



Instytut Matematyki, Fizyki i Chemii
Zakład Chemii

Laboratorium paliw, olejów i smarów

Ćwiczenie laboratoryjne

**Pomiar temperatury zapłonu w tyglu otwartym
(metodą Marcussona) i w tyglu zamkniętym
(metodą Martensa-Pensky'ego)**

Opracowali:

dr inż. Jan Krupowies

mgr inż. Czesław Wiznerowicz

dr inż. Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak

dr inż. Konrad Ćwirko

dr Magdalena Ślaczka-Wilk

KIEROWNIK
Zakładu Chemii
Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak
dr inż. Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak

Szczecin 2022

KARTA ĆWICZENIA

1	Powiązanie z przedmiotami: ESO/25, 27 DiRMiUO/25, 27 EOUnIE/25, 27		
	Specjalność/Przedmiot	Efekty kształcenia dla przedmiotu	Szczegółowe efekty kształcenia dla przedmiotu
	ESO/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP12 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości produktów naftowych;
	DiRMiUO/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP12 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości produktów naftowych;
	EOUnIE/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP12 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości produktów naftowych;
2	Cel ćwiczenia: nauczenie studenta samodzielnego wykonywania pomiaru temperatury zapłonu metodą Marcussona w tyglu otwartym i metodą Martensa-Pensky'ego w tyglu zamkniętym;		
3	Wymagania wstępne: student jest przeszkolony w zakresie regulaminu BHP na stanowisku laboratoryjnym, co stwierdza własnoręcznym podpisem na odpowiednim formularzu, zna – pojęcia: temperatury zapłonu, palenia i samozapłonu, dolnej granicy wybuchowości i górnej granicy wybuchowości oraz zakresu wybuchowości dla mieszaniny par substancji palnych z powietrzem, metody pomiaru temperatury zapłonu dla oleju świeżego i używanego, zna znaczenie eksploatacyjne i sposób wnioskowania diagnostycznego na podstawie zmian temperatury zapłonu oleju używanego i przyczyny eksploatacyjne tych zmian, wartości graniczne temperatury zapłonu dla używanych olejów silnikowych;		
4	Opis stanowiska laboratoryjnego: aparat Marcussona do badania temperatury zapłonu w tyglu otwartym, aparat Martensa-Pensky'ego do badania temperatury zapłonu w tyglu zamkniętym, szczypce metalowe do tygli, stanowisko do mycia tygli aparatów pomiarowych, benzyna ekstrakcyjna, próbki olejów smarowych i innych produktów naftowych;		
5	Ocena ryzyka*: ogrzewanie olejów smarowych (lub innych produktów naftowych) do temperatury rzędu nawet 260°C, kontakt z gorącym olejem, benzyną ekstrakcyjną stosowaną do mycia aparatów pomiarowych – prawdopodobieństwo poparzenia termicznego gorącym olejem oraz powstania zagrożenia pożarowego w związku z obecnością pary benzyny łatwopalnej. Końcowa ocena – ZAGROŻENIE ZNACZNE, SKUTKI – POWAŻNE Wymagane środki zabezpieczenia: a. fartuchy ochronne, okulary ochronne, szczypce metalowe do gorących tygli, b. środki czystości BHP, czyściwo, ręczniki papierowe, c. pojemnik na odpady produktów naftowych (do utylizacji), d. pojemnik na zlewki brudnej benzyny (do regeneracji);		
6	Przebieg ćwiczenia: a. Zapoznać się z instrukcją stanowiskową (załącznik 1) oraz zestawem laboratoryjnym do ćwiczenia, b. Wykonać pomiary temperatur zapłonu w tyglu otwartym i zamkniętym dla oleju smarowego (lub innego produktu naftowego);		

