

Zbigniew Chmielewski, Milena Górka, Jerzy Stobiecki

Koncepcja oceny niezawodności współczesnych olejów silnikowych w eksploatacji

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.410

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule przedstawiono koncepcję oceny niezawodności współczesnych olejów silnikowych. Przyjęta w praktyce strategia wymiany oleju w silniku, na podstawie z góry ustalonego resursu, prowadzić może do wymiany oleju silnikowego znajdującego się w stanie zdatości eksploatacyjnej, ze względu na rozpatrywany parametr stanu. Takie wnioski wynikają z przeprowadzonych badań olejów mineralnych. Zasadną jest ocena niezawodności olejów silnikowych w eksploatacji, przeprowadzona dla dominujących obecnie na rynku samochodowym olejów syntetycznych.

Słowa kluczowe: olej silnikowy, niezawodność, eksploatacja.

Wstęp

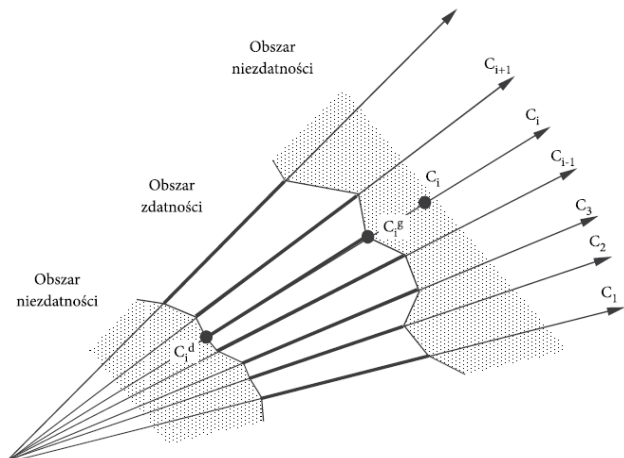
Właściwy dobór oleju powinien zabezpieczać odpowiednią niezawodność i ekonomiczność pracy urządzenia, natomiast technicznie uzasadniony czas pracy oleju w urządzeniu powinien zapewniać maksymalne wykorzystanie potencjału jakościowego oleju. Dzięki temu zmniejsza się zapotrzebowanie na nowe środki smarowe i obciążenie środowiska przepracowanymi produktami olejowymi. Ocena jakości olejów smarowych wiąże się z umiejętnością określania poziomu spełniania przez olej jego podstawowych funkcji w urządzeniu. Istotna jest również możliwość przewidywania zmian jakości oleju w eksploatacji w zależności od początkowej jakości oleju i działających nań widma wymuszeń. Do tego niezbędna jest znajomość kinetyki starzenia olejów smarowych i wartości parametrów stanu granicznego przy pracy w urządzeniu.

W procesie eksploatacji części maszyn ulegają trwałym, nieodwracalnym zmianom prowadzącym do utraty własności początkowych. Zmiany te, do których zalicza się procesy zużyciowe, prowadzą do powstawania uszkodzeń, mimo że obiekt był prawidłowo skonstruowany, wytworzony i eksploatowany.

Z chwilą wyprodukowania elementu można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że wartości wszystkich cech opisujących element mieszczą się w dopuszczalnych dla nich granicach (element jest w stanie zdatości). Na skutek oddziaływania otoczenia (czynniki zewnętrzne) oraz realizacji przez obiekt przewidzianych zadań (czynniki robocze) początkowe wartości cech elementu ulegają zmianie.

Jeżeli wartość jakiegokolwiek z cech opisujących element przekroczy dopuszczalny dla niej przedział wartości, element uznaje się za uszkodzony (rys. 1).

Poprzez uszkodzenie (PN-80/N-04000) należy rozumieć zdarzenie losowe polegające na przejściu obiektu ze stanu zdatości (stan, w którym obiekt mimo pewnych zmian swych cech zachowuje zdatość do realizacji nałożonych funkcji zgodnie z przeznaczeniem) do stanu niezdatności (stan, w którym obiekt zdolność tę utracił, bądź jej nie osiągnął).



