

Zbigniew CHMIELEWSKI¹

POKŁADOWE SYSTEMY DIAGNOSTYKI OLEJU SILNIKOWEGO - HISTORIA I PRZYSZŁOŚĆ

Z uwagi na konieczność zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego przetworzonymi produktami ropopochodnymi poszukuje się źródeł zwiększenia efektywności ich wykorzystania. Najprostszym źródłem oszczędności jest wydłużanie czasu eksploatacji środków smarowych. W artykule przedstawiono kierunki prowadzonych badań w aspekcie wpływu proponowanych rozwiązań na stan techniczny smarowanego silnika spalinowego.

BOARD DIAGNOSTIC SYSTEMS OF MOTOR OIL - THE HISTORY AND FUTURE

Considering the need to reduce environmental pollution by worn out petroleum products the aim is to look for better effectiveness of their use. The easiest source of savings is to extend the service life of lubricants. The paper presents the trends of research in terms of the impact of the proposed solutions to the technical condition of the engine lubricated.

1. 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 czemu zmniejsza się zapotrzebowanie na nowe środki smarowe i obciążenie środowiska przetworzonymi 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 działającego nań widma wymuszeń. Do tego niezbędna jest znajomość kinetyki starzenia olejów smarowych i wartości parametrów stanu granicznego przy pracy w urządzeniu.

¹ Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny; 26-600 Radom; ul. Chrobrego 45.
tel: + 48 48 361-76-68, e-mail: zbigniew.chmielewski@pr.radom.pl

Spotykane w literaturze i praktyce [2,3+6] 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 [2]. 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.

Prace nad właściwym określeniem stanu granicznego olejów silnikowych stosowanych w urządzeniach rozwijają się w dwóch kierunkach. Pierwszy obejmuje zagadnienia związane z bieżącą analizą stanu eksploatowanego oleju, w drugim zaś wysiłek skierowano na poszukiwanie parametrów ogólnych i funkcjonalne powiązanie jakości oleju ze skutkami pracy w urządzeniu [23].

2. 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 przepacowanego 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 [2, 20, 22].

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 [4].

2.1. 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, przepacowanych motogodzin lub czasem kalendarzowym. Metoda ta jest najczęściej stosowana przez producentów sprzętu

technicznego, w tym samochodów [6]. 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 [7]. 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 [24].

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

2.2. 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 [11]. 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 [11]:

- uszkodzenie cylindra w silniku tłokowym, włącznie ze zużyciem lub pęknięciem pierścieni tłoka, zużyciem ścianek i denka tłoka, uszkodzeniem zaworów i przewodnic i innych elementów silnika mających styczność z olejem,
- zużycie, niewspółosiowość lub pęknięcie łożysk oporowych,
- zużycie, zarysowanie lub niewspółosiowość przekładni zębatych,
- zużycie lub zarysowanie łożysk poprzecznych,
- 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 :

- opiłki lub cząstki metalowe ze zużycia tak duże, że widoczne gołym okiem,

- uszkodzenia występujące zbyt nagle, aby można je było stwierdzić poprzez analizę oleju, w tym uszkodzenia wskutek braku dopływu oleju i uszkodzenia łożyska,
- 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 [25].

Pierwszą, udaną próbę oceny stanu silnika na podstawie analizy przepracowanego oleju podjęła firma ELF opracowując system ANAC [12]. Wszystkie te systemy składają się z dwóch zasadniczych części:

I – aparatura pomiarowa, której głównym elementem jest plazmowy spektrometr emisyjny,
II – 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.

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 [6].

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-Paterson USA oraz koncern FORD [6, 8, 13, 14].

VEHICLE CODE: WJ E452		SAMPLE NUMBER: 17799		DATE: 30/4/92		RED 17799	
-> DIESEL ; ENGINE:FIAT 8210.42 VEHICLE:IVEC 1936							
COMPENSATED VALUES OF THE LATEST 5 ANALYSES BELOW							
SAMPLE DATE:	071291	130192	160292	160392	270492		
WORKING TIME	486230	500916	517964	535935	555104	KM	
OIL BATH	17302	14686	17048	17971	19169	KM	
IRON	PPMC 36,1	25,3	32,0	23,0	29,1		
LEAD	PPMC 4,8	3,0	3,7	2,1	2,1		
COPPER	PPMC 4,5	2,9	3,2	2,1	3,6		
TIN	PPMC 1,0	1,8	1,8	1,1	4,2		
CHROMIUM	PPMC 1,0	1,8	1,8	1,1	4,2		
ALUMINIUM	PPMC 6,4	5,6	5,6	5,1	7,5		
NICKEL	PPMC 1,4	1,5	1,4	1,5	1,8		
SI-FOREIGN	PPMC 8,2	11,7	8,4	7,9	5,9		
SOOT	A.S. 51	33	37	38	35		
WATER	OK	OK	OK	OK	*P*	OK	
DILUTION	%	OK	OK	OK	OK	OK	
DETERGENCY	OK	OK	OK	OK	OK		
WEAR COEF.	0,69	0,56	0,61	0,55	15,04		
***** WJ E452/HYE452 17799							
* C . A . P . S . *							

The statistical exploitation of our databank reveals :							
CODE	POSSIBLE CAUSES					PROB.	
SPWAT	We diagnosed "POTENTIAL WATER". This means water, which has evaporated afterwards. So, possible leakage in the cooling-system. This case affects especially the DEGREE OF IMPORTANCE.					95 %	
CODE	EVALUATION						
RFAIL	===== >> << =====						
	DEGREE OF IMPORTANCE						
	===== >>-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10<< =====						
	(x 10 = %)						
FPWAT	FIRST OF ALL, the origin of the potential water needs to be examined, as it can be the cause of the increased wear.						
***** WJ E452/HYE452 17799							
**** C . A . P . S . ****							
(cont.)							
FLCPO	Wear of the bearings (in most engines), some bushes, washers,... as far as they contain lead and copper. Attention: the presence of water - defined as "potential water" - has mostly a bad effect on the wear.						