7	<p>Sprawozdanie z ćwiczenia:</p> <ol style="list-style-type: none"> Opracować ćwiczenie zgodnie z poleceniami zawartymi w instrukcji stanowiskowej, Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów ocenić jakość i przydatność eksploatacyjną badanego oleju smarowego przez porównanie oznaczonej temperatury zapłonu z jej wartością graniczną; Na podstawie uzyskanych wyników określić przyczyny eksploatacyjne zaistniałych zmian temperatury zapłonu oleju i w związku z tym dokonać wnioskowania diagnostycznego o stanie silnika. W razie potrzeby zaproponować stosowne działania naprawcze;
8	<p>Archiwizacja wyników badań: Sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia złożyć w formie pisemnej prowadzącemu zajęcia.</p>
9	<p>Metoda i kryteria oceny:</p> <ol style="list-style-type: none"> EKP1, EKP2 – zadania polecane do samodzielnego rozwiązania i opracowania: ocena 2,0 – nie ma podstawowej wiedzy fizykochemicznej i eksploatacyjnej dotyczącej temperatur: zapłonu, palenia, samozapłonu i zakresów wybuchowości produktów naftowych oraz umiejętności rozwiązywania zadań prostych z tego zakresu; ocena 3,0 – posiada podstawową wiedzę fizykochemiczną i eksploatacyjną dotyczącą temperatur: zapłonu, palenia, samozapłonu i zakresów wybuchowości produktów naftowych oraz umiejętność obliczeń i rozwiązywania zadań prostych z tego zakresu; ocena 3,5-4,0 – posiada poszerzoną wiedzę fizykochemiczną i eksploatacyjną dotyczącą wymienionych parametrów użytkowych produktów naftowych oraz umiejętność rozwiązywania zadań złożonych z tego zakresu; ocena 4,5-5,0 – posiada umiejętność stosowania złożonej wiedzy fizykochemicznej i eksploatacyjnej do cząstkowej oceny jakości i przydatności eksploatacyjnej badanych produktów naftowych ze względu na oznaczane parametry użytkowe oraz umiejętność podejmowania na tej podstawie decyzji eksploatacyjnych. EKP3 – prace kontrolne: ocena 2,0 – nie ma umiejętności analizy i oceny wyników wykonanych analiz i oznaczeń oraz wyciągnięcia wniosków; ocena 3,0 – posiada umiejętność analizy uzyskanych wyników, interpretacji praw i zjawisk, przekształcania wzorów, interpretacji wykresów i tablic; ocena 3,5-4,0 – posiada umiejętność poszerzonej analizy wyników, stosowania praw, konstruowania monogramów i wykresów; ocena 4,5-5,0 – posiada umiejętność kompleksowej analizy uzyskanych wyników, dokonywania uogólnień, wykrywania związków przyczynowo-skutkowych oraz podejmowania właściwych decyzji eksploatacyjnych.
10	<p>Literatura:</p> <ol style="list-style-type: none"> Krupowies J., Wiznerowicz Cz.: Pomiar temperatury zapłonu w tyglu otwartym (metodą Marcussona) i w tyglu zamkniętym (metodą Martensa-Pensky'ego). Instrukcja stanowiskowa do ćwiczenia, AM, Szczecin 2013. Barcewicz K.: Ćwiczenia laboratoryjne z chemii wody, paliw i smarów. Wyd. AM w Gdyni, Gdynia 2006. Podniało A.: Paliwa oleje i smary w ekologicznej eksploatacji. WNT, Warszawa 2002. Przemysłowe środki smarne. Poradnik. TOTAL Polska Sp. z o.o., Warszawa 2003. Urbański P.: Paliwa i smary. Wyd. FRWSzM w Gdyni, Gdańsk 1999.

	<ol style="list-style-type: none"> 6. Krupowies J.: Badania zmian parametrów fizykochemicznych silnikowych olejów smarowych eksploatowanych na statkach Polskiej Żeglugi Morskiej. WSM w Szczecinie, Studia nr 27, Szczecin 1996. 7. Krupowies J.: Badania zmian właściwości oleju obiegowego okrętowych silników pomocniczych. WSM w Szczecinie, Studia nr 40, Szczecin 2002. 8. Normy PN/EN/ISO dotyczące badania produktów naftowych. 9. Katalogi produktów naftowych firm olejowych. 10. Dudek A.: Oleje smarowe Rafinerii Gdańskiej. „MET-PRESS”, Gdańsk 1997. 11. Baczewski K., Biernat K., Machel M.: Samochodowe paliwa, oleje i smary. Leksykon, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1993. 12. Herdzik J.: Poradnik motorzysty okrętowego. Wydawnictwo TRADEMAR, Gdynia 1995.
10	Uwagi