Rys. 1. Interpretacja graficzna uszkodzenia [4]

Spotykane w literaturze i praktyce próby określania stanu granicznego, głównie dla olejów silnikowych, sprowadzają się do ustalenia dopuszczalnych zmian:

- wybranej własności fizykochemicznej oleju,
- wybranego parametru dotyczącego silnika,
- parametru uznanego za reprezentatywny dla procesu starzenia,
- zespołu parametrów dotyczących cech jakościowych oleju,
- stężenia dodatków uszlachetniających,
- wartości parametru syntetycznego (kompleksowego),
- podobieństwa stanów oleju.

Praktyczne wykorzystanie wyników prac z tego zakresu świadczy, że problem jest otwarty. Powszechne zastosowanie mają tylko nieliczne z indywidualnych (lepkość, liczba kwasowa, temperatura zapłonu, pozostałość po koksowaniu, refrakcja, przewodność cieplna) czy zespołowych (zawartość zanieczyszczeń, zawartość wody, korozyjność, zawartość paliwa, smarność, skłonność do pienienia) wskaźników oceny stanu oleju [2].

W przypadku olejów smarowych istnieją trzy zasadnicze możliwości wyboru wartości granicznych. Ocenę stanu granicznego można przeprowadzić na podstawie:

- wytycznych normatywnych dotyczących różnych rodzajów, grup klasyfikacyjnych olejów,
- wartości dopuszczalnych zmian niektórych parametrów oleju wynikających z obliczeń węzłowych z uwzględnieniem różnych teorii smarowania,
- analizy kinetyki zmian własności.

Zatem dla prawidłowej oceny stanu niezawodnościowego oleju silnikowego w eksploatacji niezbędne jest pozyskanie informacji dotyczących aktualnej wartości obserwowanego parametru stanu oleju (wybranego wskaźnika oceny) oraz wartości granicznej parametru. Zestawienie tych informacji pozwala na prawidłowe stwierdzenie czy eksploatowany olej silnikowy jest w stanie zdatości lub w stanie niezdatności eksploatacyjnej.

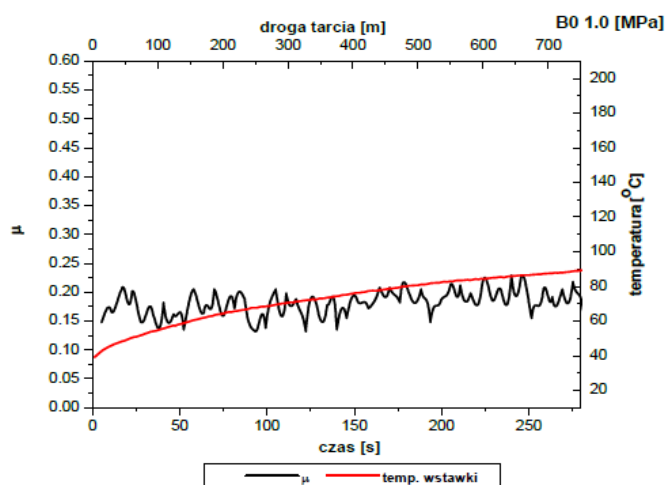
1. Uzasadnienie prowadzenia badań

Stosowany w pojazdach samochodowych system planowy wymiany oleju w silniku jest nieefektywny. Olej silnikowy o nieznanym

stanie niezawodnościowym (nieznanych parametrach stanu) jest wymieniany na świeży. Założenie z góry dopuszczalnego przebiegu oleju silnikowego, wyrażonego przebiegiem pojazdu lub czasem kalendarzowym użytkowania do chwili jego wymiany, jest jedynie szacowaniem szybkości niekorzystnych zmian zachodzących w środku smarowym. W ten sposób istnieje zagrożenie, że w skrajnie niekorzystnych warunkach eksploatacji wartości graniczne wybranych parametrów stanu oleju np. lepkości, zostaną przekroczone. Tym samym element konstrukcyjny węzła tarcia, olej silnikowy, w stanie niezdatnym będzie dalej użytkowany. Z punktu widzenia poprawnej eksploatacji urządzenia technicznego taka sytuacja jest niedopuszczalna.

