

ANALYSIS OF CHANGES OF LUBRICATION OIL PROPERTIES UNDER THE INFLUENCE OF FREQUENT ENGINE START-UPS

Piotr Ignaciuk, Cezary Sarnowski

Lublin University of Technology
Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin, Poland
tel.: +48 81 5384258-9, fax: +48 81 5384258
e-mail: p.ignaciuk@pollub.pl, c.sarnowski@pollub.pl

Abstract

The paper presents results of investigations of the TURDUS SHPD 15W/40 engine oil, which was used for the lubrication of the 4CT90 diesel engine produced by WSW Andoria, Poland. The engine was operated on the laboratory test stand prepared for the start-up investigation. Presented results are an example of the influence of the engine start-up on the degradation process of lubrication oil properties. Degradation of oil properties is a complex process. Its course is influenced by many factors like temperature, pressure, presence of oxygen, unburned fuel, water vapour, active species formed during fuel combustion, contaminations and products of wear. All these factors influence oil with various intensity, which is related to the engine operating conditions. Operational properties of engine oil can be described by indexes (parameters) such as: kinematic viscosity, viscosity index VI, total base number TBN, flash point (ignition temperature) COC, pumping temperature and pour point (solidification temperature). Changes of these parameters indicate that oil changes. During engine start-up, influence of unburned fuel and water vapour intensifies. They alter mostly ignition temperature (in this case measured in the closed pot), viscosity and density of oil. Experimental results show that in this case ignition temperature becomes the main factor influencing degradation of oil.

Keywords: transport, internal combustion engines, lubrication, oil

ANALIZA ZMIAN ZACHODZĄCYCH W OLEJU SILNIKOWYM POD WPŁYWEM WIELOKROTNYCH ROZRUCHÓW

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań oleju silnikowego marki TURDUS klasy SHPD 15W/40 użytego do smarowania silnika 4CT90 produkcji WSW ANDORIA, pracującego na stanowisku badawczym do badań rozruchów. Opisane wyniki stanowią przykład wpływu rozruchu silnika na proces degradacji oleju smarującego. Proces degradacji oleju silnikowego jest procesem złożonym. Na jego przebieg wpływa wiele czynników takich jak: temperatura, ciśnienie, obecność tlenu, niespalone paliwo, para wodna, aktywne związki powstałe w wyniku reakcji spalania paliwa, zanieczyszczenia i produkty zużycia. Czynniki te oddziałują na olej z różną intensywnością, która jest uzależniona od warunków pracy silnika. Właściwości eksploatacyjne oleju mogą być opisane przez wskaźniki (parametry) takie jak: lepkość, wskaźnik lepkości, gęstość, liczbę zasadową czy temperaturę zapłonu, temperaturę pompowności i temperaturę krzepnięcia. Zmiany tych parametrów świadczą o zmianach zachodzących w oleju. W trakcie rozruchu silnika ze szczególną intensywnością występują oddziaływania takich czynników jak niedopalone paliwo i para wodna. Powodują one głównie zmiany temperatury zapłonu (w tym przypadku mierzonej w tyglu zamkniętym) oraz lepkości i gęstości oleju. Jak wykazały badania temperatura zapłonu jest wtedy głównym czynnikiem degradującym olej.

Słowa kluczowe: transport, silniki spalinowe, smarowanie, olej

1. Wstęp

Podczas rozruchu silnika oddziaływania, jakim podlega olej są szczególnie niekorzystne. Do przestrzeni roboczej cylindra dostarczana jest zwykle zwiększona (rozruchowa) dawka paliwa. Niecałkowite i niezupełne spalanie, jakie towarzyszy pierwszym obrotom wału korbowego

powoduje, że na gładzi cylindrowej film olejowy miesza się z warstwą przyścienną paliwa pogarszając lokalne warunki smarowania. Prowadzi to do zwiększania zawartości paliwa w oleju, a następnie jego utleniania. Niedostateczna ilość oleju (przy smarowaniu rozbryzgowym lub mgłą olejową) na powierzchni tulei przyczynia się z kolei do intensyfikacji zużycia współpracujących ze sobą powierzchni elementów zespołu TPC (tłok-pierścienie-cylinder) co powoduje wzrost ilości zanieczyszczeń stałych w oleju. Nie bez znaczenia są też przemiany termodynamiczne, jakie zachodzą w skrzyni korbowej silnika. Przedostające się na skutek przedmuchów spaliny posiadają znaczną zawartość pary wodnej, która może ulec skropleniu na zimnej powierzchni elementów silnika. Zjawiska te prowadzą do przyspieszonej chemicznej i fizycznej degradacji oleju. Degradacja oleju obniża jego smarność, czyli kompleksową właściwość określającą zdolność do tworzenia trwałej warstewki granicznej oraz filmu olejowego.

