



Zbigniew CHMIELEWSKI

RESURS SILNIKA SPALINOWEGO DO WYMIANY OLEJU – JAK GO OKREŚLIĆ?

Streszczenie

W artykule omówiono zagadnienie wyznaczania resursu silnika spalinowego do wymiany oleju. Techniczny warunek wymiany oleju silnikowego poszerzono o aspekt ekonomiczny prowadzonego procesu. Wskazano na straty ekonomiczne wynikające z przyjętego przez producentów samochodów systemu wymiany oleju w silniku oraz zaprezentowano kierunki badań w zakresie bieżącej oceny przydatności eksploatowanego oleju jako środka smarowego w silniku spalinowym.

WSTĘP

Eksploatowany w silniku olej ulega degradacji na skutek procesów roboczych zachodzących w komorze spalania i węzłach tarcia. Wskaźniki opisujące stan oleju silnikowego ulegają zmianie, przy czym kierunek tych zmian, dla większości z nich, jest niekorzystny. Wymusza to dokonanie wymiany oleju, jako elementu systemu tribologicznego, przed osiągnięciem stanu granicznego przez silnik. Proces ten się powtarza co najmniej kilkakrotnie do chwili osiągnięcia przez silnik stanu niezdatności. Przywrócenie pierwotnych, domyślnie optymalnych, własności oleju wymaga jego wymiany na świeży. Tym samym przywraca się pierwotne warunki smarowania węzłów tribologicznych silnika zapewniając jednocześnie wypełnienie pozostałych funkcji przez olej. Problemem pozostaje jednak określenie chwili wymiany oleju tj. jednoznaczne określenie, że w danym momencie olej w silniku powinien zostać wymieniony. W obszarze eksploatacji czynnikiem decyzyjnym jest użytkownik, który decyzję o wymianie oleju podejmuje w oparciu o sugestie w tym zakresie producenta pojazdu. Ze względów technicznych najbardziej czytelną przesłanką dla podjęcia decyzji jest określenie a priori przebiegu pojazdu do wymiany. Od użytkownika zależy jednak czy faktycznie taka wymiana nastąpi. Z doświadczenia i przeprowadzonych przez Autora badań wynika, że wymieniany w takim reżimie olej w dalszym ciągu charakteryzuje się własnościami pozwalającymi na wypełnienie stawianych mu wymagań w silniku [6]. Przedwczesna wymiana oleju silnikowego nie wpływa niekorzystnie na proces eksploatacji w szczególności na trwałość silnika. Parametry użytkowanego oleju odpowiadają założeniom konstruktora. Jednak z ekonomicznego punktu widzenia takie przyjęcie a priori sztywnych resursów do wymiany w rzeczywistych warunkach powoduje wymianę dobrego oleju narażając użytkownika na dodatkowe koszty. Dodatkowo tak narzucony przez producentów samochodów system wymiany oleju w silniku generuje w skali globalnej znaczące koszty. Wymiana nawet kilku litrów oleju w silniku samochodu osobowego, po uwzględnieniu milionów użytkowanych pojazdów, generuje znaczące zużycie produktów naftowych. W przypadku dużych silników samochodów ciężarowych lub lokomotyw spalinowych już

w przypadku jednostkowej wymiany koszty eksploatacji pojazdu znacząco rosną. Dodatkowo pojawia się aspekt ekologiczny takiego działania. Przepracowany olej silnikowy należy zutylizować co dodatkowo pogarsza bilans ekonomiczny przedsięwzięcia.

Mając na uwadze przedstawione wyżej problemy producenci samochodów oraz ośrodki badawcze starają się opracować nowe metody ustalania resursu silnika do wymiany oleju. Najlepszą metodą byłoby ciągle monitorowanie stanu oleju w aspekcie wypełnianych przez niego funkcji w silniku, jednak ze względów technicznych i ekonomicznych tego typu rozwiązanie nie jest i nie będzie stosowane w najbliższej przyszłości w pojazdach popularnych. Większe perspektywy zastosowania mają metody dyskretnej oceny stanu oleju silnikowego, przy czym mogą się one opierać na analizie faktycznego stanu oleju przeprowadzonej poza obiektem-silnikiem, albo na szacowaniu stanu oleju na podstawie analizy warunków pracy oleju w silniku. W dalszej części artykułu zaprezentowane zostaną konkretne rozwiązania proponowane przez producentów i badaczy.