Z drugiej strony, z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że w chwili wymiany oleju silnikowego, jego stan niezawodnościowy można określić jako zdatny. Badania przeprowadzone na oleju mineralnym, eksploatowanym w samochodach ciężarowych potwierdzają tak sformułowaną tezę [2].

Prowadzone liczne badania dotyczące właściwości oleju silnikowego jako środka smarowego, dotyczą przede wszystkim wybranych jego własności. W pracy [6] przedstawiono wyniki badań współczynnika tarcia dla oleju silnikowego stosowanego w samochodach ciężarowych. Badania obejmowały olej mineralny i syntetyczny. Dla każdego z nich określono wartość współczynnika tarcia dla oleju świeżego, jak również w chwili wymiany, zgodnie z zaleceniami producenta, tj. po przebiegu 60 000 [km] dla oleju mineralnego i 120 000 [km] dla oleju syntetycznego. Badania przeprowadzono na maszynie tarcowej T-05 dla pary ciernej, przeciwpróbka ze stali i próbka z brązu smarowane olejem silnikowym. Przykładowy przebieg wartości współczynnika tarcia w funkcji czasu i drogi tarcia dla świeżego oleju syntetycznego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wykres przebiegu wartości współczynnika tarcia: smarowanie przeciwpróbki olejem syntetycznym, przebieg pojazdu 0 km, nacisk próbki 1.0 MPa, prędkość tarcia 2.2 m/ [6]

Zamieszczone w pracy wyniki badań tribologicznych współczynnika tarcia pary tarcowej wykazały, że olej mineralny po przebiegu 60 000 [km], dla obowiązującego cyklu wymiany, wykazuje spadek współczynnika tarcia o 23,88%, zaś olej syntetyczny po przebiegu 120 000 [km], dla obowiązującego cyklu wymiany, wykazuje spadek współczynnika tarcia o 40,87%. Wyniki badań wskazują, że ustalone przebiegi pojazdu, zgodnie z obowiązującymi cyklami wymiany oleju silnikowego, wpływają w większym stopniu niekorzystnie na trwałość eksploatacyjną oleju silnikowego mineralnego. Olej silnikowy syntetyczny wykazuje, przy 2-krotnie większym przebiegu, w porównaniu z olejem silnikowym mineralnym, korzystniejszą charakterystykę współczynnika tarcia. Zatem uwzględniając obserwowany parametr

stanu, w tym przypadku współczynnik tarcia w węźle kinematycznym dla oleju silnikowego w chwili wymiany, można stwierdzić, że element konstrukcyjny węzła w stanie zdatności został wymieniony na nowy.

Podobne wyniki uzyskano w badaniach lepkości kinematycznej oleju silnikowego w eksploatacji [5]. Analizie poddano wybrany parametr stanu dla oleju silnikowego mineralnego i syntetycznego. Oceny dokonano dla oleju świeżego i oleju przepracowanego w chwili wymiany. Badane próbki oleju pochodziły z silników ciągników siodłowych i obejmowały przebiegi 60 000 [km] dla oleju mineralnego i 120 000 [km] dla oleju syntetycznego. Zaobserwowane zmiany lepkości zawiera tabela 1.

Tab. 1. Zestawienie lepkości kinematycznej olejów silnikowych [5]

L.p.	Oznaczenie próbki	Lepkość kinematyczna w 40°C [mm ² /s]
1.	Shell Rimula Ultra R4L 15W-40 olej mineralny świeży	115,69
2.	Shell Rimula Ultra R4L 15W-40 olej mineralny po przebiegu 60 000 [km]	95,31
3.	Shell Rimula Ultra R6M 10W-40 olej syntetyczny świeży	91,33
4.	Shell Rimula Ultra R6M 10W-40 olej syntetyczny po przebiegu 120 000 [km]	93,75

W przypadku mierzonego parametru stwierdzono rozbieżności w charakterze zmian. Dla oleju silnikowego mineralnego przepracowanego, po przebiegu 60 000 [km], lepkość kinematyczna w 40 [°C] jest o około 8% niższa niż dla oleju świeżego. W przypadku oleju przepracowanego w chwili wymiany, po przebiegu 120 000 [km], lepkość kinematyczna w 40 [°C] jest o około 2,5% wyższa. Uwzględniając graniczne wartości parametru stanu dla oleju mineralnego [4] można stwierdzić, że ze względu na obserwowany parametr, element konstrukcyjny węzła kinematycznego, znajdujący się w stanie zdatności eksploatacyjnej, został wymieniony na nowy.