2. Opis badań

Badania nad wpływem rozruchów silnika na proces degradacji oleju silnikowego wykonano na stanowisku badawczym wyposażonym w aparaturę do kontroli temperatury oleju i płynu chłodzącego. Badania polegały na wykonaniu 1000 rozruchów w danej temperaturze. Wykonano cztery serie rozruchów w temperaturach: 20, 35, 55 i 75°C. Po każdym rozruchu silnik pracował 15 sekund, następnie rozpoczynano procedurę uzyskania z powrotem zadanych temperatur oleju i płynu chłodzącego. Badania degradacji oleju silnikowego obejmowały wykonanie pomiarów wybranych właściwości oleju przed i serii rozruchów. W każdej serii rozruchów badania wykonywano na nowym nieprzepracowanym oleju. W opisanych badaniach wykorzystano silnik 4CT90 smarowany olejem TURDUS produkcji Rafinerii Gdańskiej.

Ocenę degradacji oleju w trakcie rozruchów przeprowadzono w oparciu o analizę zmian wybranych wskaźników. Wyniki badań odniesiono do wartości tych wskaźników dla oleju świeżego (tj. wartości znormalizowanych). Określenie stopnia degradacji oleju jest możliwe po ustaleniu granicznych wartości zmian rozpatrywanych wskaźników. Ustalenie wartości granicznych uzależnione jest od rodzaju oleju, konstrukcji i przeznaczenia silnika. Wartości graniczne wybranych wskaźników smarności oleju spotykane w literaturze zestawiono tabeli nr 1.

Wskaźniki fizykochemiczne poddane analizie:

- Barwa – umożliwia bezpośrednią ocenę zawartości wytworzonych w trakcie rozruchów substancji asfaltowych i smolistych.
- Zapach – umożliwia bezpośrednią ocenę zawartości paliwa i stopnia utlenienia oleju.
- Zawartość wody – ocenia ilość wody zaabsorbowanej przez olej w skrzyni korbowej na skutek wcześniej wymienionych przemian termodynamicznych.
- Zawartość paliwa – umożliwia ocenę ilościową nieodparowanego lub niedopalonego paliwa przedostającego się do oleju.

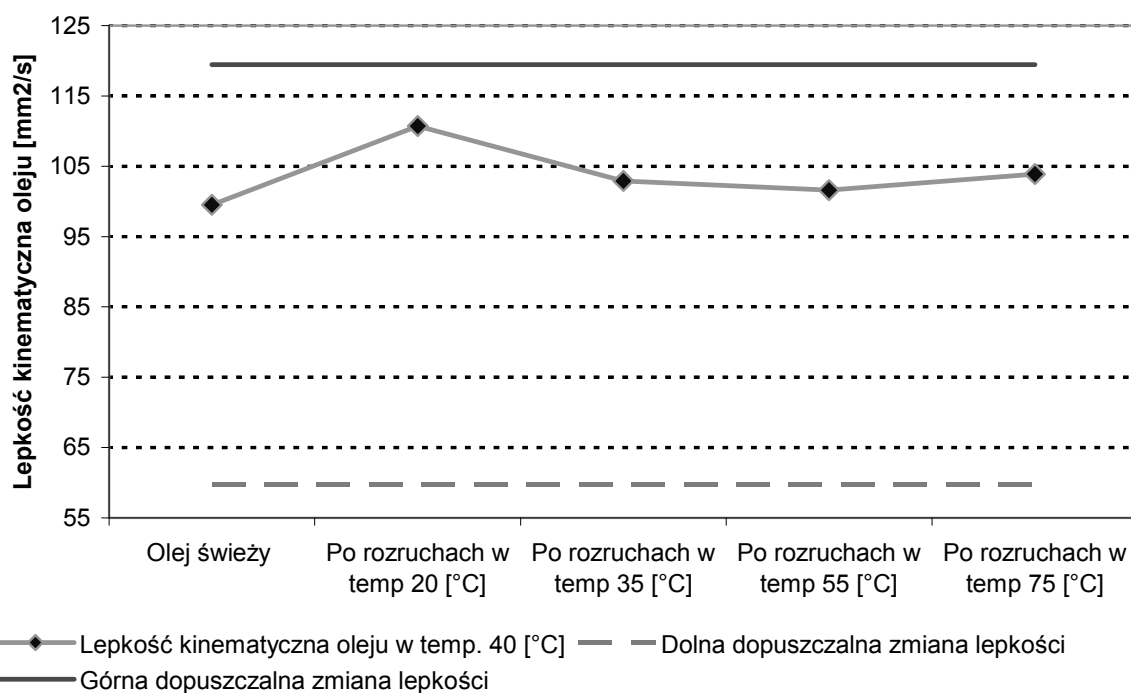
Wskaźniki funkcjonalne poddane analizie:

- Lepkość kinematyczna – wielkość jej zmian pozwala na ogólną ocenę stopnia degradacji oleju.
- Wskaźnik lepkości WL – określa właściwości reologiczne oleju jej spadek świadczy o wzroście wpływu temperatury na zmianę lepkości oleju.
- Gęstość – zmiany gęstości świadczą o przemianach chemicznych zachodzących w całej masie oleju
- Temperatura zapłonu – najniższa temperatura, przy której podgrzany olej wydziela taka ilość pary, że tworzy ona mieszaninę palną z powietrzem przy zbliżeniu płomienia. Jej obniżenie jest wywoływane głównie pojawieniem się lżejszych frakcji węglowodorów najczęściej pochodzących z paliwa lub rozkładu bazy olejowej.
- Liczba zasadowa – jej zmniejszenie świadczy o zakwaszeniu oleju związkami siarki.

Tab. 1. Graniczne wartości zmian wybranych wskaźników olejów silnikowych
Tab. 1.

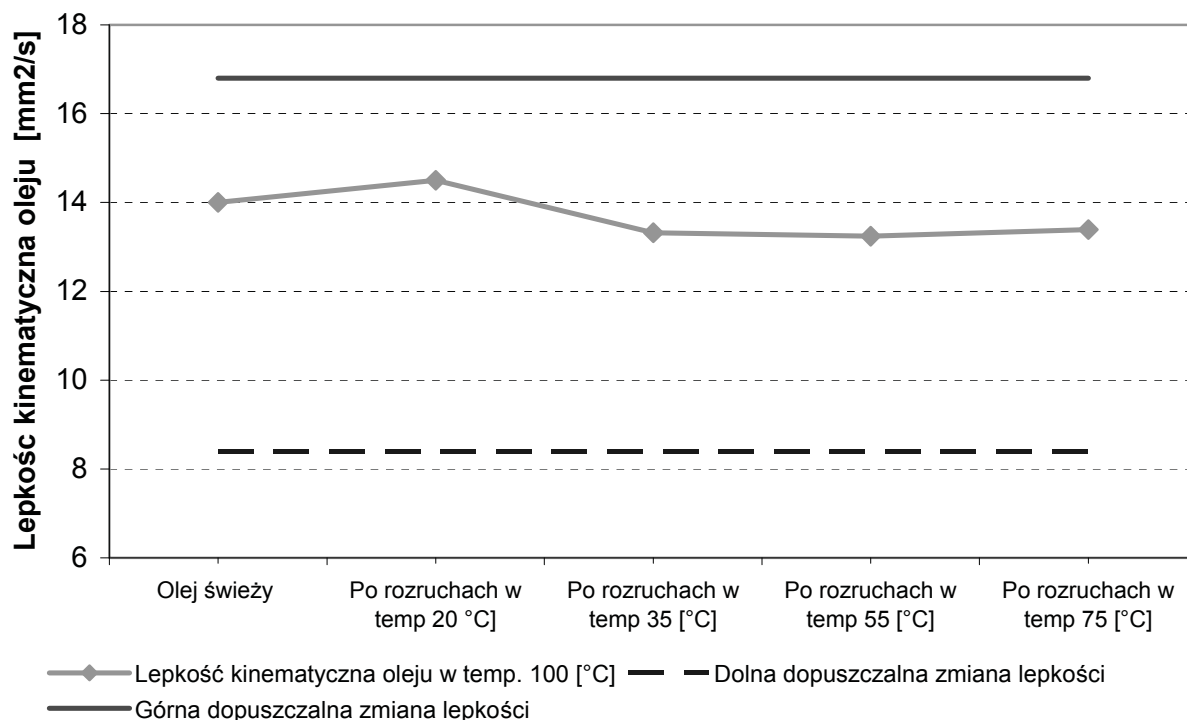
Wskaźnik	Graniczna zmiana wartości	Źródło
Lepkość kinematyczna mierzona w temp. 100 [°C]	Spadek nie większy niż 25% wartości dla oleju świeżego lub wzrost o 15÷18 [mm ² /s]	BN-79/0535-46
	Dla oleju klasy SAE 40 11,5÷16,5 [mm ² /s]	[1]
	Wzrost o 20% spadek o 40 %	[2]
	Wzrost o 35% spadek o 25%	[3]
Temperatura zapłonu [°C]	Nie niższa niż 175 w tyglu zamkniętym	BN-79/0535-46
	Nie niższa niż 170 w tyglu otwartym	[1, 3]
	Nie niższa niż 180 w tyglu otwartym	[4]
Liczba zasadowa [mg KOH/g]	Zmniejszenie nie więcej niż o 70%	BN-79/0535-46
	0,6 dla oleju napędowego z zawartością siarki do 0,2%	[1]
	1,2 dla oleju napędowego z zawartością siarki do 0,5%	[1]
	Zmniejszenie nie więcej niż o 70%	[2, 4]
	Min. 1-1,5 w zależności od rodzaju oleju	[3]
Zawartość wody	Poniżej 0,2%	BN-79/0535-46
	Poniżej 0,05%	[1]
Zawartość paliwa	Max. 5%	[3]
Smarność	Spadek wartości parametrów o 25%	[4]