1. METODY WYZNACZANIA CZASÓW EKSPLOATACJI OLEJU W SILNIKU

Stosowane dotychczas metody diagnostyki stanu technicznego silników spalinowych, z wykorzystaniem oleju silnikowego, opierają się na systematycznych pomiarach zawartości substancji zanieczyszczających olej smarny. Najczęściej spotykanymi zanieczyszczeniami oleju są: żelazo, aluminium, chrom, miedź i ołów. Dla oceny zużywania tulei cylindrowej oraz pierścieni tłokowych istotnym jest koncentracja żelaza. Stwierdzenie nadmiernej koncentracji żelaza w badanej próbce przepracowanego oleju świadczy o nieprawidłowym zużyciu tych elementów. Analizując tylko poziom koncentracji domieszek można dojść do błędnego wniosku o nieprawidłowym stanie silnika spalinowego. Jedynie analiza przyrostu koncentracji pozwala prawidłowo określić stan techniczny zużywających się części [20, 11].

Spośród wskaźników fizykochemicznych i funkcjonalnych, charakteryzujących stan oleju smarowego, w badaniach eksploatacyjnych najczęściej wykorzystuje się (oprócz zawartości zanieczyszczeń) lepkość kinematyczną. Ze względu na powszechność pomiaru tego wskaźnika wydaje się być celowym podjęcie próby wykorzystania go jako źródła informacji o stanie technicznym układu TPC. Istnieją teoretyczne podstawy do podjęcia poszukiwań w tym kierunku [9].

1.1. Badania stanowiskowe

Założenie z góry dopuszczalnego czasu eksploatacji jest najprostszą metodą określającą moment wymiany oleju w silniku, i z założenia stwierdzeniem, że wyczerpał on już swoje właściwości jako środek smarowy w konkretnym urządzeniu. Czas ten może być wyrażony liczbą przejechanych kilometrów, przepracowanych motogodzin lub czasem kalendarzowym. Metoda ta jest najczęściej stosowana przez producentów sprzętu technicznego, w tym samochodów [4]. Przykładowo, w przypadku oleju silnikowego, zaleca się wymianę, zależnie od jego klasy jakościowej, po przejechaniu 10 tys.km (lub po sześciu miesiącach), ewentualnie 15 tys.km (lub po roku). Nieraz w instrukcji obsługi pojawia się informacja o konieczności zwiększenia częstotliwości wymiany oleju smarowego w przypadku eksploatacji samochodu w ciężkich warunkach. Pod pojęciem „ciężkie warunki pracy” należy rozumieć: jazdę w górach, krótkotrwałą jazdę, holowanie przyczepy, jazdę w kurzu lub piachu, częste zatrzymywanie i ruszanie, jazdę w innych trudnych warunkach (np. jazda sportowa), jazdę z dużą prędkością, przy wysokiej temperaturze zewnętrznej, długotrwałą pracę silnika na wolnych obrotach (np. korki uliczne), jazdę w temperaturach ujemnych co ogranicza szybkie nagrzewanie silnika.

Dopuszczalne czasy eksploatacji oleju w silniku określa się na podstawie prowadzonych wcześniej badań olejów w silnikach zamontowanych na stanowiskach hamownianych. Najczęściej badania takie połączone są z badaniami certyfikacyjnymi olejów wprowadzanych na rynek. Zakłada się więc, że olej charakteryzujący się daną klasą lepkościową i jakościową będzie przez założony czas skutecznie wypełniał swoje funkcje.

Takie podejście wzbudza wątpliwości [3]. Różne warunki eksploatacji pojazdu, a także różny stan początkowy zastosowanego oleju (nawet w ramach tej samej klasy lepkościowej czy jakościowej) powoduje, że w innym stopniu ulegnie on zesterzeniu. Istnieje więc duże prawdopodobieństwo, że wymiana oleju nastąpi przed wyczerpaniem jego własności jako środka smarowego (dodatkowe koszty ekonomiczne) lub co gorsze, silnik eksploatowany będzie z olejem, który osiągnął już swój stan graniczny. Doprowadzić to może do przyspieszonego zużycia urządzenia bądź nawet jego awarii [10].

Obecnie coraz częściej stosowane jest bieżące diagnozowanie stanu – monitoring parametrów oleju.