Przedstawione powyżej wyniki badań wskazują, że w zakresie eksploatacji oleju silnikowego i stosowanego powszechnie systemu jego wymiany, efektywność eksploatacji pojazdów samochodowych nie jest zachowana. Przeprowadzone badania dotyczyły przebiegów oleju silnikowego na poziomie 60-120 tys. [km]. Przebiegi takie realizowane są, zgodnie z zaleceniami producenta, dla ciągników siodłowych. Wymiany oleju silnikowego, zgodnie z zaleceniami producenta, w przypadku samochodów osobowych, realizowane są w reżimie 15 000 [km] lub 30 000 [km] (w przypadku zastosowania oleju typu „Long Life”). Dodatkowo, jeżeli samochód nie osiągnął wskazanego przebiegu, po odpowiednio 1 lub 2 latach kalendarzowych, producent zaleca wymianę oleju w silniku. Takie podejście tym bardziej może skutkować wymianą zdatnego elementu na nowy.

Realizowana w ten sposób strategia wymiany oleju w silniku samochodów osobowych i ciężarowych powoduje niepotrzebne podwyższenie kosztów użytkowania pojazdów. Jednocześnie stanowi obciążenie dla środowiska naturalnego w związku z produkcją nowego i utylizacją przepracowanego oleju silnikowego. Nie można jednak a priori zwiększyć rezerwy oleju silnikowego do wymiany.

Specyfika oleju silnikowego jako elementu konstrukcyjnego węzła kinematycznego polega również na tym, że w przypadku przekroczenia granicznej wartości dla obserwowanego parametru trudno uchwycić jednoznaczne symptomy diagnostyczne lub nieprawidłową pracę układu. W przypadku elementów mechanicznych, jeśli nastąpi przekroczenie wartości granicznej parametru np. luzu w skojarzeniu, kształtu powierzchni elementu, zmiany struktury powierzchni, pojawiają się objawy świadczące o nieprawidłowej współpracy elementów. Mogą to być drgania, podwyższenie temperatury, bądź ogólnie pogorszenie efektywności pracy urządzenia. Niekorzystne zmiany istotnych własności oleju silnikowego są trudne do zaobserwowania

w eksploatacji i powodują najczęściej powolną degradację par kinematycznych silnika. Z tego względu podejmowane są próby diagnostycznej oceny stanu oleju w silniku pod kątem wypełniania jego funkcji w silniku. Przykładowe kierunki badań w tym zakresie wskazano w pracy [1].

Z punktu widzenia racjonalnej eksploatacji, jak również ochrony środowiska naturalnego istotnym jest dążenie do pełnego wykorzystania własności oleju w eksploatacji przy zachowaniu technicznego bezpieczeństwa eksploatacji. Zasadnym zatem wydaje się próba podjęcia badań w kierunku oceny rzeczywistego stanu oleju silnikowego w eksploatacji. Stan niezawodnościowy należy oszacować na podstawie oceny zmian zachodzących w oleju silnikowym, dla wybranego parametru stanu. Badania powinny obejmować pojazdy eksploatowane na olejach silnikowych syntetycznych, bowiem w zakresie olejów mineralnych wyniki takiej oceny są już dostępne [2, 7].

2. Założenia eksperymentu badawczego

Głównym założeniem planowanych badań, w zakresie niezawodności olejów silnikowych, jest ocena rzeczywistego stanu niezawodnościowego syntetycznego oleju silnikowego w chwili jego wymiany. Uzasadniona wydawać się może obawa, że przyjęty i rozpowszechniony system planowy wymiany oleju, według z góry założonego rewersu, jest nieefektywny i powoduje wycofanie z eksploatacji obiektu sprawnego. Badania powinny zweryfikować tak postawioną tezę. Wyniki badań mogą ponadto przynieść wymierny efekt finansowy w obszarze systemu eksploatacji, poprzez wydłużenie czasu eksploatacji oleju w silniku, przy zachowaniu bezpieczeństwa technicznego dla urządzenia. Tym samym plan eksperymentu powinien obejmować:

- wybór oleju silnikowego – obiektu badań,
- wybór sposobu badań niezawodności,
- wskazanie obserwowanego parametru stanu oleju silnikowego,
- interpretację uzyskanych wyników badań.