3. Wyniki badań zmian właściwości oleju po rozruchach na stanowisku badawczym

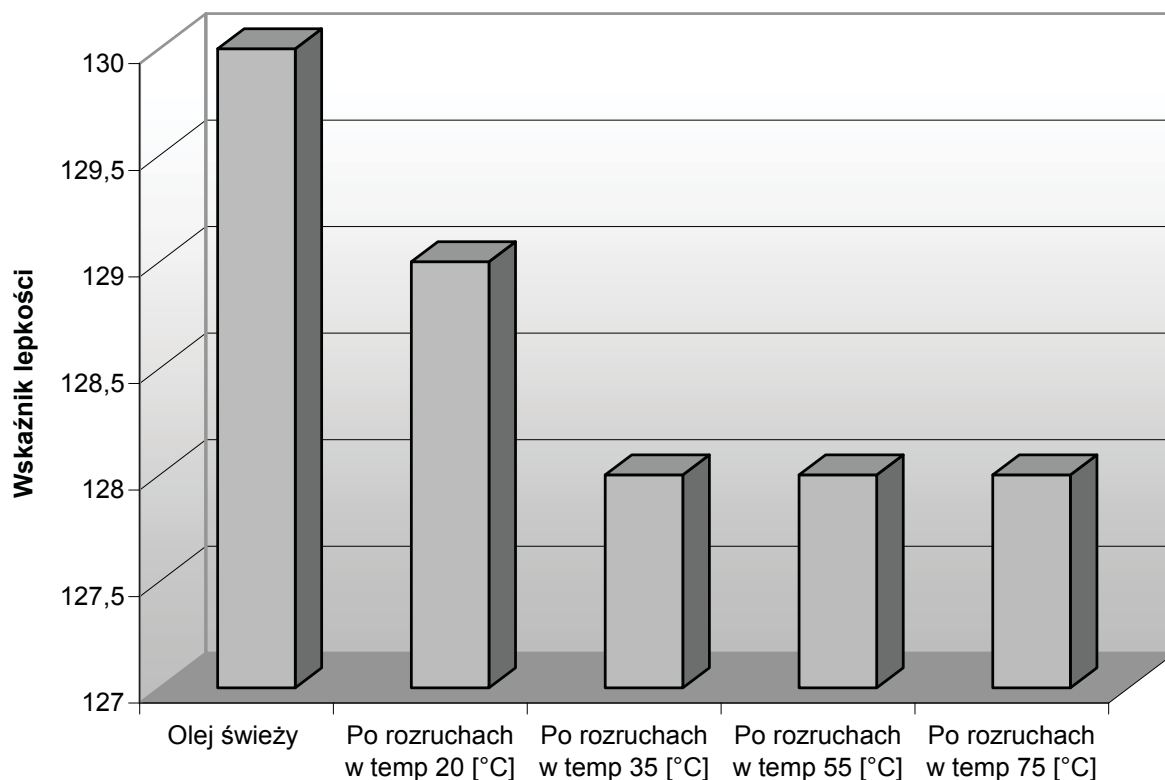


Rys. 1. Zmiany lepkości kinematycznej oleju TURDUS po rozruchach na stanowisku badawczym w odniesieniu do oleju świeżego i granicznych zmian lepkości w temp. 40 [°C] wg BN-79/0535-46