1.2. Monitoring parametrów oleju

Pobieranie próbek oleju z pracujących układów dostarcza informacji o stanie oleju i smarowania układu. Żeby proces monitoringu spełniał swoje zadanie, czas od pobrania próbki do postawienia diagnozy nie powinien przekraczać 48 godzin [12]. Analiza pobranych próbek polega na oznaczeniu zawartych w oleju zanieczyszczeń (stan urządzenia) oraz na fizykochemicznych badaniach oleju (stan oleju). Do analizy zanieczyszczeń w oleju do celów diagnostycznych są stosowane techniki spektroskopowe i ferrografia. Nieprawidłowości, które można wykryć stosując spektrometryczną analizę oleju to [12]:

- a) uszkodzenie cylindra w silniku tłokowym, włącznie ze zużyciem lub pęknięciem pierścieni tłoka, zużyciem ścianek i denka tłoka, uszkodzeniem zaworów i prowadnic i innych elementów silnika mających styczność z olejem,
- b) zużycie, niewspółosiowość lub pęknięcie łożysk oporowych,
- c) zużycie, zarysowanie lub niewspółosiowość przekładni zębatych,
- d) zużycie lub zarysowanie łożysk poprzecznych,
- e) powolne, sukcesywne zużywanie się trących części lub niewspółosiowość, wskutek czego do oleju przechodzą produkty zużycia metali.

Nieprawidłowości, których nie można wykryć stosując spektrometryczną analizę oleju to :

- a) opiłki lub cząstki metalowe ze zużycia tak duże, że widoczne gołym okiem,
- b) uszkodzenia występujące zbyt nagle, aby można je było stwierdzić poprzez analizę oleju, w tym uszkodzenia wskutek braku dopływu oleju i uszkodzenia łożyska,
- c) uszkodzenia, które zaczynają się od uszkodzenia podstawowego zespołu i prowadzą do uszkodzenia całego systemu bez wyraźnego zwiększenia zużycia części metalowych; do tej kategorii zaliczana jest większość uszkodzeń powstających wskutek zmęczenia materiału.

Badania oleju metodą spektrometrii w podczerwieni wykazały znaczące zmiany poziomów absorpcji obserwowanych dla wydzielonych pasm liczby falowej badanych olejów o różnym przebiegu. Zmiany poziomów absorpcji mogą być wykorzystane w ramach badań diagnostycznych oleju silnikowego. Wyniki tych badań, odniesione do diagramów pracy silnika, które obejmują procentowe udziały różnych stanów pracy pojazdu w określonym przedziale czasu eksploatacji, mogą być podstawą do oceny jakościowej pracy kierowcy itp. Można stwierdzić, że po określonych przebiegach pojazdu wyrażonych w [km], stosując metodę badań spektrometrycznych w podczerwieni, można w znacznie większym stopniu wskazać istotne zmiany właściwości oleju zachodzące podczas eksploatacji [15].

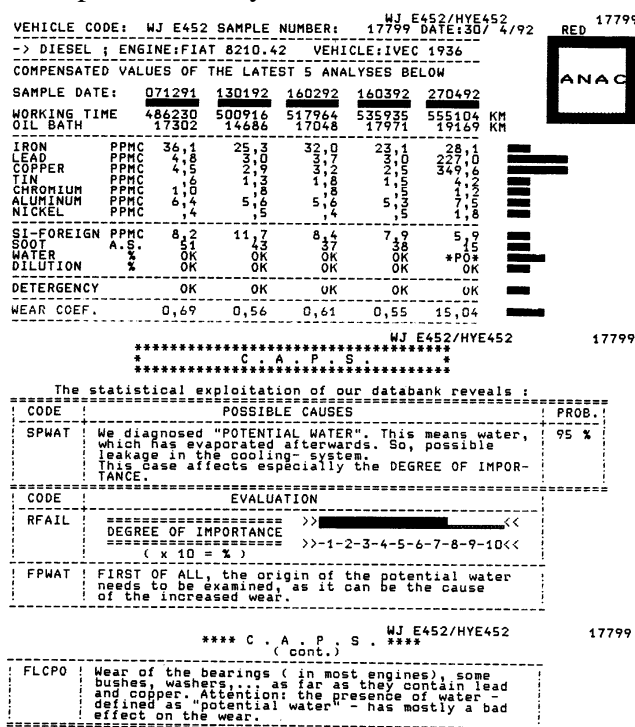
Pierwszą, udaną próbę oceny stanu silnika na podstawie analizy przepracowanego oleju podjęła firma ELF opracowując system ANAC [19]. Wszystkie te systemy składają się z dwóch zasadniczych części:

1. Aparatura pomiarowa, której głównym elementem jest plazmowy spektrometr emisyjny.
2. Komputerowy program interpretacyjny.