Poniżej przedstawiono szczegółowe założenia dla tak sformułowanych problemów.

2.1. Wybór oleju silnikowego

Badania powinny obejmować grupę olejów silnikowych syntetycznych. Ze względu na spodziewane rezultaty badań i możliwość ich wykorzystania przez jak najszerszą grupę użytkowników, badane oleje powinny mieć powszechne zastosowanie na rynku eksploatowanych samochodów osobowych. W tym przypadku zakładany przez producentów rewers na poziomie 30 000 [km] lub dwóch lat eksploatacji jest znacząco niższy niż dla samochodów ciężarowych, dla których rewers do wymiany osiąga wartości na poziomie 120 000 [km]. Również wielkość populacji użytkowanych obiektów wskazuje samochody osobowe jako właściwy kierunek prac badawczych. W związku z powyższym, zdaniem autora, wybór powinien obejmować olej silnikowy klasy lepkościowej 5W30 lub 5W40 oraz klasy jakościowej ACEA C3.

2.2. Wybór sposobu badań niezawodności

Z punktu widzenia wiarygodności uzyskanych wyników badań, w odniesieniu do rzeczywistych, eksploatowanych obiektów technicznych, w tym przypadku samochodów osobowych, celowym wydaje się przeprowadzenie badań eksploatacyjnych w naturalnych warunkach użytkowania. Taki wybór metody badawczej pozwala zminimalizować błędy pomiarowe wynikające z ograniczenia wymuszeń otoczenia na przedmiot badania i ich wpływu na zmiany obserwowanych parametrów stanu. Należy podkreślić, że taka formuła prowadzenia

badania powoduje, że są one czasochłonne i dla pełnej oceny, z wykorzystaniem metod analizy statystycznej, wymagają dużej populacji próby pomiarowej. W związku z tym celowe wydaje się podjęcie badań warstwowych niezawodności. W stosunkowo krótkim czasie, można zebrać próbki oleju dla dużej ilości użytkowanych pojazdów, co więcej, dla różnych przebiegów, tym samym różnego stanu technicznego silników. W pracy [3] wykazano, że zmiany np. lepkości kinematycznej oleju silnikowego są ściśle skorelowane z przebiegiem – stanem technicznym skojarzenia tłok-pierścienie-tłokowe silnika spalinowego. Wnioski takie zawarto również w pracy [7]. Jednak prawidłowe przeprowadzenie badań, a szczególnie wysunięcie wniosków z przeprowadzonej analizy, wymaga zapewnienia właściwego stanu technicznego pojazdu. Wymagana jest również wiarygodna informacja w zakresie rzeczywistego przebiegu pojazdu w chwili pobierania próbki oleju do badań. Stąd wskazane jest, aby do celów badawczych, wykorzystywać pojazdy o znanej historii eksploatacji (w tym o znanym rzeczywistym przebiegu) obsługiwane zgodnie z zaleceniami producenta. W ten sposób obszar potencjalnie dostępnych do celów badawczych pojazdów zawęży się do tych znajdujących się w bazach autoryzowanych serwisów, pojazdów które na bieżąco pojawiają się w nich celem wykonania założonych przeglądów technicznych.

Istotnym jest, w podejmowanych badaniach eksploatacyjnych, zachowanie odpowiedniego stanu technicznego użytkowanych pojazdów, szczególnie w obszarze obserwowanego oleju silnikowego. Jak wskazano w pracy [7] wycieki oleju z silnika pomiędzy kolejnymi, planowanymi jego wymianami i wynikająca stąd konieczność uzupełniania olejem świeżym powoduje, że prowadzenie badań na takich obiektach jest niecelowe. Dotyczy to sytuacji, gdzie objętość uzupełnianego oleju pomiędzy planowanymi wymianami jest porównywalna z objętością układu smarowania silnika.