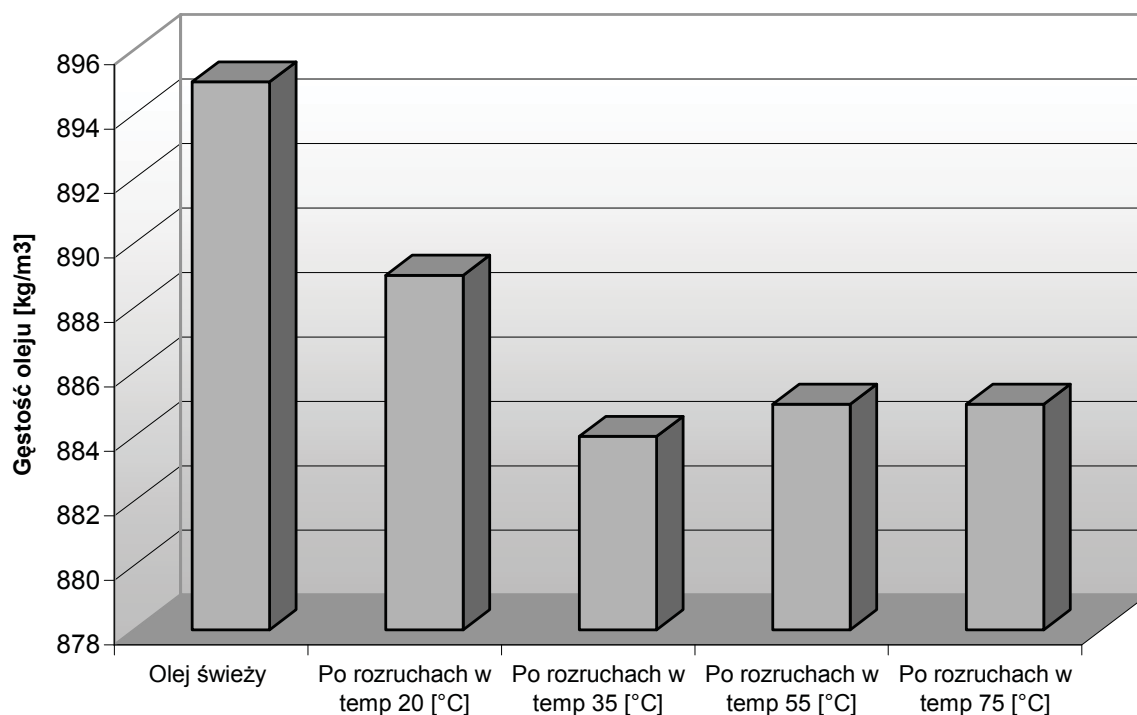
Fig. 1. Changes of kinematic viscosity of TURDUS oil after start-ups performed on a test stand in relation to the fresh oil and boundary changes of viscosity at 40[°C], acc. to BN-79/0535-46



