheckup.com (dostęp: 1.03.2016).
[19] Mruk A.: *Wpływ obecności sadzy w oleju silnikowym na jego właściwości tribologiczne*. Czasopismo Techniczne 2008, z. 7-M, s. 275–285.
[20] *Oil Spy*. Glacier FT Ltd., http://www.oil-spy.com (dostęp: 1.03.2016).
[21] Podniało A.: *Paliwa, oleje i smary w ekologicznej eksploatacji.* Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2002.
[22] Romanowski P. (oprac.): *Przybliżona ocena wartości użytkowej olejów metodą plam na bibule*. Gdańsk, Politechnika Gdańska, 2000, http://www.kkiem.mech.pg.gda.pl/dydaktyka/pomoce_dyd/files-do_lab_ekspl/Ocena_wartosci_uzytkowej_olejow.pdf (dostęp: 1.03.2016).
[23] Urzędowska W., Stępień Z.: *Oddziaływanie paliwa na zmiany właściwości użytkowych oleju smarowego w silniku z ZI typu FlexFuel*. Nafta-Gaz 2012, nr 6, s. 377–387.
[24] Urzędowska W., Stępień Z.: *Wybrane zagadnienia dotyczące zmian właściwości silnikowego oleju smarowego w eksploatacji*. Nafta-Gaz 2012, nr 12, s. 1102–1110.
[25] Wolak A., Hornik S.: *Changes in Functional Properties of Engine Oils During Exploitation – TBN*. Current Trends in Commodity Science: Development and Assessment of Non-food Products, Poznań University of Economics, Poznań 2015.
[26] Wolak A., Janocha P.: *Zmiany właściwości użytkowych olejów silnikowych w warunkach eksploatacji – analizy FTIR*. Konferencja Naukowo-Techniczna FORGAZ 2016 „Nowoczesne środki smarowe do specjalistycznych zastosowań w urządzeniach przemysłowych, transporcie i komunikacji". Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu – PIB nr 201, Kraków 2015, s. 84–104.

Dr inż. Artur WOLAK
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
Wydział Towaroznawstwa, Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego
ul. H. Sienkiewicza 4
30-033 Kraków
E-mail: *artur.wolak @uek.krakow.pl*

Marek KRZYŻANIAK
LCB Inkubator
ul. Geodetów 1
64-100 Leszno
E-mail: *marek@motoenter.com*