Niestety konieczność realizowania tak dużych dolewek w okresach między wymianami oleju nie wynika jedynie z wycieków. Zużycie oleju silnikowego na tak dużym poziomie dopuszczają producenci pojazdów, uznając, że dolewki rzędu 0,5 [l/1000km] są zjawiskiem normalnym i nie świadczą o konieczności podejmowania działań naprawczych dla silnika. Informacja taka przedstawiana jest użytkownikowi w dokumentacji techniczno-ruchowej dołączonej do pojazdu, a rejestrowane w eksploatacji zużycie oleju silnikowego na wskazanym poziomie nie stanowi podstaw do ewentualnych roszczeń nawet w okresie gwarancyjnym (np. pojazdy grupy Volkswagen). Przyjmując zużycie oleju silnikowego na dopuszczalnym przez producenta poziomie, przy wymianie oleju co 15 000 [km], otrzymujemy konieczność wykonania dolewek w ilości 7,5 [l], przy objętości układu smarowania około 4,0 [l] (ilość potrzebna na wymianę oleju w ramach okresowej obsługi technicznej).

Potwierdzeniem dla tak dużego, rzeczywistego zużycia oleju silnikowego są wyniki obserwacji eksploatacji samochodu VW Passat B5, rok prod. 2002, silnik 2.0 benzyna, typ ALT (130 [km]). W obserwowanym okresie eksploatacji, tj. w ciągu 5-ciu lat i 30 000 [km] nie zarejestrowano wycieków oleju silnikowego. W tym czasie pomiędzy wymianami oleju w silniku, realizowanymi według czasu kalendarzowego w odstępach ok. jednorocznych, ze względu na przebieg mniejszy niż 15 000 [km], rejestrowano dolewki na poziomie 0,504 [l/1000km], przy objętości układu smarowania wynoszącej 4,2 [l].

Przykładowe zestawienie realizowanych czynności obsługowych, związanych z olejem silnikowym, dla wskazanego pojazdu zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Zarejestrowane czynności obsługowe związane z olejem silnikowym

Lp.	Zakres czynności	Data	Przebieg [km]
1.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	25.03.2015	207 886
2.	Dolewka 0,5 l oleju silnikowego	24.04.2015	208 334
3.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	12.07.2015	208 936
4.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	23.07.2015	209 205
5.	Wymiana oleju w silniku CASTROL EDGE PROFESSIONAL 5W30 Long Life	02.09.2015	209 500
6.	Dolewka 0,4 l oleju silnikowego	03.11.2015	210 268
7.	Dolewka 0,5 l oleju silnikowego	06.01.2016	210 709
8.	Dolewka 0,5 l oleju silnikowego	13.04.2016	211 702
9.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	26.05.2016	212 543
10.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	13.06.2016	212 805
11.	Dolewka 0,5 l oleju silnikowego	04.08.2016	213 518
12.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	08.10.2016	214 351
13.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	22.10.2016	214 516
14.	Dolewka 0,25 l oleju silnikowego	06.11.2016	214 732
15.	Wymiana oleju w silniku CASTROL EDGE LL 5W30	05.01.2017	215 750

Zatem wybrane do badań pojazdy powinny charakteryzować się umiarkowanym, technicznie akceptowalnym, zużyciem oleju silnikowego.

2.3. Wybór parametru stanu oleju silnikowego

Z przeprowadzonych dotychczas badań, których wyniki zawarto w pracach [2, 7], wynika, że z punktu widzenia niezawodności i trwałości silnika spalinowego najważniejszymi parametrami charakteryzującymi stan oleju silnikowego są:

- lepkość kinematyczna w 100°C,
- całkowita liczba zasadowa,
- temperatura zapłonu.

Uzasadnione wydaje się zatem podjęcie badań dla tych reprezentatywnych parametrów stanu oleju silnikowego w eksploatacji. Ewentualne poszerzenie obszaru badań o np. koncentrację pierwiastków metalicznych, i informacje pochodzące z zaobserwowanych zmian tych parametrów, mogą być cenną informacją diagnostyczną, pozwalającą na wczesne wykrycie stanów awaryjnych obiektów technicznych-silników [7].