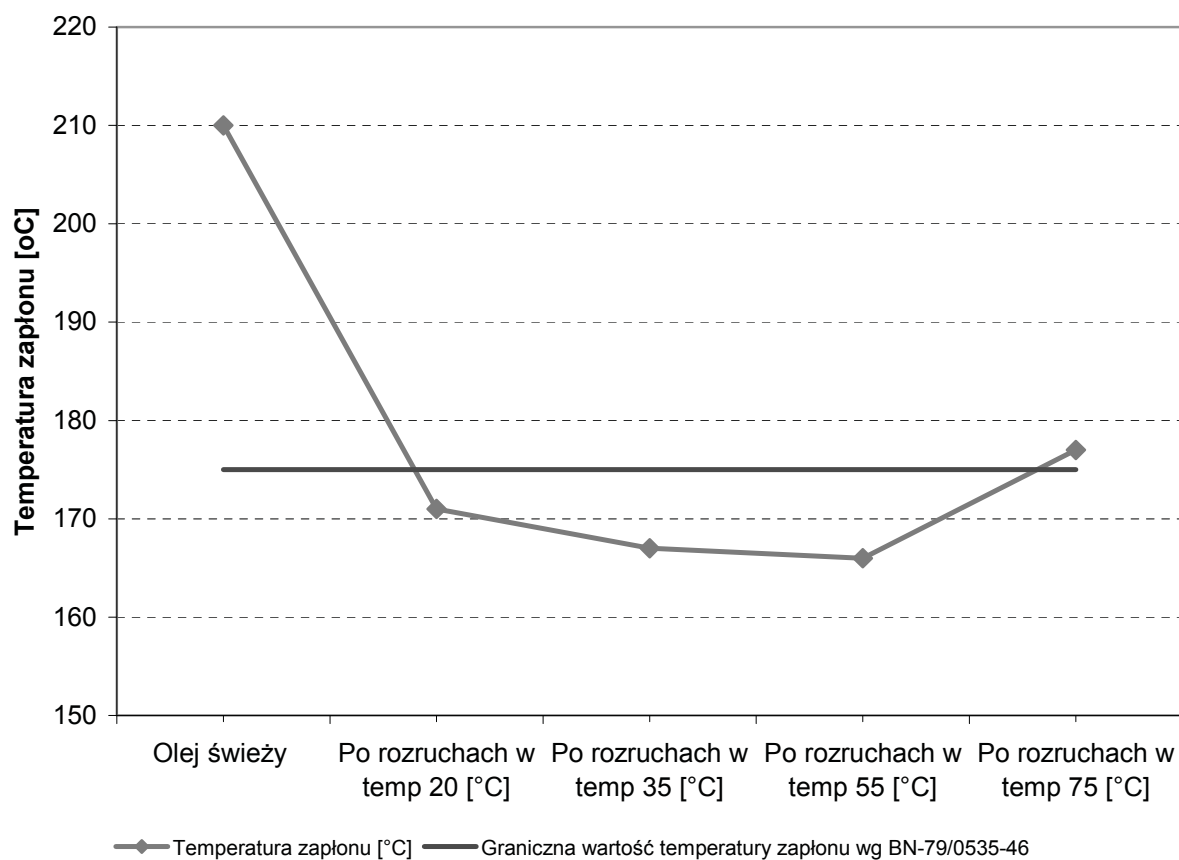
Rys. 2. Zmiany lepkości kinematycznej oleju TURDUS po rozruchach na stanowisku badawczym w odniesieniu do oleju świeżego i granicznych zmian lepkości w temp. 100 [°C] wg BN-79/0535-46
 Fig. 2. Changes of kinetic viscosity of TURDUS oil after start-ups performed on a test stand in relation to the fresh oil and boundary changes of viscosity at 100[°C], acc. to BN-79/0535-46



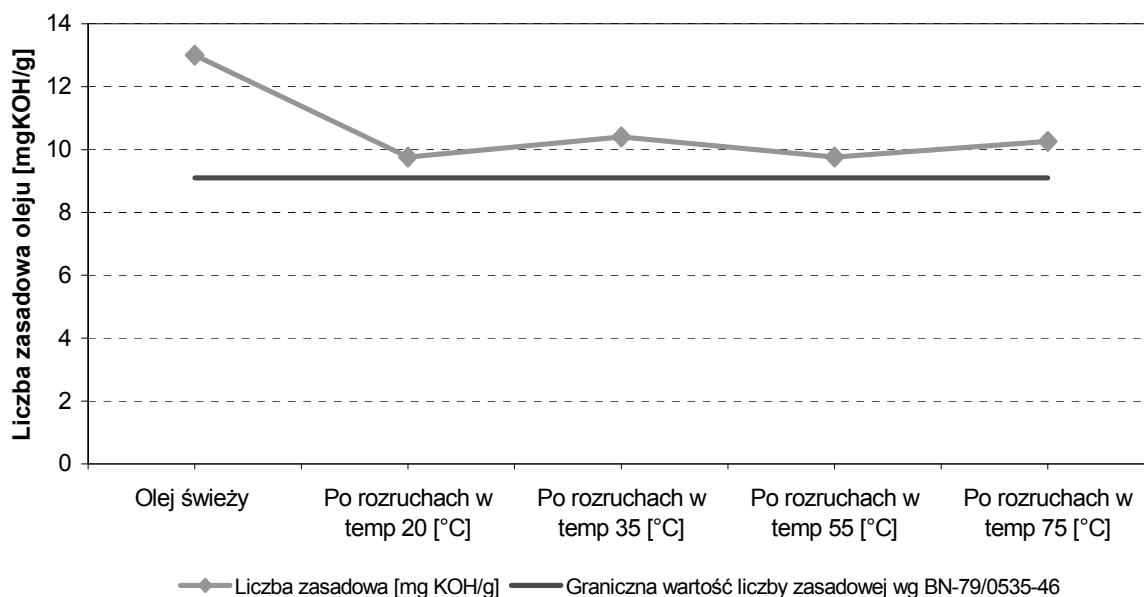
Rys. 3. Zmiany wskaźnika lepkości oleju TURDUS po rozruchach w wybranych temperaturach na stanowisku badawczym wg PN-81/C-04013
 Fig. 3. Changes of viscosity index of TURDUS after start-ups in chosen temperatures on a test stand acc. to PN-81/C-04013



Rys. 4. Zmiany gęstości oleju TURDUS po rozruchach w wybranych temperaturach na stanowisku badawczym
 Fig. 4. Changes of density of TURDUS oil after start-ups in chosen temperatures on a test stand



Rys. 5. Zmiany temperatury zapłonu oleju TURDUS po rozruchach na stanowisku badawczym w odniesieniu do oleju świeżego i granicznej wartości określonej wg BN-79/0535-46
 Fig. 5. Changes of ignition temperature of TURDUS oil after start-ups on a test stand in relation to the fresh oil and boundary value acc. to BN-79/0535-46



Rys. 6. Zmiany liczby zasadowej oleju TURDUS po rozruchach na stanowisku badawczym w odniesieniu do oleju świeżego i granicznej wartości określonej wg BN-79/0535-46

Fig. 6. Changes of Total Base Number of TURDUS oil after start-ups on a test stand in relation to the fresh oil and boundary value acc. to BN-79/0535-46

4. Podsumowanie

- Podstawowym parametrem funkcjonalnym oleju silnikowego, którego obserwowana wartość w wyniku kolejnych serii rozruchów silnika przekraczała wartość graniczną jest temperatura zapłonu mierzona w tyglu zamkniętym. W niskich temperaturach rozruchu niecałkowite odparowanie paliwa powoduje, że pozostałość paliwa przedostaje się do oleju.
- Zmiany lepkości obserwowane w oleju stosowanym w poszczególnych seriach rozruchów powodowane są głównie przedostawaniem się niedopalonych resztek paliwa do oleju oraz wykraplaniem wody w przestrzeni wału korbowego silnika. To ostatnie zjawisko występowało ze szczególnym nasileniem w trakcie rozruchów w temperaturze 25 [°C].
- Obserwowany spadek gęstości i wskaźnika lepkości dodatkowo potwierdzają zjawisko przedostawania się niespalonego paliwa do oleju i jego negatywny wpływ na olej.
- Po serii rozruchów w temperaturze 25°C zaobserwowano wyraźną zmianę barwy oleju na ciemnoszarą. Zmiana ta wywołana została przez kondensat wody przedostający się do oleju.

Literatura

- [1] Adamenko, S. P., Zelinskaja, I. S., *Ekonomija motornych masel pri eksploatacji teplovoznich dizelej. Chimija i Technologija Topliv i Masel*, 8, 1978.
- [2] Wąchał, A., *Starzenie i racjonalne czasy pracy olejów smarowych*, Konf. NOT, Warszawa 1983.
- [3] Krause, H., Schmietz, M., Thiede, H., *Langzeitölwechselintervolle bei Nutzfahrzeug - Dieselmotoren [w:] Dokumentation zum Forschungs -und Entwicklung programm BMFT. Band 2. Tribologie*, Berlin: Springer Verlag, 1982.
- [4] Baczewski, K., *Tribologia i płyny eksploatacyjne. Część II. Płyny eksploatacyjne*, Wyd. WAT, Warszawa, 1994.
- [5] Baczewski, K., Biernat, K., Machel, M., *Leksykon. Samochodowe paliwa oleje smary*, WKiŁ, Warszawa, 1993.
- [6] Nadolny, K.- red., *Podstawy modelowania niezawodności materiałów eksploatacyjnych*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Poznań- Radom, 1999.
- [7] Zwierzycki, W., *Oleje smarowe, Dobór i użytkowanie*, Wyd. ITEiRN „Gilmar” S.A., Radom, 1998.