Zadaniem aparatury pomiarowej jest wykonanie pomiarów właściwości fizykochemicznych przepracowanego oleju takich jak: lepkość, liczba kwasowa, zawartość sadzy, wody, paliwa a także zawartość pierwiastków jak: żelazo, miedź, nikiel, krzem, ołów i wiele innych – maksymalnie ok. 40 pierwiastków. Zadaniem programu interpretacyjnego jest powiązanie pojawiających się zanieczyszczeń ze zużyciem określonych elementów silnika i odniesienie uzyskanych rezultatów do materiału porównawczego.

Odniesienie – bazę dla każdego typu silnika i warunków eksploatacji opracowuje się statystycznie na podstawie analiz wykonanych dla maksymalnie dużej liczby takich samych lub podobnych silników eksploatowanych w podobnych warunkach.

Przykładowo najbardziej rozbudowany system ANAC stosuje jako podstawę do oceny badanego silnika wyniki ponad miliona analiz olejów dla około 1600 typów silników. Kartę z diagnozą systemu ANAC przedstawia rys.1.



Rys.1. Karta z diagnozą oleju silnikowego systemu ANAC [19]

Dzięki tym systemom użytkownicy posiadają dokładną wiedzę na temat stanu technicznego parku samochodowego. Pozwala to na uszeregowanie silników w kolejności wykonywania przeglądów lub napraw oraz optymalizacji okresów wymiany olejów, co prowadzi zawsze do zminimalizowania kosztów eksploatacji.

Praktyczne zastosowanie systemu kontrolowanej eksploatacji polega na pobieraniu przez klientów próbek oleju. Następnie próbki przesyłane są do laboratoriów twórców systemu. Wyniki badań opisują użytkownikowi aktualny stan silnika, ocenę stopnia zużycia poszczególnych elementów, podaje się także zalecenia co do wymiany oleju, filtrów lub ewentualnego remontu silnika. Podobne systemy monitoringu opracowały firmy TOTAL (system TDL) i MOBIL [4].

Alternatywą dla przedstawionych powyżej systemów są proste, przenośne urządzenia mierzące stopień zesterzenia badanego oleju w stosunku do oleju świeżego. Mierniki takie oferują firmy: LUBRI-SENSOR, FLUITEC Ltd, KOMATSU. Badania weryfikacyjne przeprowadziły: Baza Sił Powietrznych Wright-Patterson USA oraz koncern FORD [4, 21, 7, 18].

Metoda pomiaru wykorzystuje zjawisko zmiany stałej dielektrycznej oleju jako funkcji zanieczyszczeń tlenkami, osadami, brudem, produktami spalania, kwasami, wodą, cząstkami metalu i paliwem [21, 5, 17].

Pracownicy naukowo-badawczy koncernu FORD przetestowali czujnik elektroniczny skonstruowany przez firmę KOMATSU, i to zarówno w warunkach laboratoryjnych jak też w trakcie badań eksploatacyjnych samochodów. Urządzenie składa się z trzech elektrod: srebrnej, irydowej i porównawczej. Celem wykonanych badań było określenie, na ile wskazania czujnika są zależne od rodzaju oleju, czy czujnik właściwie wskazuje zużycie dodatków i degradację oleju oraz moment, w którym powinna nastąpić jego wymiana, a także – jaka jest czułość urządzenia. Za pomocą dwóch (identycznych) czujników przebadano wiele świeżych olejów silnikowych. Dla każdego z nich uzyskano różne wskazania. Pozwoliło to na wyciągnięcie wniosku, że początkowe wskazanie jest zależne od składu chemicznego oleju. Ponadto, przebadano trzy zesterzone oleje wzorcowe RO-11, RO-12 i RO-15 pod kątem oceny ich właściwości przeciwutleniających. W przypadku olejów RO-11 i RO-12 wskazania czujnika były podobne, co badacze tłumaczą tym, że oba oleje zawierały podobne bazy i dodatki. Dla oleju RO-15 uzyskano zupełnie inne wskazanie, ponieważ jego skład znacznie się różnił od składu dwóch ww. olejów. Nie uzyskano również w tych badaniach jednoznacznej korelacji odnośnie do stopnia zużycia dodatków uszlachetniających. Autorzy sformułowali wniosek, że z powodu różnic w składzie olejów „nie da się w sposób jednoznaczny wskazać takiej reakcji czujnika, którą można by wyraźnie powiązać z procesem utleniania” dla każdego oleju silnikowego.