ZAŁĄCZNIK 1 – INSTRUKCJA

1. ZAKRES ĆWICZENIA

- zapoznanie się z instrukcją stanowiskową do ćwiczenia,
- samodzielny pomiar temperatury zapłonu w tyglu otwartym i zamkniętym,
- ocena jakości świeżego oleju na podstawie oznaczonej temperatury zapłonu w tyglu otwartym oraz wartości katalogowej,
- ocena przydatności użytkowej badanego oleju na podstawie oznaczonej temperatury zapłonu w tyglu zamkniętym i wartości granicznej temperatury zapłonu.

2. WPROWADZENIE TEORETYCZNE DO ĆWICZENIA

2.1. Temperatura zapłonu

Temperatura zapłonu oleju smarowego charakteryzuje jego zdolność do odparowania. Za temperaturę zapłonu przyjmuje się najniższą temperaturę, w której olej ogrzany w określony sposób i w określonych warunkach (ciśnienie 1013,25 hPa) wydziela pary, które z otaczającym powietrzem tworzą mieszaninę zapalającą się przy zbliżeniu płomienia. Temperatury zapłonu świeżych olejów silnikowych wahają się w granicach 190° – 220°C. Temperatura zapłonu używanych olejów jest pośrednią miarą obecności w nich paliwa, co ma bardzo ważne znaczenie eksploatacyjne. Przyjmuje się, że obniżenie temperatury zapłonu, oznaczonej w tyglu zamkniętym, do około 180°C decyduje o nieprzydatności używanego oleju do eksploatacji. Obecność paliwa w oleju pogarsza jego właściwości lepkościowo-smarnościowe, przeciwkorozyjne, odporność na utlenianie oraz stanowi zagrożenie bezpieczeństwa załogi i statku (zagrożenie pożarowe oraz wybuchu par paliwa w karterze silnika).

Temperaturę zapłonu oznacza się wieloma metodami, które dają różne wyniki. Najczęściej stosowana jest metoda Marcussona w tyglu otwartym, służąca do pomiaru temperatury zapłonu olejów świeżych oraz metoda Martensa-Pensky'ego w tyglu zamkniętym – do pomiaru temperatury zapłonu wszystkich produktów naftowych, a szczególnie olejów używanych.

Przy podawaniu wyników pomiarów należy zawsze zaznaczyć, jaką metodą były one wykonywane. Przy ocenie jakości i przydatności oleju smarowego, należy podać metodę oznaczania. Jest to istotne z tego względu, że pomiędzy wynikami uzyskiwanymi tymi dwoma metodami nie są znane korelacje.

Wartości ostrzegawcze dla używanych olejów firm: Elf, Castrol i Mobil oraz wartości określone przez producentów silników okrętowych zestawiono w tabelach pomocniczych na końcu instrukcji.

Temperatura zapłonu umożliwia ocenę utworzenia mieszanin wybuchowych par substancji palnej z powietrzem. Mieszanina ta staje się wybuchowa po osiągnięciu określonych wartości stężenia par tej substancji pod wpływem inicjującego czynnika zewnętrznego (np. płomienia, iskry). Rozróżnia się dolną DGW i górną GGW granicę wybuchowości. Jeżeli stężenie par substancji palnej jest mniejsze od dolnej granicy wybuchowości to wybuch nie nastąpi, gdyż jest nadmiar powietrza pochłaniający ciepło wydzielające się w momencie wybuchu oraz przeciwdziałający zapaleniu się pozostałej części tej substancji. Jeżeli stężenie par substancji palnej jest większe od górnej granicy

wybuchowości to wybuch także nie nastąpi z powodu niedostatecznej ilości tlenu w mieszaninie. Do wybuchu dochodzi więc tylko w obszarze pomiędzy dolną i górną granicą wybuchowości. Wraz z podwyższeniem temperatury mieszaniny zakres jej wybuchowości ulega nieznacznemu zawężeniu. Obecność w mieszaninie par substancji palnej z powietrzem gazów obojętnych (np. CO₂, N₂, spalin – tzw. inert gazy) powoduje także zawężenie jej granic wybuchowości. Natomiast wskutek wzrostu ciśnienia następuje podwyższenie górnej granicy wybuchowości. Przykładowe wartości granic wybuchowości dla niektórych substancji palnych podano w tabeli 1.