2.4. Interpretacja wyników

Przeprowadzone, zgodnie z przedstawionymi założeniami, badanie stanu oleju silnikowego w eksploatacji, pozwoli na oszacowanie rzeczywistego stanu oleju silnikowego w chwili jego wymiany. Przyjmując wartości graniczne dla obserwowanego parametru stanu będzie można, na przyjętym poziomie ufności, stwierdzić, czy olej silnikowy osiągnął stan niezdatności. Tym samym czy jego potencjał eksploatacyjny został wyczerpany, a przeprowadzona wymiana była uzasadniona.

Podsumowanie

Zaproponowana koncepcja oceny niezawodności syntetycznych olejów silnikowych w eksploatacji może pozwolić na zmianę realizowanego obecnie, planowego systemu wymiany oleju w silniku. Zakończenie eksploatacji obiektu technicznego (oleju silnikowego) po osiągnięciu wartości dopuszczalnej obserwowanego parametru stanu przez ten obiekt, pozwala na prowadzenie racjonalnej eksploatacji. Uzasadniona technicznie wymiana może przyczynić się do

ograniczenia częstotliwości wymian oleju tym samym ograniczając koszty eksploatacji pojazdu oraz negatywny wpływ motoryzacji na środowisko naturalne.

W przypadku eksploatacji silników o większych przebiegach zaproponowana koncepcja badań warstwowych pozwala ocenić wpływ pogarszającego się stanu technicznego silnika, wynikającego z jego zużycia, na intensywność zmian obserwowanego parametru stanu oleju silnikowego. W ten sposób, w przypadku uzyskania istotnej korelacji, olej silnikowy w chwili wymiany, a szczególnie wartość wybranego parametru stanu, może być źródłem sygnału diagnostycznego do oceny stanu technicznego silnika spalinowego.

Bibliografia:

1. Chmielewski Z., *Pokładowe systemy diagnostyki oleju silnikowego – historia i przyszłość*, Logistyka 2011; nr 3: 7-15.
2. Chmielewski Z., *Stany niezawodnościowe oleju silnikowego w eksploatacji*, Autobusy Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 2017; nr 12: 761-764.
3. Nadolny K., Chmielewski Z., Nikoniuk J., *Bezinwazyjna metoda oceny zużycia tulei cylindrowych silnika ZS*, Eksploatacja i niezawodność, Maintenance and reliability; 2006, nr 3, vol. 31: 5-14.
4. Napiórkowski J., Drożyner P., Mikołajczak P., Rychlik A., Szczyglak P., Ligier K., *Podstawy budowy i eksploatacji pojazdów i maszyn*, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn 2013.
5. Piec P., *Diagnostyka zużycia oleju silnikowego w czasie eksploatacji*, Tribologia 2012; nr 6: 139-145.
6. Piec P., Zając G., *Analiza trwałości eksploatacyjnej oleju silnikowego*, Logistyka 2014; nr 3: 5078-5087.
7. Woropay M., Bukowski P., Sójka M., *Zmiany własności fizykochemicznych olejów silnikowych jako parametr diagnostyczny*, Diagnostyka 2006; nr 4 (40): 157-162.

The concept of evaluation of reliability of modern engine oils in operation

The article presents the concept of modern engine oils reliability assessment. The strategy taken in practice for changing the engine oil based on a predetermined working time may lead to the replacement of engine oil being still in operational condition caused by the selected status parameter. Such conclusions are coming from the conducted tests of mineral oils. It is reasonable to carry out reliability of engine oils assessment in operation, for synthetic oils dominating on the automotive market.

Keywords: engine oil, reliability, operation.

Autorzy:

dr inż. **Zbigniew Chmielewski** - Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny w Radomiu, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Zbigniew.chmielewski@uthrad.pl

mgr. inż. **Jerzy Stobiecki** - Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny w Radomiu, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn

Milena Górka - Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu. Wydział Materiałoznawstwa, Technologii i Wzornictwa