Również w badaniach eksploatacyjnych wskazania czujnika były różne dla różnych olejów, co utrudniało określenie granicznego punktu, kwalifikującego olej do wymiany. Ponieważ potencjał elektrod Ag i Ir we wszystkich przypadkach malał w miarę zwiększania przebiegu samochodów, prowadzący badania doszli do wniosku, że prawdopodobnie można by jednak uzyskać jakieś uniwersalne wskazanie, gdyby badania przedłużono do czasu, aż całkowicie zostaną wyczerpane właściwości funkcjonalne olejów. W celu jednoznacznej oceny przydatności czujników konieczne jest jednak wykonanie badań dla znacznie większej liczby olejów (o różnym składzie) i w dłuższym czasie.

Zasadniczo różnym podejściem do oceny zmian potencjału spełniania przez olej funkcji środka smarowego jest rejestracja wymuszeń działających na olej w eksploatacji. W tego typu metodach oceny analizie poddaje się wymuszenia działające na olej w czasie eksploatacji.

Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na proces starzenia oleju są czas oraz temperatura pracy. Stąd w najprostszymi rozwiązaniach [21] – instalowanych w pojazdach wskaźnikach wymiany oleju – ocena stopnia przepracowania oleju jest dokonywana na podstawie pomiarów temperatury i czasu eksploatacji. Tego typu wskaźniki stosowane są np. w samochodach osobowych niemieckiego koncernu BMW. Jest to rozwiązanie bardzo użyteczne jeśli chodzi o ocenę warunków pracy oleju, nie daje jednak możliwości oceny jego właściwości czyli wykazania złej jakości lub nieodpowiedniej lepkości. W tego typu rozwiązaniach nie ma np. żadnego znaczenia to, czy zastosowano olej o złej, czy dobrej jakości – dla każdego oleju (niezależnie od jego jakości) urządzenie wskaże konieczność wymiany po takim samym czasie (przebiegu) w konkretnych warunkach porównywalnych wymuszeń.

Wady te zostały wyeliminowane przez firmę Mercedes – Benz [1]. Mając na uwadze wieloletnie badania jakościowe oraz dużą liczbę przeprowadzonych prób z silnikami na

hamowniach opracowała ona własne algorytmy pozwalające optymalnie określić termin wymiany oleju.

Jako parametry wejściowe przyjęto:

- a) obroty i obciążenie silnika,
- b) czas użytkowania oleju (dni),
- c) temperatura płynu chłodzącego i oleju,
- d) ilość rozruchów silnika dla danej temperatury,
- e) sezon (lato, zima) i kraj w którym olej jest użytkowany,
- f) poziom oleju,
- g) jakość oleju.

Ostatni z opisanych parametrów określany jest na podstawie pomiaru pojemności kondensatora, w którym izolatorem jest badany olej. Przełożenie tych wartości na parametry jakościowe oleju to wynik wieloletniej pracy specjalistów firmy Mercedes wykonanej na hamowniach, torach wyścigowych i laboratoriach fabrycznych.

Biorąc pod uwagę powyższe parametry stwierdzono, że dla skrajnie niekorzystnych warunków wymiana oleju musi nastąpić po przejechaniu 15 tys.km lub po czasie 1 roku (przy małych przebiegach rocznych). Wyjątek stanowią silniki wysokoprężne z wtryskiem bezpośrednim, dla których odpowiednie wartości wynoszą 20 tys.km lub 1 rok. Jednakże w praktyce nie występują tak skrajne przypadki w sposób ciągły, następuje więc spowolnienie procesu starzenia oleju poprzez:

- a) dolewki eksploatacyjne nowego oleju,
- b) utrzymanie optymalnych obrotów silnika,
- c) ograniczenie maksymalnych obciążeń silnika,
- d) jazda w umiarkowanych warunkach klimatycznych,
- e) zwiększenie klasy oleju (olej o lepszych właściwościach),
- f) szybki wzrost temperatury silnika do wartości założonej przez konstruktora.