Tabela 1

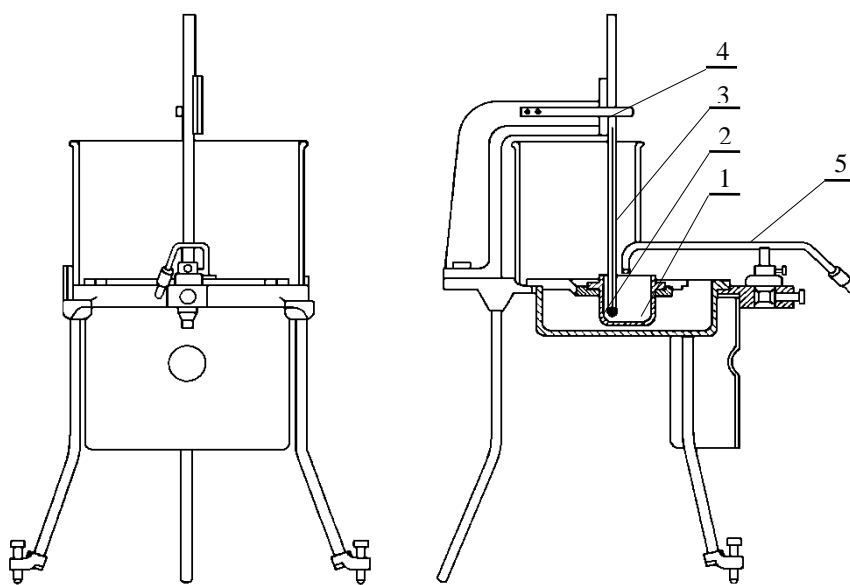
Dolna i górna granica wybuchowości niektórych palnych gazów i par

Palne pary cieczy i gazy	Granice wybuchowości [% obj.]	
	dolna	górna
Wodór	4,0	75,0
Tlenek węgla	12,5	74,0
Metan	5,3	14,0
Etan	3,0	12,5
Propan	2,2	9,5
Butan	1,9	8,5
Pentan	1,4	7,8
Gaz ziemny	4,3	15,0
Acetylen	2,3	82,0
Benzyna samochodowa	0,76	7,6
Benzyna ekstrakcyjna	1,1	1,5
Nafta	1,4	7,5
Olej napędowy	1,3	6,0

3. WYKONANIE ĆWICZENIA

3.1. Oznaczanie temperatury zapłonu w tyglu otwartym metodą Marcussona

Tygiel 1 (rys. 1), przemyty benzyną ekstrakcyjną i wysuszony w strumieniu ciepłego powietrza, napełnić badaną próbką do kreski. Podczas napełniania tygla należy uważać, aby w badanej próbce nie pozostały pęcherzyki powietrza, a ścianki tygla nie zostały zwilżone powyżej kreski.



Rys. 1. Aparat do oznaczania temperatury zapłonu metodą Marcussona:
1 – tygiel, 2 – gniazdo tygla, 3 – termometr, 4 – uchwyt do termometru, 5 – palnik

W gniazdo tygla – 2 wstawić tygiel – 1 i umieścić w nim termometr – 3 tak, aby dotknął dna tygla i następnie podnieść go w uchwycie – 4 o 2 mm. Sprawdzić, czy palnik – 5 przy przesuwaniu nie dotyka tygla oraz czy środek płomyka o długości 10 mm znajduje się w jego osi. Następnie przystąpić do ogrzewania aparatu, ustawiając pokrętko regulatora temperatury w takim położeniu, aby w początkowym okresie przyrost temperatury badanego produktu wynosił $6 \pm 1^\circ\text{C}$ na minutę. Po osiągnięciu temperatury o 30°C niższej od przewidywanej temperatury zapłonu, dla oleju o temperaturze zapłonu poniżej 250°C , należy szybkość ogrzewania zmniejszyć tak, aby przyrost temperatury był równy $3 \pm 0,5^\circ\text{C}$ na minutę i utrzymywać tę szybkość ogrzewania, a dla oleju o temperaturze zapłonu powyżej 250°C , po osiągnięciu temperatury o 50°C niższej od przewidywanej zmniejszyć prędkość ogrzewania.

Równocześnie z osiągnięciem temperatury o 30°C lub 50°C niższej od przewidywanej temperatury zapłonu, przesuwać jednostajnym ruchem płomyk palnika nad powierzchnią tygla tam i z powrotem. Zatrzymanie płomyka nad powierzchnią tygla jest błędem. Próby zapłonu powtarzać w odstępach co 1°C .

Temperatura zapłonu badanego produktu będzie taka, przy której pojawi się pierwszy płomyk nad tygłem i gaśnie.

W przypadku nieznaności przewidywanej temperatury zapłonu badanego produktu naftowego, należy pierwszy pomiar wykonać jako tzw. pomiar orientacyjny, stosując prędkość ogrzewania w granicach $5 \pm 1^\circ\text{C}$ na minutę i wykonywać pomiary co przyrost temperatury o 5°C do uzyskania zapłonu. Następnie należy wymienić olej i przystąpić do wykonania normatywnego pomiaru, znając przewidywaną temperaturę zapłonu produktu naftowego.

Uwaga!

Jeżeli przy pierwszym sprawdzeniu temperatury nastąpił zapłon, to pomiar należy traktować jako niewłaściwy i powtórzyć go, rozpoczynając oznaczenie w niższej temperaturze.

Opracowanie wyników

Jeżeli oznaczenie wykonane jest przy ciśnieniu atmosferycznym różniącym się od 101,3 kPa, więcej niż o 2.0 kPa, do odczytanej temperatury zapłonu należy wprowadzić poprawkę wg wzoru:

$$\Delta t = 0,25(101,3 - p)$$

gdzie:

Δt – poprawka w °C wg. tabeli 2,

p – ciśnienie zmierzone w czasie pomiaru, w kPa.

Tabela 2

Wartość poprawek Δt dla zmierzonych ciśnień

Ciśnienie atmosferyczne p [kPa]	Poprawka Δt [°C]	Ciśnienie atmosferyczne p [kPa]	Poprawka Δt [°C]
84,0 ÷ 87,7	+ 4	95,7 ÷ 99,3	+1
87,8 ÷ 91,6	+ 3	103,3 ÷ 107,0	- 1
91,7 ÷ 95,6	+ 2		

Za wynik końcowy należy przyjąć średnią arytmetyczną z co najmniej dwóch oznaczeń różniących się między sobą nie więcej niż podano w tabeli 3.

Tabela 3

Dopuszczalny błąd pomiaru

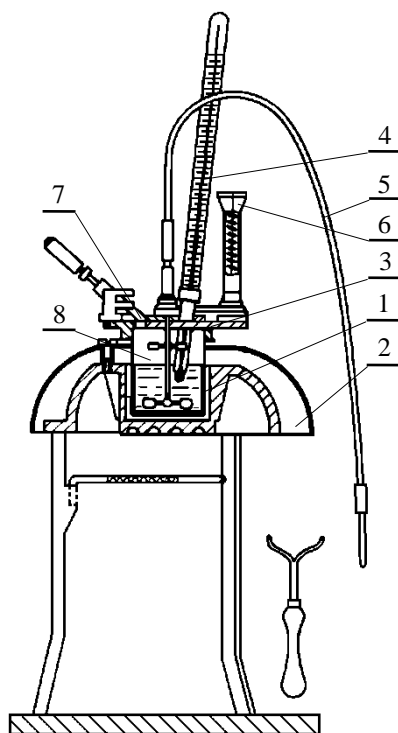
Temperatura zapłonu [°C]	Dopuszczalny błąd pomiaru [°C]
do 250	6
250 ÷ 300	7
powyżej 300	9

Uwaga!

Należy zwrócić uwagę, że pomiaru temperatury zapłonu w tyglu otwartym nie wolno stosować do oceny przydatności eksploatacyjnej używanych olejów okrętowych, a jedynie do oceny olejów świeżych.

3.2. Oznaczanie temperatury zapłonu w tyglu zamkniętym metodą Martensa-Pensky'ego

Tygiel – 1 (rys. 2) umyć benzyną ekstrakcyjną, wysuszyć strumieniem ciepłego powietrza i napęlić do kreski badaną próbką.



Rys. 2. Aparat do oznaczania temperatury zapłonu metodą Martensa-Pensky'ego:
1 – tygiel, 2 – płaszcz, 3 – pokrywa, 4 – termometr, 5 – mieszadło, 6 – gałka, 7 – palnik, 8 – komora

W przypadku, gdy badany produkt naftowy zawiera wodę (przeszkadzającą w oznaczeniu), należy go odwodnić przez wytrząsanie z bezwodnym siarczanem sodu, a następnie przesączyć przez bibułę filtracyjną. Tygiel wstawić do płaszcza – 2, przykryć pokrywą – 3 i rozpocząć ogrzewanie regulując przyrost temperatury na termostacie – 4 tak, aby wynosił $5 - 6^{\circ}\text{C}$ na minutę. W czasie pomiaru mieszać próbkę za pomocą mieszadła – 5. Sprawdzenie temperatury zapłonu przeprowadzać po obróceniu gałki – 6 i wprowadzeniu palnika – 7 do komory – 8 z równoczesnym zaprzestaniem mieszania. Płomień palnika powinien mieć kształt kulki o średnicy 4 mm.

Pierwszy pomiar temperatury zapłonu należy przeprowadzić w temperaturze o 17°C niższej od przewidywanej. Następne próby wykonać przy wzroście temperatury o 1°C dla produktu naftowego o przewidywanej temperaturze zapłonu niższej niż 104°C , a dla temperatury zapłonu wyższej od 104°C – po każdym przyroście o 3°C .

Za temperaturę zapłonu badanej próbki należy przyjąć tę, przy której nastąpi pierwsze nagłe zapalenie się par produktu (niebieski płomień) wewnątrz tygla. Zapaleniu towarzyszy zazwyczaj lekki wybuch i gaśnięcie płomienia palnika.

W przypadku nieznamości przewidywanej temperatury zapłonu badanego produktu naftowego, należy pierwszy pomiar wykonać jako tzw. pomiar orientacyjny, stosując prędkość ogrzewania w granicach $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ na minutę i wykonywać pomiary co przyrost temperatury o 5°C do uzyskania zapłonu. Następnie należy wymienić olej i przystąpić do

wykonania normatywnego pomiaru, znając przewidywaną temperaturę zapłonu produktu naftowego.

Uwaga!

Jeżeli przy pierwszym sprawdzeniu temperatury nastąpi zapłon, to pomiar należy traktować jako niewłaściwy i oznaczenie powtórzyć w niższej temperaturze.

Jeżeli pomiar był wykonany przy ciśnieniu różnym od 101,3 kPa należy obliczyć poprawkę

$$\Delta t = 0,25(101,3 - p)$$

gdzie:

Δt – poprawka w °C,

p – ciśnienie zmierzone w czasie pomiaru, w kPa.

Opracowanie wyników

Za wynik końcowy należy przyjąć średnią arytmetyczną z co najmniej dwóch oznaczeń różniących się między sobą nie więcej niż podano w tabeli 4.

Tabela 4

Dopuszczalny błąd pomiaru

Temperatura zapłonu [°C]	Dopuszczalny błąd pomiaru [°C]
do 104	2
powyżej 104	6

4. OPRACOWANIE ĆWICZENIA

1. Porównać otrzymane wyniki z wartościami katalogowymi.
2. Porównać otrzymane wyniki z wartościami ostrzegawczymi dla badanego oleju.
3. Ocenić na podstawie zmierzonej temperatury zapłonu przydatność eksploatacyjną badanego oleju.
4. Podać, czym grozi eksploatacja oleju zawierającego paliwo.
5. W tabelach pomocniczych 5 – 8 zamieszczonych na końcu instrukcji podano wartości ostrzegawcze olejów firm: Elf, Castrol, Mobli oraz wartości graniczne zalecane przez producentów silników okrętowych.

5. FORMA I WARUNKI ZALICZENIA ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

1. zaliczenie tzw. „wejściówki” przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia.
2. złożenie poprawnego sprawozdania pisemnego z wykonanego ćwiczenia, które powinno zawierać:
 - krótki wstęp teoretyczny,
 - znaczenie eksploatacyjne mierzonego parametru,
 - opracowanie uzyskanych wyników wg instrukcji stanowiskowej.
3. zaliczenie końcowe na kolokwium pod koniec semestru.

Zadania i pytania do samodzielnego wykonania przez studenta

1. Oznaczono lepkość i temperaturę zapłonu oleju Marinol RG 2040 z obiegu silnika pomocniczego. Uzyskano następujące wyniki: lepkość kinematyczna oleju wynosiła 118,25 mm²/s, a temperatura zapłonu w tyglu zamkniętym 155°C. Lepkość oleju świeżego w temperaturze 40°C zawiera się w granicach 158 – 170 mm²/s. Określić przydatność eksploatacyjną tego oleju oraz podać przyczyny zmian jego parametrów.
2. Oznaczono lepkość i temperaturę zapłonu oleju Marinol RG 4030 z obiegu silnika pomocniczego. Uzyskano następujące wyniki: lepkość kinematyczna oleju wynosiła 120,68 mm²/s, a temperatura zapłonu w tyglu zamkniętym 168°C. Lepkość oleju świeżego w temperaturze 40°C zawiera się w granicach 110 – 112 mm²/s. Określić przydatność eksploatacyjną tego oleju oraz podać przyczyny zmian jego parametrów.
3. Oznaczono lepkość i temperaturę zapłonu oleju Marinol RG 1530 z obiegu silnika pomocniczego. Uzyskano następujące wyniki: lepkość kinematyczna oleju 132,28 mm²/s, temperatura zapłonu w tyglu zamkniętym 205°C. Lepkość oleju świeżego w temperaturze 40°C zawiera się w granicach 110 – 112 mm²/s. Określić przydatność eksploatacyjną tego oleju oraz podać przyczyny zmian jego parametrów.

Pytania

1. Zdefiniować pojęcia: temperatura zapłonu i temperatura samozapłonu oraz temperatura palenia. Jaki czynnik zewnętrzny ma wpływ na wartość temperatury zapłonu?
2. W jakim celu wykonuje się pomiary temperatury zapłonu paliw oraz olejów smarowych używanych na statkach?
3. Jakimi metodami oznacza się temperaturę zapłonu świeżych olejów smarowych oraz olejów używanych i dlaczego?
4. Wyjaśnić, dlaczego temperatura zapłonu dla tego samego oleju smarowego, oznaczana w tyglu otwartym i zamkniętym, jest różna? Od czego zależy wielkość tej różnicy?
5. O czym świadczy obniżenie temperatury zapłonu używanego oleju silnikowego w stosunku do temperatury zapłonu tego samego oleju świeżego?
6. Jaka jest wartość graniczna temperatury zapłonu olejów eksploatowanych w silnikach bezwodzikowych. Jakie decyzje eksploatacyjne należy podjąć po przekroczeniu tej wartości?
7. Jakie są wymagania bezpieczeństwa p.poż. w stosunku do produktów naftowych używanych w siłowni okrętowej statków?
8. Co to jest dolna i górna granica wybuchowości mieszaniny par substancji palnej z powietrzem? Dlaczego poza tymi granicami nie dochodzi do wybuchu?

Tabele pomocnicze

Tabela 5

Wartości ostrzegawcze dla podstawowych parametrów fizykochemicznych niektórych olejów firmy Elf

Oznaczenia	Disola M3015 Disola M4015	Aurelia XT4040
Lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C [mm ² /s]	+30% -20%	+30% -20%
Liczba zasadowa [mg KOH/g]	> 8	> 15
Temperatura zapłonu w tyglu zamkniętym [°C]	> 180	> 180
Zawartość wody [%]	< 0,3	< 0,3
Zawartość zanieczyszczeń nierozpuszczalnych w n-pentanie [%]	< 2	< 2

Tabela 6

Wartości ostrzegawcze dla podstawowych parametrów fizykochemicznych niektórych olejów firmy Castrol

Oznaczenia	Castrol MPX 40 Castrol MLC 40	Castrol MXD 303
Lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C [mm ² /s]	± 25%	± 25%
Liczba zasadowa [mg KOH/g]	- 50%	-50%
Temperatura zapłonu w tyglu zamkniętym [°C]	> 180	> 180
Zawartość wody [%]	< 0,2	< 0,2
Zawartość zanieczyszczeń nierozpuszczalnych w n-pentanie [%]	< 2	< 4

Tabela 7

Wartości ostrzegawcze dla podstawowych parametrów fizykochemicznych niektórych olejów firmy Mobil

Oznaczenia	Mobil 312	Mobil 412	Mobil 442
Lepkość kinematyczna w temperaturze 40°C [mm ² /s]	min mm ² /s max 143 mm ² /s	min 102 mm ² /s max 218 mm ² /s	min 102 mm ² /s max 218 mm ² /s
Liczba zasadowa [mg KOH/g]	- 50%	- 50%	- 50%
Temperatura zapłonu w tyglu zamkniętym [°C]	> 190	> 190	> 190
Zawartość wody [%]	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zawartość zanieczyszczeń nierozpuszczalnych w n-pentanie [%]	< 2	< 2	< 2

Tabela 8

Wartości graniczne dla podstawowych parametrów fizykochemicznych olejów smarowych zalecane przez zachodnich producentów silników okrętowych

Silniki z zapłonem samoczynnym			Lepkość kinematyczna [mm ² /s] w temperaturze 100°C		Temperatura zapłonu TZ	Zawartość wody max	Zawartość zanieczy- szczeń	BN
producent	typ	model	min	max	[°C]	[% wag.]	[% wag.]	[mgKOH/g]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Daihatsu	czterosuwowy	wszystkie	-20%	+30%	180	0,1% obj.	2,5	3,0 dla paliwa (MDO) 5,0 dla paliwa (LMFO) 10,0 dla paliwa (HFO)
Deutz-MWM	czterosuwowy	D/TBD 234 TBD 604 B S/BAM 816	9 (SAE 30) 11 (SAE 40)	+25%	190	0,2	2,0	min 50%
	czterosuwowy	D/TBD 440 S/BAM 628 TBD 645 R/S/BVM 640	9 (SAE 30) 11 (SAE 40)	+25%	190	0,2	2,0	min 60%
Krupp MaK	czterosuwowy	wszystkie	80 przy 40°C (SAE 30) 130 przy 40°C (SAE 40)		180	0,2	2,0	min 15* min 18** min 50% dla paliw MDO/MGO
MAN B&W	czterosuwowy dwusuwowy	20/27 do 58/64	±1 stopień SAE		185	0,5	1,5	min 50%* min 70%**
MTU	czterosuwowy	wszystkie	9,0 (SAE 30) 10,5 (SAE 40)	+25%	190	0,2	2,5	min 50%
Wartsila	czterosuwowy	VASA 46	11,5 dla 40°C 95	19 dla 40°C 212	170	0,3 (0,5)	2,0	50% min 15
Sulzer	dwusuwowy (olejowe chłodzenie tłoków)	RTA 84 C/M/T 72, 62, 52 48, 38	-10%	+20%	180	0,5	0,5	min 5
	dwusuwowy (wodne chłodzenie tłoków)	RTA 84, 76, 68, 58 i wszystkie RND, RLA i RLB	-10%	+20%	180	0,5	0,5	min 5
	czterosuwowy	Z40, ZA40, ZA40S	-20%	+30%	180	0,5	2,5	min 60%
	czterosuwowy	typ-A i S20	-20%	+30%	180	0,5	2,5	min 50%
Yanmar	czterosuwowy	wszystkie	-20%	+30%	180	0,3% obj.	2,0	4 (dla paliwa MDO) 15 (dla paliwa HFO)

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

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

*** dotyczy silnika MaK 453 C.