

**ZESZYTY NAUKOWE NR 1(73)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

EXPLO-SHIP 2004

Jan Krupowies

**Analiza zmian parametrów użytkowych olejów smarowych
okrętowych silników pomocniczych**

Słowa kluczowe: okrętowe silniki pomocnicze, parametry użytkowe oleju,
wartości graniczne parametrów oleju

Na podstawie obszernych i wieloletnich badań eksploatacyjnych stanu różnych gatunków olejów smarowych firm zachodnich, dokonano analizy i oceny wielkości oraz częstości zmian parametrów użytkowych tych olejów w czasie ich użytkowania w okrętowych tłokowych silnikach pomocniczych.

**An Analysis of Changes in Service Parameters
of Ship Auxiliary Engines Lubricating Oils**

Key words: ship auxiliary engines, service parameters of oil,
boundary values of oil parameters

On the basis of many years' extensive operational research of the condition of various kinds of lubricating oils from Western companies, the values and change frequency of these oils' service parameters have been analyzed and estimated during their operational use in auxiliary marine piston engines.

Wstęp

Bieżący stan oleju smarowego określają jego parametry użytkowe. Analiza długoterminowa zmian tych parametrów w czasie eksploatacji pozwala określić trend zmian stanu oleju. Znajomość charakteru tego trendu jest pomocna mechanikom okrętowym w procesie diagnozowania oraz przy podejmowaniu decyzji eksploatacyjnych.

Wyniki obszernych i wieloletnich badań zmian parametrów fizykochemicznych olejów smarowych różnych firm zachodnich w czasie użytkowania tych olejów w okrętowych tłokowych silnikach spalinowych na wybranych statkach PŻM, przedstawiono w kilku pracach autora opublikowanych wcześniej [6 – 10]. Wykorzystując bogaty materiał analityczno-statystyczny prezentowany w tych publikacjach, w niniejszym artykule analizowano zmiany parametrów użytkowych olejów smarowych firm BP i Shell, po różnym czasie ich pracy w okrętowych silnikach pomocniczych, produkcji firm Sulzer i MAN-B&W.

W szczególności celem artykułu jest analiza i ocena zmian lepkości badanych olejów, ich liczby zasadowej, temperatury zapłonu oraz zawartości w olejach wody i zanieczyszczeń. Parametry te charakteryzują jakość i określają przydatność oleju do dalszej eksploatacji oraz umożliwiają monitorowanie stanu technicznego silnika.

1. Wartości graniczne parametrów użytkowych obiegowych olejów silnikowych

Eksploatacja oleju, którego jeden lub kilka parametrów osiągnęło wartości graniczne, może prowadzić do zakłóceń w pracy, nadmiernego zużycia, bądź awarii silnika [1].

Ocena stanu eksploatowanego oleju smarowego jest przeprowadzana na podstawie analiz oleju. Stan oleju porównuje się ze stanem oleju świeżego tej samej klasy i odnosi do stanu granicznego, którego olej nie powinien osiągać. Jeżeli choć jedna wartość osiągnie stan graniczny, oznacza to, że olej nie spełnia w silniku swoich funkcji w wymaganym zakresie. Aby przywrócić normalne właściwości oleju, należy podjąć działania zaradcze (wirowanie, dolewki), bądź wymienić olej na świeży. Ocena stanu oleju oraz trendu zmian jego parametrów pozwala obsłudze na stwierdzenie, czy pielęgnacja oleju jest właściwa, czy nie ma przecieków paliwa lub wody do oleju i czy praca wirówek i filtrów jest prawidłowa [2, 7, 9, 10].

Podstawowymi wielkościami charakteryzującymi stan oleju silnikowego są: lepkość, temperatura zapłonu, liczba zasadowa, zawartość wody, zawartość zanieczyszczeń nierozpuszczalnych w n-pentanie. Przykładowe wartości graniczne dla podstawowych parametrów fizykochemicznych silnikowych olejów smarowych określone przez firmy Sulzer i MAN-B&W dla ich silników, podano w tabeli 1.

Tabela 1

Wartości graniczne parametrów olejów smarowych dla silników MAN-B&W i Sulzer [3]
Limit values of lubricating oils for MAN-B&W and Sulzer engines

Silniki z zapłonem samoczynnym			Zmiana lepkości kinematycznej w temperaturze 100°C		Temperatura zapłonu	Zawartość wody max	Zawartość zanieczyszczeń	BN
producent	typ	model	min	max	[°C]	[% wag]	[% wag]	[mgKOH/g]
MAN B&W	czterosuw dwusuw	20/27 do 58/64	± 1 stopień SAE		180	0,5	1,5	min 50%* min 70%**
Sulzer	dwusuw	RTA RND RLA RLB	- 10%	20%	180	0,5	0,5	min 5
	czterosuw	Z40, ZA40, ZA40S	- 20%	30%	180	0,5	2,5	min 60%
	czterosuw	S20	- 20%	30%	180	0,5	2,5	min 50%

* silniki z oddzielnym obiegiem oleju cylindrowego, zasilane paliwem HFO.

** silniki bez oddzielnego obiegu oleju cylindrowego, zasilane paliwem HFO.

Podane w tabeli 1 graniczne wartości liczbowe są wartościami średnimi dla różnych typów silników okrętowych i mogą być stosowane w praktyce eksploatacyjnej [2, 8].

W tabeli 2 podano przykładowo ogólne zalecenia dotyczące dopuszczalnych zmian wartości parametrów granicznych dla silnikowego oleju smarowego w eksploatacji [2].

Ogólne zalecenia dotyczące dopuszczalnych zmian parametrów charakteryzujących silnikowy olej smarowy [2, 7, 10]
General recommendations concerning permissible parameter changes characterizing engine lubricating oil

Wielkość charakteryzująca olej	Dopuszczalna zmiana
Lepkość kinematyczna w 40°C	-20 do +30% lepkości oleju świeżego
Temperatura zapłonu (tygiel zamknięty)	nie mniejsza niż 180°C
Liczba zasadowa (BN)	spadek o 50% w stosunku do oleju świeżego
Zawartość wody	do 0,2% dla olejów inhibitorowanych do 0,5% dla olejów nieinhibitorowanych
Zawartość zanieczyszczeń stałych oznaczonych w n-pentanie	do 4% dla olejów inhibitorowanych do 2% dla olejów nieinhibitorowanych

2. Analiza zmian parametrów użytkowych olejów smarowych monitorowanych silników pomocniczych

Analizowane próbki olejów pochodziły z systemów smarowych 52 średnio-obrotowych bezwzduchowych silników pomocniczych, eksploatowanych na 22 statkach Grupy PŻM [9, 10]. W dziewięciu typach tych silników użytkowano 5 rodzajów olejów smarowych. We wstępnej analizie wyników badań wyznaczono średnie wartości parametrów fizykochemicznych olejów silnikowych dla poszczególnych rodzajów oleju smarowego oraz dla różnych typów silników. W poniższych tabelach podano średnie wartości następujących parametrów użytkowych olejów: lepkości, liczby zasadowej i zawartości zanieczyszczeń. Średnią temperatury zapłonu i zawartości wody nie można było wyznaczyć, gdyż wyniki badań zawierają tylko wartości parametrów, które przekroczyły dozwolone wartości.

W celu dokonania porównania parametrów oleju używanego i oleju świeżego, w tabeli 3 podano wartości wybranych parametrów użytkowych olejów świeżych [4, 5].

Wzrost lepkości oleju używanego, w porównaniu z lepkością oleju świeżego, wystąpił w przypadku olejów z silników pracujących na paliwie ciężkim, tj. dla olejów: Energol IC-HF 303 i Energol IC-HF 304 oraz dla Shell Gadinia 40. Spadek lepkości zanotowano dla olejów z silników pracujących na paliwie lekkim, tj. dla: Energol DL-MP 40 i Energol DL-MP 30. Największe odchylenie

średniej lepkości oleju używanego od lepkości oleju świeżego zanotowano w przypadku oleju Energol IC-HF 304 (wzrost o 1,93 mm²/s).

Tabela 3

Wartości średnie parametrów użytkowych dla poszczególnych gatunków olejów smarowych
Mean values of service parameters for particular kinds of lubricating oil

Lp.	Nazwa oleju	Olej świeży		Olej użytkowany		
		lepkość [mm ² /s] w 100°C	BN [mgKOH/g]	lepkość [mm ² /s] w 100°C	BN [mgKOH/g]	zawartość zanieczyszczeń [%]
1	Energol IC-HF 303	11,5	30,0	12,23	18,85	0,52
2	Energol IC-HF 304	14,0	30,0	15,93	24,22	1,5
3	Energol DL-MP 40	14,0	9,0	12,94	9,54	1,23
4	Energol DL-MP 30	11,5	9,0	10,49	10,26	0,791
5	Shell Gadinia 40	14,4	12,0	16,81	6,93	1,36

Wzrost liczby zasadowej oleju używanego, w stosunku do BN oleju świeżego, wystąpił dla olejów: Energol DL-MP 40 i Energol DL-MP 30. Spadek BN oleju używanego nastąpił dla olejów: Energol IC-HF 303, Energol IC-HF 304 i Shell Gadinia 40. Największe odchylenie średniej BN oleju używanego od BN oleju świeżego zanotowano w przypadku oleju Energol IC-HF 303 (spadek o 11,15 mgKOH/g).

Największy średni poziom zawartości zanieczyszczeń stwierdzono w oleju Energol IC-HF 304.

Dla silników, w których użytkowano olej Energol IC-HF 303, tj. MAN-B&W/5L 23/30 i MAN-B&W/5T 23LH4 większy wzrost lepkości oleju używanego w porównaniu z lepkością oleju świeżego, zanotowano w drugim z wymienionych typów. Dla silników, w których stosowano olej Energol DL-MP 30, w jednym przypadku nastąpił wzrost lepkości (MAN-B&W/6T 23HH), a w drugim jej spadek (MAN-B&W/6T 23H). W silnikach typu Sulzer 5A 25/30 i Sulzer 5AL 25/30 zanotowano spadek lepkości oleju używanego wobec lepkości oleju świeżego, zgodny z tendencją dla eksploatowanego w nich oleju Energol DL-MP 30. Natomiast w silnikach typu Sulzer 6AL 25H, w których użytkowany jest ten sam rodzaj oleju, średnia lepkość oleju używanego jest większa niż oleju świeżego. Największy wzrost lepkości oleju używanego zanotowano w silnikach typu Sulzer 5ATL 25H (wzrost o 1,93 mm²/s), w których użytkowany był olej Energol IC-HF 304.

Wartości średnie parametrów olejów smarowych tego samego gatunku użytkowanych w silnikach pomocniczych

Mean values of lubricating oil parameters of the same kind used in auxiliary engines

Lp.	Typ silnika	Parametry użytkowanego oleju		
		lepkość [mm ² /s] w 100°C	BN [mgKOH/g]	zawartość zanieczyszczeń [%]
1	MAN-B&W/5L 23/30	12,15	18,01	0,396
2	MAN-B&W/5T 23LH4	12,69	23,51	1,22
3	MAN-B&W/6T 23H	9,67	10,32	0,78
4	MAN-B&W/6T 23HH	11,78	10,17	0,81
5	Sulzer 5A 25/30	12,415	8,675	0,988
6	Sulzer 5AL 25/30	12,52	9,17	1,14
7	Sulzer 5ATL 25H	15,93	24,22	1,5
8	Sulzer 6AL 25H	14,2	11,035	1,635
9	B&W L23/28	16,81	6,93	1,36

Wzrost liczby zasadowej oleju używanego w stosunku do BN oleju świeżego nastąpił dla silników, w których stosowano oleje: Energol DL-MP 40 i Energol DL-MP 30, z wyjątkiem silników typu Sulzer 5A 25/30. Dla silników spalających paliwo lekkie, wartość BN eksploatowanego oleju (DL-MP30 i DL-MP40) osiągała dlatego wyższy poziom od wartości właściwej dla oleju świeżego, ponieważ stosowano dolewki oleju świeżego o wyższej liczbie BN, niż BN oleju świeżego będącego w eksploatacji. Największe odchylenie średniej BN oleju używanego od BN oleju świeżego zanotowano w przypadku silników typu MAN-B&W/5L 23/30 (spadek o 11,99 mgKOH/g).

Największy średni poziom zawartości zanieczyszczeń stwierdzono dla olejów eksploatowanych w silnikach typu Sulzer 6AL 25H, zasilanych paliwem ciężkim.

W wielu badanych próbkach zmiany parametrów charakteryzujących silnikowy olej smarowy, przekraczały dopuszczalne wartości. Tabele 5 i 6 przedstawiają rozkład częstości przekroczenia wartości granicznej dla poszczególnych parametrów badanego oleju.

Największa względna częstość występowania zmian lepkości, przekraczających wartości graniczne, występuje w zbiorze próbek oleju Shell Gadinia 40 i wynosi 33,3% wszystkich próbek. Ponadnormatywną zmianę liczby zasadowej wykazywało 33,3% próbek, także oleju Shell Gadinia 40. Temperatura zapłonu (oznaczana w tyglu zamkniętym) nie przekraczała 190°C dla znikomej liczby

próbek olejów, użytkowanych w silnikach pracujących na paliwie ciężkim oraz dla oleju Shell Gadinia 40. Natomiast dla olejów pochodzących z silników, pracujących na paliwie lekkim, 37,3% próbek oleju Energol DL-MP 40 i 61,3% próbek oleju Energol DL-MP 30 wykazywało temperaturę zapłonu niższą od granicznej. Największy procent próbek, w których poziom zawartości wody był większy od wartości granicznej, zanotowano dla oleju Energol IC-HF 303, tj. 38%. Spośród badanych rodzajów oleju smarowego, największą częstością występowania zawartości zanieczyszczeń na poziomie ponad 2% charakteryzuje się olej Energol DL-MP 40 (10,7%).

Tabela 5

Częstość występowania wartości parametrów fizykochemicznych olejów silnikowych, przekraczających dopuszczalne zmiany (ze względu na rodzaj oleju)
Occurrence frequency of physical and chemical parameters of lubricating oils, exceeding permissible changes (by the kind of oil)

Lp.	Nazwa oleju	Lepkość	BN	Temperatura zapłonu	Zawartość wody	Zawartość zanieczyszczeń
1	Energol IC-HF 303	0,7%	17%	0,7%	38%	2%
2	Energol IC-HF 304	1,2%	0	0	1,2%	10%
3	Energol DL-MP 40	8%	0	37,3%	9,3%	10,7%
4	Energol DL-MP 30	19,4%	0	61,3%	16,1%	0
5	Shell Gadinia 40	33,3%	33,3%	0	28%	5,6%
	Średnia wartość	12,52%	10,06%	19,86%	18,52%	5,66%

Biorąc pod uwagę wszystkie 5 badanych właściwości należy stwierdzić, że częstość występowania wartości parametrów fizykochemicznych olejów silnikowych, przekraczających dopuszczalne zmiany, jest najniższa dla oleju Energol IC-HF 304. Natomiast najczęściej odchylenia od normy wykazują próbki oleju Energol DL-MP 30.

Parametrem, który wykazywał największą częstość przekraczania wartości granicznej, okazała się temperatura zapłonu. Natomiast parametrem, który wykazywał najmniejszą częstość przekraczania wartości granicznej, była zawartość zanieczyszczeń.

Próbki olejów pobrane z silników typu MAN-B&W/5T 23LH4 wykazywały zmiany przekraczające dopuszczalne wartości graniczne dla wszystkich parametrów. Należy zauważyć, że w 4 przypadkach były to nieznaczące częstości. Natomiast pod względem częstości występowania próbek o wartościach przekraczających dopuszczalne zmiany przodują 2 typy silników: MAN-B&W/6T 23H i Sulzer 5A 25/30.

Tabela 6

Częstość występowania wartości parametrów fizykochemicznych olejów silnikowych, przekraczających dopuszczalne zmiany (ze względu na typ silnika)
Occurrence frequency of physical and chemical parameters of lubricating oils, exceeding permissible changes (by engine type)

Lp.	Typ silnika	Parametry użytkowanego oleju				
		lepkość	BN	temperatura zapłonu	zawartość wody	zawartość zanieczyszczeń
1	MAN-B&W/5L 23/30	0	19%	0	37,8%	0
2	MAN-B&W/5T 23LH4	4,3%	4,3%	4,3%	39,1%	13%
3	MAN-B&W/6T 23H	21%	0	84%	11%	0
4	MAN-B&W/6T 23HH	8%	0	17%	25%	0
5	Sulzer 5A 25/30	15%	0	60%	15%	0
6	Sulzer 5AL 25/30	8,6%	0	43%	11,4%	5,7%
7	Sulzer 5ATL 25H	1,2%	0	0	1,2%	10%
8	Sulzer 6AL 25H	0	0	5%	0	30%
9	B&W L23/28	33,3%	33,3%	0	28%	5,6%

Częstość występowania poszczególnych wartości parametrów nie określa jednak, jak duże były przekroczenia wartości granicznych. Dlatego przedstawiono średnie wartości parametrów przekraczających wartość graniczną, które informują o tym, w jakim oleju (lub silniku) występują „silniejsze” przekroczenia wartości dopuszczalnej.

Tabela 7

Średnie wartości przekroczenia normy parametrów fizykochemicznych olejów silnikowych (ze względu na rodzaj oleju)
Mean values of exceeding the standard of physical and chemical parameters in engine oils (by kind of oil)

Lp.	Nazwa oleju	Lepkość [mm ² /s] w 100°C	BN [mgKOH/g]	Temperatura zapłonu [°C]	Zawartość wody [%]	Zawartość zanieczyszczeń [%]
1	Energol IC-HF 303	19,2	13,3	180	0,495	2,17
2	Energol IC-HF 304	19,6	–	–	5,5	2,405
3	Energol DL-MP 40	10,25	–	179,86	0,45	2,16
4	Energol DL-MP 30	8,45	–	171,68	0,376	–
5	Shell Gadinia 40	21,51	4,31	–	0,136	2

Największe bezwzględne odchylenie średniej (z wartości ponadnormalnych lepkości) od wartości dopuszczalnej zanotowano dla próbek oleju Energol IC-HF 303 ($19,2 \text{ mm}^2/\text{s} - 14,95 \text{ mm}^2/\text{s} = 4,25 \text{ mm}^2/\text{s}$). Największy średni spadek BN występuje również dla próbek oleju Energol IC-HF 303 i wynosi $13,3 \text{ mgKOH/g}$, w stosunku do wartości dopuszczalnej 15 mgKOH/g . Dla oleju Energol IC-HF 304 zanotowano najwyższy średni poziom zawartości wody. Wynika stąd, że dla próbek oleju Energol IC-HF 303 występują „najsilniejsze” przekroczenia wartości dopuszczalnych oznaczanych parametrów.

Tabela 8

Średnie wartości przekroczenia normy parametrów fizykochemicznych olejów silnikowych
(ze względu na typ silnika)
*Mean values of exceeding the standard of physical and chemical parameters in engine oils
(by engine type)*

Lp.	Typ silnika	Parametry użytkowanego oleju				
		lepkość [mm^2/s] w 100°C	BN [mgKOH/g]	temperatura zapłonu [$^\circ\text{C}$]	zawartość wody [%]	zawartość zanieczyszczeń [%]
1	MAN-B&W/5L 23/30	–	13,8	–	0,167	–
2	MAN-B&W/5T 23LH4	19,2	15	180	2,25	2,17
3	MAN-B&W/6T 23H	8,1	–	172,94	0,22	–
4	MAN-B&W/6T 23HH	9,2	–	161	0,48	–
5	Sulzer 5A 25/30	10,5	–	177,83	0,06	–
6	Sulzer 5AL 25/30	9,97	–	182,53	0,745	2,3
7	Sulzer 5ATL 25H	19,6	–	–	5,5	2,405
8	Sulzer 6AL 25H	–	–	164	–	2,12
9	B&W L23/28	21,51	4,31	–	0,136	2

Spośród badanych próbek te, które pochodzą z silników typu MAN-B&W/5T 23LH4 wykazują przekroczenia wartości dopuszczalnej dla wszystkich parametrów fizykochemicznych oleju. Największe przekroczenie wartości dopuszczalnej zawartości zanieczyszczeń charakteryzuje próbki oleju z silników Sulzer 5ATL 25H, jednak są to jedyne przekroczenia wartości granicznych dla oleju z tego typu silników.

Odnotowano także czasy pracy używanych olejów, dla których parametry pobranych próbek po raz pierwszy przekroczyły wartość dopuszczalną. Stanowią one również materiał, pozwalający zauważyć pewne zależności (tabela 9).

Tabela 9

Czasy pracy olejów, po jakich pojawiają się po raz pierwszy wartości parametrów fizykochemicznych, przekraczające dopuszczalne zmiany (ze względu na rodzaj oleju)
Oil working time after which there are values of physical chemical parameters the first time exceeding permissible changes (by kind of oil)

Lp.	Nazwa oleju	Lepkość	BN	Temperatura zapłonu	Zawartość wody	Zawartość zanieczyszczeń
1	Energol IC-HF 303	4619 h	1414 h	3154 h	1100 h	1212 h
2	Energol IC-HF 304	4528 h	–	–	3703 h	6681 h
3	Energol DL-MP 40	2160 h	–	177 h	1755 h	1810 h
4	Energol DL-MP 30	–	–	3334 h	843 h	–
5	Shell Gadinia 40	513 h	513 h	–	1658 h	7123 h

Tabela 10

Czasy pracy olejów, po jakich pojawiają się po raz pierwszy wartości parametrów fizykochemicznych, przekraczające dopuszczalne zmiany (ze względu na typ silnika)
Oil working time after which there are values of physical chemical parameters the first time exceeding permissible changes (by engine type)

Lp.	Typ silnika	Parametry użytkowanego oleju				
		lepkość	BN	temperatura zapłonu	zawartość wody	zawartość zanieczyszczeń
1	MAN-B&W/5L 23/30	–	1414 h	–	1759 h	–
2	MAN-B&W/5T 23LH4	4619 h	4619 h	3154 h	1100 h	1212 h
3	MAN-B&W/6T 23H	2598 h	–	333 h	2725 h	–
4	MAN-B&W/6T 23HH	3268 h	–	1771 h	8434 h	–
5	Sulzer 5A 25/30	2160 h	–	177 h	67523 h	–
6	Sulzer 5AL 25/30	3246 h	–	1456 h	1755 h	4980 h
7	Sulzer 5ATL 25H	4528 h	–	–	3703 h	6681 h
8	Sulzer 6AL 25H	–	–	4335 h	–	1810 h
9	B&W L23/28	513 h	513 h	–	1658 h	7123 h

Parametrem użytkowym oleju, który najszybciej przekraczał wartość graniczną, była najczęściej temperatura zapłonu.

Wnioski

Analiza i ocena zmian parametrów użytkowych obiegowych olejów silnikowych pozwala na:

- określenie rozkładu częstości przekroczenia wartości granicznych dla oznaczanych parametrów badanych olejów w monitorowanych okrętowych silnikach pomocniczych;
- określenie, dla którego oleju lub monitorowanego silnika występują „najsilniejsze” przekroczenia wartości granicznych;
- określenie czasu pracy olejów, dla którego parametry użytkowe oleju po raz pierwszy przekroczyły wartości graniczne, tj. wskazanie, jaki parametr oleju najszybciej przekroczył wartość graniczną;
- stwierdzenie, że parametrem użytkowym oleju, który najszybciej przekraczał wartość graniczną, jest temperatura zapłonu.

Literatura

1. Biernat K., Wachal A., *Problemy określania stanu granicznego oleju*, IV Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej, Kołobrzeg 9 – 11 grudnia, 1981.
2. Chłobowski K., Lenyk M., Stanik W., *Monitoring zmian własności olejów żeglugowych w czasie ich eksploatacji*, XI Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej, Jachranka k. Warszawy 12 – 14 grudnia, 1995.
3. Heber F., *Nowa generacja olejów firmy Mobil i wnioskowanie diagnostyczne na podstawie analizy oleju*, referat przedstawiciela firmy Mobil Oil z Hamburga, wygłoszony w Instytucie Nauk Podstawowych Technicznych WSM w Szczecinie, w dniu 29 lutego, 1996 (materiały nie publikowane).
4. Katalog olejów firmy BP (1991).
5. Katalog olejów firmy Shell (1992).
6. Krupowies J., Listewnik J., *Analiza zmian właściwości fizykochemicznych olejów smarowych firm Castrol, ELF i Mobil*, XI Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej, Jachranka k. Warszawy, 12 – 14 grudnia, 1995.
7. Krupowies J., *Badania zmian parametrów fizykochemicznych silnikowych olejów smarowych eksploatowanych na statkach Polskiej Żeglugi Morskiej*, Wydawnictwa WSM w Szczecinie, Studia nr 27, Szczecin 1996.
8. Krupowies J., *Wnioskowanie diagnostyczne na podstawie analizy właściwości eksploatowanego oleju silnikowego*. XII Sympozjum Paliw Płynnych i Produktów Smarowych w Gospodarce Morskiej, Szczyrk, 6-8 maja 1997.

9. Krupowies J., *Badania pierwiastków śladowych w oleju obiegowym jako element diagnostyki silnika*. Wydawnictwa WSM w Szczecinie, Studia Nr 34, Szczecin 2000.
10. Krupowies J., *Badania zmian właściwości oleju obiegowego okrętowych silników pomocniczych*. Wydawnictwa WSM w Szczecinie, Studia nr 40, Szczecin 2002.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzenci

dr hab. inż. Benedykt Litke, prof. PS
dr hab. inż. Piotr Bielawski, prof. AM

Adres Autora

dr inż. Jan Krupowies
Akademia Morska w Szczecinie
Instytut Matematyki, Fizyki i Chemii
ul. Wały Chrobrego 1/2, 70-500 Szczecin