Na podstawie powyższych, nieustannie zmieniających się warunków oraz danych zawartych w pamięci stałej mikroprocesora, moduł sterujący pracą silnika oblicza interesujący nas „bonus” (wartość o jaką można zwiększyć drogę przebytą przez pojazd lub czas do kolejnej zmiany oleju). W skrajnie korzystnych okolicznościach przebieg pojazdu może wzrosnąć do 30 tys.km lub odpowiednio 2 lat, a dla samochodów z silnikiem wysokoprężnym o wtrysku bezpośrednim nawet do 40 tys.km.

Dalszym krokiem w kierunku optymalizacji przebiegu (terminu) do zmiany oleju jest „inteligentny system serwisowania” [1], który obejmuje samochody ciężarowe. System umożliwia, na podstawie danych z pamięci stałej, analizy sygnałów z czujników oraz informacji od użytkownika pojazdu (lepkość oleju, sezon „letni” czy „zimowy” oraz zawartość siarki w paliwie podaną w tabelach dla poszczególnych krajów), precyzyjne określenie przebiegu (czasu) do kolejnego przeglądu. Ze względu na współpracę wielu zespołów mechanicznych takich jak: silnik, skrzynia biegów, most, inteligentny system serwisowania określa stopień zesterzenia oleju w każdym z wyżej wymienionych zespołów przekładając to na przebieg (czas) do najbliższego przeglądu.

Interesującym kierunkiem w poszukiwaniu nowych metod oceny stanu eksploatowanego oleju może być metoda spektroskopii fotoakustycznej (PAS) [14]. Pozwala ona na uzyskiwanie widm absorpcji podobnych do optycznych dla substancji o dowolnych stanach skupienia oraz postaciach jak proszki, żele, koloidy. Szczególną zaletą metody PAS jest możliwość rejestracji widm absorpcji substancji o bardzo dużym współczynniku pochłaniania światła, co dotychczas niemożliwe było metodami spektroskopii optycznej. Metoda PAS polega na analizie fali akustycznej generowanej przez próbkę badanego materiału naświetlaną impulsowym światłem monochromatycznym umieszczoną w zamkniętej komorze

pomiarowej. Natężenie sygnału akustycznego jest proporcjonalne do ilości światła zaabsorbowanego przez próbkę.

Badania metodą fotoakustyczną eksploatacyjnej degradacji oleju silnikowego w warunkach rzeczywistych w funkcji przebiegu potwierdzają przydatność tej metody, wykazując silny wzrost mierzonego sygnału spowodowany występowaniem produktów polikondensacji w postaci substancji smolisto-żywicznych, a w końcowej fazie przebiegu oleju nawet nagaru i sadzy.

Zastosowanie metody fotoakustycznej w diagnostyce maszyn i urządzeń dotyczy również analizy granulometrycznej występujących w cieczach roboczych zanieczyszczeń mechanicznych o charakterze wewnętrznym, będących wynikiem procesów tarcia-zużycia współpracujących powierzchni i destrukcji cieczy roboczych oraz zanieczyszczeń zewnętrznych pochodzących spoza analizowanego systemu [13].

Stosunkowo prosta i tania metodyka pomiarów fotoakustycznych, brak konieczności specjalnej preparatyki badanych próbek, dobra dokładność, powtarzalność i szybkość otrzymywanych wyników, wskazują na możliwość zastosowania tej metody w diagnostyce maszyn zarówno w warunkach laboratoryjnych jak również bezpośrednio w warunkach eksploatacyjnych.

PODSUMOWANIE

Powyższe podejście do zagadnienia optymalizacji terminu wymiany oleju daje korzyści w dwóch dziedzinach: ekonomicznej i ekologicznej.

Aspekt ekonomiczny to:

- a) skrócenie do minimum przestojów,
- b) wydłużenie czasu pracy poszczególnych zespołów,
- c) możliwość bieżącej kontroli terminu przeglądu każdego współpracującego zespołu.

Aspekt ekologiczny to:

- a) wymiana oleju po jego pełnym, rzeczywistym zestarzeniu,
- b) odciążenie środowiska od nadmiernej ilości odpadów olejowych.

Należy zwrócić uwagę, że powyższe wyniki obliczeń terminów przeglądów (przebiegów) są efektem wieloletnich badań i zostały opracowane dla konkretnych jednostek napędowych i zespołów mechanicznych jak i dla określonej grupy jakościowej olejów. Dlatego zastosowanie danych obliczeniowych do silników innego wytwórcy mogłoby nie spełnić pokładanych przez użytkownika nadziei. Szersze wprowadzenie tego systemu może zlikwidować dowolność w określaniu czasu wymiany oleju w zależności od warunków jazdy. Ponadto system ten jednoznacznie precyzuje czy jazda na danym oleju jest jeszcze możliwa, lub kiedy dany olej silnikowy należy wymienić.