Rys.1. Karta z diagnozą oleju silnikowego systemu ANAC [12]

Metoda pomiaru wykorzystuje zjawisko zmiany stałej dielektrycznej oleju jako funkcji zanieczyszczeń tlenkami, osadami, brudem, produktami spalania, kwasami, wodą, cząstkami metalu i paliwem [1, 8, 15, 16].

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 zestarzone 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 najprostszych rozwiązaniach [8] – 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 [9]. 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:

- obroty i obciążenie silnika,
- czas użytkowania oleju (dni),
- temperatura płynu chłodzącego i oleju,
- ilość rozruchów silnika dla danej temperatury,
- sezon (lato, zima) i kraj w którym olej jest użytkowany,
- poziom oleju,
- 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:

- dolewki eksploatacyjne nowego oleju,
- utrzymanie optymalnych obrotów silnika,
- ograniczenie maksymalnych obciążeń silnika,
- jazda w umiarkowanych warunkach klimatycznych,
- zwiększenie klasy oleju (olej o lepszych właściwościach),
- 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” [9], 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) [26]. 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 [27].

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.

3. WNIOSKI

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

Aspekt ekonomiczny to:

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

Aspekt ekologiczny to:

- wymiana oleju po jego pełnym, rzeczywistym zesterzeniu,
- odciążenie środowiska od nadmiernej ilości odpadów olejowych.

2. 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.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Zwierzycki W.: *Badania procesu zanieczyszczania oleju w silniku wysokoprężnym w oparciu o pomiary współczynnika strat dielektrycznych przy częstotliwościach mikrofalowych na przykładzie oleju Superol 11 W eksploatowanego w ciągnikach rolniczych*. Rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, Poznań 1978.
- [2] Magiera B.: *Stany graniczne olejów smarowych*. Trybologia nr 2/1984.
- [3] Norma BN-77/0536-4 *Przetwory naftowe. Ocena stopnia przepracowania olejów do silników z zapłonem samoczynnym*.
- [4] Krauze H., Schmietz M., Thiede H.: *Langzeitwechselintervolle bei Nutzfahrzeug – Dieselmotoren. Dokumentation zum Forschungs und Entwicklung programm BMFT. Band 2*. Tribologie, Berlin, Springer Verlag, 1982.
- [5] Baczewski K.: *Tribologia i płyny eksploatacyjne. Część II. Płyny eksploatacyjne*. WAT, Warszawa 1994
- [6] Białka Z.: *Nadzór nad olejami smarowymi w eksploatacji*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr 52/1998.
- [7] Białka Z., Kędzierski K.: *Wymiana oleju silnikowego*. Paliwa Płynne. Magazyn Rynku Paliwowego nr 7/1995.

- [8] Włostowska E.: *Elektroniczne czujniki do monitorowania stanu oleju silnikowego w samochodach*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr 21/1995.
- [9] ACTROS – wprowadzenie. *Telligentny system serwisowania*. Materiały Mercedes – Benz.
- [10] Aktives Service System ASSYST. Materiały Mercedes – Benz.
- [11] Lukas M., Anderson D.P.: *Laboratoryjne metody analizy olejów przepracowanych*. Lubricating Engineering, v 54, nr 10/1998.
- [12] Starzewska A.: *Kontrola eksploatacyjna (monitoring) olejów silnikowych*. Transport – Technika Motoryzacyjna nr 3/1993.
- [13] Gawrońska H.: *Łatwa analiza oleju*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr 30/1996.
- [14] Satora L.: *Badania eksploatacyjne olejów w Polsce*. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji nr styczeń, luty/1995.
- [15] Biernat K.: *Spadek potencjału jako metoda oceny olejów*. Eksploatacja Maszyn nr 7/1989.
- [16] 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.
- [17] Przybylski J.: *Badania metodami elektrycznymi oleju silnikowego klasy CC/SF (Patrius) starzonego laboratoryjnie*. Mat. XXII Jesiennej Szkoły Tribologicznej, Gliwice – Ustroń 1998.
- [18] Łobarzewska A., Zawisza J.: *Dobór i optymalizacja wymiany olejów w silnikach z zapłonem samoczynnym*. Trybologia nr 6/1980.
- [19] Olszewski W.: *Badania porównawcze kryteriów stanu granicznego oleju silnikowego*. Rozprawa doktorska, Poznań 1985.
- [20] Wachal A.: *Starzenie i racjonalne czasy pracy olejów smarowych*. Konferencja NOT, Warszawa 1983.
- [21] Wachal A., Wojtarowicz J.: *Szybkie optyczne metody badań stopnia zestarzenia olejów silnikowych*. Technika Smarownicza nr 4/1973.
- [22] Lotko W.: *Silniki spalinowe pojazdów szynowych*. Radom, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej 2001.
- [23] Jakóbiec J., Budzik G.: *Czynniki mające wpływ na stopień degradacji oleju silnikowego w okresie eksploatacji*. Archiwum Motoryzacji nr 3/2007.
- [24] Litwiński M., Piec P.: *Badania tribologiczne olejów silnikowych*. Problemy Eksploatacji nr 2/2007.
- [25] Piec P., Litwiński M., Zajac G.: *Badania starzenia oleju silnikowego*. Tribologia nr 3-2007.
- [26] Motylewski J.: *Spektroskopia fotoakustyczna w badaniach materiałów*. Prace Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN nr 28, 2002.
- [27] 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.