RESOURCE OF COMBUSTION ENGINE TILL OIL REPLACEMENT - HOW TO IDENTIFY IT?

Abstract

The article discusses the problem of determining of combustion engine resource till oil replacement. The technical aspect of the engine oil change moment was extended by the economic aspect of the ongoing process. Article is showing the economic losses resulting from adopted by motor manufacturers oil replacement system in the engine and presenting research directions in the ongoing assessment of the suitability of exploited oil as a lubricating medium in the combustion engine.

BIBLIOGRAFIA

1. ACTROS – wprowadzenie. *Telligentny system serwisowania*. Materiały Mercedes - Benz.
2. Aktives Service System ASSYST. Materiały Mercedes - Benz.
3. Białka Z., Kędzierski K.: *Wymiana oleju silnikowego*. Paliwa Płynne. Magazyn Rynku Paliwowego nr 7/1995.
4. Białka Z.: *Nadzór nad olejami smarowymi w eksploatacji*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr 52/1998.
5. Biernat K.: *Spadek potencjału jako metoda oceny olejów*. Eksploatacja Maszyn nr 7/1989.
6. Chmielewski Z.: *Trwałość tulei cylindrowych silnika spalinowego jako funkcja stanu oleju smarowego podczas eksploatacji*. Rozprawa doktorska, Politechnika Radomska, Radom 2001.
7. Gawrońska H.: *Łatwa analiza oleju*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr 30/1996.
8. Jakóbiec J., Budzik G.: *Czynniki mające wpływ na stopień degradacji oleju silnikowego w okresie eksploatacji*. Archiwum Motoryzacji nr 3/2007.
9. Krauze H., Schmietz M., Thiede H.: *Langzeitölwechselintervalle bei Nutzfahrzeug – Dieselmotoren*. Dokumentation zum Forschungs und Entwicklung programm BMFT. Band 2. Tribologie, Berlin, Springer Verlag, 1982.
10. Litwiński M., Piec P.: *Badania tribologiczne olejów silnikowych*. Problemy Eksploatacji nr 2/2007.
11. Lotko W.: *Silniki spalinowe pojazdów szynowych*. Radom, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej 2001.
12. Lukas M., Anderson D.P.: *Laboratoryjne metody analizy olejów przepracowanych*. Lubricating Engineering, v 54, nr 10/1998.
13. Motylewski J., Wiślicki B., Krawczyk K.: *Zastosowanie metody fotoakustycznej do diagnostyki eksploatacyjnej maszyn i urządzeń technicznych*. Proc. of II International Congress of Technical Diagnostics, "Diagnostics 2000", Warszawa 2000.
14. Motylewski J.: *Spektroskopia fotoakustyczna w badaniach materiałów*. Prace Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN nr 28, 2002.
15. Piec P., Litwiński M., Zajac G.: *Badania starzenia oleju silnikowego*. Tribologia nr 3-2007.
16. Przybylski J.: *Badania metodami elektrycznymi oleju silnikowego klasy CC/SF (Patrius) starzonego laboratoryjnie*. Mat. XXII Jesiennej Szkoły Tribologicznej, Gliwice – Ustroń 1998.
17. Przybylski J.: *Opracowanie metodyki oznaczania stanu olejów smarowych z wykorzystaniem badania widma stałej dielektrycznej oraz zjawiska rozchodzenia się akustycznej fali powierzchniowej*. Problemy Eksploatacji nr 3/1995.
18. Satora L.: *Badania eksploatacyjne olejów w Polsce*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr styczeń, luty/1995.
19. Starzewska A.: *Kontrola eksploatacyjna (monitoring) olejów silnikowych*. Transport – Technika Motoryzacyjna nr 3/1993.
20. Wachal A.: *Starzenie i racjonalne czasy pracy olejów smarowych*. Konferencja NOT, Warszawa 1983.
21. Włostowska E.: *Elektroniczne czujniki do monitorowania stanu oleju silnikowego w samochodach*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr 21/1995.

Autor:

dr inż. Zbigniew CHMIELEWSKI– Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu