

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ
Instytut Pojazdów i Transportu
Zakład Materiałów Pędnych i Smarów

2025

MATERIAŁY DO ZAJĘĆ

INSTRUKCJE DO ZAJĘĆ LABORATORYJNYCH

Spis treści

1.	Badanie gęstości za pomocą areometru	2
2.	Badanie gęstości metodą oscylacyjną z u–rurką	7
3.	Badanie składu frakcyjnego benzyn	10
4.	Badanie ciśnienia prężności par benzyn	17
5.	Badanie temperatury mętnienia	20
6.	Badanie temperatury zablokowania zimnego filtra	25
7.	Badanie indeksu cetanowego paliwa	31
8.	Badanie temperatury zapłonu biopaliw ciekłych	34
9.	Badanie liczby kwasowej	37
10.	Badanie suchej pozostałości – metoda grawimetryczna	42
11.	Badanie zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i składu granulometrycznego zanieczyszczeń mechanicznych metodą polową i metodą grawimetryczną	44
12.	Badanie zawartości wody zdyspergowanej metodą polową	49
13.	Badanie przewodności elektrycznej	51
14.	Badanie zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie	54
15.	Badanie lepkości kinematycznej	57
16.	Badanie lepkości hths olejów silnikowych	64
17.	Badanie oddziaływania korozyjnego oleju smarnego	69
18.	Badanie stopnia zestarzenia olejów silnikowych	73
19.	Badanie temperatury płynięcia cieczy hydraulicznej	79
20.	Badanie składu granulometrycznego i klasy czystości cieczy hydraulicznej	85
21.	Badanie lepkości dynamicznej oleju hydraulicznego w aparacie h��pplera	89
22.	Badanie temperatury kroplenia smaru plastycznego	93
23.	Badanie penetracji i określenie klasy konsystencji smaru plastycznego	98
24.	Badanie temperatury krystalizacji cieczy do układów chłodzenia silników spalinowych	103
25.	Badanie temperatury wrzenia płynów hamulcowych na bazie glikoli metodą termiczną	106
26.	Badanie stabilności oksydacyjnej metodą szybkiego utleniania w małej skali	109
27.	Badanie zawartości zanieczyszczeń i zawodnienia paliw lotniczych za pomocą zestawu gpt-323-2	113
28.	Badanie zawartości zanieczyszczeń paliw metodą polową przy użyciu analizatora czystości paliw zestawu gtp-172	118
29.	Badanie liczby cetanowej (LC), indeksu cetanowego, zawartości dodatku podwyższającego wartość lc, zawartości WA, WWA i FAME przy użyciu irox diesel	124

1. BADANIE GĘSTOŚCI ZA POMOCĄ AREOMETRU

A. Zasada badania

Badaną próbkę o określonej temperaturze umieszcza się w cylindrze do pomiarów areometrycznych, który uprzednio został doprowadzony w przybliżeniu, do tej samej temperatury. Areometr o dobranym zakresie pomiarowym, o temperaturze zbliżonej do temperatury próbki, zanurza się w badanej próbce i pozwala na swobodne ustalenie jego położenia. Po wyrównaniu temperatury odczytuje się wskazanie areometru i mierzy temperaturę badanej próbki. Z odpowiedniego wzoru oblicza się albo ze znormalizowanych tabel przeliczeniowych odczytuje się odpowiadającą temu wskazaniu wartość gęstości w temperaturze 15 °C.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

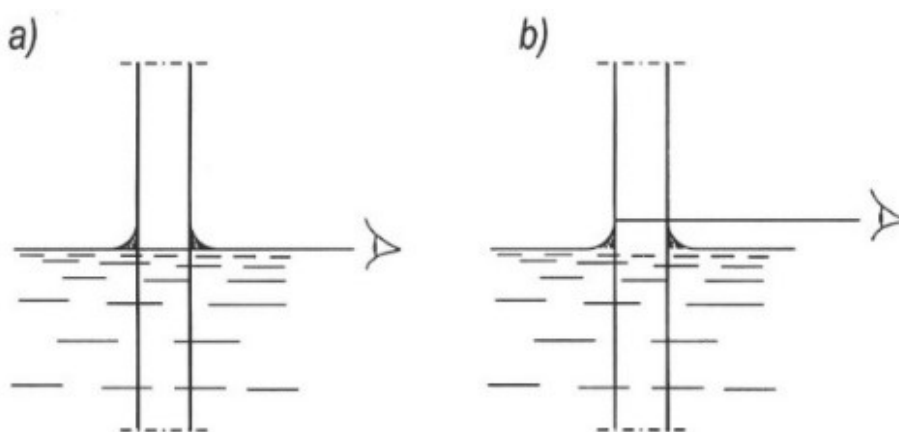
1. Cylinder szklany do pomiarów areometrycznych, z przezroczystego szkła, o średnicy co najmniej 25 mm większej niż zewnętrzna średnica areometru i o wysokości takiej, aby areometr pływał w badanej próbce, a prześwit między dolnym końcem areometru a dnem cylindra wynosił co najmniej 25 mm.
2. Areometry szklane, z podziałką cyfrowaną w jednostkach miary gęstości, o zakresie pomiarowym 0,05 g/cm³, działce elementarnej 0,001 g/cm³ i poprawce na wysokość menisku + 0,00014 g/cm³.
3. Termometr elektroniczny z czujnikiem Pt–100 o zakresie pomiarowym –50,0 ÷ 200,0 °C i dokładności wskazań 0,1 °C.
4. Pręcik do mieszania, szklany lub z tworzywa, o długości około 450 mm.
5. Benzyna ekstrakcyjna sączona.
6. Bibuła filtracyjna.

C. Przebieg ćwiczenia

1. Przed wykonaniem oznaczenia areometry szklane oraz termometr szklany cieczowy przemyć benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu.
2. Doprowadzić cylinder do pomiarów areometrycznych i areometry do temperatury zbliżonej do temperatury próbki (cylinder, areometry i badaną próbkę umieścić obok siebie na stole laboratoryjnym na czas nie krótszy niż 15 minut).
3. Wytrząsnąć ręcznie badaną próbkę w czasie nie krótszym niż dwie minuty. W przypadku zapowietrzenia próbki odczekać do zaniku piany.
4. Badaną próbkę o temperaturze badania wlać ostrożnie do cylindra areometrycznego o ustabilizowanej temperaturze, bez rozpryskiwania, unikając tworzenia się pęcherzyków powietrza i zmniejszając odparowanie niżej wrzących składników materiałów lotnych. W przypadku zbierania się na powierzchni próbki pęcherzyków powietrza usunąć je przez dotknięcie kawałkiem czystej bibuły filtracyjnej.
5. Cylinder z badaną próbką ustawić w pozycji pionowej na stole laboratoryjnym, w miejscu wolnym od przeciągów, w którym temperatura otaczającego go powietrza nie będzie się zmieniać więcej niż o 2 °C w czasie przeprowadzania pomiaru.
6. Zamieszać badaną próbkę za pomocą pręcika do mieszania wykonując połączone ruchy pionowe i rotacyjne w celu zapewnienia równomiernej temperatury i gęstości w całym cylindrze. Zmierzyć

temperaturę próbki z dokładnością do $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ przy użyciu termometru elektronicznego z czujnikiem Pt-100 i zanotować jej wartość w tabeli raportu.

7. Odczytać temperaturę wzorcowania areometru o dobranym zakresie pomiarowym i zapisać ją w tabeli raportu.
8. Zanurzyć areometr w cieczy (przy wkładaniu areometru cylinder lekko pochylić), pozwolić na swobodne ustalenie jego położenia w równowadze. Część trzpienia areometru znajdującą się powyżej poziomu, na którym areometr pływa, powinna pozostać niezwilżona. W przypadku cieczy nieprzezroczystych pozwolić na swobodne ustalenie położenia areometru w cieczy. W przypadku cieczy przezroczystych, o małej lepkości nacisnąć areometr tak, aby zanurzył się w cieczy o około dwie działki elementarne i zwolnić nacisk.
9. W celu zapewnienia swobodnego unoszenia się areometru z dala od ścian cylindra wprowadzić go w lekki ruch obrotowy i puścić. Pozostawić dostateczny czas na ustalenie się swobodnego położenia areometru i na wypłynięcie na powierzchnię wszystkich powstałych pęcherzyków. Przed odczytem usunąć wszystkie pęcherzyki z powierzchni areometru.
10. Kiedy areometr zacznie spokojnie i swobodnie pływać z dala od ścian cylindra, odczytać wskazanie areometru z dokładnością do jednej piątej działki elementarnej.
11. W przypadku cieczy przezroczystych odczytać wskazanie areometru na poziomie przecięcia podziałki areometru i płaszczyzny swobodnej powierzchni cieczy. Ustawić wzrok nieco poniżej poziomu cieczy, a następnie powoli podnosić wzrok do powierzchni (początkowo obserwowana skrzywiona elipsa przechodzi w linię prostą przecinającą podziałkę areometru) (rysunek 1.1a). W przypadku cieczy nieprzezroczystych odczytać wskazanie areometru na poziomie, do którego podnosi się próbka obserwowana przy ustawieniu wzroku nieco powyżej płaszczyzny powierzchni cieczy (rysunek 1.1b). Wartość wskazania areometru zanotować w tabeli raportu.



Rysunek 1.1 Odczyt wskazania areometru (a) dla cieczy przezroczystych, b) dla cieczy nieprzezroczystych)

12. Natychmiast po odczytaniu wskazania areometru wyjąć go z cieczy, zamieszać badaną próbkę za pomocą pręcika do mieszania i zmierzyć temperaturę próbki z dokładnością do $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ przy użyciu termometru elektronicznego z czujnikiem Pt-100. Zanotować jej wartość w tabeli raportu. Jeśli odczytana temperatura różni się od wyznaczonej przy rozpoczynaniu pomiaru więcej niż $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, powtórzyć odczytywanie

wskazania areometru, a następnie temperatury, do ustabilizowania się jej w granicach $\pm 0,5$ °C. Za każdym razem zanotować wskazania areometru i wartości temperatur. Za temperaturę badania przyjąć średnią wartość temperatury przed i po odczytaniu wskazania areometru.

13. Użyty areometr szklany oraz czujnik Pt-100 termometru elektronicznego przemyć benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu.

14. Wykonać co najmniej dwa pomiary.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Uwzględnić poprawkę na wysokość menisku według wzoru:

$$\rho_{Tm} = \rho_T + p_m \quad (1.1)$$

gdzie:

ρ_{Tm} – wskazanie areometru w temperaturze T z uwzględnieniem poprawki na wysokość menisku, g/cm³,

ρ_T – wskazanie areometru w temperaturze T bez uwzględnienia poprawki na wysokość menisku, g/cm³,

p_m – poprawka na wysokość menisku, g/cm³,

T – średnia temperatura próbki, °C.

Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

2. Dla użytego do pomiaru gęstości areometru wzorcowanego w temperaturze innej niż temperatura 15 °C (np. 20 °C), przeprowadzić korektę wskazania do wartości, jaką wskazywałby areometr wzorcowany w temperaturze 15 °C według wzoru:

$$\rho_{Tc} = \frac{\rho_{Tm}}{1 - 23 \times 10^{-6} \times (T_c - 15) - 2 \times 10^{-8} \times (T_c - 15)^2} \quad (1.2)$$

gdzie:

ρ_{Tc} – gęstość w temperaturze T z uwzględnieniem poprawki na odmienną temperaturę wzorcowania areometru od temperatury 15 °C, g/cm³;

T_c – temperatura wzorcowania użytego areometru, °C;

ρ_{Tm} – wskazanie areometru z uwzględnieniem poprawki na menisk, którego temperatura wzorcowania wynosi T_c , g/cm³.

Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

3. Za pomocą znormalizowanych tabel przeliczeniowych według PN-ISO 91-1 (tabela 1.1 dla produktów naftowych) lub dla biopaliw za pomocą współczynnika podanego w aktualnej normie PN-EN 14214, dla skorygowanego wskazania areometru ρ_{Tc} , odczytać gęstość badanej próbki w temperaturze 15 °C lub wskazanie skorygowane areometru ρ_{Tc} przeliczyć na gęstość w temperaturze 15 °C według wzoru:

$$\rho_{15} = \rho_{Tc} + \gamma(T - 15) \quad (1.3)$$

gdzie:

ρ_{15} – gęstość w temperaturze 15 °C, g/cm³;

T – średnia temperatura badanej próbki w trakcie badania gęstości, °C;

ρ_{Tc} – wskazanie areometru, z uwzględnieniem poprawki na wysokość menisku i poprawki na odmienną temperaturę wzorcowania areometru od temperatury 15 °C, g/cm³;

γ – współczynnik cieplnych zmian gęstości (tabela raportu).

Wynik oznaczenia gęstości zapisać z dokładnością 0,0001 g/cm³ oraz 0,1 kg/m³ w tabeli raportu oraz w tabeli porównania wyniku z wymaganiem.

4. Za wynik przyjąć średnią arytmetyczną co najmniej dwóch pomiarów nie różniących się więcej niż o 0,5 kg/m³ (dla cieczy przezroczystych) lub 0,6 kg/m³ (dla cieczy nieprzezroczystych).

Tabela 1.1 Wartości współczynnika cieplnych zmian gęstości

Gęstość, g/cm ³	Współczynnik cieplnych zmian gęstości g/(cm ³ × °C)	Gęstość, g/cm ³	Współczynnik cieplnych zmian gęstości g/(cm ³ × °C)
od 0,7000 do 0,7099	0,000897	od 0,8500 do 0,8599	0,000669
od 0,7100 do 0,7199	0,000884	od 0,8600 do 0,8699	0,000686
od 0,7200 do 0,7299	0,000870	od 0,8700 do 0,8799	0,000673
od 0,7300 do 0,7399	0,000857	od 0,8800 do 0,8899	0,000660
od 0,7400 do 0,7499	0,000844	od 0,8900 do 0,8999	0,000647
od 0,7500 do 0,7599	0,000831	od 0,9000 do 0,9099	0,000633
od 0,7600 do 0,7699	0,000818	od 0,9100 do 0,9199	0,000620
od 0,7700 do 0,7799	0,000805	od 0,9200 do 0,9299	0,000607
od 0,7800 do 0,7899	0,000792	od 0,9300 do 0,9399	0,000594
od 0,7900 do 0,7999	0,000778	od 0,9400 do 0,9499	0,000581
od 0,8000 do 0,8099	0,000765	od 0,9500 do 0,9599	0,000567
od 0,8100 do 0,8199	0,000752	od 0,9600 do 0,9699	0,000554
od 0,8200 do 0,8299	0,000738	od 0,9700 do 0,9799	0,000541
od 0,8300 do 0,8399	0,000725	od 0,9800 do 0,9899	0,000528
od 0,8400 do 0,8499	0,000712	od 0,9900 do 1,0000	0,000515

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania gęstości za pomocą areometru,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu:
 - podczas badania gęstości FAME i ich mieszanin z olejem napędowym użyć tabeli 4.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla pozostałych badań użyć tabeli 1.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami:
 - dla BS tabela 2.6 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”
 - dla FAME/RME tabela 4.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla ON z tabela 4.3 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,

- dla F-34 oraz pozostałych PE/MPS tabela 1.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- podczas badania gęstości FAME i ich mieszanin z olejem napędowym należy wykonać dodatkowo krzywą wzorcową zmian gęstości w temperaturze otoczenia od zawartości FAME w mieszaninie,
- wnioski.

2. BADANIE GĘSTOŚCI METODĄ OSCYLACYJNĄ Z U–RURKĄ

A. Zasada badania

Niewielką objętość (zwykle mniej niż 1 ml) badanej próbki wprowadza się do U-rurki o regulowanej temperaturze. Mierzy się częstotliwość drgań i oblicza gęstość badanej próbki z zastosowaniem stałej pomiarowej wyznaczonej przez pomiar częstotliwości drgań U-rurki wypełnionej materiałem odniesienia o znanej gęstości.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Przenośny elektroniczny gęstościomierz DMA 35N o dokładności $0,1 \text{ kg/m}^3$ z czujnikiem temperatury o dokładności $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (rys. 2.1).
2. Rozpuszczalnik do przemywania U–rurki gęstościomierza (np. n–heptan cz.d.a.).
3. Zlewka szklana o pojemności 250 cm^3 .



Rysunek 2.1 Widok gęstościomierza elektronicznego DMA 35N (1 – wyświetlacz, 2 – komora pomiarowa, 3 – rurka do napełniania, 4 – zatyczka wkręcana, 5 – pompa, 6 – blokada pompy, 7 – przycisk operacyjny „ON/OFF”, 8 – przycisk operacyjny „Recal/Delete”, 9 – przycisk operacyjny „Print/Print all”, 10 – zmierzona gęstość próbki, 11 – temperatura próbki)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Wytrząsnąć ręcznie badaną próbkę w czasie nie krótszym niż dwie minuty. W przypadku zapowietrzenia próbki odczekać do zaniku piany.
2. Doprowadzić gęstościomierz elektroniczny do temperatury zbliżonej do temperatury próbki (gęstościomierz

- i naczyniu z badaną próbką umieścić obok siebie na stole laboratoryjnym na czas nie krótszy niż 15 minut).
3. Podłączyć do gęstościomierza rurkę do napełniania badaną próbką (wkręcać ręcznie zgodnie ruchem wskazówek zegara do wycucia pewnego oporu (nie używać żadnych narzędzi).
 4. Włączyć zasilanie gęstościomierza wciskając przycisk „ON/OFF” przynajmniej przez dwie sekundy. Gęstościomierz automatycznie przeprowadzi samosprawdzenie i zaświecą się wszystkie wymagane segmenty wyświetlacza. Migotanie symbolu „ °C” oznacza zakończenie procedury sprawdzania i przejście w tryb pomiarowy.
 5. Przemyć U–rurkę rozpuszczalnikiem, przedmuchać i wysuszyć czystym, suchym powietrzem.
 6. Sprawdzić, czy odczyt gęstościomierza dla U–rurki napełnionej powietrzem mieści się w zakresie ± 1 ostatniego miejsca dziesiętnego. Jeżeli wyświetlacz nie wskazuje tej wartości, powtórzyć przemywanie, suszenie i sprawdzanie wskazania na wyświetlaczu.
 7. Napełnić komorę pomiarową:
 - wcisnąć dźwignię pompy,
 - zanurzyć rurkę do napełniania w naczyniu z badaną próbką do połowy wysokości słupa cieczy w naczyniu,
 - powoli zwalniać nacisk na dźwignię pompy powodując zasysanie badanej próbki do U–rurki znajdującej się w komorze pomiarowej (U–rurka powinna być całkowicie napełniona i nie może być w niej żadnych pęcherzyków powietrza).
 8. Sprawdzić dokładnie, czy w U–rurce nie ma pęcherzyków powietrza. W przypadku obecności pęcherzyków powietrza opróżnić U–rurkę, napełnić ją ponownie i upewnić się, że nie ma pęcherzyków powietrza.
 9. Po osiągnięciu przez gęstościomierz stałych wskazań gęstości z dokładnością do $0,1 \text{ g/cm}^3$, odczytać wartość gęstości i temperaturę z dokładnością do $0,1 \text{ °C}$. Wyniki zanotować w tabeli raportu. Stała płynna zmiana wartości wskazuje na nieustabilizowanie temperatury, natomiast przypadkowe zmiany wartości wskazują na obecność pęcherzyków powietrza w U–rurce. W takim przypadku należy powtórnie wprowadzić świeżą porcję próbki.
 10. Przyciskając przycisk „Store” wprowadzić wynik pomiaru do pamięci gęstościomierza (wyświetli się napis „Hold” i nastąpi zwiększenie o jeden numeru pozycji w pamięci), a następnie zwolnić go.
 11. Wykonać co najmniej trzy pomiary, za każdym razem pobierając świeżą porcję badanej próbki.
 12. Przemyć U–rurkę rozpuszczalnikiem, przedmuchać i wysuszyć czystym, suchym powietrzem. Wyłączyć gęstościomierz przyciskając przycisk „ON/OFF” do pojawienia się na wyświetlaczu napisu „OFF”, a następnie zwolnić go.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Anulować poprawkę hydrometryczną zawartą w tabelach (53B lub 53D według PN–ISO 91–1) według wzoru:

$$\rho_{TT} = \frac{\rho_{TWE}}{1 - 23 \times 10^{-6}(T - 15) - 2 \times 10^{-8}(T - 15)^2} \quad (2.1)$$

gdzie:

ρ_{TT} – gęstość w temperaturze T po anulowaniu poprawki hydrometrycznej, g/cm^3 ;

T – temperatura odczytana na wyświetlaczu gęstościomierza, $^{\circ}\text{C}$;

ρ_{TWE} – wskazanie na wyświetlaczu gęstościomierza w temperaturze T , g/cm³.

Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

2. Za pomocą znormalizowanych tabel przeliczeniowych według PN-ISO 91-1 1 (tabela 1.1) lub dla biopaliw za pomocą współczynnika podanego w aktualnej normie PN-EN 14214, dla skorygowanego wskazania gęstościomierza ρ_{TT} , odczytać gęstość badanej próbki w temperaturze 15 °C lub wskazanie skorygowane gęstościomierza ρ_{TT} przeliczyć na temperaturę 15 °C według wzoru:

$$\rho_{15} = \rho_{TT} + \gamma(T - 15) \quad (2.2)$$

gdzie:

ρ_{15} – gęstość w temperaturze 15 °C, g/cm³;

T – temperatura badanej próbki w trakcie badania gęstości, °C;

ρ_{TT} – gęstość w temperaturze T po anulowaniu poprawki hydrometrycznej, g/cm³;

γ – współczynnik cieplnych zmian gęstości (tabela raportu).

Wynik oznaczenia gęstości zapisać z dokładnością 0,0001 g/cm³ oraz 0,1 kg/m³ w tabeli raportu.

3. Za wynik przyjąć średnią arytmetyczną co najmniej trzech pomiarów nie różniących się więcej niż o 0,2 kg/m³ (dla cieczy przezroczystych) lub 0,4 kg/m³ (dla cieczy nieprzezroczystych).

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania gęstości przy użyciu U-rurki,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu,
 - podczas badania gęstości FAME i ich mieszanin z olejem napędowym użyć tabeli 4.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla pozostałych badań użyć tabeli 1.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami:
 - dla BS tabela 2.6 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”
 - dla FAME/RME tabela 4.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla ON z tabela 4.3 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla F-34 oraz pozostałych PE/MPS tabela 1.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- podczas badania gęstości FAME i ich mieszanin z olejem napędowym należy wykonać dodatkowo krzywą wzorcową zmian gęstości w temperaturze otoczenia od zawartości FAME w mieszaninie,
- wnioski.

3. BADANIE SKŁADU FRAKCYJNEGO BENZYN

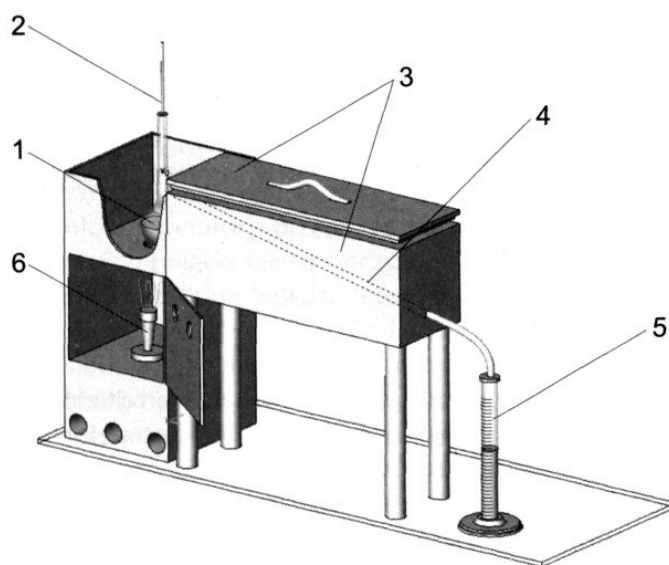
A. Zasada badania

Badaną próbkę benzyny o objętości 100 cm^3 destyluje się w określonych warunkach i systematycznie obserwuje się wskazania termometru i objętości uzyskanego destylatu. Mierzy się objętość pozostałości w kolbie i oblicza procent strat z destylacji. Koryguje się wskazania termometru do ciśnienia normalnego ($101,3\text{ kPa}$), a uzyskane dane wykorzystuje się w dalszych obliczeniach.

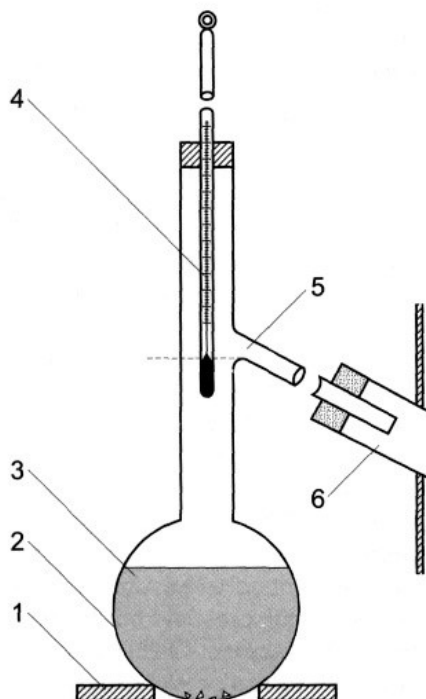
B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Łaźnia chłodząca z chłodnicą i pokrywą.
2. Metalowa osłona kolby destylacyjnej.
3. Kolba destylacyjna ze szkła żaroodpornego o objętości 125 cm^3 .
4. Grzejnik elektryczny o mocy max. 500 W (np. typu W1–250).
5. Przewód zasilający grzejnika elektrycznego.
6. Autotransformator laboratoryjny AL–2500.
7. Statyw z podstawą kolby destylacyjnej.
8. Termometr szklany rtęciowy o zakresie (od -2 do 300) $^{\circ}\text{C}$ i działce elementarnej $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ do określania temperatury oddestylowania określonych objętości (np. typu ASTM 7C/IP 5C).
9. Termometr szklany rtęciowy o zakresie (od -5 do 50) $^{\circ}\text{C}$ i działce elementarnej $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ do określania temperatury łaźni chłodzącej.
10. Cylinder pomiarowy (odbieralnik) o objętości $100 \pm 1\text{ cm}^3$ i działce elementarnej 1 cm^3 .
11. Cylinder pomiarowy (na pozostałość) o objętości $5 \pm 0,1\text{ cm}^3$ i działce elementarnej $0,1\text{ cm}^3$.
12. Podstawka pod cylinder pomiarowy (odbieralnik).

Widok stanowiska do badania składu frakcyjnego z zastosowaniem grzejnika elektrycznego przedstawiono na rysunku 3.1 i 3.2.



Rysunek 3.1 Widok stanowiska do badania składu frakcyjnego (1 – kolba destylacyjna, 2 – termometr, 3 – łaźnia chłodząca z pokrywą, 4 – chłodnica, 5 – odbieralnik, 6 – palnik lub grzejnik elektryczny)



Rysunek 3.2 Usytuowanie termometru w kolbie destylacyjnej (1 – podkładka pierścieniowa, 2 – kolba destylacyjna, 3 – próbka paliwa, 4 – termometr, 5 – szyjka kolby destylacyjnej, 6 – końcówka chłodnicy)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Usunąć ślady cieczy pozostałe w rurze chłodnicy przez wytarcie jej kawałkiem miękkiej tkaniny.
2. W próbce benzyny sprawdzić wzrokowo obecność wody. W przypadku obecności wody pobrać inną próbkę.
3. Łaźnię chłodzącą napęlnić wodą z instalacji wodociągowej odkręcając odpowiedni zawór. Następnie przy jego użyciu nastawić przepływ wody zapewniający stały jej poziom w łaźni na wysokości otworu odpływowego.
4. Temperaturę łaźni chłodzącej doprowadzić do wartości od 0 °C do 4 °C przy użyciu drobnych kawałków suchego lodu wrzucanych do wody zawartej w łaźni.
5. Grzejnik elektryczny do podgrzewania kolby destylacyjnej połączyć przewodem zasilającym z autotransformatorem (do gniazda od 0 do 250 V).
6. Przy użyciu cylindra pomiarowego (odbieralnika) odmierzyć próbkę benzyny, schłodzoną do temperatury około 10 °C, o objętości 100 cm³ i przenieść do kolby destylacyjnej. Przenoszenie należy wykonać ostrożnie, zwracając przy tym uwagę, aby ciecz nie dostała się do rurki bocznej kolby odprowadzającej pary. W przypadku rozlania części próbki lub jej wprowadzenia do rurki bocznej kolby destylacyjnej odmierzyć ponownie 100 cm³ i przenieść do następnej kolby destylacyjnej.
7. W napęlnionej kolbie destylacyjnej umieścić kilka (od 3 do 5) suchych i czystych kamyków wrzennych.
8. Termometr szklany rtęciowy o zakresie (od –2 do 300) °C i działce elementarnej 1 °C do określania temperatury oddestylowania określonych objętości, zaopatrzony w ściśle dopasowany korek z gumy silikonowej, umieścić w szyjce kolby destylacyjnej. Bańka termometru powinna być wycentrowana w szyjce kolby, a dolny koniec kapilary termometru powinien być umieszczony na poziomie najwyższego punktu dolnej wewnętrznej ścianki rurki odprowadzającej pary (rysunek 3.2).

9. Umocować rurkę do odprowadzania par z kolby destylacyjnej, zaopatrzoną w ściśle dopasowany korek z gumy silikonowej, w rurze chłodnicy. Ustawić kolbę destylacyjną w pozycji pionowej tak, aby rurka do odprowadzania par wchodziła do rury chłodnicy na głębokość od 25 do 50 mm. Podnieść na statywie podstawkę kolby destylacyjnej z grzejnikiem elektrycznym tak, aby dobrze przylegał do dna kolby.
10. Na dolny odcinek rury chłodnicy nałożyć szczelnie do niej dopasowany pierścień wycięty z bibuły. Cylinder pomiarowy (odbieralnik) użyty wcześniej do odmierzenia próbki benzyny, bez osuszania, ustawić pod dolnym odcinkiem rury chłodnicy. Końcówka dolnego odcinka rury chłodnicy powinna znajdować się w środku cylindra pomiarowego i sięgać w jego głębię na co najmniej 25 mm, lecz nie poniżej kreski oznaczającej 100 cm³. Pierścień bibuły nałożony na dolny odcinek rury chłodnicy zsunąć w dół i ściśle zakryć cylinder pomiarowy (odbieralnik).
11. Podłączyć autotransformator do gniazda zasilającego 230 V. Rozpocząć ogrzewanie kolby destylacyjnej z zawartością, końcówka chłodnicy nie powinna dotykać ścianki cylindra pomiarowego. Wyregulować nastawę suwaka autotransformatora tak, aby przedział czasowy między rozpoczęciem ogrzewania, a temperaturą początku destylacji mieścił się w przedziale od 5 do 10 minut.
12. Odczytać i zapisać w tabeli raportu temperaturę początku destylacji (temperatura odczytana w momencie spadnięcia pierwszej kropli destylatu z dolnego końca chłodnicy) z dokładnością do 0,5 °C. Przesunąć cylinder pomiarowy tak, aby końcówka chłodnicy zetknęła się z jego ścianką wewnętrzną.
13. Wyregulować nastawę suwaka autotransformatora tak, aby czas od osiągnięcia temperatury początku destylacji do zebrania 5 % obj. destylatu mieścił się w przedziale od 60 do 100 sekund.
14. Kontynuować regulację ogrzewania tak, aby średnia jednostajna prędkość destylacji od 5 % obj. destylatu do uzyskania 93 % obj. destylatu wynosiła od 4 do 5 cm³/min. Czas od uzyskania 93 % obj. destylatu do uzyskania temperatury końca destylacji nie powinien być dłuższy niż 5 minut.
15. Powtórzyć każdą destylację, w której nie dotrzymano warunków określonych w punktach od 11 do 14.
16. Odczytać i zapisać w tabeli raportu:
 - temperaturę oddestylowania 5 % obj. destylatu,
 - temperatury oddestylowania co każde 10 % obj. destylatu w zakresie od 10 % do 90 % włącznie oraz temperaturę oddestylowania 95 % obj.,
 - objętości destylatu oddestylowane do temperatury 70 °C, 100 °C oraz 150 °C i zapisać jako procent oddestylowania E70, E100 oraz E150,
 - temperaturę końca destylacji.Zapisywać wszystkie odczyty objętości z dokładnością do 0,5 cm³ oraz wszystkie odczyty z termometru z dokładnością do 0,5 °C.
17. Po uzyskaniu temperatury końca destylacji przerwać ogrzewanie i odłączyć zasilanie autotransformatora.
18. Co 2 minuty odczytywać objętość destylatu w cylindrze pomiarowym z dokładnością do 0,5 cm³, aż do osiągnięcia zgodności dwóch kolejnych odczytów. Zapisać tę objętość, jako ilość destylatu wyrażoną w % obj. z dokładnością do 0,5 % w tabeli raportu lub dla benzyny lotniczej w tabeli raportu.
19. Zakręcić zawór instalacji wodociągowej wody użytej w łaźni chłodzącej.

20. Po ochłodzeniu kolby destylacyjnej odłączyć ją od chłodnicy i przelać dokładnie jej zawartość do cylindra pomiarowego o objętości 5 cm³. Odczytać objętość zawartości cylindra z dokładnością do 0,1 cm³ i zapisać ją jako procent objętościowy pozostałości z dokładnością do 0,1 % w tabeli raportu lub dla benzyny lotniczej w tabeli raportu.
21. Korbę destylacyjną i cylinder miarowy o objętości 5 cm³ przepłukać destylatem, a następnie umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu i przepłukać w wodzie bieżącej. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż 110 ± 5 °C lub w strumieniu powietrza.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Skorygować odczyty wszystkich temperatur do ciśnienia normalnego 101,3 kPa. Wyznaczyć dla każdej z temperatur obserwowanych wartość poprawki T_C z równania Sydeny'a Younga według wzoru (3.1) lub wykorzystać dane z tabeli raportu.

$$T_C = 0,0009 \times (101,3 - p_k) \times (273 + T) \quad (3.1)$$

gdzie:

p_k – ciśnienie atmosferyczne w miejscu i podczas wykonywania badania, kPa;

T – temperatura zaobserwowana, °C.

Wyznaczone wartości poprawek dodać do odpowiednich temperatur obserwowanych, wyniki zaokrąglić do 0,5 °C i zapisać w tabeli raportu. W dalszych obliczeniach stosować tylko temperatury skorygowane.

Tabela 3.1 Przybliżone wartości poprawki dla temperatur początku i końca destylacji oraz oddestylowania określonych objętości destylatu

Zakres temperatury, °C	Poprawka, °C/kPa	Zakres temperatury, °C	Poprawka, °C/kPa
od 10,0 do 29,5	0,27	od 210,0 do 229,5	0,45
od 30,0 do 49,5	0,29	od 230,0 do 249,5	0,48
od 50,0 do 69,5	0,31	od 250,0 do 269,5	0,49
od 70,0 do 89,5	0,32	od 270,0 do 289,5	0,51
od 90,0 do 109,5	0,35	od 290,0 do 309,5	0,53
od 110,0 do 129,5	0,36	od 310,0 do 329,5	0,55
od 130,0 do 149,5	0,38	od 330,0 do 349,5	0,57
od 150,0 do 169,5	0,40	od 350,0 do 369,5	0,58
od 170,0 do 189,5	0,42	od 370,0 do 389,5	0,60
od 190,0 do 209,5	0,44	od 390,0 do 410,0	0,62

2. Obliczyć ilość obserwowanych strat L jako dopełnienie procentowej ilości całkowitego destylatu do 100 według wzoru:

$$L = 100 - R = 100 - (I + P) \quad (3.2)$$

gdzie:

L – ilość obserwowanych strat, % obj.;

R – całkowita ilość destylatu, % obj.;

I – ilość destylatu, % obj.;

P – pozostałość po destylacji, % obj..

Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

3. Obliczyć ilość skorygowanych strat L_C w % obj. według wzoru:

$$L_C = 0,5 + (L - 0,5) / [1 + (101,3 - p_k) / 8,00] \quad (3.3)$$

gdzie:

L – ilość obserwowanych strat, % obj..

Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

4. Obliczyć skorygowaną całkowitą ilość destylatu R_C w % obj. według wzoru:

$$R_C = R + (L - L_C) \quad (3.4)$$

gdzie:

L_C – ilość skorygowanych strat, % obj..

Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

5. Porównać uzyskane wyniki badań parametrów charakteryzujących skład frakcyjny próbki badanej benzyny silnikowej z odpowiednimi wymaganiami aktualnej wersji normy PN-EN 228 i rozporządzenia w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami. Podać wszystkie procenty objętościowe z dokładnością do 0,5 % obj., a temperaturę z dokładnością do 0,5 °C.
6. Porównać uzyskane wyniki badań parametrów charakteryzujących skład frakcyjny próbki badanej benzyny lotniczej z odpowiednimi wymaganiami aktualnej wersji Normy Obronnej NO-91-A235 w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami. Podać wszystkie procenty objętościowe z dokładnością do 0,5 % obj., a temperaturę z dokładnością do 0,5 °C.
7. Obliczyć wartości temperatur T_X (T_{10} , T_{50} i T_{90}) odpowiadające określonemu objętościowemu procentowi odparowania (10 %, 50 % i 90 % obj.) destylatu według wzoru:

$$T_X = T_L + [(T_H - T_L) \times (R_X - R_L) / (R_H - R_L)] \quad (3.5)$$

gdzie:

T_X – temperatura odpowiadająca określonemu objętościowemu procentowi odparowania destylatu ($X = 10$ %, 50 % i 90 % objętości), °C;

R_X – procent objętościowy destylatu, odpowiadający określonemu objętościowemu procentowi odparowania, pomniejszony o straty skorygowane L_C , % obj.;

R_H – procent objętościowy destylatu, sąsiadujący i wyższy niż R , % obj.;

R_L – procent objętościowy destylatu, sąsiadujący i niższy niż R , % obj.;

T_H – skorygowana temperatura oddestylowania objętości R_H , °C;

T_L – skorygowana temperatura oddestylowania objętości R_L , °C.

Wyniki obliczeń zapisać w tabeli raportu.

8. Obliczyć indeks właściwości jezdnych DI według wzoru (6) dla masowej zawartości tlenu w próbce badanej benzyny silnikowej lub przyjąć $n = 2,0$ % jeżeli nie ma informacji o zawartości tlenu w badanej próbce.

$$DI = 1,5 \times T_{10} + 3 \times T_{50} + T_{90} + 11 \times n \quad (3.6)$$

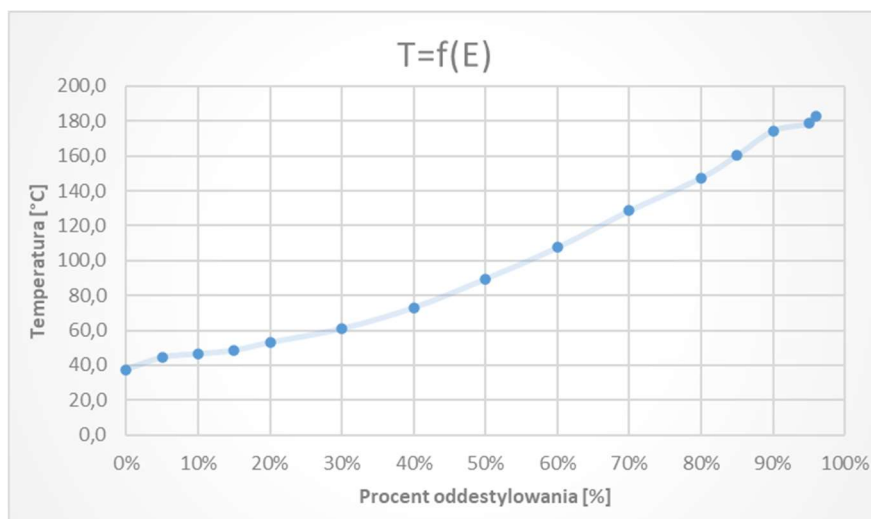
gdzie:

n – zawartość tlenu w benzynie, % masy.

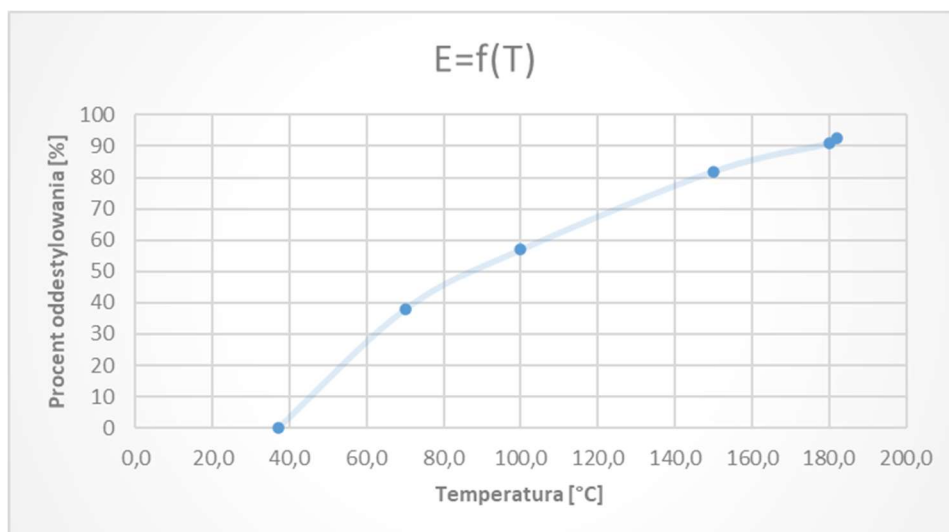
Wynik obliczeń DI zapisać w tabeli raportu. Dla benzyny lotniczej nie obliczamy wskaźnika DI .

9. Porównać uzyskane wyniki badań parametrów charakteryzujących skład frakcyjny próbki badanej benzyny silnikowej z wymaganiami Światowej Karty Paliw w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami i określić klasę lotności. Podać wszystkie procenty objętościowe z dokładnością do 0,5 % obj., a temperatury z dokładnością do 0,5 °C. Badając próbkę benzyny lotniczej nie dokonujemy porównania z wymaganiami Światowej Karty Paliw.

E. Wykresy



Rysunek 3.3 Przykładowy wykres $T=f(E)$



Rysunek 3.4 Przykładowy wykres $E=f(T)$

F. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametrów,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania składu frakcyjnego,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu:
 - dla BS tabela 2.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,

- dla BL tabela 5.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- krzywe destylacji: $E = f(T)$ oraz $T = f(E)$,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia) składu frakcyjnego próbki badanej benzyny silnikowej lub benzyny lotniczej,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami:
 - dla BS tabele 2.3 i 2.4 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla BL tabela 5.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel 3.4, 3.6 dla benzyny silnikowej a z tabeli 3.5 dla benzyny lotniczej oraz w zakresie wpływu składu frakcyjnego próbki badanej benzyny na pracę silnika i procesy magazynowo–dystrybucyjne.

4. BADANIE CIŚNIENIA PRĘŻNOŚCI PAR BENZYN

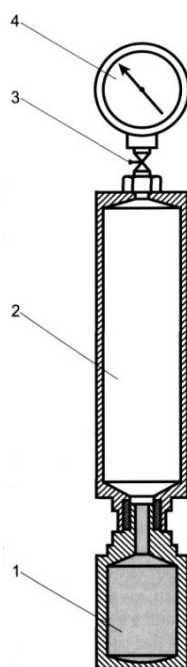
A. Zasada badania

Komorę cieczy bomby Reida, do pomiaru prężności par, wypełnia się schłodzoną próbką benzyny i łączy z komorą par. Bombę zanurza się w łaźni termostatujucej o stałej temperaturze $37,8 \pm 0,1$ °C i wytrząsa do osiągnięcia stanu równowagi. Odczyt na mierniku ciśnienia jest wartością prężności par według Reida.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Bomba Reida (rysunek 4.1) składająca się z:

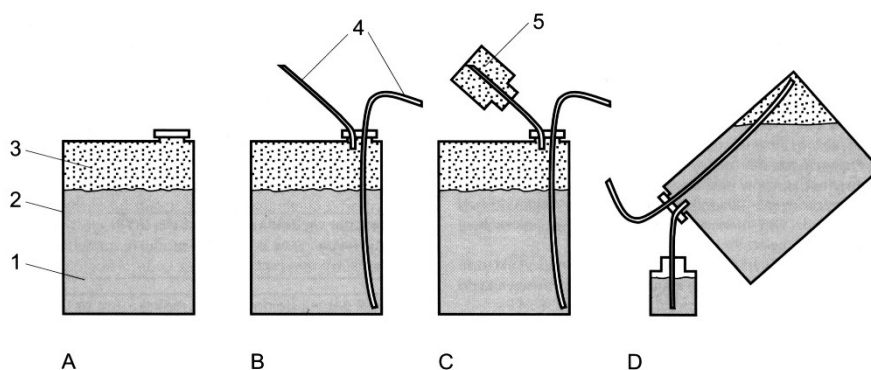
- komory par (górną część bomby – naczynie cylindryczne o średnicy wewnętrznej 51 ± 3 mm i wysokości mierzonej wewnątrz 254 ± 3 mm, na jednym końcu ze złączką pomiarową, o średnicy wewnętrznej nie mniejszej niż 5 mm, umożliwiającą podłączenie manometru, na drugim końcu z otworem o średnicy 13 mm umożliwiającym połączenie z komorą cieczy);
 - komory cieczy (dolną część bomby – naczynie cylindryczne o średnicy wewnętrznej 51 ± 3 mm i takiej objętości, aby stosunek objętości komory par do objętości komory cieczy wynosił od 3,95 do 4,05, na jednym końcu z otworem o średnicy 13 mm umożliwiającym połączenie z komorą par, drugi koniec całkowicie zamknięty).
2. Manometr sprężynowy, o średnicy od 100 mm do 150 mm, zakresie pomiarowym od 0 kPa do 100 kPa i działce elementarnej 0,5 kPa, zaopatrzony w zewnętrzny gwint 13 mm.
3. Komora chłodząca, umożliwiającą schłodzenie i utrzymanie temperatury pojemnika z próbką benzyny oraz komory cieczy w zakresie od 0 °C do 4 °C.
4. Łaźnia termostatujująca, wodna, umożliwiająca utrzymanie stałej temperatury $37,8 \pm 0,1$ °C, o wymiarach zapewniających zanurzenie bomby Reida nie mniej niż 25 mm powyżej szczytu komory par.
5. Termometr szklany, cieczowy o zakresie pomiarowym od 34 °C do 42 °C i działce elementarnej 0,1 °C, całkowitej długości od 270 mm do 280 mm.



Rysunek 4.1 Schemat Bomby Reida (1 – komora cieczy, 2 – komora par, 3 – zawór, 4 – manometr)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Włączyć zasilanie łaźni termostatujucej i doprowadzić ją do temperatury $37,8 \pm 0,1$ °C.
2. Pojemnik z próbką badanej benzyny wypełniony od 70 do 80 % objętości oraz otwartą komorę cieczy umieścić w komorze chłodzącej i schłodzić do temperatury od 0 do 4 °C (na co najmniej 10 minut). Komorę cieczy zabezpieczyć przed przedostaniem się do jej wnętrza wody.
3. Po osiągnięciu wymaganej temperatury, wyjąć pojemnik z próbką z komory chłodzącej, otworzyć go i ocenić objętość próbki. Jeżeli pojemnik jest wypełniony w ponad 80 % wylać nadmiar próbki. Po osiągnięciu wymaganego stopnia wypełnienia pojemnika, zamknąć go i wstrząsnąć nim energicznie, a następnie ponownie umieścić w komorze chłodzącej. Czynności chwilowego otwierania, zamykania, wytrząsania i wkładania do komory chłodzącej, powtórzyć trzy razy w odstępach czasu nie krótszych niż dwie minuty, w celu zapewnienia całkowitego napowietrzenia próbki badanej benzyny.
4. Oczyszczoną i przemytą komorę par oraz oczyszczony manometr połączyć ze sobą i umieścić w łaźni termostatujucej o temperaturze $37,8 \pm 0,1$ °C na co najmniej 10 minut przed połączeniem z komorą cieczy (nie wyjmować komory par z łaźni przed napełnieniem komory cieczy badaną próbką).
5. Schłodzoną komorę cieczy napełnić schłodzoną próbką benzyny do przelania się cieczy przez brzeg komory w sposób pokazany na rysunku 4.2. Kilkakrotnie lekko uderzyć o blat stołu laboratoryjnego w celu usunięcia pęcherzyków powietrza z cieczy. W przypadku wylania się przy tym części próbki badanej benzyny, uzupełnić ją, tak aby przelała się przez brzeg komory.



Rysunek 4.2 Sposób napełniania komory cieczy (A – zamknięty pojemnik z próbką, B – pojemnik z założonym uszczelnieniem króćca do przenoszenia schłodzonej próbki (z rurką przelewową i rurką odpowietrzającą), C – schłodzona komora cieczy umieszczona na rurce przelewowej, D – napełnianie komory cieczy schłodzoną próbką 1 – badana próbka, 2 – pojemnik, 3 – pary, 4 – korek z rurkami, 5 – komora cieczy)

6. Wyjąć komorę par z łaźni termostatujucej, bezzwłocznie i tak szybko jak to jest możliwe, połączyć ją z komorą cieczy. Wszystkie czynności związane z połączeniem komór powinny trwać nie dłużej niż 10 sekund.
7. Zmontowaną bombę odwrócić w celu przelania próbki benzyny z komory cieczy do komory par. Energicznie wstrząsnąć bombą w kierunku równoległym do jej osi.
8. Zanurzyć bombę ukośnie w łaźni termostatujucej o temperaturze $37,8 \pm 0,1$ °C, umieszczając miejsce połączenia komór pod powierzchnią wody, w celu umożliwienia zaobserwowania nieszczelności połączenia. Jeżeli nie obserwuje się nieszczelności, zanurzyć bombę w łaźni, tak aby szczyt komory par znalazł się co najmniej 25 mm pod powierzchnią wody. Przez cały czas badania obserwować szczelność bomby, w przypadku stwierdzenia nieszczelności powtórzyć badanie na nowej porcji próbki benzyny.

9. Po 5 minutach od zanurzenia bomby w łaźni termostatującej, lekko kilkakrotnie stuknąć w manometr i odczytać jego wskazanie. Następnie wyjąć bombę z łaźni, odwrócić ją, energicznie wytrząsnąć wzdłuż osi i natychmiast umieścić w łaźni nie dopuszczając do ochłodzenia bomby. W celu zapewnienia warunków równowagi, powtarzać odczytywanie wskazań manometru i wytrząsanie bomby co najmniej pięć razy, w odstępach nie krótszych niż dwie minuty, do uzyskania dwóch kolejnych takich samych odczytów. Stan równowagi uzyskuje się zwykle od 20 do 30 minutach. Końcowe wskazanie manometru odczytać z dokładnością do 0,25 kPa i przyjąć jako oznaczoną prężność par. Odczyty wskazań manometru zanotować w tabeli raportu.
10. Po zakończeniu badania wyjąć bombę z łaźni termostatującej. Rozłączyć komorę par, komorę cieczy i manometr.
11. Z manometru usunąć resztki badanej benzyny. W tym celu ująć manometr w obie dłonie, prawą dłonią za jego przednią część, a gwintowany łącznik skierować w przód. Wykonywać rękami ruch do przodu i w górę pod kątem 45 °C kierując złącze manometru w kierunku ruchu. Następnie opuścić ręce w dół o kąt 135 °C i pod działaniem siły odśrodkowej i siły ciężkości usuwać resztki cieczy. Powtórzyć te czynności trzykrotnie.
12. Dokładnie oczyścić komorę par z resztek próbki benzyny napełniając ją ciepłą wodą (o temperaturze wyższej niż 32 °C) i opróżniając przez swobodny wypływ. Przemycanie komory par tym sposobem powtórzyć co najmniej pięć razy. Dokładnie usunąć resztki próbki benzyny z komory cieczy, osuszyć ją i umieścić w komorze chłodzącej.

D. Opracowanie wyników pomiarów

Ostatnie odczytane wskazanie manometru przyjąć za wartość prężności par próbki badanej benzyny silnikowej. Porównać uzyskany wynik badania prężności par z odpowiednimi wymaganiami aktualnej wersji normy PN-EN 228, rozporządzenia w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych oraz Światowej Karty Paliw w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

F. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania prężności par,
- wyniki badań zestawione w tabeli 2.4 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia) badania prężności par,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 2.5 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”
- wnioski wynikające z wypełnionych tabel oraz w zakresie wpływu prężności par próbki badanej benzyny na pracę silnika i procesy magazynowo-dystrybucyjne.

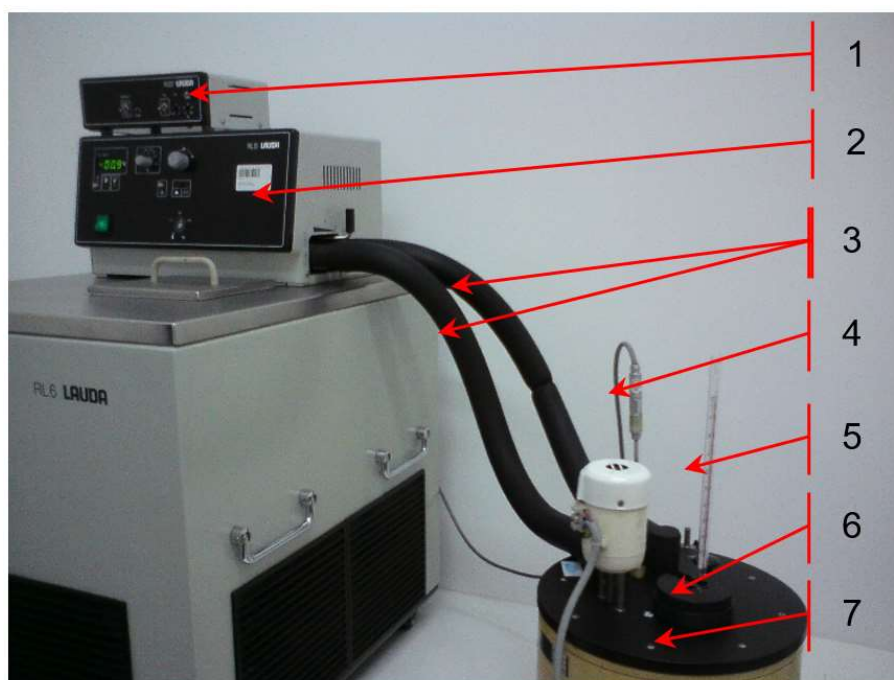
5. BADANIE TEMPERATURY MĘTNIECIA

A. Zasada badania

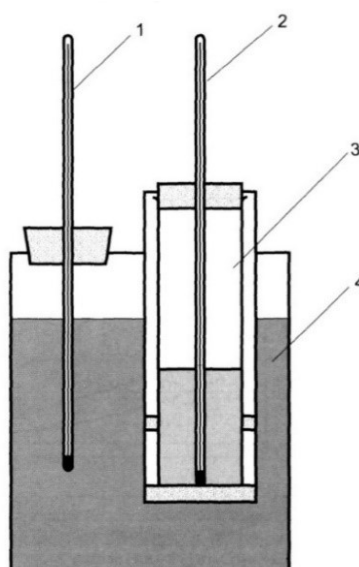
Próbkę oleju napędowego (również estrów metylowych kwasów tłuszczowych i ich mieszanin z olejami napędowymi, bez dodatków oraz z dodatkami poprawiającymi ich płynność, oraz olejów opałowych lekkich) oziębia się z ustaloną szybkością i okresowo (po każdym obniżeniu temperatury próbki o 1 °C) sprawdza jej wygląd. Temperaturę badanej próbki, w której pojawia się zmętnienie przy dnie naczynia pomiarowego, przyjmuje się jako temperaturę mętnienia (T_M).

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Stanowisko do badania temperatury mętnienia według rysunek 5.1 i 5.2.



Rysunek 5.1 Widok stanowiska do badania T_M (1 – kontroler temperatury R-22, 2 – kriostat RLS-6D, 3 – węże silikonowe, 4 – czujnik temperatury Pt-100, 5 – termometr szklany cieczowy, 6 – korek do zamknięcia naczynia pomiarowego, 7 – łaźnia z czynnikiem chłodzącym)



Rysunek 5.2 Schemat ogólny stanowiska do badania T_M (1 – termometr szklany cieczowy lub czujnik temperatury Pt-100, 2 – termometr szklany cieczowy, 3 – naczynie po-miarowe, 4 – łaźnia z czynnikiem chłodzącym)

2. Kriostat RLS–6D z kontrolerem temperatury R–22 i czujnikiem temperatury Pt–100.
3. Łaźnia oziębiająca (z cylindrycznym płaskodennym, mosiężnym płaszczem stanowiącym łaźnię powietrzną i pierścieniem podtrzymującym) zapewniająca utrzymanie temperatury w przedziale:
 - $0,5 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_M powyżej 10 °C;
 - $0,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-16,5 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_M od +9 do –7 °C;
 - $0,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-16,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-33,5 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_M od –8 do –24 °C;
 - $0,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-16,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-33,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-50,5 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_M od –25 do –41 °C,
 - $0,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-16,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-33,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-50,5 \pm 1,5$ °C, następnie $-67,5 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_M od –42 do –58 °C.
4. Dwa węże silikonowe z izolacją termiczną łączące kriostat RLS–6D z łaźnią oziębiającą.
5. Naczynie pomiarowe do badania T_M (cylindryczne, płaskodenne, z przezroczystego szkła, z trwale zaznaczoną kreską na całym obwodzie w odległości od 51 mm do 57 mm od powierzchni wewnętrznej dna określającą objętość próbki paliwa do badania).
6. Termometr szklany cieczowy (wypełniony toluenem lub inną cieczą zabarwioną czerwonym barwnikiem odpornym na działanie światła, do pomiaru temperatury próbki, o zakresie pomiarowym od –72 do +22 °C, działce elementarnej 1 °C).
7. Pierścień uszczelniający (grubości około 5 mm, szczelnie przylegający do powierzchni zewnętrznej naczynia pomiarowego i luźno do płaszcza mosiężnego łaźni oziębiającej).
8. Podkładka korkowa (grubości 6 mm, umieszczona luźno w płaszczu łaźni oziębiającej, izolująca dno naczynia pomiarowego od dna płaszcza łaźni oziębiającej).
9. Korek do zamknięcia naczynia pomiarowego (w środku z otworem do umieszczenia termometru).
10. Korek do umieszczenia czujnika temperatury Pt–100 w łaźni oziębiającej (w środku z otworem).
11. Sączki jakościowe o średnicy od 14 do 16 cm wykonane z bibuły filtracyjnej, niepylącej.
12. Kolba szklana stożkowa, o pojemności 200 cm³ z korkiem szklanym.
13. Lejek szklany o średnicy od 100 do 150 mm.
14. Heptan techniczny lub czysty.
15. Aceton cz.d.a.
16. Wata celulozowa.

C. Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzić ilość czynnika chłodzącego w łaźni wewnętrznej kriostatu RLS–6D (minimalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm powyżej górnej krawędzi węzownicy umieszczonej w łaźni, maksymalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm poniżej górnej krawędzi łaźni) i ewentualnie uzupełnić.
2. Sprawdzić ilość czynnika chłodzącego w łaźni chłodzącej (minimalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm powyżej górnej krawędzi węzownicy umieszczonej w łaźni, maksymalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm poniżej górnej krawędzi łaźni) i ewentualnie uzupełnić.

3. Sprawdzić:

- stan mocowań, ustawienie oraz połączenia poszczególnych elementów stanowiska,
- szczelność przewodów i połączeń obiegu czynnika chłodzącego,
- ułożenie przewodów łączących poszczególne elementy stanowiska,
- przewody zasilające poszczególnych elementów stanowiska,
- zamontowanie czujnika Pt-100 w pokrywie łaźni oziębiającej (koniec czujnika powinien znajdować się wewnątrz łaźni 10 ± 1 cm poniżej zewnętrznej powierzchni pokrywy),
- ustawienie kriostatu RLS-6D (zapewnić prawidłową i niezakłóconą wymianę ciepła - z tyłu i przodu utrzymywać wolną przestrzeń wynoszącą nie mniej niż 20 cm).

4. Włączyć kriostat RLS-6D i mieszadło łaźni oziębiającej.

5. Nastawić na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) temperaturę równą pierwszej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. $0,5 \pm 1,5$ °C) i rozpocząć schładzanie czynnika chłodzącego w łaźni oziębiającej.

6. Wzrokowo sprawdzić stan (i ewentualnie wymienić):

- naczynia pomiarowego (obecność pęknięć i zarysowań),
- termometru szklanego cieczowego (ciągłość słupka cieczy termometrycznej),
- pierścienia uszczelniającego, podkładki korkowej i korka (obecność uszkodzeń mechanicznych).

7. Sprawdzić czystość:

- naczynia pomiarowego i lejka szklanego – w przypadku stwierdzenia widocznych gołym okiem osadów lub zanieczyszczeń mechanicznych, ponownie umyć je heptanem, przepłukać acetonem cz.d.a, a następnie wysuszyć w komorze ciepła i schłodzić na powietrzu do temperatury otoczenia,
- termometru próbki w przypadku stwierdzenia widocznych gołym okiem osadów lub zanieczyszczeń mechanicznych przemyć watą celulozową zwilżoną heptanem, następnie przetrzeć watą celulozową zwilżoną acetonem cz.d.a. i pozostawić do wyschnięcia na powietrzu.

8. Sprawdzić czystość oraz zawilgocenie podkładki korkowej i pierścienia uszczelniającego – w przypadku stwierdzenia zabrudzenia lub zawilgocenia oczyścić je i osuszyć lub wymienić na nowe. Sprawdzić czystość i zawilgocenie wnętrza płaszcza łaźni oziębiającej – w przypadku stwierdzenia zabrudzenia oczyścić je i osuszyć przy użyciu lnianej szmatki. Zabrudzenie lub zawilgocenie podkładki, pierścienia uszczelniającego i wnętrza płaszcza łaźni oziębiającej może prowadzić do powstawania oszronienia powodującego błędne odczyty.

9. Umieścić podkładkę korkową na dnie płaszcza łaźni oziębiającej co najmniej 10 minut przed umieszczeniem naczynia pomiarowego z próbką badanego paliwa.

10. Próbkę badanego paliwa o temperaturze wyższej o co najmniej 14 °C od przewidywanej temperatury mętnienia wytrząsnąć ręcznie, odwracając pojemnik z badaną próbką, do góry dnem i z powrotem do położenia wyjściowego, nie mniej niż 30 razy w czasie nie dłuższym niż 2 minuty.

11. Usunąć wilgoć z próbki paliwa poprzez jej sączenie przy użyciu suchego sączka z bibuły filtracyjnej pozbawionej włókien i lejka szklanego do suchej kolby szklanej stożkowej do uzyskania całkowitej

przezroczystości próbki. Próbki olejów napędowych, w których w czasie schładzania stwierdzono gęstą mgiełkę w objętości, należy osuszyć świeżą ich porcję wytrząsając 100 cm³ próbki z 5 g bezwodnego siarczanu sodu przez co najmniej 5 minut w kolbie szklanej stożkowej, a następnie sączyć przy użyciu suchego sączka z bibuły filtracyjnej pozbawionej włókien i lejka szklanego do suchej kolby szklanej stożkowej.

12. Badaną przezroczystą próbkę paliwa wlać do naczynia pomiarowego do poziomu zaznaczonego linią.
13. Naczynie pomiarowe zamknąć korkiem umieszczając w nim termometr szklany cieczowy. Tak ustawić pozycję korka i termometru, aby:
 - korek przylegał ściśle do wewnętrznej powierzchni naczynia pomiarowego,
 - termometr szklany cieczowy i naczynie pomiarowe były ustawione współosiowo,
 - zbiornik termometru spoczywał na dnie naczynia pomiarowego.
14. Umieścić pierścień uszczelniający wokół naczynia pomiarowego na wysokości 25 mm od jego dna.
15. Po uzyskaniu temperatury łaźni oziębiającej $0,5 \pm 1,5$ °C umieścić naczynie pomiarowe z próbką badanego paliwa w płaszczu łaźni oziębiającej (niedopuszczalne jest umieszczenie naczynia pomiarowego bezpośrednio w płaszczu łaźni oziębiającej).
16. Po każdym obniżeniu temperatury próbki o 1 °C wyjąć szybko naczynie pomiarowe z płaszcza, nie powodując wstrząsu próbki i obserwować pojawienie się zmętnienia. Następnie umieścić naczynie pomiarowe w płaszczu. Wszystkie te czynności nie powinny trwać dłużej niż 3 s. Wynik obserwacji zapisać w raporcie z badania temperatury mętnienia.
17. Jeżeli próbka nie wykazała zmętnienia po ochłodzeniu do temperatury +10 °C, zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle m zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą drugiej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. $-16,5 \pm 1,5$ °C) i dalej schładzać badaną próbkę w łaźni o tej temperaturze.
18. Jeżeli próbka nie wykazała zmętnienia po ochłodzeniu do temperatury -7 °C, zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle m zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą trzeciej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. $-33,5 \pm 1,5$ °C) i dalej schładzać badaną próbkę w łaźni o tej temperaturze.
19. W celu oznaczenia bardzo niskich temperatur mętnienia wymagane są niższe temperatury łaźni oziębiających. Utrzymywana temperatura łaźni oziębiającej powinna być o 17 °C niższa od temperatury w poprzedniej. W każdym przypadku należy zmienić nastawę na kriostacie, gdy różnica między temperaturą próbki a kolejną najniższą temperaturą łaźni osiąga wartość 28 °C.
20. Za temperaturę mętnienia przyjąć temperaturę, w której pojawi się zmętnienie próbki badanego paliwa przy dnie naczynia pomiarowego. Zmętnienie wywołane wydzieleniem kryształów fazy stałej jest obserwowane przy dnie naczynia pomiarowego (próbki badawczej), gdzie temperatura jest najniższa. Wynik badania temperatury mętnienia zapisać w tabeli raportu.
21. Wyłączyć kriostat RLS-6D i mieszać łaźni oziębiającej.
22. Naczynie pomiarowe z próbką badanego paliwa wyjąć z płaszcza łaźni oziębiającej. Wyjąć korek z termometrem szklanym cieczowym z naczynia pomiarowego, a następnie zdemontować termometr z korka. Zsunąć pierścień uszczelniający z naczynia pomiarowego. Korek i pierścień uszczelniający, po ogrzaniu do temperatury otoczenia, wytrzeć przy użyciu kawałka lnianej szmatki do sucha i użyć do następnego badania.

23. Naczynie pomiarowe i lejek szklany umyć heptanem, przepłukać acetonem cz.d.a. i wysuszyć w komorze ciepła, schłodzić na powietrzu do temperatury otoczenia. Termometr próbki przemyć watą celulozową zwilżoną heptanem, następnie przetrzeć watą celulozową zwilżoną acetonem cz.d.a. i pozostawić do wyschnięcia na powietrzu.
24. Wyjąć podkładkę korkową z płaszcza mosiężnego łaźni oziębiającej stanowiska pomiarowego.

D. Analiza wyników pomiarów

Porównać uzyskany wynik badania T_M próbki paliwa z wymaganiami aktualnej wersji normy PN-EN 590 w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania temperatury mętnienia,
- wyniki badań zestawione w tabeli 3.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 3.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu właściwości niskotemperaturowych próbki badanego paliwa na pracę silnika o ZS w warunkach niskiej temperatury.

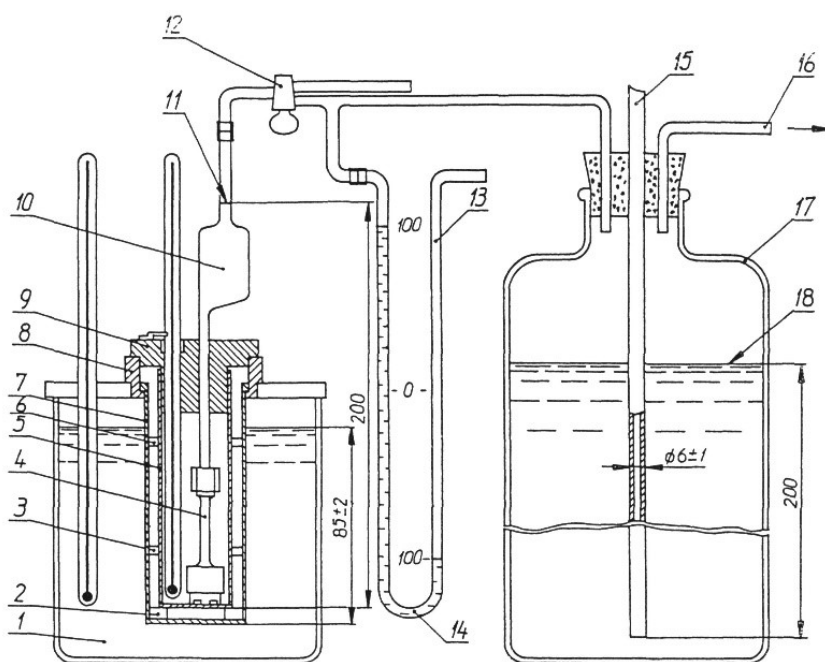
6. BADANIE TEMPERATURY ZABLOKOWANIA ZIMNEGO FILTRU

A. Zasada badania

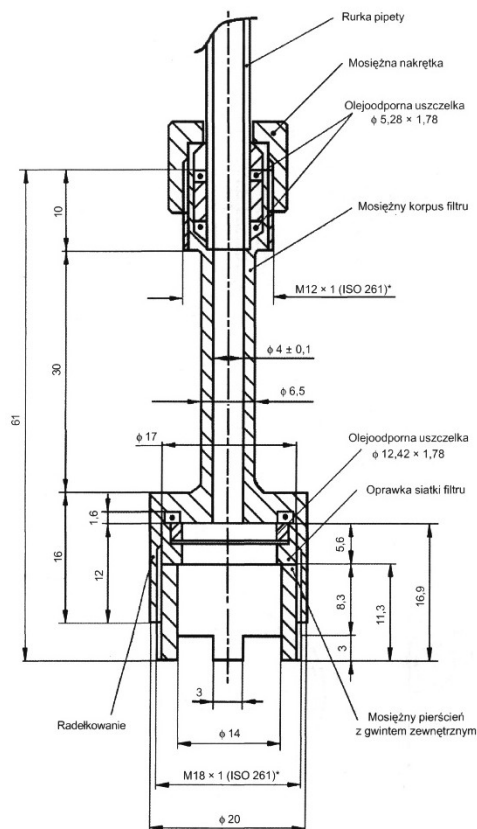
Próbka oleju napędowego (również estrów metylowych kwasów tłuszczowych i ich mieszanin z olejami napędowymi, bez dodatków oraz z dodatkami poprawiającymi ich płynność, oraz olejów opałowych lekkich), chłodzona w ściśle określonych warunkach, jest zasysana do pipety w warunkach kontrolowanego podciśnienia, przez znormalizowany filtr. Procedura zasysania jest powtarzana w trakcie chłodzenia próbki paliwa po każdym obniżeniu temperatury o 1 °C, poczynając od temperatury pierwszego badania. Badanie należy prowadzić tak długo, aż ilość wydzielających się z próbki paliwa kryształków fazy stałej spowoduje zatrzymanie lub spowolnienie przepływu przez filtr tak, że czas napełniania pipety przekroczy 60 sekund lub paliwo nie spływa całkowicie z powrotem do naczynia pomiarowego przed kolejnym oziębieniem paliwa o 1 °C. Za wynik badania temperatury zablokowania zimnego filtru (T_{ZZF}) przyjmuje się temperaturę rozpoczęcia ostatniego zasysania.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Stanowisko do badania temperatury zimnego filtru według rysunku 6.1 i 6.2.



Rysunek 6.1 Schemat ogólny stanowiska do badania TZZF (1 – łaźnia oziębiająca, 2 – pierścień izolacyjny, 3 – pierścień dystansujący, 4 – filtr, 5 – naczynie pomiarowe, 6 – pierścień dystansujący, 7 – płaszcz mosiężny, 8 – pierścień podtrzymujący, 9 – korek, 10 – pipeta, 11 – kreska kalibracyjna odpowiadająca objętości 20 cm³, 12 – kurek odcinający, 13 – manometr, 14 – woda, 15 – odpowietrzenie, 16 – połączenie z pompą próżniową, 17 – regulator próżni, 18 – poziom wody)



Rysunek 6.2 Schemat filtru

2. Kriostat RLS–6D z kontrolerem temperatury R–22 i czujnikiem temperatury Pt–100.
3. Łaźnia oziębiająca (z cylindrycznym płaskodennym, mosiężnym płaszczem stanowiącym łaźnię powietrzną i pierścieniem podtrzymującym) zapewniająca utrzymanie temperatury w przedziale:
 - $-34,0 \pm 0,5$ °C dla próbek o T_{ZZF} powyżej -20 °C;
 - $-34,0 \pm 0,5$ °C, następnie $-51,0 \pm 1,0$ °C dla próbek o T_{ZZF} od -20 do -35 °C;
 - $-34,0 \pm 0,5$ °C, następnie $-51,0 \pm 1,0$ °C, następnie $-67,0 \pm 2,0$ °C dla próbek o T_{ZZF} poniżej -35 °C.
4. Dwa węże silikonowe z izolacją termiczną łączące kriostat RLS–6D z łaźnią oziębiającą.
5. Naczynie pomiarowe do badania T_{ZZF} (cylindryczne, płaskodenne, z przezroczystego szkła, z trwale zaznaczoną kreską na całym obwodzie odpowiadającą objętości od 44,8 do 45,2 cm³).
6. Pierścień izolacyjny i dwa pierścienie dystansujące połączone w całość przy użyciu trzech drutów ze stali nierdzewnej.
7. Układ próżniowy:
 - urządzenie do wytwarzania próżni (pompa próżniowa zapewniająca podczas trwania oznaczenia w regulatorze próżni podciśnienie od 199 do 201 mm słupa wody (od 1,95 do 2,00 kPa) i natężenie przepływu od 14 do 16 dm³/godz.);
 - regulator próżni zamknięty korkiem z trzema rurkami (butla szklana częściowo wypełniona wodą, o wysokości nie mniejszej niż 350 mm, pojemności nie mniejszej niż 5 dm³, zamknięta korkiem z trzema otworami o średnicach dopasowanych do rurek szklanych (dwie rurki nie sięgające poniżej poziomu lustra wody, trzecia o średnicy od 9,0 do 11,0 mm i długości zapewniającej utrzymanie podciśnienia od 199 do 201 mm słupa wody (od 1,95 do 2,00 kPa) na manometrze U–rurkowym);

- manometr szklany U-rurkowy o zakresie pomiarowym od 0 do 200 mm i działce elementarnej 1 mm;
 - kurek odcinający (trójdrożny szklany, dwustronnie skośny, z otworami o średnicy 3 mm, do połączenia pipety z układem próżniowym oraz odpowietrzania pipety).
8. Termometr szklany cieczowy (wypełniony toluenem lub inną cieczą zabarwioną czerwonym barwnikiem odpornym na działanie światła, do pomiaru temperatury próbki, o zakresie pomiarowym od -72 do $+22$ °C, działce elementarnej 1 °C).
 9. Pipeta z przezroczystego szkła, z naniesioną kreską kalibracyjną na wysokości od 148,5 do 149,5 mm od dolnego końca pipety odpowiadającą objętości od 19,8 do 20,2 cm³.
 10. Filtr (rysunek 6.2) składający się z:
 - korpusu mosiężnego z gwintowanym otworem i uszczelką pierścieniową służący do umieszczania w dolnej części siatki filtracyjnej w oprawce z pierścieniem ustalającym przy użyciu pierścienia mosiężnego z gwintem zewnętrznym oraz łączenia w górnej części z pipetą przy użyciu nakrętki złącznej i uszczelek olejoodpornych;
 - nakrętki złącznej mosiężnej służącej do połączenia górnej części filtru z pipetą;
 - siatki filtracyjnej (krążek o średnicy od 14,9 do 15,1 mm, wykonana z drutu ze stali nierdzewnej o średnicy od 31,0 do 33,0 μm , średni wymiar oczek od 41,9 do 48,1 μm , żaden wymiar oczka nie może mieścić się poza przedziałem od 23 do 67 μm , nie więcej niż 6 % wymiarów oczek może mieścić się poza przedziałem od 32 do 58 μm);
 - oprawki mosiężnej służącej do umieszczenia siatki filtracyjnej;
 - pierścienia ustalającego służącego do docięnięcia siatki filtracyjnej w oprawce mosiężnej;
 - pierścienia mosiężnego z gwintem zewnętrznym służącego do docięnięcia pierścienia ustalającego z oprawką mosiężną i siatką filtracyjną do uszczelki pierścieniowej korpusu mosiężnego z gwintowanym otworem;
 - tulejki mosiężnej służącej do uszczelnienia połączenia filtru z pipetą;
 - tulejki mosiężnej z jednostronnym stożkowym ścięciem służącej do uszczelnienia połączenia filtru z pipetą;
 - dwóch uszczelek olejoodpornych ($\phi 5,28 \times 1,78$) służących do uszczelnienia połączenia filtru z pipetą;
 - uszczelki olejoodpornej ($\phi 12,42 \times 1,78$).
 11. Korek wykonany z tworzywa sztucznego dopasowany do naczynia pomiarowego, z trzema otworami (do umieszczenia pipety, termometru i do odpowietrzenia układu) oraz zaciskiem sprężynowym do zapewnienia utrzymania termometru w prawidłowej pozycji.
 12. Korek do umieszczenia czujnika temperatury Pt-100 w łaźni oziębiającej.
 13. Sekundomierz z podziałką 0,2 s lub dokładniejszy.
 14. Sączi jakościowe o średnicy od 14 do 16 cm wykonane z bibuły filtracyjnej, niepylącej, o nominalnym wymiarze porów 5 ± 1 μm .
 15. Lejek szklany o średnicy od 100 do 150 mm.
 16. Heptan techniczny lub czysty.
 17. Aceton cz.d.a.
 18. Wata celulozowa.

C. Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzić ilość czynnika chłodzącego w łaźni wewnętrznej kriostatu RLS–6D (minimalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm powyżej górnej krawędzi węzownicy umieszczonej w łaźni, maksymalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm poniżej górnej krawędzi łaźni) i ewentualnie uzupełnić.
2. Sprawdzić ilość czynnika chłodzącego w łaźni chłodzącej (minimalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm powyżej górnej krawędzi węzownicy umieszczonej w łaźni, maksymalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm poniżej górnej krawędzi łaźni) i ewentualnie uzupełnić.
3. Sprawdzić:
 - stan mocowań, ustawienie oraz połączenia poszczególnych elementów stanowiska;
 - szczelność przewodów i połączeń obiegu czynnika chłodzącego;
 - zamontowanie czujnika Pt–100 w pokrywie łaźni oziębiającej (koniec czujnika powinien znajdować się wewnątrz łaźni 10 ± 1 cm poniżej zewnętrznej powierzchni pokrywy);
 - ustawienie kriostatu RLS–6D (zapewnić prawidłową i niezakłóconą wymianę ciepła – z tyłu i przodu utrzymywać wolną przestrzeń wynoszącą nie mniej niż 20 cm).
4. Włączyć kriostat RLS–6D i mieszadło łaźni oziębiającej.
5. Nastawić na kriostacie (pokrętkiem zgrubnej i dokładnej regulacji) temperaturę równą temperaturze pierwszej łaźni oziębiającej (tj. $34,0 \pm 0,5$ °C) i rozpocząć schładzanie czynnika chłodzącego w łaźni oziębiającej.
6. Wzrokowo sprawdzić stan (i ewentualnie wymienić):
 - filtru i jego części składowych (obecność uszkodzeń mechanicznych korpusu mosiężnego z gwintowanym otworem i uszczelką pierścieniową, nakrętki złącznej mosiężnej, siatki filtracyjnej, oprawki mosiężnej, pierścienia mosiężnego z gwintem zewnętrznym, pierścienia ustalającego);
 - naczynia pomiarowego i pipety (obecność pęknięć i zarysowań);
 - termometru szklanego cieczowego (ciągłość słupka cieczy termometrycznej),
 - pierścienia izolacyjnego i pierścieni dystansujących (obecność uszkodzeń mechanicznych oraz ich połączenie).
7. Sprawdzić czystość: naczynia pomiarowego, pipety, filtru i jego części składowych, termometru próbki oraz lejka szklanego – w przypadku stwierdzenia widocznych gołym okiem osadów lub zanieczyszczeń mechanicznych, ponownie umyć je heptanem, przepłukać acetonem cz.d.a, a następnie wysuszyć w komorze ciepła i schłodzić na powietrzu do temperatury otoczenia.
8. Sprawdzić (ewentualnie uzupełnić do wymaganego poziomu) ilość wody w regulatorze próżni i manometrze U–rurkowym.
9. Umieścić pierścień izolacyjny z pierścieniami dystansującymi w płaszczy mosiężnym łaźni oziębiającej stanowiska pomiarowego temperatury zablokowania zimnego filtru.
10. Przygotować badaną próbkę w temperaturze otoczenia nie niższej niż 15 °C:
 - wytrząsnąć ręcznie, odwracając pojemnik z badaną próbką, do góry dnem i z powrotem do położenia wyjściowego, nie mniej niż 30 razy w czasie nie dłuższym niż 2 minuty;

- przy użyciu lejka szklanego przesączyć próbkę badanego paliwa przez suchy sączek jakościowy (o średnicy od 14 do 16 cm wykonany z bibuły filtracyjnej, niepylącej, o nominalnym wymiarze porów od 4 do 6 μm) do naczynia pomiarowego do wysokości zaznaczonego poziomu (objętość od 44,8 do 45,2 cm^3).
11. Zamontować w korku z tworzywa sztucznego pipetę, termometr szklany cieczowy, zamontować filtr i połączyć go z pipetą. Korkiem z tworzywa sztucznego z zamontowanymi elementami zamknąć naczynie pomiarowe z próbką badanego paliwa. Dolna część filtru powinna spoczywać na dnie naczynia pomiarowego. Zbiornik termometru próbki nie powinien dotykać ścianki naczynia pomiarowego, a dolny jego koniec powinien znajdować się od 1,3 do 1,7 mm powyżej dna naczynia pomiarowego.
 12. Po włączeniu pompy próżniowej sprawdzić (ewentualnie skorygować) wartość podciśnienia w układzie pomiarowym (wymagane od 199 do 201 mm słupa wody (od 1,95 do 2,00 kPa).
 13. Po uzyskaniu temperatury łaźni oziębiającej $-34,0 \pm 0,5$ °C umieścić naczynie pomiarowe z próbką badanego paliwa zamknięte korkiem z tworzywa sztucznego z pipetą, filtrem i termometrem szklanym cieczowym wewnątrz pierścieni dystansujących w płaszczu mosiężnym łaźni oziębiającej, w pionowej stabilnej pozycji. Pipetę podłączyć do elastycznej rurki łączącej ją z kurkiem odcinającym układu próżniowego otwartym do atmosfery.
 14. Badanie rozpocząć bezpośrednio po umieszczeniu naczynia pomiarowego z próbką badanego paliwa w płaszczu mosiężnym łaźni oziębiającej. Jeżeli znana jest temperatura mętnienia próbki paliwa, dopuszcza się oziębienie próbki do temperatury nie niższej niż 5 °C powyżej temperatury mętnienia.
 15. Po uzyskaniu temperatury próbki o odpowiedniej całkowitej wartości, przekręcić kurek odcinający w położenie łączące filtr z układem próżni powodując zassanie próbki przez siatkę filtracyjną i jej przepływ do pipety. Równocześnie włączyć sekundomierz. Po napełnieniu pipety do poziomu wyznaczonego kreską odpowiadającego objętości od 19,8 do 20,2 cm^3 , wyłączyć sekundomierz i przekręcić kurek odcinający do położenia wyjściowego w celu odpowietrzenia pipety, co umożliwi spłynięcie próbki do naczynia pomiarowego. Wyznaczoną wartość czasu napełnienia i opróżnienia pipety (całkowite lub częściowe) zapisać w tabeli raportu.
 16. Czynności według punktu 15 powtarzać po każdorazowym obniżeniu temperatury próbki o 1 °C, aż do osiągnięcia temperatury, w której pipeta nie zostaje w ciągu 60 s napełniona do kreski.
 17. Jeżeli filtr nie został zablokowany, gdy temperatura próbki osiągnęła -20 °C, nastawić na kriostacie (pokrętle m zgrubnej i dokładnej regulacji) temperaturę równą temperaturze drugiej łaźni oziębiającej (tj. $-51,0 \pm 1,0$ °C) i oziębiając próbkę kontynuować badanie po każdorazowym obniżeniu temperatury próbki o 1 °C.
 18. Jeżeli filtr nie został zablokowany, gdy temperatura próbki osiągnęła -35 °C, nastawić na kriostacie (pokrętle m zgrubnej i dokładnej regulacji) temperaturę równą temperaturze trzeciej łaźni oziębiającej (tj. $-67,0 \pm 2,0$ °C) i oziębiając próbkę kontynuować badanie po każdorazowym obniżeniu temperatury próbki o 1 °C. Jeżeli nie nastąpi zablokowanie filtru, gdy temperatura próbki osiągnie -51 °C, przerwać badanie i jako wynik zapisać „brak zablokowania filtru przy temperaturze -51 °C”.
 19. Zanotować w tabeli raportu temperaturę, w której rozpoczęto ostatnie napełnianie pipety, jako temperaturę zablokowania zimnego filtru.

20. Jeżeli po oziębieniu badanej próbki według punktów od 15 do 18, próbka napelni pipetę do kreski w czasie krótszym niż 60 s, ale nie całkowicie spływa do naczynia pomiarowego przy odpowietrzeniu pipety przez kurek odcinający, przed rozpoczęciem następnego napełniania pipety zanotować temperaturę rozpoczęcia filtracji jako temperaturę zablokowania zimnego filtru w tabeli raportu.
21. Wyłączyć pompę próżniową, kriostat RLS–6D i mieszadło łaźni oziębiającej.
22. Od pipety odłączyć elastyczną rurkę. Naczynie testowe z badaną próbką wyjąć z pierścieni dystansujących umieszczonych w płaszczu mosiężnym łaźni oziębiającej. Po podgrzaniu próbki badanego paliwa do temperatury nie niższej niż 10 °C wyjąć z naczynia pomiarowego korek z tworzywa sztucznego z filtrem, zamontowaną pipetą i termometrem. Zdemonstrować termometr, pipetę i filtr.
23. Naczynie pomiarowe, pipetę, filtr i jego części składowe oraz lejek szklany umyć heptanem, przepłukać acetonem cz.d.a. i wysuszyć w komorze ciepła, schłodzić na powietrzu do temperatury otoczenia. Termometr próbki przemyć watą celulozową zwilżoną heptanem, następnie przetrzeć watą celulozową zwilżoną acetonem cz.d.a. i pozostawić do wyschnięcia na powietrzu.
24. Wyjąć pierścień izolacyjny z pierścieniami dystansującymi z płaszcza mosiężnego łaźni oziębiającej stanowiska pomiarowego.

D. Analiza wyników pomiarów

Porównać uzyskany wynik badania T_{ZZF} próbki paliwa z wymaganiami aktualnej wersji normy PN–EN 590 i rozporządzenia w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania temperatury zablokowania zimnego filtru,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu:
 - dla ON tabela 3.3 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla FAME/RME tabela 4.10 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- analizę wyników pomiarów,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami:
 - dla ON tabela 3.4 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla FAME/RME tabela 4.11 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu właściwości niskotemperaturowych próbki badanego oleju napędowego na pracę silnika o ZS w warunkach niskiej temperatury.

7. BADANIE INDEKSU CETANOWEGO PALIWA

A. Zasada badania

Oznacza się gęstość próbki paliwa ze średnich destylatów naftowych (oleju napędowego, paliwa lotniczego) w temperaturze 15 °C oraz temperatury oddestylowania 10 % obj., 50 % obj. i 90 % obj. badanej próbki. Na podstawie tych danych oblicza się indeks cetanowy wykorzystując zależność (7.1). Niniejszej metodyki nie należy stosować do badania indeksu cetanowego paliw zawierających dodatki podwyższające liczbę cetanową, czystych węglowodorów i destylatów pochodzących z węgla. Zalecany zakres właściwości paliw, do których stosuje się niniejszą metodykę: *LC* (od 32,5 do 56,5), gęstość w temperaturze 15 °C (od 805,0 do 895,0) kg/m³, temperatura oddestylowania 10 % obj. (od 171 do 259) °C, temperatura oddestylowania 50 % obj. (od 212 do 308) °C, temperatura oddestylowania 90 % obj. (od 251 do 363) °C.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Gęstościomierz elektroniczny z U–rurką, zapewniający badanie gęstości z dokładnością co najmniej $\pm 0,1$ kg/m³.
2. Rozpuszczalnik do przemywania U–rurki (np. n–heptan cz.d.a).
3. Zlewka szklana o pojemności 250 cm³ (na zlewki próbki oleju napędowego po badaniu gęstości).
4. Łaźnia chłodząca z chłodnicą.
5. Metalowa osłona kolby destylacyjnej.
6. Kolba destylacyjna ze szkła żaroodpornego o objętości 125 cm³.
7. Grzejnik elektryczny o mocy max. 500 W (np. typu W1–250).
8. Przewód zasilający grzejnika elektrycznego.
9. Autotransformator laboratoryjny AL–2500.
10. Statyw z podstawą kolby destylacyjnej.
11. Termometr szklany rtęciowy o zakresie (od –2 do 400) °C i działce elementarnej 1 °C do określania temperatury oddestylowania określonych objętości (np. typu ASTM 8C/IP 6C).
12. Termometr szklany rtęciowy o zakresie (od –5 do 50) °C i działce elementarnej 1 °C do określania temperatury łaźni chłodzącej.
13. Cylinder pomiarowy (odbieralnik) o objętości 100 ± 1 cm³ i działce elementarnej 1 cm³.
14. Cylinder pomiarowy (na pozostałość) o objętości $5 \pm 0,1$ cm³ i działce elementarnej 0,1 cm³.
15. Podstawka pod cylinder pomiarowy (odbieralnik).

C. Przebieg ćwiczenia

1. Oznaczyć gęstość próbki badanego oleju napędowego metodą oscylacyjną z U–rurką, z dokładnością do 0,1 kg/m³, w temperaturze otoczenia, wykonując pięć pomiarów zgodnie z instrukcją zawartą w rozdziale 1 lub 2. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli raportu.
2. Oznaczyć wartości temperatur oddestylowania 10 % (T_{10}), 50 % (T_{50}) i 90 % (T_{90}) objętości paliwa przy użyciu stanowiska do badania składu frakcyjnego z zastosowaniem grzejnika elektrycznego zgodnie z instrukcją zawartą w rozdziale 3) i zamieścić wyniki oznaczeń w tabeli raportu.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Obliczyć dla każdego pomiaru gęstości ρ_T w temperaturze T wartość gęstości ρ_{15} w temperaturze odniesienia 15 °C według wzoru z rozdziału 1 lub 2. Wyniki obliczeń zapisać w tabeli raportu z dokładnością 0,1 kg/m³.
2. Obliczyć dla gęstości ρ_{15} wartość średnią z próby, odchylenie standardowe z próby i granice przedziału ufności (rozkład t -Studenta dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i $(n - 1)$ stopni swobody). Wyniki obliczeń zapisać w tabeli raportu. Końcowy wynik oznaczenia gęstości w temperaturze 15 °C, w postaci wartość średnia $\pm$ granica przedziału ufności, zapisać w tabeli raportu.
3. Skorygować odczyty wszystkich temperatur do ciśnienia normalnego 101,3 kPa. Wyznaczyć dla każdej z temperatur obserwowanych wartość poprawki T_c z równania Sydeny'a Younga według wzoru (7.1) lub wykorzystać dane z tabeli raportu. Wyznaczone wartości poprawek dodać do odpowiednich temperatur obserwowanych, wyniki zaokrąglić do 0,5 °C i zapisać w tabeli raportu. W dalszych obliczeniach stosować tylko temperatury skorygowane. Skorygowane temperatury oddestylowania 10 % (T_{10}), 50 % (T_{50}) i 90 % (T_{90}), procenty oddestylowania do temperatury 250 °C (E_{250}) i 350 °C (E_{350}) zanotować w tabeli raportu. Skorygowane temperatury oddestylowania 90 % (T_{90}) i 95 % (T_{95}) oraz skorygowaną temperaturę końca destylacji (T_K) zanotować w tabeli raportu.

$$T_c = 0,0009 \times (101,3 - p_k) \times (273 + T) \quad (7.1)$$

gdzie:

p_k – ciśnienie atmosferyczne w miejscu i podczas wykonywania badania, kPa;

T – temperatura zaobserwowana, °C.

Tabela 7.1 Przybliżone wartości poprawki dla temperatur początku i końca destylacji oraz oddestylowania określonych objętości destylatu

Zakres temperatury, °C	Poprawka, °C/kPa	Zakres temperatury, °C	Poprawka, °C/kPa
od 10,0 do 29,5	0,27	od 210,0 do 229,5	0,45
od 30,0 do 49,5	0,29	od 230,0 do 249,5	0,48
od 50,0 do 69,5	0,31	od 250,0 do 269,5	0,49
od 70,0 do 89,5	0,32	od 270,0 do 289,5	0,51
od 90,0 do 109,5	0,35	od 290,0 do 309,5	0,53
od 110,0 do 129,5	0,36	od 310,0 do 329,5	0,55
od 130,0 do 149,5	0,38	od 330,0 do 349,5	0,57
od 150,0 do 169,5	0,40	od 350,0 do 369,5	0,58
od 170,0 do 189,5	0,42	od 370,0 do 389,5	0,60
od 190,0 do 209,5	0,44	od 390,0 do 410,0	0,62

4. Obliczyć wartości skorygowanych temperatur oddestylowania 10 % (T_{10}), 50 % (T_{50}), 90 % (T_{90}) zgodnie ze wzorami podanymi w instrukcji do badania składu frakcyjnego benzyn silnikowych.
5. Obliczyć indeks cetanowy próbki badanego paliwa na podstawie wartości gęstości w temperaturze 15 °C i skorygowanych temperatur oddestylowania 10 % (T_{10}), 50 % (T_{50}), 90 % (T_{90}) wykorzystując zależność (7.1) z dokładnością do 0,1. Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

$$IC = 45,2 + 0,0892 * T_{10N} + (0,131 + 0,901B) * T_{50N} + (0,0523 - 0,42B) * T_{90} + 0,00049(T_{10N}^2 - T_{90}^2) + 107B + 60B^2, \quad (7.1)$$

gdzie:

$$T_{10N} = T_{10} - 215, ^\circ\text{C};$$

$$T_{50N} = T_{50} - 260, ^\circ\text{C};$$

$$T_{90N} = T_{90} - 310, ^\circ\text{C};$$

T_{10} – temperatura oddestylowania 10 % objętości paliwa, $^\circ\text{C}$;

T_{50} – temperatura oddestylowania 50 % objętości paliwa, $^\circ\text{C}$;

T_{90} – temperatura oddestylowania 90 % objętości paliwa, $^\circ\text{C}$;

$$B = [\exp(-0,0035D_N)] - 1;$$

$$D_N = D - 850;$$

D – gęstość paliwa w temperaturze 15 $^\circ\text{C}$, kg/m^3 .

6. Porównać uzyskane wyniki badań parametrów charakteryzujących badaną próbkę z odpowiednimi wymaganiami aktualnej wersji normy PN-EN 590 i rozporządzenia w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.
7. Porównać uzyskane wyniki badań parametrów charakteryzujących próbkę badanego paliwa z odpowiednimi wymaganiami Światowej Karty Paliw w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania indeksu cetanowego,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu według tabeli 3.5 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- krzywe destylacji: $E = f(T)$ oraz $T = f(E)$,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabelach 3.6 i 3.7 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu właściwości samozapłonowych, składu frakcyjnego i gęstości próbki badanego paliwa na pracę silnika i procesy magazynowo-dystrybucyjne.

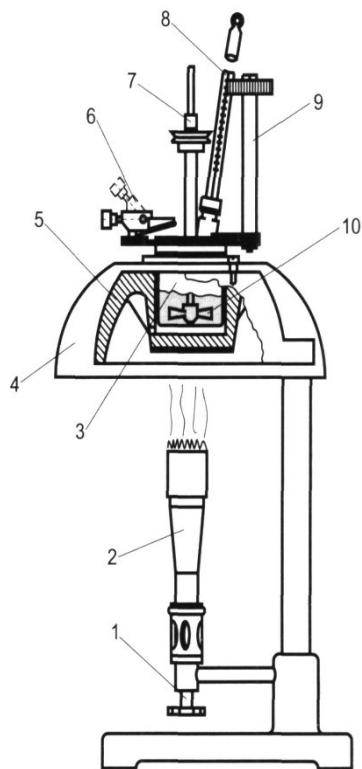
8. BADANIE TEMPERATURY ZAPŁONU BIOPALIW CIEKŁYCH

A. Zasada badania

Badaną próbkę FAME umieszcza się w tyglu aparatu Pensky'ego–Martensa i ciągle mieszając, podgrzewa się tak, aby wzrost temperatury był stały. Źródło zapłonu wprowadza się przez otwór w pokrywie tygla, w regularnych odstępach temperatury z jednoczesnym przerywaniem mieszania. Najniższa temperatura, w której przyłożenie źródła zapłonu spowoduje zapłon par próbki FAME i szerzenie się płomienia ponad powierzchnią cieczy, jest temperaturą zapłonu (T_z) przy ciśnieniu atmosferycznym otoczenia. Temperaturę tę koryguje się na normalne ciśnienie atmosferyczne, stosując odpowiednie równanie.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Aparat do badania temperatury zapłonu z tygłem zamkniętym Pensky'ego–Martensa (rysunek 8.1) składający się z:
 - tygla (wykonany z mosiądzu lub stali kwasoodpornej, z przymocowanym do obrzeża uchwytem umożliwiającym umieszczenie tygla w komorze grzewczej);
 - zestawu pokrywy składającego się z:
 - pokrywy wykonanej z mosiądzu lub stali kwasoodpornej, z kryzą przylegającą do zewnętrznej powierzchni tygla, z mechanizmem umiejscawiającym i blokującym współdziałającym z odpowiednim mechanizmem na tyglu,
 - zasuwki wykonanej z mosiądzu, otwierającej i zamykającej trzy otwory w wieczku, wykonującej ruch obrotowy między dwoma ogranicznikami, w płaszczyźnie poziomej wokół osi przechodzącej przez środek pokrywy, z mechanizmem sprężynowym zapewniającym całkowite zamknięcie trzech otworów w pozycji spoczynkowej zasuwki oraz całkowite ich otwarcie w pozycji granicznej zasuwki z jednoczesnym całkowitym obniżeniem urządzenia zapalającego;
 - urządzenia zapalającego, z końcówką z otworem o średnicy od 0,7 do 0,8 mm wykonaną ze stali kwasoodpornej, wyposażonego w odpowiedni mechanizm zapewniający obniżenie końcówki, w pozycji otwartej zasuwki, do punktu znajdującego się na linii przechodzącej przez środek największego otworu;
 - płomyka pilotowego do automatycznego zapalania płomyka testowego;
 - urządzenia mieszającego, zamontowanego w środku wieczka, z dwoma dwułopatkowymi metalowymi mieszadłami;
 - cylindrycznej komory grzewczej składającej się z łaźni powietrznej (z przymocowaną pokrywą górną) i elektrycznego elementu oporowego.
2. Autotransformator laboratoryjny AL–2500.
3. Termometr szklany rtęciowy o zakresie od 20 °C do 205 °C i działce elementarnej 1 °C.
4. Barometr o dokładności 0,1 kPa.
5. Benzyna ekstrakcyjna sączona.
6. Wata celulozowa.



Rysunek 8.1 Aparat do badania temperatury zapłonu z tygłem zamkniętym Pensky'ego-Martensa (1 – zawór do regulacji dopływu gazu, 2 – podgrzewacz płomieniowy lub elektryczny oporowy (pokazano płomieniowy), 3 – tygiel, 4 – górna pokrywa, 5 – łaźnia powietrzna, 6 – urządzenie zapalające, 7 – głowica końcówki mieszała, 8 – termometr, 9 – pokrętło zasuwki, 10 – mieszadło)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Umyć tygiel, pokrywę i jej osprzęt benzyną ekstrakcyjną w celu usunięcia pozostałości żywicy lub osadu po poprzednim oznaczeniu, wysuszyć na powietrzu.
2. Określić ciśnienie atmosferyczne otoczenia, używając barometru umieszczonego w pobliżu aparatu Pensky'ego-Martena i zanotować tabeli raportu.
3. Napełnić tygiel badaną próbką do poziomu wskazywanego przez kreskę. Wstawić tygiel do komory grzewczej i umieścić na nim pokrywę. Włożyć termometr w otwór pokrywy.
4. Zapalić płomyk pilotowy i ustawić jego średnicę od 3 do 4 mm (lub włączyć alternatywne źródło zapłonu).
5. Podgrzewacz elektryczny oporowy do podgrzewania tygla z badaną próbką połączyć przewodem zasilającym z autotransformatorem (do gniazda od 0 do 250 V). Podłączyć autotransformator do gniazda zasilającego 230 V.
6. Wyregulować nastawę suwaka autotransformatora tak, aby temperatura próbki, wskazywana przez termometr, wzrastała o od 5 do 6 °C w ciągu minuty. Utrzymywać taką szybkość ogrzewania podczas całego badania. Badaną próbkę mieszać przy użyciu urządzenia mieszającego wykonując od 90 do 120 obr./min., w kierunku ku dołowi.
7. Pierwszy raz przyłożyć źródło zapłonu przy temperaturze badanej próbki niższej o 23 ± 5 °C od oczekiwanej temperatury zapłonu i przykładać ponownie w temperaturach będących wielokrotnością 2 °C. Przyłożyć źródło zapłonu używając mechanizmu w pokrywie otwierającego zasuwkę i obniżającego źródło zapłonu do przestrzeni par w tyglu. Źródło zapłonu obniżyć w czasie 0,5 s i pozostawić w tej pozycji przez 1 s, a następnie

szybko podnieść do pozycji górnej. Na czas przykładania źródła zapłonu przerwać mieszanie próbki. Temperatury przyłożenia źródła zapłonu i wyniki tych przyłożeń zapisać w tabeli raportu.

8. Za zaobserwowaną temperaturę zapłonu przyjąć temperaturę próbki, przy której przyłożenie źródła zapłonu spowoduje wyraźny błysk wewnątrz tygla (nie należy mylić temperatury zapłonu z błękitną poświatą, która może otaczać źródło zapłonu podczas przyłożenia poprzedzającego właściwy zapłon). Wartość zaobserwowanej temperatury zapłonu zapisać w tabeli raportu.
9. Jeśli zaobserwowana temperatura zapłonu jest wyższa o 28 °C od temperatury pierwszego przyłożenia źródła zapłonu, wynik badania należy odrzucić i powtórzyć badanie, używając świeżej próbki.
10. Po oznaczeniu temperatury zapłonu przerwać ogrzewanie i odłączyć zasilanie autotransformatora. Umyć tygiel, pokrywę i jej osprzęt watą celulozową zwilżoną benzyną ekstrakcyjną, wysuszyć na powietrzu.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Obliczyć temperaturę zapłonu skorygowaną T_Z do ciśnienia normalnego 101,3 kPa według wzoru:

$$T_Z = T_O + 0,25 \times (101,3 - p) \quad (8.1)$$

gdzie:

T_Z – temperatura zapłonu skorygowana, °C;

T_O – temperatura zapłonu zaobserwowana przy ciśnieniu atmosferycznym otoczenia, °C;

p – ciśnienie atmosferyczne otoczenia, kPa.

Wynik obliczeń zapisać w tabeli porównania z wymaganiami.

2. Porównać uzyskany wynik badania temperatury zapłonu T_Z próbki FAME z wymaganiami aktualnej wersji normy PN-EN 14214 i Rozporządzenia Ministra Energii w sprawie wymagań jakościowych dla biopaliw ciekłych w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania temperatury zapłonu,
- wyniki badań zestawione w tabeli 4.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 4.5 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu temperatury zapłonu próbki badanego FAME na pracę silnika i procesy magazynowo-dystrybucyjne.

9. BADANIE LICZBY KWASOWEJ

A. Zasada badania

Próbka analityczna jest rozpuszczana w mieszaninie toluenu i propan-2-olu zawierającej małą ilość wody i miareczkowana alkoholowym roztworem wodorotlenku potasu z użyciem szklanej elektrody wskaźnikowej i referencyjnej elektrody kalomelowej. Odczyty miernika są ręcznie lub automatycznie wykreślane w stosunku do objętości roztworu mianowanego w postaci krzywej, a punkty końcowe są brane z wyraźnych punktów przegięcia na uzyskanej krzywej. Gdy nie ma widocznych punktów przegięcia, wówczas punkty końcowe brane są z pomiarów odpowiadających wynikom uzyskanym dla niewodnych kwaśnych i zasadowych roztworów buforowych.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Aparat 702 SM Titrino firmy Metrom z automatyczną biuretą miareczkującą, elektrodą kombinowaną do pomiaru napięcia w roztworze, mieszałem magnetycznym i klawiaturą sterującą (rysunek 9.1), połączony z komputerem,
2. Naczynia pomiarowe (zlewki szklane o pojemności 150 cm³).
3. Wodorotlenek potasowy cz.d.a.
4. Alkoholowy roztwór wodorotlenku potasu o stężeniu około 0,1 mol/l.
5. Alkohol izopropylowy cz.d.a.
6. Toluen cz.d.a.
7. Woda destylowana.
8. Lignina.



Rysunek 9.1 Stanowisko do badania liczby kwasowej - aparat 702 SM Titrino firmy Metrohm z wyposażeniem (1 - monitor komputera z programem rejestrującym, 2 - klawiatura komputera, 3 - butelka z roztworem do miareczkowania - 0,1 mol/l roztwór alkoholowy KOH, 4 - biureta automatyczna, 5 - zlewka o pojemności 150 cm³ z roztworem badanej próbki i elektrodą pomiarową, 6 - aparat 702 SM Titrino, 7 - klawiatura sterująca aparatu, 8 - mieszało magnetyczne)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Przygotowanie alkoholowego roztworu wodorotlenku potasowego (ciecz do miareczkowania) (rysunek 9.2). W kolbie z dnem okrągłym pojemności 1500 ml, z chłodnicą zwrotną, rozpuścić $6 \pm 0,1$ g KOH w 1000 ml alkoholu izopropylowego i ogrzewać do wrzenia przez 10 minut. Następnie kolbę z roztworem zamknąć korkiem i odstawić na dwa dni, po czym roztwór przefiltrować przez filtr do butelki ze szkła obojętnego i chemicznie odpornego o pojemności 1000 ml. Roztwór zabezpieczyć przed dostępem CO_2 , zaopatrując butelkę w rurkę z substancją pochłaniającą CO_2 . Stężenie molowe (c_2) sporządzonego roztworu oznaczyć z dokładnością nie mniejszą niż 0,0005 mol/l, miareczkując potencjometrycznie odważkę około od 0,1 do 0,15 kwaśnego ftalanu potasowego zważonego z dokładnością 0,0002 g, rozpuszczonego w 100 ml wody destylowanej, nie zawierającej CO_2 . Miano roztworu należy sprawdzać co kilka dni.



Rysunek 9.2 Substancje użyte do stworzenia KOH (a) i badania miana (b). Trzecia butelka (a) oraz 1 pierwsza butelka (b) gotowe KOH.

2. Przygotowanie rozpuszczalnika. 495 ml alkoholu izopropylowego cz.d.a. rozcieńczyć w 500 ml toluenu cz.d.a. i dodać 5 ml wody destylowanej. (rysunek 9.3) Roztwór energicznie wymieszać. Przechowywać w butelce z doszlifowanym korkiem.



Rysunek 9.3 Substancje użyte do wykonania rozpuszczalnika. Ostatnia butelka - gotowy rozpuszczalnik.

3. Przygotowanie i postępowanie z elektrodą pomiarową. Przy stosowaniu i przechowywaniu elektrod należy przestrzegać zaleceń zawartych instrukcji producenta. Pomiędzy pomiarami elektrodę należy przechowywać w wodzie destylowanej, a w przypadku zakończeniu cyklu pomiarowego należy ją

przechowywać w nasyconym roztworze wodorotlenku litowego. Przed każdym pomiarem elektrodę należy zanurzyć na co najmniej 5 minut w wodzie destylowanej, następnie wytrzeć do sucha i umieścić w roztworze badawczym. Jeżeli po włożeniu do roztworu badawczego wartość napięcia jest bardzo niestabilna, zmienia się gwałtownie (zmiany napięcia w górę i w dół bez tendencji do stabilizacji) oznacza to, że na elektrodzie są ślady wilgoci. Dlatego należy powtórzyć czynność mycia elektrody i jej suszenia. Podczas badania należy uzupełniać ilości elektrolitu (nasycony alkoholowy roztwór chlorku litowego) w elektrodzie do poziomu powyżej oznaczonego białym pierścieniem (wewnątrz elektrody). Ponadto przed badaniem należy sprawdzić czy pierścień na zewnątrz elektrody jest ruchomy i pozwala na wpływ elektrolitu na końcówkę elektrody.

4. Przygotowanie próbki do badania. Próbkę badanego produktu pobrać do szklanej butelki pojemności 1 l, napełniając ją nie więcej niż $\frac{3}{4}$ pojemności. Przed pobraniem próbki analitycznej zawartość butelki wymieszać poprzez wytrząsanie.
5. Badanie całkowitej liczby kwasowej. Oznaczenie ślepej próby (V_2 ze wzoru 9.1). Do naczynia do miareczkowania wlać 90 ml rozpuszczalnika. Przygotowane elektrody należy zanurzyć w naczyniu do miareczkowania tak, aby były okrągła końcówka elektrody i pierścień zewnętrzny elektrody były zanurzone w roztworze. Włączyć mieszadło magnetyczne i uregulować szybkość obrotów tak, aby pomimo energicznego mieszania roztwór nie rozpryskiwał się i nie tworzyły pęcherzyki powietrza. Włączyć aparat do miareczkowania, wybrać z pamięci aparatu za pomocą klawiatury program „SLEPA LK”. Wcisnąć „START” na klawiaturze i czekać do zakończenia oznaczenia.
6. Badanie liczby kwasowej – wyznaczenie punktu równoważnikowego (V_1 we wzorze 9.1) Do naczynia do miareczkowania (zlewka 150 cm³) odważyć próbkę badanego produktu o masie zależnie od przewidywanej liczby kwasowej, według tabeli 9.1, i dolać 90 ml rozpuszczalnika.

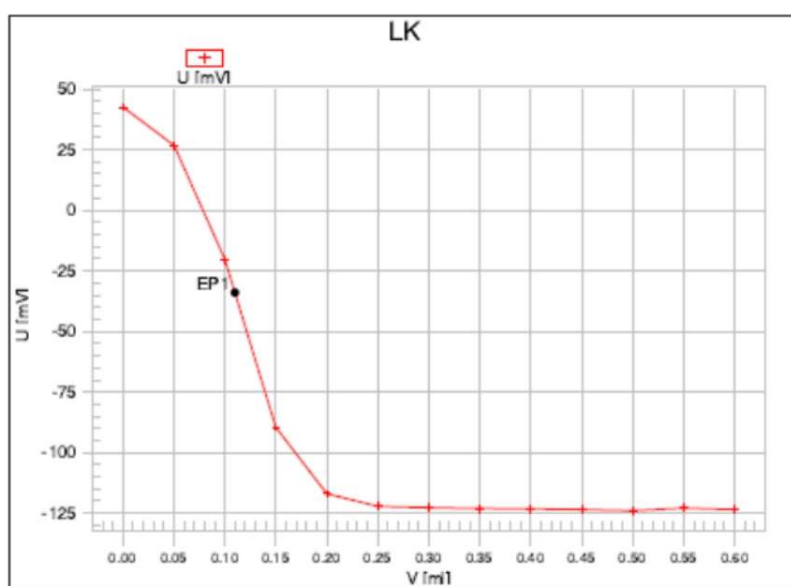
Tabela 9.1 Wielkość naważki próbki badanego produktu w zależności od przewidywanej liczby kwasowej

Przewidywana liczba kwasowa, [mgKOH/g]	Masa próbki [g]	Dokładność ważenia [g]
0,05 do 1,0	$20 \pm 2,0$	0,10
pow. 1,0 do 5,0	$5 \pm 0,5$	0,02
pow. 5,0 do 20,0	$1,0 \pm 0,1$	0,005
pow. 20 do 100	$0,25 \pm 0,02$	0,001
pow. 100 do 250	$0,10 \pm 0,01$	0,0005

7. Przygotowane elektrody należy zanurzyć w naczyniu do miareczkowania tak, aby były okrągła końcówka elektrody i pierścień zewnętrzny elektrody były zanurzone w roztworze. Włączyć mieszadło magnetyczne i uregulować szybkość obrotów tak, aby pomimo energicznego mieszania roztwór nie rozpryskiwał się i nie tworzyły pęcherzyki powietrza. Włączyć aparat do miareczkowania, wybrać z pamięci aparatu za pomocą klawiatury program „LK”. Wcisnąć „START” na klawiaturze aparatu i obserwować przebieg oznaczenia, tj. wyświetlaną wartość napięcia na ekranie aparatu Titrino. Roztwór KOH należy dodawać w takich porcjach, aby jednorazowa zmiana potencjału, pomiędzy kolejnymi dawkami, była nie większa niż

30 mV (standardowo w programie ustawiona jest wartość 0,1 ml). Badanie można zakończyć jeżeli kolejne dawki roztworu KOH dodawane do roztworu rozpuszczalnika i próbki wywołują zmianę potencjału nie większą niż 5 mV w ciągu minuty. Aby zatrzymać pomiar ręcznie wciśnij „STOP” na klawiaturze aparatu.

8. Po zakończeniu oznaczenia dane pomiarowe zostaną przesłane do komputera i oprogramowanie rejestrującego V_{esuv} , w którym wyliczona zostanie liczba kwasowa i zarejestrowana krzywa miareczkowania (rysunek 9.4).
9. Rejestracja krzywej miareczkowania ilości roztworu miareczkującego w funkcji zmiany potencjału służy do określenia ilości roztworu miareczkującego użytego do zobojętniania kwasowych składników badanego produktu (V_1 we wzorze 9.1, na wykresie punkt EP_1). Ilość ta jest wyznaczana z punktu przegięcia na krzywej miareczkowania, a jeżeli punkt ten był niewyraźny - z punktu odpowiadającego wartości potencjału rozcieńczonego roztworu buforowego, kwasowego.



Rysunek 9.4 Zarejestrowana krzywa miareczkowania

10. Wartość liczby kwasowej wyliczana jest według wzoru:

$$LK = \frac{(V_1 - V_2) \times c_z \times 56,1}{m} \quad (9.1)$$

gdzie:

V_1 – objętość alkoholowego roztworu KOH o stężeniu $c(\text{KOH}) = 0,1 \text{ mol/l}$, zużytego do zmiareczkowania badanej próbki do wartości potencjału odpowiadającej potencjałowi roztworu buforowego wzorcowego BR do zobojętnienia kwasów w próbce i rozpuszczalniku, ml,

V_2 – objętość alkoholowego roztworu KOH o stężeniu $c(\text{KOH}) = 0,1 \text{ mol/l}$, zużytego do zmiareczkowania ślepej próby, ml;

56,1 – masa cząsteczkowa wodorotlenku potasowego KOH;

c_z – stężenie alkoholowego roztworu KOH, mol/l;

m – masa badanej próbki, g.

Dane pomiarowe zanotować w tabeli 9.2.

D. Wynik badania

Za wynik badania liczby kwasowej przyjąć średnią arytmetyczną wyników co najmniej dwóch oznaczeń nie różniących się między sobą o więcej niż to podano w tabeli 9.2 (powtarzalność), podaną z dokładnością do dwóch miejsc znaczących.

Tabela 9.2 Powtarzalność i odtwarzalność metody w zależności od oznaczonej liczby kwasowej

Liczba kwasowa [mgKOH/g]	Powtarzalność [mgKOH/g]	Odtwarzalność [mgKOH/g]
od 0,05 do 1,0	0,02	0,04
pow. 1,0 do 5,0	0,1	0,2
pow. 5,0 do 20,0	0,5	1,0
pow. 20 do 100	2	4
pow. 100 do 250	5	10

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,,
- zasadę badania liczby kwasowej,
- opracowanie wyników badań, (w niektórych przypadkach wyliczenie wartości liczby kwasowej, według wzoru 9.1, na podstawie uzyskanych danych pomiarowych i uzyskanych wyników badania), i analizę wyników badania liczby kwasowej próbki badanej próbki,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 4.12 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi” lub dostosowanej do innych próbek,
- przykładowy wykres liczby kwasowej zbadanych próbek,
- wnioski wynikające z porównania w zakresie uzyskanej wartości liczby kwasowej próbki badanego biopaliwa, wpływu na pracę silnika i procesy magazynowo–dystrybucyjne.

10. BADANIE SUCHEJ POZOSTAŁOŚCI – METODA GRAWIMETRYCZNA

A. Zasada badania

Badanie polega na wysuszeniu krystalizatora do stałej masy. Następnie nalaniu i odparowaniu w krystalizatorze 50 ml badanego bioetanolu. Po uzyskaniu stałej masy krystalizator należy umieścić w suszarce nagrzaną do 100 °C po czym przełożyć go w eksykatorze. Wynikiem badania jest różnica pomiędzy masą krystalizatora przed i po badaniu.

B. Zabezpieczenie materiałowo-techniczne

1. Płyta grzewcza,
2. Autotransformator,
3. Suszarka (temperatura suszenia 103 ± 2 °C),
4. Krystalizatory o objętości 150 ml,
5. Cylinder miarowy o objętości 50 ml,
6. Eksykator wypełniony środkiem osuszającym,
7. Waga analityczna umożliwiająca ważenie z dokładnością do 0,1 mg.

C. Przebieg ćwiczenia

Czyste, suche krystalizatory umieścić w suszarce na 30 minut, a następnie przenieść je do eksykatora i pozostawić do wystygnięcia na 30 minut. Po tym czasie krystalizatory zważyć z dokładnością do 0,1 mg (M_0). Cylindrem odmierzyć 50 ml próbki i przelać do krystalizatora. Umieścić krystalizatory na grzałce, podłączyć autotransformator i ogrzewać próbki do całkowitego odparowania alkoholu. Następnie krystalizatory przenieść za pomocą szczypców do suszarki nagrzaną do temperatury 103 ± 2 °C na 30 minut. Wysuszone krystalizatory wraz z pozostałością umieścić w eksykatorze. Pozostawić do ostygnięcia przez 30 minut, a następnie zważyć wraz z pozostałością z dokładnością do 0,1 mg (M_1).

Zawartość suchej pozostałości D [mg/100ml] obliczyć ze wzoru (10.1):

$$D = (M_1 - M_0) \times 2 \quad (10.1)$$

gdzie:

M_1 - oznacza masę krystalizatora i pozostałości po osuszeniu, wyrażoną w mg,

M_0 - oznacza masę czystego, suchego krystalizatora, wyrażoną w mg.

Zawartość suchej pozostałości podawać z dokładnością do 1 mg/100ml.

D. Opracowanie wyników pomiarów

Wyniki pomiarów zapisać w postaci tabeli raportu:

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania suchej pozostałości,
- wyniki badań zestawione w tabeli 4.13 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 4.14 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski dotyczące otrzymanych wyników, odniesienie otrzymanego wyniku do wymagań jakościowych dla bioetanolu.

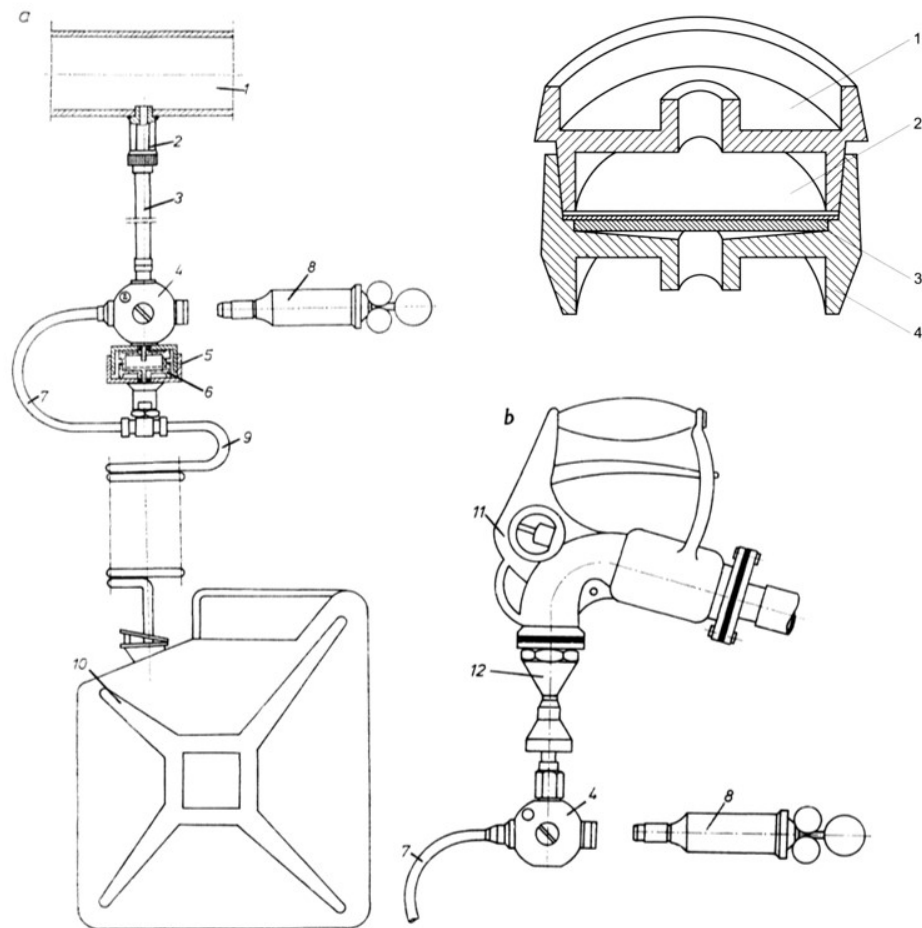
11. BADANIE ZAWARTOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ MECHANICZNYCH I SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO ZANIECZYSZCZEŃ MECHANICZNYCH METODĄ POŁOWĄ I METODĄ GRAWIMETRYCZNA

A. Zasada badania

Oznaczenie polega na przesączeniu z zastosowaniem próżni 5 dm³ badanego paliwa przez uprzednio zważony sączonek membranowy o nominalnej średnicy porów 0,8 μm. Wygląd sączonek z wydzielonymi cząstkami zanieczyszczeń stałych porównuje się z wzorcami zawartości zanieczyszczeń mechanicznych oraz wzorcami składu granulometrycznego. Następnie sączonek przemywa się, suszy i waży. Zawartość zanieczyszczeń jest obliczana na podstawie różnicy mas sączonek po i przed sączeniem i określana w odniesieniu do objętości próbki badanego paliwa w mg/dm³.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Zestaw do sączenia składający się z:
 - rozdzielacz szklany o pojemności 1 dm³,
 - kolba stożkowa ssawkowa o pojemności 2 dm³,
 - przewodów ciśnieniowych umożliwiających szczelne połączenie rozdzielacza z wkładem filtracyjnym, wkładu filtracyjnego z rurką szklaną oraz kolby z pompką próżniową,
 - rurki szklanej z korkiem zapewniającym szczelne połączenie wkładu filtracyjnego z kolbą stożkową ssawkową.
2. Wkład filtracyjny (6 – rysunek 11.1) składający się z: pokrywki, podkładki i podstawki.
3. Sączonek membranowy, o średnicy 37 mm i nominalnej średnicy porów 0,8 μm.
4. Wzorce zawartości zanieczyszczeń mechanicznych w paliwie lotniczym (skala od 0 do 10, o trzech równocennych odcieniach oznaczonych literami A, B i C) będące ilustracją sączonek membranowych
5. z naniesionymi mikrozanieczyszczeniami.
6. Wzorce składu granulometrycznego zanieczyszczeń mechanicznych w paliwie lotniczym (skala od A do I) będące ilustracją sączonek membranowych z naniesionymi mikrozanieczyszczeniami.
7. Waga analityczna o zakresie pomiarowym 200 g i dokładności 0,0001 g.
8. Komora ciepła umożliwiająca uzyskanie temperatury 110 ± 5 °C.
9. Szklane szalki Petriego z przykrywkami o średnicy większej niż 50 mm.
10. Eksykator wypełniony świeżo uaktywnionym żelazem krzemionkowym.
11. Pompka próżniowa umożliwiająca uzyskanie bezwzględnego ciśnienia od 2 kPa do 5 kPa.
12. Pinceta o zaokrąglonych końcach, do przenoszenia sączonek membranowych z podkładki sączonek do szalki Petriego, a następnie z szalki Petriego na wagę analityczną.
13. n-heptan cz.d.a.
14. Propan–2–ol.
15. Woda destylowana.



Rysunek 11.1 Analizator czystości paliw (ACP) (1 – rurociąg, 2 – zawór szybkozłączny, 3 – wąż łączący, 4 – zawór czterodrożny analizatora, 5 – obudowa wkładu filtracyjnego, 6 – wkład filtracyjny (1 – pokrywa, 2 – sącdek membranowy, 3 – podkładka, 4 – podstawka), 7 – wąż do płukania, 8 – pompa ręczna do wydalenia resztek paliwa, 9 – wąż sprężynowy do odprowadzania paliwa, 10 – pojemnik na przefiltrowane paliwo, 11 – pistolet nalewczy, 12 – reduktor do pistoletu wydawczego pompy tłoczkowej.)

C. Przebieg ćwiczenia

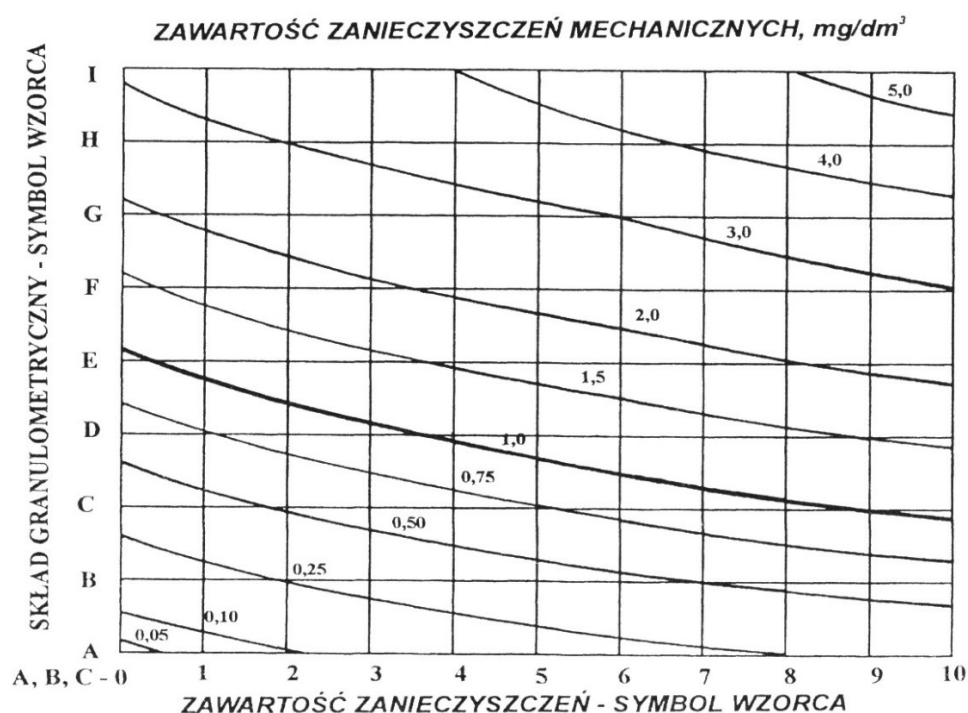
1. Sprawdzić czystość rozdzielacza szklanego, kolby stożkowej ssawkowej i szalek Petriego. W przypadku stwierdzenia zabrudzeń wykonać czynności określone w punkcie 17.
2. Przed użyciem dwa sączi membranowe o średnicy 37 mm i nominalnej średnicy porów $0,8 \mu\text{m}$ ułożyć na szalkach Petriego, umieścić w komorze ciepła i suszyć przez około 30 minut w temperaturze $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Następnie schłodzić je w eksykatorze przez około 30 minut. W czasie przenoszenia i schładzania używać przykrywek, zdjąć przykrywki w czasie suszenia.
3. Podstawkę i pokrywkę wkładu filtracyjnego (6 – rysunek 11.1) umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu. Następnie, przytrzymując tylko z zewnętrznej strony pincetą, przepłukać kolejno w wodzie bieżącej, wodzie destylowanej, propan-2-olu i heptanie. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ lub strumieniu powietrza.
4. Zważyć sączi membranowe (pomiarowy i kontrolny) z dokładnością do 0,1 mg. Zapisać masy m_1 i m_2 w tabeli raportu.
5. W wysuszonej podstawce wkładu filtracyjnego, od strony użebrowania, przy użyciu pincety umieścić podkładkę, na niej zważone sączi membranowe, najpierw sącdek kontrolny a następnie sącdek pomiarowy. Podstawkę przykryć pokrywką. Szalki Petriego umieścić w eksykatorze.

6. Przy użyciu przewodów ciśnieniowych szczelnie połączyć rozdzielacz z wkładem filtracyjnym, następnie wkład filtracyjny z rurką szklaną i kolbą stożkową ssawkową oraz kolbę stożkową z pompką próżniową.
7. Wytrząsnąć pojemnik z próbką przez co najmniej 10 sekund, jeden do dwóch ruchów na sekundę, przy czym zasięg ruchu powinien wynosić od 10 do 25 cm. Odwrócić pojemnik i kontynuować wytrząsanie przez następne co najmniej 10 sekund, później odwrócić ponownie i wytrząsać przez następne co najmniej 10 sekund. W przypadku stwierdzenia przylegania zanieczyszczeń do ścianek naczynia, powtórzyć procedurę wytrząsania.
8. Włączyć pompkę próżniową i przesączyć próbkę badanego paliwa pod próżnią od 2 kPa do 5 kPa bezwzględnego ciśnienia w zestawie do sączenia przez sączonek membranowy. Zaleca się wprowadzanie próbki badanego paliwa do rozdzielacza małymi porcjami, jednak zachowując ciągłość sączenia.
9. Po przesączeniu próbki, opróżniony pojemnik przepłukać n-heptanem, a popłuczki przefiltrować przez sączonek membranowy. Przemycanie wykonać trzykrotnie. Następnie przepłukać n-heptanem wewnętrzną powierzchnię rozdzielacza, a popłuczki przefiltrować przez sączonek membranowy. Przemycanie wykonać trzykrotnie.
10. Odłączyć rozdzielacz od wkładu filtracyjnego i otworzyć wkład filtracyjny. Dokładnie wypłukać wewnętrzne ścianki wkładu filtracyjnego delikatnym strumieniem n-heptanu (ruchem okrężnym), a następnie osuszyć przez zasysanie. Płukanie wykonać trzykrotnie. Po zakończeniu płukania utrzymywać próżnię przez około od 10 do 15 sekund w celu usunięcia n-heptanu z sączonek membranowych (pomiarowego i kontrolnego). Wyłączyć zasilanie pompki próżniowej.
11. Odłączyć podstawkę wkładu filtracyjnego od rurki szklanej. Nie wyjmując z podstawki sączonek membranowych pomiarowego, porównać zabarwienie sączonek pomiarowego z wzorcami zawartości zanieczyszczeń mechanicznych. Z trzech odcieni skal barwnych wybrać odcień najbardziej zbliżony do barwy sączonek i ustalić symbol wzorca, którego natężenie barwy jest najbliższe natężeniu barwy sączonek. Symbol barwy i numer wzorca zawartości zanieczyszczeń mechanicznych zapisać w tabeli raportu.
12. Nie uwzględniając zabarwienia sączonek pomiarowego, oszacować w przybliżeniu ilość i rozmiar wydzielonych zanieczyszczeń mechanicznych i porównać ich skład granulometryczny ze skalą wzorców składu granulometrycznego, ustalić symbol wzorca najbardziej zbliżony do składu granulometrycznego zanieczyszczeń wydzielonych na sączonek. Symbol literowy wzorca składu granulometrycznego zanieczyszczeń mechanicznych zapisać w tabeli raportu.
13. Wynik końcowy oznaczenia należy podać w następującej kolejności:
 - symbol barwy i numer wzorca zawartości zanieczyszczeń mechanicznych,
 - symbol literowy wzorca składu granulometrycznego zanieczyszczeń mechanicznych, np. A-2C. Wynik oznaczenia zapisać w tabeli raportu.
14. Przy użyciu pincety wyjąć sączonek membranowe (pomiarowy i kontrolny) i ułożyć na szalkach Petriego wyjętych z eksykatora, umieścić w komorze ciepła i suszyć przez około 30 minut w temperaturze 110 ± 5 °C. Następnie schłodzić je w eksykatorze przez około 30 minut. W czasie przenoszenia i schładzania używać przykrywek, zdjąć przykrywki w czasie suszenia.

15. Zważyć sączi membranowe (pomiarowy i kontrolny) po sączeniu z dokładnością do 0,1 mg. Zapisać masy m_3 i m_4 w tabeli raportu.
16. Podstawkę i pokrywkę wkładu filtracyjnego umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu. Następnie, przytrzymując tylko z zewnętrznej strony pincetą, przepłukać kolejno w wodzie bieżącej, wodzie destylowanej, propan-2-olu i heptanie. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż 90 °C lub strumieniu powietrza.
17. Rozdzielacz szklany, kolbę stożkową ssawkową i szalki Petriego umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu, następnie przepłukać kolejno w wodzie bieżącej, wodzie destylowanej, propan-2-olu i heptanie. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż 110 ± 5 °C lub w strumieniu powietrza.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Na podstawie symboli wzorców zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i ich składu granulometrycznego odczytać z nomogramu przedstawionego na rysunek 16 wartość zawartości zanieczyszczeń mechanicznych w mg/dm^3 . W tym celu należy wyznaczyć punkt przecięcia linii odpowiadających symbolowi wzorca zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i symbolowi wzorca składu granulometrycznego oraz odszukać krzywą położoną najbliżej wyznaczonego punktu przecięcia (rysunek 11.2). Liczbę odpowiadającą wyznaczonej krzywej przyjąć za zawartość zanieczyszczeń mechanicznych w próbce badanego paliwa wyrażoną w mg/dm^3 i zapisać w tabeli porównania z wymaganiami.



Rysunek 11.2 Nomogram do określania stężenia zanieczyszczeń mechanicznych w paliwie lotniczym na podstawie zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i ich składu granulometrycznego oznaczonych przy użyciu ACP

2. Obliczyć zawartość zanieczyszczeń mechanicznych (W) w próbce badanego paliwa, w mg/dm^3 z dokładnością do 0,1 mg, według wzoru 11.1:

$$W = \frac{(m_3 - m_1) - (m_4 - m_2)}{V} \quad (11.1)$$

gdzie:

m_1 – masa sączka pomiarowego (górnego) przed sączeniem, mg,

m_2 – masa sączka kontrolnego (dolnego) przed sączeniem, mg

m_3 – masa sączka pomiarowego (górnego) po sączeniu, mg,

m_4 – masa sączka kontrolnego (górnego) po sączeniu, mg,

V – objętość sączonej próbki paliwa, dm^3 .

Wynik obliczeń zapisać w tabeli porównania z wymaganiami.

3. Porównać wyniki badania zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i ich składu granulometrycznego w próbce badanego paliwa z wymaganiami normy obronnej dotyczącej magazynowej i lotniskowej kontroli czystości paliw do TSL.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i ich składu granulometrycznego w paliwie metodą polową i metodą grawimetryczną,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 5.3 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia), zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i ich składu granulometrycznego w paliwie,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 5.4 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i ich składu granulometrycznego w paliwie na zasilanie turbinowych silników lotniczych i silników odrzutowych.

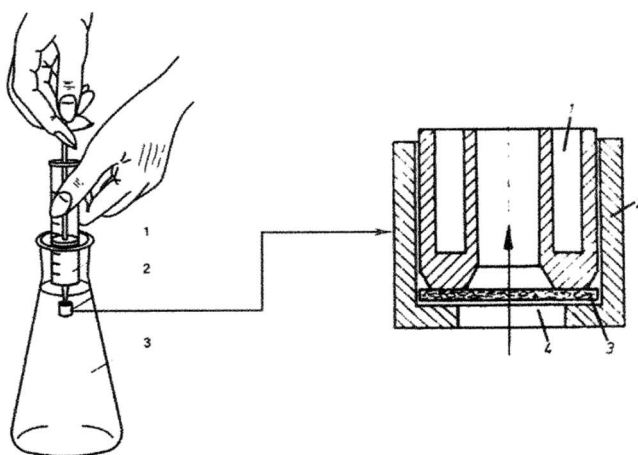
12. BADANIE ZAWARTOŚCI WODY ZDYSPERGOWANEJ METODĄ POŁOWA

A. Zasada badania

Oznaczenie polega na przesączeniu 5 cm³ badanego paliwa przez wskaźnik wodoczuły i określeniu ilości wody zdyspergowanej zawartej w badanym paliwie metodą porównania wskaźnika ze skalą wzorców oraz na ilościowej i opisowej ocenie stan zawodnienia paliwa.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Analizator zawodnienia paliwa (AZP) (rysunek 12.1).



Rysunek 12.1 Sposób badania zawartości wody zdyspergowanej w paliwie przy użyciu AZP (1 - strzykawka, 2 - wymienna kapsułka ze wskaźnikiem wodoczułym (1 - górna część kapsułki, 2 - dolna część kapsułki, 3 - wskaźnik wodoczuły, 4 - otwór do przepływu paliwa) 3 - kolba stożkowa z badanym paliwem)

2. Kapsułka wodoczuła.
3. Paliwo lotnicze.
4. Lignina.
5. Kolba stożkowa.
6. Strzykawka lekarska o pojemności 5 cm³.

C. Przebieg ćwiczenia

1. Pobrać próbkę paliwa lotniczego o objętości 750 cm³ do czystej i suchej kolby stożkowej lub cylindra szklanego.
2. Jeżeli na dnie lub ściankach naczynia widoczne są krople wody lub kryształki lodu w postaci odrębnej fazy, próbkę uznaje się za zawodnioną i nie poddaje dalszym badaniom.
3. Jeżeli nie stwierdza się wody wydzielonej, należy wykonać badanie. Świeżą kapsułkę wodoczułą należy zmontować na czubku strzykawki lekarskiej.
4. Pobierać strzykawką i przepuszczając przez kapsułkę wodoczułą 5 cm³ próbki paliwa.
5. Po upływie 30 sekund należy porównać barwę wskaźnika ze skalą wzorców i ustalić stan zawodnienia według tabeli raportu.

Tabela 12.1 Zawartość wody zdyspergowanej w paliwie w zależności od zmiany barwy wskaźnika wodoczułego

Barwa wskaźnika		zawartość wody [% obj.]	Ocena stanu zawodnienia paliwa
obrzeże	środek		
żółta	żółta	< 0,0015	Nie zawiera wody zdyspergowanej
żółta	granatowa	(0,0015 ; 0,0030)	Zawiera ślady wody zdyspergowanej
żółta	granatowa	> 0,0030	Zawiera wodę zdyspergowaną
granatowa	granatowa	wolna woda	Zawiera wolną wodę

D. Opracowanie sprawozdania

1. Ustalić barwę wskaźnika (obrzeże i środek) i zanotować w tabeli raportu.
2. Dokonać opisowej oceny stanu zawodnienia i porównać wynik z wymaganiem.

E. Opracowanie sprawozdania

Opracowanie sprawozdania powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania zawartości wody metodą polową,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 5.11 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia) zawartości wody w paliwie lotniczym,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 5.12 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu zawartości wody w paliwie na zasilanie turbinowych silników lotniczych i silników odrzutowych.

13. BADANIE PRZEWODNOŚCI ELEKTRYCZNEJ

A. Zasada badania

Oznaczenie przewodności elektrycznej paliwa F-34 wykonuje się przy użyciu miernika przenośnego bezpośrednio po umieszczeniu elektrod w paliwie w celu uniknięcia błędów spowodowanych ubytkiem ładunków elektrycznych. Pomiar polega na przyłożeniu napięcia stałego do elektrod zanurzonych w paliwie i zmierzeniu, po wzmocnieniu, natężenia prądu płynącego w powstałym ogniwie. Wynik pomiaru podawany jest w jednostkach przewodności pS/m.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Konduktometr z końcówką pomiarową (rysunek 13.1), składającą się z dwóch koncentrycznych elektrod wykonanych ze stali nierdzewnej.
2. Naczynia pomiarowe (zlewki szklane o pojemności 400 cm³).
3. Termometr elektroniczny z czujnikiem Pt-100 o zakresie pomiarowym od –70 do 200 °C i dokładności wskazań 0,1 °C.
4. Alkohol izopropylowy cz.d.a.
5. Toluen cz.d.a.



Rysunek 13.1 Cyfrowy miernik przewodności (1 – konduktometr, 2 – przycisk pomiaru („M”), 3 – przycisk kalibracji („C”), 4 – otwór zerowania („Zero”), 5 – otwór kalibracji („Calibrate”), 6 – gniazdo do podłączenia końcówki pomiarowej, 7 – końcówka pomiarowa, 8 – położenie numeru kalibracyjnego)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Doprowadzić konduktometr z końcówką pomiarową do temperatury zbliżonej do temperatury próbki badanego paliwa (konduktometr i naczynie z badaną próbką umieścić obok siebie na stole laboratoryjnym na czas nie krótszy niż 15 minut).
2. Kończówkę pomiarową podłączyć do gniazda konduktometru.

3. Sprawdzić wskazanie zera. Wcisnąć przycisk pomiar „M” (ang. *measurement*) na konduktometrze, w ciągu około 3 sekund wyświetlacz powinien wskazać 000 ± 001 pS/m. Jeżeli wskazania będą poza tymi limitami, odłączyć końcówkę pomiarową i ponownie sprawdzić wskazanie zera, wciskając przycisk „M”. Jeżeli wskazania zera, bez podłączonej końcówki pomiarowej, są prawidłowe, to końcówkę pomiarową należy przepłukać dokładnie alkoholem izopropylowym cz.d.a., a następnie toluenem cz.d.a. Wyplukaną końcówkę pozostawić do wyschnięcia na powietrzu.
4. Jeżeli, przy odłączonej końcówce pomiarowej, wskazania zera są poza dopuszczalnym przedziałem, należy wykonać kalibrację konduktometru. Wcisnąć przycisk pomiaru „M”, do otworu oznaczonego „Zero” włożyć niewielki wkrętak i obracać nim do uzyskania wskazania na wyświetlaczu 000 ± 001 pS/m. Następnie wcisnąć przycisk kalibracji „C”, do otworu oznaczonego „Calibrate” położonego w dolnej części obudowy, włożyć niewielki wkrętak i obracać nim do uzyskania wskazania na wyświetlaczu dziesięciokrotności liczby kalibracyjnej (jej wartość w sposób trwały naniesiono na końcówce pomiarowej – rysunek 13.1) z dokładnością ± 002 pS/m. Podłączyć ponownie końcówkę pomiarową i wcisnąć przycisk „M”. Wskazania na wyświetlaczu powinny wynosić 000 ± 001 pS/m. Jeżeli wskazania zera, bez podłączonej końcówki pomiarowej, są prawidłowe, a nieprawidłowe przy podłączonej końcówki, to należy przepłukać ją dokładnie alkoholem izopropylowym cz.d.a., a następnie toluenem cz.d.a. Wyplukaną końcówkę pomiarową pozostawić do wyschnięcia na powietrzu.
5. Kończówkę pomiarową podłączyć do gniazda konduktometru. Wcisnąć przycisk kalibracji „C” na konduktometrze, w ciągu około 3 sekund wyświetlacz powinien wskazać dziesięciokrotność liczby kalibracyjnej z dokładnością ± 005 pS/m.
6. Przepłukać końcówkę pomiarową i naczynie pomiarowe badanym paliwem.
7. Napełnić naczynie pomiarowe próbką badanego paliwa o objętości 350 ± 50 cm³.
8. Czystą i suchą końcówkę czujnika termometru cyfrowego zanurzyć w naczyniu pomiarowym z próbką badanego paliwa, włączyć zasilanie termometru cyfrowego i odczytać wartość temperatury paliwa (T_{Ei}) z dokładnością 0,1 °C. Wynik zapisać w tabeli raportu.
9. Kończówkę pomiarową zanurzyć w badanym paliwie do wysokości górnych otworów. Ze względu na możliwość powodowania błędnych wskazań konduktometru dolny koniec końcówki pomiarowej nie powinien dotykać dna naczynia pomiarowego. Wcisnąć przycisk „M”, za wynik pomiaru przyjąć wskazanie na wyświetlaczu po 3 sekundach stabilizacji od wciśnięcia przycisku „M” (wskazania zmieniają się w czasie wskutek polaryzacji próbki paliwa). Wynik pomiaru zapisać w tabeli raportu.
10. Wykonać co najmniej pięć pomiarów przewodności elektrycznej nowych porcji próbki badanego paliwa o temperaturach nie różniących się o więcej niż 1,0 °C. W przypadku różnicy wartości temperatur poszczególnych porcji próbki badanego paliwa większej niż 1,0 °C powtórzyć czynności według punktów od 7 do 9, do ustabilizowania się temperatury w granicach $\pm 1,0$ °C. Za każdym razem zanotować w tabeli raportu wartości przewodności elektrycznej i temperatury porcji badanego paliwa.
11. Wyniki pomiarów przewodności elektrycznej nie powinny się różnić między sobą (przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$) więcej niż podano w tabeli porównania z wymaganiami.

12. Końcówkę pomiarową przepłukać dokładnie alkoholem izopropylowym cz.d.a., a następnie toluenem cz.d.a. Wypłukaną końcówkę pozostawić do wyschnięcia na powietrzu. Zlewki szklane umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu i przepłukać w wodzie bieżącej. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż 110 ± 5 °C lub w strumieniu powietrza.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Za temperaturę T_E próbki paliwa w czasie badania jej przewodności elektrycznej przyjąć średnią arytmetyczną wartości temperatur porcji próbki paliwa wykorzystanych do badania nie różniących się więcej niż ± 1 °C. Wartość T_E zapisać w tabeli porównania z wymaganiami.
2. Za wynik końcowy oznaczenia przewodności elektrycznej próbki w temperaturze T_E przyjąć średnią arytmetyczną co najmniej pięciu pomiarów nie różniących się między sobą (przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$) więcej niż podano w tabeli 13.1. Wynik zapisać w tabeli raportu i tabeli porównania z wymaganiami.
3. Porównać wynik badania przewodności elektrycznej próbki badanego paliwa z wymaganiami normy obronnej na paliwo F-34.

Tabela 13.1 Wymagania w zakresie powtarzalności pomiarów przewodności elektrycznej

Przewodność elektryczna paliwa, pS/m	Powtarzalność, pS/m
od 0 do 50	4
od 51 do 100	6
od 101 do 150	8
od 151 do 200	9
od 201 do 250	10
od 251 do 300	11
>300	5 %

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania przewodności elektrycznej,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 5.7 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia) przewodności elektrycznej,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 5.8 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel i w zakresie wpływu przewodności elektrycznej próbki badanego paliwa F-34 na zasilanie turbinowych silników lotniczych i silników odrzutowych oraz na procesy magazynowo-dystrybucyjne.

14. BADANIE ZAWARTOŚCI DODATKU ZAPOBIEGAJĄCEGO KRYSZALIZACJI WODY W PALIWIE

A. Zasada badania

Oznaczenie polega na ekstrakcji dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie wodą destylowaną, a następnie określeniu jego stężenia przy użyciu refraktometru wyskalowanego bezpośrednio w % objętości zawartości dodatku w badanym paliwie. Refraktometr jest wyskalowany do badania zawartości dwóch rodzajów dodatków:

- skala lewa – zawartości eteru dimetylowego glikolu dietylenowego (DiEGMME),
- skala prawa – zawartości eteru metylowego glikolu dietylenowego (EGMME).

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Zestaw przenośny do badania zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie składający się z:

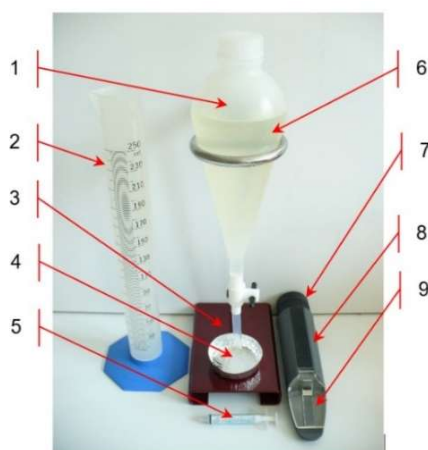
- refraktometru z bezpośrednim odczytem i układem samoczynnej kompensacji wpływu temperatury na wynik pomiaru (rysunek 14.1),
- rozdzielacza z tworzywa sztucznego o pojemności 250 cm³,
- cylindra miarowego z tworzywa sztucznego o pojemności 250 cm³ i działce elementarnej 2 cm³,
- strzykawki o pojemności 3 cm³ i działce elementarnej 0,1 cm³,
- statywu metalowego (podstawa, pręt i uchwyt),
- miseczek z folii aluminiowej (w tubie).

2. Sekundomierz.

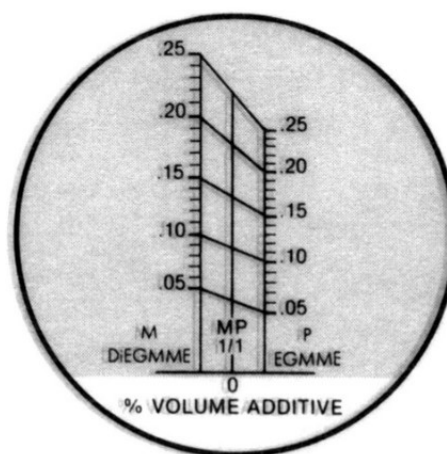
3. Woda destylowana.

4. Alkohol etylowy 96 %.

5. Wata.



Rysunek 14.1 Widok zestawu przenośnego do badania zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie (1 – rozdzielacz, 2 – cylinder miarowy, 3 – statyw, 4 – miseczka aluminiowa, 5 – strzykawka, 6 – badane paliwo, 7 – okular refraktometru, 8 – korpus refraktometru, 9 – pokrywka)



Rysunek 14.2 Obraz skali widoczny

C. Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzić wskazanie tzw. linii wodnej. Otworzyć pokrywkę pryzmatu refraktometru i przemyć jej wewnętrzną powierzchnię oraz powierzchnię pryzmatu przy użyciu waty zwilżonej alkoholem etylowym 96 %. Przemyte powierzchnie wysuszyć na powietrzu. Na powierzchnię pryzmatu nanieść kilka kropli wody destylowanej do całkowitego jej zwilżenia. Refraktometr utrzymywać w położeniu poziomym w celu uniknięcia spływania kropli z powierzchni pryzmatu. Zamknąć pokrywkę i skierować refraktometr w kierunku źródła światła, w okularze odczytać wskazanie na jego skali. Granica między ciemnym i jasnym polem powinna być wyraźna i przechodzić przez punkt „0” (rysunek 14.2). W przypadku rozmytej granicy rozdziału pól, należy zwiększyć ilość wody na powierzchni pryzmatu w celu polepszenia jej zwilżenia i ponownie sprawdzić położenie granicy między ciemnym i jasnym polem. Jeżeli granica między ciemnym i jasnym polem nie przechodzi przez punkt „0”, do otworu kalibracyjnego (oznaczonego „Calibrate” znajdującego się w dolnej części korpusu refraktometru) włożyć niewielki wkrętak i obracać nim do uzyskania pokrycia granicy między ciemnym i jasnym polem z linią przechodzącą przez punkt „0”. Otworzyć pokrywkę pryzmatu refraktometru i przemyć jej wewnętrzną powierzchnię oraz powierzchnię pryzmatu przy użyciu waty zwilżonej alkoholem etylowym 96 %. Przemyte powierzchnie wysuszyć na powietrzu.
2. Używając cylindra miarowego odmierzyć 160 cm³ badanego paliwa i wlać je do rozdzielacza umieszczonego na statywie. Zwrócić szczególną uwagę na zamknięcie zaworu rozdzielacza.
3. Przy użyciu strzykawki wprowadzić 2 cm³ wody destylowanej do rozdzielacza z badanym paliwem. Zamknąć rozdzielacz i wytrząsać energicznie przez 3 minuty, a następnie umieścić go na statywie. Pozostawić rozdzielacz na statywie do rozdzielenia się fazy wodnej i paliwowej. Ostrożnie obracając kurek zaworu rozdzielacza zlać do miseczki aluminiowej wydzieloną fazę wodną (ekstrakt) zawierającą dodatek zapobiegający krystalizacji wody w paliwie.
4. Otworzyć pokrywkę i nanieść na pryzmat kilka kropli ekstraktu wodnego (powierzchnia pryzmatu powinna być całkowicie zwilżona). Powoli zamknąć pokrywkę i skierować refraktometr w kierunku źródła światła. W okularze, na granicy między ciemnym i jasnym polem, odczytać na skali oznaczonej „DiEGMME” zawartość dodatku (eteru dimetylowego glikolu dietylenowego) z dokładnością 0,01 % obj. Wynik zanotować w tabeli raportu.
5. Wykonać co najmniej dwa pomiary zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie w próbce badanego paliwa mieszczące się w granicach powtarzalności (różnica między kolejnymi wynikami pomiarów może przekraczać wartość 0,009 % obj. w jednym przypadku na dwadzieścia pomiarów). Za każdym razem zanotować wartość zawartości dodatku w tabeli raportu.
6. Przemyć wewnętrzną powierzchnię pokrywki pryzmatu oraz powierzchnię pryzmatu przy użyciu waty zwilżonej alkoholem etylowym 96 %, przemyte powierzchnie wysuszyć na powietrzu. Cylinder miarowy i rozdzielacz umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu, przepłukać kolejno w wodzie

bieżącej, wodzie destylowanej. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż 90 ± 5 °C lub w strumieniu powietrza.

D. Opracowanie i analiza wyników pomiarów

1. Jako wynik końcowy oznaczenia przyjąć średnią arytmetyczną co najmniej dwóch pomiarów mieszczących w granicach powtarzalności (różnica między kolejnymi wynikami pomiarów może przekraczać wartość 0,009 % obj. w jednym przypadku na dwadzieścia pomiarów). Wynik zanotować w tabelach raportu i porównania z wymaganiami.
2. Porównać wynik badania zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie w próbce badanego paliwa F-34 z odpowiednimi wymaganiami normy obronnej dotyczącej tego paliwa.
3. W przypadku zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie w próbce badanego paliwa F-34 nie spełniającej wymagań odpowiedniej normy obronnej określić:
 - dla próbki o zawartości dodatku większej od wymaganej, ilość paliwa F-34 (bez dodatku), z którą należy zmieszać badane paliwo w celu uzyskania mieszaniny zawierającej maksymalną dopuszczalną zawartość dodatku według wymagań NO;
 - dla próbki o zawartości dodatku mniejszej od wymaganej, ilość dodatku, którą należy dodać do badanego paliwa w celu uzyskania mieszaniny zawierającej minimalną dopuszczalną zawartość dodatku według wymagań NO.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 5.9 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia) zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 5.10 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu zawartości dodatku zapobiegającego krystalizacji wody w paliwie w próbce badanego paliwa F-34 na zasilanie turbinowych silników lotniczych i silników odrzutowych oraz na procesy magazynowo-dystrybucyjne.

15. BADANIE LEPKOŚCI KINEMATYCZNEJ

A. Zasada badania

Pomiaru lepkości kinematycznej dokonuje się na podstawie pomiaru czasu przepływu stałej objętości cieczy, pod wpływem siły grawitacji, przez kapilarę wzorcowanego lepkościomierza, w powtarzalnych warunkach, w znanej i ściśle kontrolowanej temperaturze. Lepkość kinematyczną oblicza się, mnożąc czas przepływu przez stałą wzorcowania lepkościomierza.

B. Zabezpieczenie materiałowo-techniczne

1. Lepkościomierze kapilarne Pinkevitcha, wzorcowane o znanych stałych wzorcowania k .
2. Łaźnia termostatuująca czteromiejscowa, z wbudowaną spiralą chłodzącą, wypełniona przezroczystą cieczą termostatuującą (np. gliceryną lub olejem silikonowym) do poziomu umożliwiającego takie umieszczenie lepkościomierza kapilarnego z badaną próbką, aby w czasie pomiaru badana porcja próbki znajdowała się co najmniej 20 mm poniżej powierzchni cieczy termostatującej oraz co najmniej 20 mm nad dnem naczynia. Rozkład temperatury cieczy termostatującej w łaźni, w zakresie temperatury od 15 do 100 °C, zapewnia różnice temperatur wzdłuż długości lepkościomierza oraz między miejscami umieszczenia lepkościomierzy a miejscem umieszczenia termometru nie większe niż $\pm 0,02$ °C.
3. Uchwyty, umożliwiające zawieszenie lepkościomierzy kapilarnych w łaźni termostatującej.
4. Termometr szklany cieczowy o zakresie pomiarowym od 38,60 do 41,40 °C i działce elementarnej 0,05 °C, dla pomiarów lepkości kinematycznej w temperaturze 40 °C, służący do pomiaru temperatury łaźni termostatującej.
5. Termometr szklany cieczowy o zakresie pomiarowym od 98,60 do 101,40 °C i działce elementarnej 0,05 °C, dla pomiarów lepkości kinematycznej w temperaturze 100 °C, służący do pomiaru temperatury łaźni termostatującej.
6. Przyrząd do pomiaru czasu, umożliwiający odczyt czasu z dokładnością 0,1 s lub większą i z dokładnością odczytu $\pm 0,07$ % w przedziale czasu od 200 s do 900 s.
7. Pompka ssąca z wężykiem elastycznym.
8. Rozpuszczalnik do mycia lepkościomierza, całkowicie mieszający się z badaną próbką, przefiltrowany przed użyciem przez sączonek membranowy o nominalnej średnicy porów 0,8 μm (np. benzyna ekstrakcyjna sączone).
9. Rozpuszczalnik do osuszania lepkościomierza, łatwo odparowujący (np. aceton cz.d.a.).

C. Przebieg ćwiczenia

1. Włączyć łaźnię termostatuującą przy pomocy włącznika zasilania. Sterownik mikroprocesorowy automatycznie kalibruje analogową część sterownika – na wyświetlaczu łaźni pokaże się napis „calibrating bath”. Następnie na wyświetlaczu pokazywane są informacje o łaźni (model łaźni, jej numer fabryczny) oraz wartość zmierzonej przez sterownik mikroprocesorowy częstotliwości prądu zasilającego łaźnię. Po kilku sekundach wyświetlacz pokaże aktualną temperaturę łaźni, moc grzania

zainstalowaną przez sterownik i odchylenie kalibracji. Jeżeli sterownik wykryje błąd w części elektronicznej łaźni, w grzałkach lub ich włącznikach, wyświetlacz pokaże informację o błędach.

2. Badania lepkości kinematycznej próbki badanego oleju silnikowego wykonać w dwóch temperaturach: 40 °C i 100 °C lub tylko w 40 °C, wykonując czynności według punktów od 3 do 13.
3. Ustawić temperaturę łaźni na wartość odpowiadającą temperaturze badania. Wcisnąć przycisk „Mode” do momentu pojawienia się na wyświetlaczu napisu „Setpoint” razem z ustawioną wartością temperatury oraz jednostką „°C”. Jeżeli ustawiona temperatura łaźni jest różna od temperatury badania, przy pomocy przycisków „Up” i „Down” ustawić żadaną temperaturę z dokładnością do 0,1 °C (wartości temperatury ustawiane są trzyetapowo: w odstępach co 0,1 stopnia, co 1 stopień i co 10 stopni). Po zwolnieniu przycisku i jego ponownym wciśnięciu cała procedura rozpoczyna się od nowa. Przy różnicy temperatury łaźni i temperatury ustawionej większej niż 2 °C, sterownik włącza pełną moc grzania, przy różnicy mniejszej niż 2 °C włącza 50 % pełnej mocy grzania.
4. Termometr szklany cieczowy, o odpowiednim zakresie pomiarowym, umieścić w stalowym uchwycie, znajdującym się w środkowej części pokrywy łaźni z otworami przeznaczonymi na lepkościomierz, w położeniu umożliwiającym odczyt temperatury łaźni bez wyjmowania termometru.
5. Ustawić niewielki przepływ wody wodociągowej przez spiralę chłodzącą.
6. Do oznaczenia lepkości kinematycznej wybrać lepkościomierz kapilarny Pinkevitcha o zakresie pomiarowym odpowiadającym przewidywanej lepkości kinematycznej próbki badanego oleju silnikowego (tj. dla próbki o dużej lepkości lepkościomierz z kapilarą o większej średnicy i większej wartości stałej wzorcowania, a dla próbki o mniejszej lepkości lepkościomierz z kapilarą o mniejszej średnicy i mniejszej wartości stałej wzorcowania). Czas przepływu próbki oleju przez kapilarę nie powinien być krótszy niż 200 s. Przybliżony czas przepływu określonej objętości próbki badanego oleju przez dobieraną kapilarę określić ze wzoru:

$$t = \frac{V_T}{k} \quad (15.1)$$

gdzie:

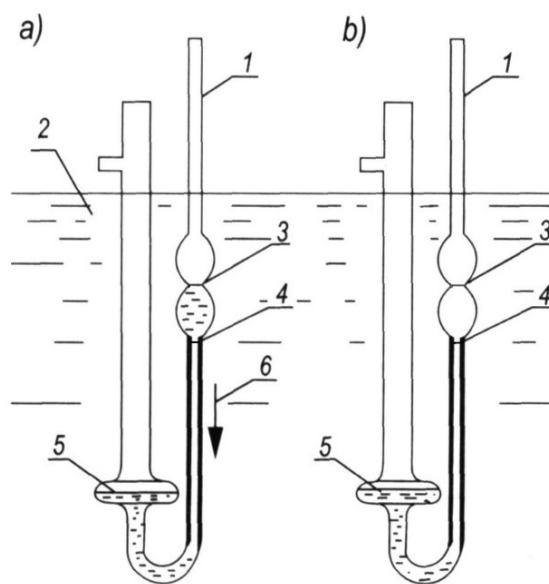
k – stała wzorcowania dobieranej kapilary,

v_T – przybliżona wartość lepkości kinematycznej próbki badanego oleju w temperaturze badania T .

Stałą wzorcowania k dobranego lepkościomierza kapilarnego zapisać w tabeli raportu.

7. Dobrany lepkościomierz kapilarny przepłukać kilkakrotnie rozpuszczalnikiem do mycia, do ostatniego płukania zastosować rozpuszczalnik do osuszania. Lepkościomierz wysuszyć strumieniem suchego powietrza.
8. Napełnić lepkościomierz kapilarny ściśle określoną objętością próbki badanego oleju. Na boczną rurkę lepkościomierza (rysunek 15.1) nałożyć końcówkę wężyka elastycznego połączonego z pompką ssącą. Lepkościomierz obrócić zbiorniczkiem do góry, rurkę wprowadzić do naczynia z próbką badanego oleju. Drugą rurkę zamknąć palcem i zassać badaną próbkę za pomocą pompy ssącej powyżej kreski, tak aby

w oleju nie utworzyły się pęcherzyki powietrza. W chwili, kiedy próbka oleju osiągnie poziom górnej kreski, rurkę wyjąć z naczynia i szybko obrócić lepkościomierz, ustawiając go w normalnym położeniu. Z zewnętrznej strony końca rurki (1) lepkościomierza usunąć nadmiar próbki badanego oleju.



Rysunek 15.1 Lepkościomierz kapilarny Pinkewitcha (a – z napełnionym zbiorniczkiem badaną próbką (początek pomiaru) b – po spłynięciu cieczy ze zbiorniczka (koniec pomiaru) 1 – rurka, 2 – łaźnia termostatu, 3 – kreska wyznaczająca poziom cieczy przy rozpoczęciu pomiaru, 4 – kreska wyznaczająca poziom cieczy przy zakończeniu pomiaru czasu przepływu przez kapilarę, 5 – zbiorniczek dolny na spływającą ciecz, 6 – kierunek przepływu cieczy)

9. Napełniony próbką badanego oleju lepkościomierz włożyć do uchwytu i umieścić pionowo w łaźni termostatu, tak, aby zbiornik górny znajdował się poniżej poziomu cieczy termostatu, i pozostawić do czasu osiągnięcia przez próbkę temperatury badania (min. 30 minut).
10. Określić temperaturę łaźni przy użyciu termometru szklanego, przed rozpoczęciem każdego pomiaru czasu swobodnego przepływu (T_1) próbki oleju i po jego zakończeniu (T_2), odczytane wartości zapisać w tabeli raportu. Jeżeli różnica odczytanych temperatur T_1 i T_2 jest większa niż $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$, pomiar czasu swobodnego przepływu próbki oleju powtórzyć.
11. Po ustaleniu się temperatury próbki badanego oleju zassać ją za pomocą pompki tak, aby poziom cieczy znajdował się około 7 mm powyżej górnej kreski (3) zbiornika pomiarowego. Przy użyciu sekundomierza zmierzyć czas swobodnego przepływu badanego oleju między górną a dolną kreską zbiornika pomiarowego, z dokładnością do 0,1 s, przy czym za poziom cieczy przyjąć dolny menisk. Jeżeli czas przepływu jest krótszy od dopuszczalnego (200 s), powtórzyć oznaczenie stosując lepkościomierz o mniejszej wartości stałej wzorcowania k (z kapilarą o mniejszej średnicy).
12. Wykonać dwa pomiary czasu t_i swobodnego przepływu badanego oleju przez kapilarę. Jeżeli wyznaczone czasy mieszczą się w granicach dokładności badania (0,13 % średniej porównywanych czasów), to za wynik przyjąć średnią arytmetyczną tych pomiarów. Jeżeli wyznaczone czasy nie mieszczą się w granicach dokładności badania, powtórzyć badanie po wymyciu, wysuszeniu lepkościomierza i przefiltrowaniu próbki oleju. Wyznaczone czasy t_i swobodnego przepływu próbki badanego oleju zapisać w tabeli raportu.

13. Wyjąć lepkościomierz kapilarny z łaźni termostatujucej, usunąć badaną próbkę i przepłukać go kilkakrotnie rozpuszczalnikiem do mycia, do ostatniego płukania zastosować rozpuszczalnik do osuszania. Lepkościomierz wysuszyć strumieniem suchego powietrza.
14. Zamknąć przepływ wody wodociągowej przez spiralę chłodzącą.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Obliczyć lepkość kinematyczną ν_T próbki badanego oleju silnikowego w temperaturze T (40 °C oraz 100 °C) według wzoru:

$$\nu_T = k \times t \quad (15.2)$$

gdzie:

ν_T – lepkość kinematyczna badanego oleju w temperaturze badania T , mm²/s,

k – stała wzorcowania kapilary, mm²/s²,

t – średni czas swobodnego przepływu badanego oleju w temperaturze badania T , s.

Wynik obliczeń zapisać w tabeli raportu.

2. Porównać uzyskany wynik lepkości kinematycznej ν_{100} z wymaganiami klasyfikacji lepkościowej olejów silnikowych lub ν_{40} z wymaganiami innych klasyfikacji. Porównać uzyskany wynik lepkości kinematycznej ν_{40} z wymaganiami aktualnych norm i rozporządzeń.
3. Dla olejów silnikowych obliczyć wskaźnik lepkości wykorzystując jedną z poniższych procedur przedstawionych w punkcie 4 lub 5.
4. **Procedura A** (stosowana do olejów o wskaźniku lepkości o wartościach do 100 włącznie):
 - a. Dla wartości lepkości kinematycznej badanego oleju w temperaturze 100 °C mieszczącej się w przedziale od 2 do 70 mm²/s wybrać odpowiednie wartości L i H z tabeli 15.1. Dla zmierzonej wartości lepkości kinematycznej nie występującej w tabeli 15.1, ale zawartej w przedziale od 2 do 70 mm²/s, wartości L i H obliczyć przez interpolację liniową.
 - b. Dla wartości lepkości kinematycznej badanego oleju w temperaturze 100 °C przekraczającej 70 mm²/s, wartości L i H obliczyć według wzorów:

$$L = 0,8353 \times (\nu_{100})^2 + 14,67 \times (\nu_{100}) - 216 \quad (15.3)$$

$$H = 0,1684 \times (\nu_{100})^2 + 11,85 \times (\nu_{100}) - 97 \quad (15.4)$$

gdzie:

ν_{100} – lepkość kinematyczna badanego oleju w mm²/s, w temperaturze 100 °C.

- c. Obliczyć wskaźnik lepkości WL badanego oleju ze wzoru:

$$WL = 100 \times \frac{L-U}{L-H} \quad (15.5)$$

gdzie:

L – lepkość kinematyczna w mm²/s dla oleju o wskaźniku lepkości równym 0 w temperaturze 40 °C, który ma taką samą lepkość kinematyczną jak olej, którego wskaźnik lepkości jest oznaczany w temperaturze 100 °C;

H – lepkość kinematyczna w mm^2/s dla oleju o wskaźniku lepkości równym 100 w temperaturze $40\text{ }^\circ\text{C}$, który ma taką samą lepkość kinematyczną jak olej, którego wskaźnik lepkości jest oznaczany w temperaturze $100\text{ }^\circ\text{C}$;

U – lepkość kinematyczna badanego oleju w mm^2/s , w temperaturze $40\text{ }^\circ\text{C}$.

d. Wynik obliczeń przedstawić w zaokrągleniu do najbliższej liczby całkowitej. W przypadku, gdy wynik jest równo w połowie liczb całkowitych, zaokrąglić go do najbliższej liczby parzystej.

e. Metodę obliczania ilustruje poniższy przykład:

– zmierzone wartości lepkości kinematyczne oleju:

w temperaturze $40\text{ }^\circ\text{C}$: $\nu_{40} = 73,30\text{ mm}^2/\text{s}$,

w temperaturze $100\text{ }^\circ\text{C}$: $\nu_{100} = 8,86\text{ mm}^2/\text{s}$,

– odczytane z tabeli 15.1, przez interpolację wartości L i H dla $\nu_{100} = 8,86\text{ mm}^2/\text{s}$ wynoszą:

$L = 119,94$ oraz $H = 69,48$,

$$WL = 100 \times \frac{119,94 - 73,20}{119,94 - 69,48} = 92,43 \approx 92.$$

5. **Procedura B** (stosowana do olejów silnikowych o wskaźniku lepkości o wartościach 100 i większych):

a. Dla wartości lepkości kinematycznej badanego oleju w temperaturze $100\text{ }^\circ\text{C}$ mieszczącej się w przedziale od 2 do $70\text{ mm}^2/\text{s}$ wybrać odpowiednią wartość H z tabeli 15.1. Dla zmierzonej wartości lepkości kinematycznej nie występującej w tabeli 15.1, ale zawartej w przedziale od 2 do $70\text{ mm}^2/\text{s}$, wartość H obliczyć przez interpolację liniową.

b. Dla wartości lepkości kinematycznej badanego oleju w temperaturze $100\text{ }^\circ\text{C}$ przekraczającej $70\text{ mm}^2/\text{s}$, wartość H obliczyć według wzoru:

$$H = 0,1684 \times (\nu_{100})^2 + 11,85 \times (\nu_{100}) - 97 \quad (15.6)$$

c. Obliczyć wskaźnik lepkości WL badanego oleju ze wzoru:

$$WL = \frac{(10^n) - 1}{0,00715} + 100 \quad (15.7)$$

gdzie:

$$n = \frac{\log_{10} H - \log_{10} U}{\log_{10}(\nu_{100})} \quad (15.8)$$

d. Wynik obliczeń przedstawić w zaokrągleniu do najbliższej liczby całkowitej. W przypadku, gdy wynik jest równo w połowie liczb całkowitych, zaokrąglić go do najbliższej liczby parzystej.

e. Metodę obliczania ilustruje poniższy przykład:

– zmierzone wartości lepkości kinematyczne oleju:

w temperaturze $40\text{ }^\circ\text{C}$: $\nu_{40} = 22,83\text{ mm}^2/\text{s}$,

w temperaturze $100\text{ }^\circ\text{C}$: $\nu_{100} = 5,05\text{ mm}^2/\text{s}$,

– odczytana z tabeli 15.1, przez interpolację wartość $H = 28,97$,

$$n = \frac{\log_{10} 28,97 - \log_{10} 22,83}{\log_{10} 5,05} = 0,14708$$

$$WL = \frac{(10^{0,14708}) - 1}{0,00715} + 100 = 156,37 \approx 156.$$

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania lepkości kinematycznej przy użyciu lepkościomierza kapilarnego Pinkevitcha,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu:
 - dla olejów silnikowych samochodowych tabela 6.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla olejów silnikowych lotniczych tabela 6.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
 - dla FAME i ON tabela 4.6 raportu oraz tabel 4.7, 4.8, 4.9 porównania z wymaganiami z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- wnioski.

Tabela 15.1 Wartości L i H w zależności od zmierzonej lepkości kinematycznej

$\nu_{100}, \text{mm}^2/\text{s}$	L	H	$\nu_{100}, \text{mm}^2/\text{s}$	L	H	$\nu_{100}, \text{mm}^2/\text{s}$	L	H	$\nu_{100}, \text{mm}^2/\text{s}$	L	H	$\nu_{100}, \text{mm}^2/\text{s}$	L	H
2,00	7,994	6,394	7,20	82,39	50,69	12,4	213,6	113,3	17,6	392,7	189,7	25,6	768,8	332,7
2,10	8,640	6,894	7,30	84,53	51,78	12,5	216,6	114,7	17,7	396,7	191,3	25,8	779,7	336,7
2,20	9,309	7,410	7,40	86,66	52,88	12,6	219,6	116,0	17,8	400,7	192,9	26,0	790,4	340,5
2,30	10,00	7,944	7,50	88,85	53,98	12,7	222,6	117,4	17,9	404,6	194,6	26,2	801,6	344,4
2,40	10,71	8,496	7,60	91,04	55,09	12,8	225,7	118,7	18,0	408,6	196,2	26,4	812,8	348,4
2,50	11,45	9,063	7,70	93,20	56,20	12,9	228,8	120,1	18,1	412,6	197,8	26,6	824,1	352,3
2,60	12,21	9,647	7,80	95,43	57,31	13,0	231,9	121,5	18,2	416,7	199,4	26,8	835,5	356,4
2,70	13,00	10,25	7,90	97,72	58,45	13,1	235,0	122,9	18,3	420,7	201,0	27,0	847,0	360,5
2,80	13,80	10,87	8,00	100,0	59,60	13,2	238,1	124,2	18,4	424,9	202,6	27,2	857,5	364,6
2,90	14,63	11,50	8,10	102,3	60,74	13,3	241,2	125,6	18,5	429,0	204,3	27,4	869,0	368,3
3,00	15,49	12,15	8,20	104,6	61,89	13,4	244,3	127,0	18,6	433,2	205,9	27,6	880,6	372,3
3,10	16,36	12,82	8,30	106,9	63,05	13,5	247,4	128,4	18,7	437,3	207,6	27,8	892,3	376,4
3,20	17,26	13,51	8,40	109,2	64,18	13,6	250,6	129,8	18,8	441,5	209,3	28,0	904,1	380,6
3,30	18,18	14,21	8,50	111,5	65,32	13,7	253,8	131,2	18,9	445,7	211,0	28,2	915,8	384,6
3,40	19,12	14,93	8,60	113,9	66,48	13,8	257,0	132,6	19,0	449,9	212,7	28,4	927,6	388,8
3,50	20,09	15,66	8,70	116,2	67,64	13,9	260,1	134,0	19,1	454,2	214,4	28,6	938,6	393,0
3,60	21,08	16,42	8,80	118,5	68,79	14,0	263,3	135,4	19,2	458,4	216,1	28,8	951,2	396,6
3,70	22,09	17,19	8,90	120,9	69,94	14,1	266,6	136,8	19,3	462,7	217,7	29,0	963,4	401,1
3,80	23,13	17,97	9,00	123,3	71,10	14,2	269,8	138,2	19,4	467,0	219,4	29,2	975,4	405,3
3,90	24,19	18,77	9,10	125,7	72,27	14,3	273,0	139,6	19,5	471,3	221,1	29,4	987,1	409,5
4,00	25,32	19,56	9,20	128,0	73,42	14,4	276,3	141,0	19,6	475,7	222,8	29,6	998,9	413,5
4,10	26,50	20,37	9,30	130,4	74,57	14,5	279,6	142,4	19,7	479,7	224,5	29,8	1011	417,6
4,20	27,75	21,21	9,40	132,8	75,73	14,6	283,0	143,9	19,8	483,9	226,2	30,0	1024	421,7
4,30	29,07	22,05	9,50	135,3	76,91	14,7	286,4	145,3	19,9	488,6	227,8	30,5	1055	432,4
4,40	30,48	22,92	9,60	137,7	78,08	14,8	287,9	146,8	20,0	493,2	229,5	31,0	1086	443,2
4,50	31,96	23,81	9,70	140,1	79,27	14,9	293,0	148,2	20,2	501,9	233,0	31,5	1119	454,0
4,60	33,52	24,71	9,80	142,7	80,46	15,0	296,5	149,7	20,4	510,8	236,4	32,0	1151	464,9
4,70	35,13	25,63	9,90	145,2	81,67	15,1	300,0	151,2	20,6	519,9	240,1	32,5	1184	475,9
4,80	36,79	26,57	10,0	147,7	82,87	15,2	303,4	152,6	20,8	528,8	243,5	33,0	1217	487,0
4,90	38,50	27,53	10,1	150,3	84,08	15,3	306,9	154,1	21,0	538,4	247,1	33,5	1251	498,1
5,00	40,23	28,49	10,2	152,9	85,30	15,4	310,3	155,6	21,2	547,5	250,7	34,0	1286	509,6
5,10	41,99	29,46	10,3	155,4	86,51	15,5	313,9	157,0	21,4	556,7	254,2	34,5	1321	521,1
5,20	43,76	30,43	10,4	158,0	87,72	15,6	317,5	158,6	21,6	566,4	257,8	35,0	1356	532,5
5,30	45,53	31,40	10,5	160,6	88,95	15,7	321,1	160,1	21,8	575,6	261,5	35,5	1391	544,0
5,40	47,31	32,37	10,6	163,2	90,19	15,8	324,6	161,6	22,0	585,2	264,9	36,0	1427	555,6
5,50	49,09	33,34	10,7	165,8	91,40	15,9	328,3	163,1	22,2	595,0	268,6	36,5	1464	567,1
5,60	50,87	34,32	10,8	168,5	92,65	16,0	331,9	164,6	22,4	604,3	272,3	37,0	1501	579,3
5,70	52,64	35,29	10,9	171,2	93,92	16,1	335,5	166,1	22,6	614,2	275,8	37,5	1538	591,3
5,80	54,42	36,26	11,0	173,9	95,19	16,2	339,2	167,7	22,8	624,1	279,6	38,0	1575	603,1
5,90	56,20	37,23	11,1	176,6	96,45	16,3	342,9	169,2	23,0	633,6	283,3	38,5	1613	615,0
6,00	57,97	38,19	11,2	179,4	97,71	16,4	346,6	170,7	23,2	643,4	286,8	39,0	1651	627,1
6,10	59,74	39,17	11,3	182,1	98,97	16,5	350,3	172,3	23,4	653,8	290,5	39,5	1691	639,2
6,20	61,52	40,15	11,4	184,9	100,2	16,6	354,1	173,8	23,6	663,3	294,4	40,0	1730	651,8
6,30	63,32	41,13	11,5	187,6	101,5	16,7	358,0	175,4	23,8	673,7	297,9	40,5	1770	664,2
6,40	65,18	42,14	11,6	190,4	102,8	16,8	361,7	177,0	24,0	683,9	301,8	41,0	1810	676,6
6,50	67,12	43,18	11,7	193,3	104,1	16,9	365,6	178,6	24,2	694,5	305,6	41,5	1851	689,1
6,60	69,16	44,24	11,8	196,2	105,4	17,0	369,4	180,2	24,4	704,8	309,4	42,0	1892	701,9
6,70	71,29	45,33	11,9	199,0	106,7	17,1	373,3	181,7	24,6	714,9	313,2	42,5	1935	714,9
6,80	73,48	46,44	12,0	201,9	108,0	17,2	377,1	183,3	24,8	725,7	317,0	43,0	1978	728,2
6,90	75,72	47,51	12,1	204,8	109,4	17,3	381,0	184,9	25,0	736,5	320,9	43,5	2021	741,3
7,00	78,00	48,57	12,2	207,8	110,7	17,4	384,9	186,5	25,2	747,2	324,9	44,0	2064	754,4
7,10	80,25	49,61	12,3	210,7	112,0	17,5	388,9	188,1	25,4	758,2	328,8	44,5	2108	767,6

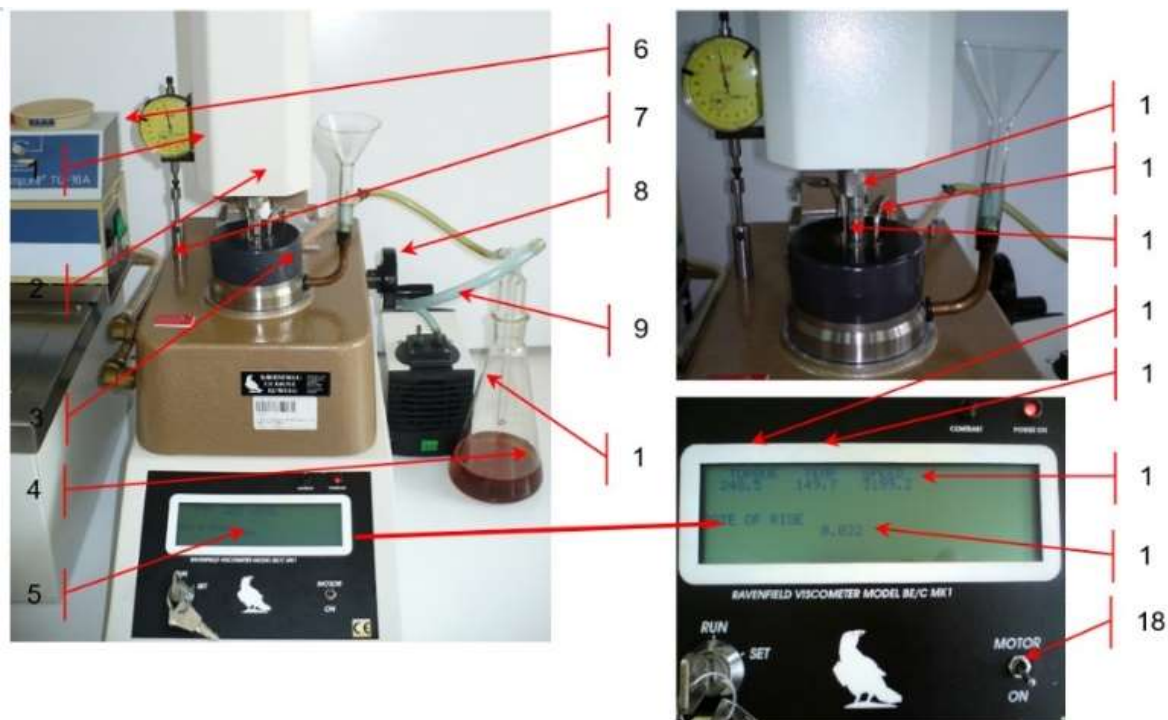
16. BADANIE LEPKOŚCI HTHS OLEJÓW SILNIKOWYCH

A. Zasada badania

Badany olej umieszcza się w szczelinie między współosiowymi stożkami (rotorem i statorem) lepkościomierza Ravenfielda. Przy stałej prędkości obrotowej rotora (3200 obr./min.) zmieniając wzajemne położenie rotora i statora zmienia się grubość warstwy badanego oleju ustalając odpowiednią prędkości ścinania (10^6 s^{-1}). Pomiar momentu obrotowego w temperaturze $150,0 \pm 0,1 \text{ °C}$ przykładanego do rotora, niezbędnego do utrzymania jego stałej prędkości obrotowej, umożliwia oznaczenie lepkości dynamicznej badanego oleju silnikowego na podstawie liniowego wykresu kalibracyjnego sporządzonego w układzie moment obrotowy – lepkość dynamiczna dla newtonowskich olejów wzorcowych o znanej lepkości dynamicznej HTHS.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Lepkościomierz Ravenfielda model BE/C o stałej prędkości obrotowej składający się z (rysunek 16. 1):
 - komory pomiarowej z układem dwóch współosiowych stożków (rotora i statora),
 - czujnika zegarowego do pomiaru głębokości umieszczenia rotora w statore,
 - układu elektronicznego do pomiaru momentu obrotowego przykładanego do rotora,
 - układu do pomiaru temperatury z czujnikiem o dokładności pomiaru w temperaturze 150 °C nie mniejszej niż $0,2 \text{ °C}$,
 - silnika elektrycznego napędzającego rotor,
 - układu wprowadzania próbki oleju do komory pomiarowej z ramieniem bocznym połączonym z lejkiem szklanym,
 - układu usuwania nadmiaru oleju wprowadzonego do komory pomiarowej,
 - układu zmiany położenia rotora przy użyciu koła ręcznego.
2. Pompka próżniowa z pojemnikiem do zbierania nadmiaru próbki badanego oleju silnikowego odsysanego z komory pomiarowej.
3. Łaźnia grzewcza z układem obiegu cieczy ogrzewającej komorę pomiarową.
4. Olej kontrolny newtonowski RL–174 o ściśle określonej wartości lepkości HTHS i niepewności jej pomiaru.
5. Świadectwo sprawdzenia lepkościomierza z równaniem regresji prostej wzorcownia oraz wykres wzorcowania sporządzony dla olejów wzorcowych RL od 102 do 107 o lepkości dynamicznej HTHS w zakresie od 1,8 do 5,9 mPa×s.



Rysunek 16.1 Widok lepkościomierza Ravenfielda model BE/C (1 – czujnik zegarowy, 2 – osłona silnika elektrycznego, 3 – komora pomiarowa, 4 – pojemnik nadmiaru próbki oleju, 5 – wyświetlacz, 6 – regulator temperatury łaźni grzewczej, 7 – łaźnia grzewcza, 8 – ramię boczne z lejkiem, 9 – koło ręczne zmiany położenia rotora, 10 – pompka próżniowa, 11 – wałek silnika elektrycznego, 12 – ssawka układu usuwania nadmiaru próbki oleju, 13 – czujnik temperatury, 14 – wskazanie momentu obrotowego, 15 – wskazanie temperatury, 16 – wskazanie prędkości obrotowej, 17 – wskazanie szybkości zmian temperatury, 18 – włącznik zasilania silnika elektrycznego napędzającego rotor)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Bezwzględnie zachować następujące warunki bezpiecznego użytkowania lepkościomierza Ravenfielda:
 - nie włączać zasilania silnika elektrycznego napędzającego rotor bez podgrzania komory pomiarowej do temperatury około 145 °C i ustawienia właściwego położenia rotora;
 - nie zmieniać położenia rotora przy użyciu koła ręcznego, za pomocą podpory kulkowej, przy włączonym zasilaniu silnika elektrycznego napędzającego rotor;
 - nie badać próbek oleju zawilgoconych lub zawierających cząstki zanieczyszczeń stałych o wymiarach większych niż 3 μm (wprowadzenie zanieczyszczonego oleju do komory pomiarowej lepkościomierza Ravenfielda może spowodować zaklinowanie cząstek w szczelinie pomiarowej i uszkodzenie pary precyzyjnej rotor – stator; próbki oleju podejrzane o zawartość cząstek stałych większych niż 3 μm należy przesączyć przez sączonego o wymiarze nominalnym porów 3 μm);
 - nie dotykać elementów wyposażenia stanowiska pomiarowego podgrzanych do wysokiej temperatury (nawet wyższych niż 150 °C);
 - po wykonaniu pomiarów podnieść rotor przy użyciu koła ręcznego zmiany jego położenia, za pomocą podpory kulkowej.
2. Włączyć na co najmniej 30 minut zasilanie układu elektronicznego lepkościomierza (przy wyłączonym silniku elektrycznym) w celu uzyskania stabilnych warunków. Jednocześnie włączyć zasilanie łaźni

grzewczej, przy użyciu regulatora ustawić temperaturę łaźni grzewczej na temperaturę o kilka stopni wyższą niż wymagana temperatura badania (150 °C).

3. Przy użyciu koła ręcznego zmiany położenia rotora, za pomocą podpory kulkowej, opuścić rotor do pozycji odpowiadającej wskazaniu czujnika zegarowego określonego w świadectwie wzorcowania lepkościomierza, a tym samym prędkości ścinania 10^6 s^{-1} . Dodatkowo wykonać kilka obrotów korbką do zwolnienia mechanizmu podnoszącego.
4. Po uzyskaniu temperatury wskazywanej na wyświetlaczu lepkościomierza o wartości od 148 do 149 °C, włączyć silnik napędzający rotor. Włączyć zasilanie pompki próżniowej do odsysania nadmiaru oleju z komory pomiarowej.
5. Napełnić lejek szklany do pełna olejem kontrolnym RL–174 i przy użyciu ramienia bocznego połączonego z lejkiem wprowadzić go do komory pomiarowej lepkościomierza. Po początkowym obniżeniu temperatury o kilka, a nawet o kilkanaście °C, temperatura wzrasta dość szybko, a następnie wolniej. Należy tak wyregulować temperaturę oleju silikonowego w łaźni grzewczej, aby szybkość wzrostu temperatury w lepkościomierzu w zakresie temperatury od 145 do 149 °C nie była większa niż 0,125 °C/s, natomiast w zakresie temperatury o 149 do 150 °C nie większa niż 0,025 °C/s. Szybkość wzrostu temperatury w lepkościomierzu zależy od lepkości badanego oleju i z tego powodu przy wykonywaniu pomiarów lepkości HTHS olejów silnikowych znacznie różniących się lepkością, konieczne jest regulowanie szybkości ogrzewania. Jeżeli szybkość wzrostu temperatury nie odpowiada powyższym wymaganiom, przeprowadzić regulację temperatury łaźni grzewczej.
6. Po uzyskaniu wymaganej szybkości podgrzewania, przy użyciu oleju kontrolnego RL–174 sprawdzić poprawność ustawienia prędkości ścinania. W tym celu wprowadzić do komory pomiarowej lepkościomierza świeżą porcję oleju kontrolnego RL–174 napełniając lejek do pełna. Odczytać z wyświetlacza wartość momentu obrotowego w temperaturze $150,0 \pm 0,1 \text{ °C}$. Odczytane wartości momentu obrotowego, szybkości podgrzewania oraz temperatury pomiaru zapisać w tabeli raportu. Za wynik pomiaru momentu obrotowego przyjąć średnią arytmetyczną dwóch pomiarów nieróżniących się między sobą więcej niż o 1 % tej średniej. W przypadku niespełnienia tego wymogu, operację wprowadzania świeżej porcji oleju i pomiar momentu obrotowego należy powtarzać do uzyskania wymaganej zgodności wyników pomiarów. Wyznaczyć lepkość dynamiczną HTHS oleju RL–174 z równania regresji prostej wzorcowania podanej w świadectwie sprawdzenia lepkościomierza z dokładnością do 0,01 mPa×s. Wyznaczona wartość lepkości HTHS oleju kontrolnego nie powinna różnić się od jego lepkości HTHS podanej w świadectwie oleju kontrolnego o więcej niż niepewność jej wyznaczenia określona w tym świadectwie. W przypadku różnicy większej należy wyregulować położenie rotora za pomocą podpory kulkowej.
7. Po uzyskaniu wymaganej szybkości podgrzewania przy użyciu oleju kontrolnego RL–174 i sprawdzeniu poprawności ustawienia prędkości ścinania wykonać pomiary momentu obrotowego próbek badanych olejów silnikowych różnych klas lepkościowych według SAE wykonując następujące czynności dla każdej z badanych próbek:

- wprowadzić do komory pomiarowej lepkościomierza trzy porcje badanego oleju w celu jej przepłukania i usunięcia uprzednio badanego oleju,
 - wprowadzić do komory pomiarowej lepkościomierza świeżą porcję badanego oleju w ilości zapewniającej pokrycie rotora cienką warstwą,
 - po spełnieniu wymagań w zakresie szybkości podgrzewania odczytać z wyświetlacza wartość momentu obrotowego w temperaturze $150,0 \pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - wyznaczyć co najmniej pięć wartości momentu obrotowego w temperaturze $150,0 \pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dla świeżych porcji badanego oleju nieróżniących się między sobą więcej niż o 1 % od ich średniej arytmetycznej,
 - odczytane wartości momentu obrotowego, szybkości podgrzewania oraz temperatury pomiaru zapisać w tabeli raportu,
 - w przypadku niespełnienia powyższego wymogu, operację wprowadzania świeżej porcji oleju i pomiar momentu obrotowego należy powtarzać do uzyskania wymaganej zgodności wyników pomiarów.
8. Wyłączyć zasilanie silnika elektrycznego napędzającego rotor, podnieść rotor przy użyciu korbki zmiany jego położenia, za pomocą podpory kulkowej. Wyłączyć zasilanie lepkościomierza, łaźni grzewczej i pompki próżniowej.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Dla każdej z próbek badanych olejów silnikowych, na podstawie średniej wartości momentu obrotowego wyznaczonej z pomiarów nieróżniących się między sobą więcej niż o 1 % średniej, obliczyć wartość średnią z próby lepkości dynamicznej HTHS z równania regresji prostej wzorcowania podanej w świadectwie sprawdzania lepkościomierza z dokładnością do $0,01 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Wyniki obliczeń zanotować w tabeli raportu i obliczeniowej.
2. Dla każdej z próbek badanych olejów silnikowych określić wartości lepkości dynamicznej HTHS η_i dla poszczególnych pomiarów momentu obrotowego z równania regresji prostej wzorcowania podanej w świadectwie sprawdzania lepkościomierza z dokładnością do $0,01 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, odchylenie standardowe z próby S_η zgodnie ze wzorem 15.1 i granice przedziału ufności (rozkład t –Studenta dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i $(n - 1)$ stopni swobody) zgodnie ze wzorem 15.2. Wyniki obliczeń zapisać w tabeli obliczeniowej. Końcowy wynik oznaczenia lepkości dynamicznej η_{HTHS} , w postaci wartość średnia $\pm$ granica przedziału ufności, z dokładnością $0,01 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, zapisać w tabeli obliczeniowej i porównania z wymaganiami.

$$S_\eta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2} \quad (15.1)$$

gdzie:

η - wyliczona lepkość dynamiczna, $\text{mPa}\cdot\text{s}$;

n - ilość pomiarów;

$\bar{\eta}$ - średnia lepkość dynamiczna, $\text{mPa}\cdot\text{s}$;

$$P = \pm t_{1-0,05\alpha} \times \frac{S_\eta}{\sqrt{n-1}} \quad (15.2)$$

gdzie:

$\pm t_{1-0,05\alpha}$ - wartość odczytana z rozkładu t -studenta dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i $(n - 1)$ stopni swobody.

3. Porównać wyniki badania lepkości dynamicznej η_{HTHS} próbek olejów silnikowych z odpowiednimi wymaganiami klasyfikacji SAE J300.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania lepkości dynamicznej HTHS przy użyciu lepkościomierza Ravenfielda,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 6.3 i obliczeniową 6.4 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia) lepkości dynamicznej HTHS,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 6.5 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu lepkości dynamicznej HTHS badanych próbek oleju silnikowego na smarowanie elementów silnika.

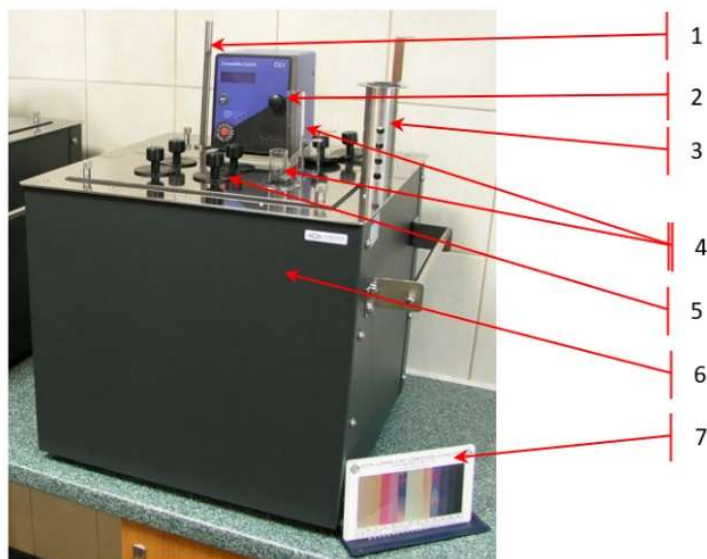
17. BADANIE ODDZIAŁYWANIA KOROZYJNEGO OLEJU SMARNEGO

A. Zasada badania

Wypolerowaną płytkę miedzianą zanurza się w próbce badanego oleju smarnego o określonej objętości, a następnie ogrzewa się w czasie 180 ± 5 minut i w temperaturze przewidzianej w wymaganiach na badany olej (najczęściej 100 °C lub wyższej, ale będącej wielokrotnością 30). Po zakończeniu ogrzewania płytkę wyjmuje się, przemywa i ocenia barwę porównując z wzorcami korozji.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Płytki miedziane o długości 75 ± 5 mm, szerokości $12,5 \pm 2$ mm, grubości od 1,5 do 3,0 mm, z miedzi elektrolitycznej o czystości powyżej 99,9 %, wyżarzane, o gładkiej powierzchni uzyskanej w czasie obróbki na zimno, bez nierówności i głębokich zarysowań.
2. Wzorce korozji do oceny zmiany barwy płytek miedzianych.
3. Łaźnia cieczowa umożliwiająca utrzymywanie próbki badanego oleju w temperaturze badania z dokładnością 1 °C, wyposażona w statywy umożliwiające utrzymanie probówek badawczych w pozycji pionowej, w zanurzeniu 100 ± 5 mm z (rysunek 17.1).
4. Probówki badawcze ze szkła borokrzemowego, o wymiarach 25×150 mm.
5. Probówki płaskie do obserwacji wykonane ze szkła pozbawionego smug, przeznaczone do zabezpieczenia płytek miedzianych po badaniu podczas obserwacji lub w czasie ich przechowywania.
6. Termometr szklany rtęciowy o zakresie pomiarowym od 20 do 150 °C i działce elementarnej 1 °C, do określania temperatury badania.
7. Korki z otworem do zamknięcia probówek badawczych.
8. Dwie zlewki szklane o pojemności 150 cm³.
9. Pinceta o zaokrąglonych końcach, do przenoszenia płytek miedzianych.
10. Czasomierz elektroniczny o dokładności nie mniejszej niż 1 s.
11. Uchwyt do polerowania.
12. Papier ścierny z nasypem z węgliku krzemu o wielkości ziarna 65 µm.
13. Sproszkowany węgiel krzemu o wielkości ziarna 105 µm.
14. Rozpuszczalnik do przemywania płytek miedzianych (np. 2,2,4–trimetylopentan, cz.d.a.).
15. Bibuła do sączenia.
16. Wata.



Rysunek 17.1 Widok stanowiska do badania oddziaływania korozyjnego (1 – osłona metalowa termometru cieczowego, 2 – pokrętło regulacji temperatury łaźni, 3 – statyw do umieszczania probówek badawczych, 4 – probówki badawcze, 5 – gniazdo do umieszczania statywu z probówką badawczą, 6 – łaźnia cieczowa, 7 – wzorce korozji)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Włączyć zasilanie łaźni cieczowej i doprowadzić ją do temperatury równej temperaturze badania z dokładnością 1 °C. Umieścić termometr szklany rtęciowy o zakresie pomiarowym od 20 do 150 °C i działce elementarnej 1 °C w osłonie metalowej i zamontować w pokrywie łaźni cieczowej.
2. Usunąć plamy z wszystkich sześciu powierzchni płytki miedzianej przy użyciu papieru z nasypem z węgliku krzemu o różnej wielkości. Zakończyć czynność stosując papier z nasypem o wielkości ziarna 65 μm usuwając wszystkie ślady pozostawione przez poprzednio użyte materiały do polerowania. Papier ścierny umieścić na płaskiej powierzchni i pocierać płytkę miedzianą o papier ruchem kolistym, zabezpieczając płytkę przed kontaktem z palcami za pomocą bibuły do sączenia. Zanurzyć płytkę miedzianą w rozpuszczalniku, wyjąć natychmiast i wykonać polerowanie końcowe.
3. Polerowanie końcowe wykonać przy użyciu sproszkowanego węgliku krzemu o wielkości ziarna 105 μm pobranego z czystego szklanego pojemnika tamponem z waty zwilżonej kilkoma kroplami rozpuszczalnika. Płytkę trzymać w palcach przez bibułę do sączenia, polerować najpierw brzegi, potem boki. Następnie przetrzeć płytkę świeżym tamponem i odtąd posługiwać się wyłącznie pincetą (nie dotykać płytki palcami). Umieścić ją w uchwycie do polerowania i polerować główne powierzchnie proszkiem z węgliku krzemu na tamponie z waty zwilżonej kilkoma kroplami rozpuszczalnika. Pocierać wzdłuż płytki przedłużając ruch za brzegi przed zmianą kierunku. Usunąć pył z płytki energicznie przecierając czystymi tamponami z waty, aż do momentu, gdy użyty tampon będzie czysty. Wszystkie powierzchnie płytki należy polerować jednolicie, zaokrąglone krawędzie wykazują skłonność do wykazywania większej korozji niż środek płytki.
4. Umieścić 30 cm^3 próbki badanego oleju smarnego w probówce badawczej. W ciągu 1 minuty po zakończeniu końcowego polerowania wsunąć, przy użyciu pincety, płytkę miedzianą do wnętrza

próbówki badawczej (powierzchnia próbki badanego oleju powinna znajdować się minimum 5 mm nad górną krawędzią płytki). Zamknąć próbkę korkiem z otworem i mieścić ją w statywie, statyw z próbką umieścić w gnieździe łaźni cieczowej.

5. Po upływie czasu badania, tj. po 180 ± 5 minutach, wyjąć próbkę badawczą. Przebrać zawartość próbki badawczej do zlewki szklanej, pozwalając płytce miedzianej zsunąć się delikatnie, lecz nie dopuszczając do rozbicia zlewki. Wyłączyć zasilanie łaźni cieczowej.
6. Wyjąć płytkę miedzianą przy użyciu pincety i zanurzyć ją w zlewce szklanej z rozpuszczalnikiem do przemywania. Następnie osuszyć płytkę bibułą do sączenia (przez wchłanianie, a nie przez wycieranie) i umieścić w próbce do obserwacji. Probkę zamknąć tamponem z waty.
7. Porównać wygląd płytki miedzianej umieszczonej w próbce do obserwacji z wzorcami korozji w świetle odbijającym się od nich pod kątem 45° .
8. Przy określaniu klasy korozji płytki miedzianej poddanej oddziaływaniu próbki badanego oleju uwzględnić następujące ogólne zasady interpretacji wyniku:
 - płytka znajduje się w stanie przejściowym pomiędzy dwoma sąsiednimi wzorcami korozji, należy zakwalifikować próbkę do wzorca z większym nalotem;
 - płytce o barwie bardziej ciemnopomarańczowej niż wzorzec 1b przypisać klasę korozji 1, a w przypadku zaobserwowania nawet śladów czerwonego zabarwienia przypisać płytce klasę korozji 2;
 - w celu odróżnienia barwy bordowoczerwonej płytki o klasie korozji 2 od karmazynowego nalotu na mosiężnej barwie płytki o klasie korozji 3, należy płytkę zanurzyć w rozpuszczalniku do przemywania, w pierwszym przypadku nastąpi zmiana barwy na ciemnopomarańczową, a w drugim barwa nie ulegnie zmianie;
 - w celu odróżnienia wielobarwnych zmian (klasa korozji 2 i 3) należy umieścić płytkę miedzianą w próbce badawczej i doprowadzić ją do temperatury $340 \pm 30^\circ\text{C}$ na 5 ± 1 minuty, umieszczając próbkę na płycie grzewczej (temperaturę określić przy użyciu termometru szklanego rtęciowego używanego do badania składu frakcyjnego olejów napędowych umieszczonego w drugiej próbce badawczej); w przypadku przyjęcia przez podgrzaną płytkę barwy srebrnej przechodzącej w odcień złotawy, należy przypisać jej klasę korozji 2, natomiast po przyjęciu barwy czarnej przeświecającej (klasa korozji 4a) należy przypisać klasę korozji 3.
9. Klasę korozji podać liczbowo (zgodnie z opisem według tabeli 17.1 wraz z czasem trwania i temperaturą badania w następujący sposób: korozja płytki miedzianej (czas h/temperatura $^\circ\text{C}$), klasa korozji. Wynik oznaczenia zapisać w tabeli raportu.
10. Powtórzyć badanie w przypadku:
 - zaobserwowania plam spowodowanych odciskami palców lub cętek po kropelkach wody albo innych zanieczyszczeniach, z którymi mogła zetknąć się płytka miedziana w czasie badania,
 - kwalifikowania ostrych krawędzi wzdłuż płaskich powierzchni płytki do wyższej klasy korozji niż większa część płytki.

11. Probówki badawcze, probówki płaskie do obserwacji oraz zlewki szklane umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu, przepłukać kolejno w wodzie bieżącej, wodzie destylowanej. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż 110 ± 5 °C lub w strumieniu powietrza.

Tabela 17.1 Klasyfikacja wzorców korozji

Klasa korozji	Określenie	Opis
1	nieznaczny nalot	a – barwa jasnopomarańczowa, prawie taka sama jak świeżowypolerowanej płytki
		b – barwa ciemnopomarańczowa
2	średni nalot	a – barwa bordowoczerwona
		b – barwa jasnofioletowa
		c – wielobarwna, z fioletowym lub/i srebrnym nalotem na tle barwy bordowoczerwonej
		d – barwa srebrna
		e – barwa mosiądzu lub złota
3	silny nalot	a – karmazynowy nalot na płytce o odcieniu mosiężnym
		b – wielobarwna, z ledwo widocznymi plamami czerwonymi i zielonymi („pawimi”), ale nie szarymi
4	korozja	a – barwa czarna przeświecająca, ciemnoszara lub brązowa ledwie dostrzegalnymi zielonymi, „pawimi” smugami
		b – barwa czarna grafitowa lub czarna matowa
		c – barwa czarna połyskująca lub kruczoczarna

D. Opracowanie wyników pomiarów

- Porównać uzyskany wynik badania oddziaływania korozyjnego próbki badanego oleju z wymaganiami specyfikacji w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania oddziaływania korozyjnego,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 6.6 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- analizę wyników pomiarów,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 6.7 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu oddziaływania korozyjnego próbki badanego oleju na pracę urządzeń, w których olej ten jest przeznaczony do użytkowania.

18. BADANIE STOPNIA ZESTARZENIA OLEJÓW SILNIKOWYCH

A. Zasada badania

Badaniu poddaje się niewielką ilość ($\sim 1 \text{ cm}^3$) próbki oleju silnikowego pobranego z układu smarowania. Przy użyciu przyrządu Lubri–Sensor dla badanej próbki oznacza się wartość odchylenia stałej dielektrycznej (SD) od stałej dielektrycznej próbki oleju „świeżego” oraz odchylenie stałej dielektrycznej według skali Lubri–Sensor (skali L–S w zakresie od 0 do 12) spowodowane obecnością w próbce oleju produktów starzenia i zanieczyszczeń. Na podstawie kierunku zmian stałej dielektrycznej próbki oleju starzonego (zwiększenie, zmniejszenie) i intensywności tych zmian określa się obecność zanieczyszczeń podzielonych na trzy grupy:

- **grupa 1** – kwasy i związki o charakterze kwaśnym, produkty utleniania oleju silnikowego, produkty spalania paliwa i oleju silnikowego (sadza, koks), zanieczyszczenia mineralne (pył mineralny), zanieczyszczenia o charakterze szlamów;
- **grupa 2** – cząstki metali (produkty zużycia elementów silnika), woda, ciecz chłodząca;
- **grupa 3** – paliwa (benzyna, olej napędowy) rozcieńczające olej silnikowy.

Zanieczyszczenia zaliczane do grupy 1 powstają w czasie eksploatacji sprawnych silników, natomiast zanieczyszczenia grupy 2 i 3 występują w oleju silnikowym przy awaryjnych stanach układów silnika.

Obecność w badanym oleju zanieczyszczeń grupy 1 powoduje dodatnie wychylenie wskaźnika analogowego miliamperomierza w zakresie skali ($0 \pm 50 \text{ mA}$) i daje możliwość trwałego zrównoważenia mostka pomiarowego stałej dielektrycznej (MPSD). Dla olejów zawierających tylko zanieczyszczenia grupy 1, na podstawie porównania oznaczonej wartości stałej dielektrycznej według skali L–S wprost proporcjonalnej do stężenia tych zanieczyszczeń i jej granicznych dopuszczalnych wartości (dla olejów mineralnych do 4 jednostek według skali L–S, dla olejów syntetycznych do 7 jednostek według skali L–S) można badany starzony olej silnikowy zakwalifikować do dalszej eksploatacji w silniku albo do wymiany na świeży.

Wykrycie w badanym oleju silnikowym zanieczyszczeń grupy 2 wyklucza go z dalszej eksploatacji w silniku i wskazuje na konieczność przeprowadzenia dodatkowych badań laboratoryjnych w celu określenia, które z zanieczyszczeń należących do tej grupy są przyczyną zmiany stałej dielektrycznej. Stwierdzenie obecności zanieczyszczeń grupy 2 wskazuje jednocześnie na konieczność przeprowadzenia badań stanu technicznego silnika, gdyż przyczyną tak dużych zmian stałej dielektrycznej są niesprawności niektórych układów silnika. Obecność w badanym oleju cząstek metali powoduje dodatnie wychylenie wskaźnika analogowego miliamperomierza w zakresie skali (od 0 do 50). Chwilowo można zrównoważyć mostek pomiarowy stałej dielektrycznej, jednak po każdym ponownym (przesuniętym w czasie od 20 do 30 s) załączeniu zasilania MPSD strzałka wskazująca wartość niezrównoważenia wychyla się coraz bardziej w kierunku dodatnim, a zrównoważenie uzyskuje się przy coraz większej wartości na skali odchylen SD. W miarę upływu czasu zasilania MPSD obserwuje się ciągły i płynny ruch wskazówki wskaźnika

analogowego w kierunku dodatnim, a przy zawartości cząstek metalu o znacznych wymiarach może występować nawet skokowy wzrost niezrównoważenia MPSD (strzałka wskaźnika analogowego porusza się nagłymi skokami w kierunku dodatnim w miarę sedymentacji cząstek metali na elektrodach kondensatora w miseczce pomiarowej). Obecność w badanym oleju śladowych ilości wody lub cieczy chłodzącej powoduje bardzo duży wzrost SD i dodatnie wychylenie wskaźnika analogowego miliamperomierza poza zakres skali oraz brak możliwości zrównoważenia MPSD.

Wykrycie w badanym oleju silnikowym zanieczyszczeń grupy 3 wymusza konieczność wykonania dodatkowego oznaczenia jego lepkości – stwierdzenie obniżenia klasy lepkościowej badanego oleju wyklucza go z dalszej eksploatacji w silniku. Przyrząd nie rozróżnia rodzaju paliwa powodującego rozcieńczenie, natomiast już przy jego stężeniu powyżej 5 % obj. wykazuje ujemne wychylenie wskaźnik analogowy miliamperomierza DC i brak możliwości zrównoważenia MPSD. Zwiększenie zawartości niespalonego paliwa (od 5 do 15 % obj.) powoduje nieznaczne zmiany wartości niezrównoważenia MPSD. Uznaje się, że wartość wychylenia wskaźnika analogowego na minus, wyrażona w działkach skali wskaźnika analogowego jest wprost proporcjonalna do stężenia niespalonych frakcji benzyny lub oleju napędowego w oleju silnikowym.

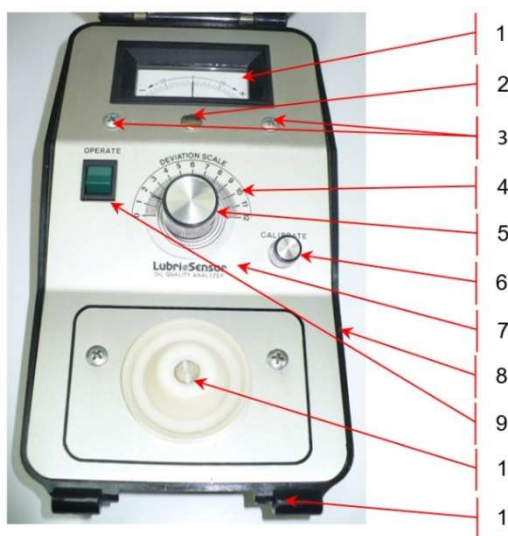
B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Przyrząd Lubri–Sensor model NI–2B (rysunek 18.1) składający się z obudowy, do której przy pomocy wkrętów przykręcony jest pulpit operacyjny. Pulpit zamykany jest pokrywą połączoną z obudową za pomocą zawiasów. Na czas wykonywania pomiarów pokrywę otwiera się i odchyła. Układ elektryczny przyrządu stanowi mostek pomiarowy stałej dielektrycznej składający się z dwóch równoległych gałęzi i źródła zasilania. Źródłem zasilania mostka pomiarowego jest generator prądu zmiennego o częstotliwości 5 MHz, o ściśle określonym kształcie impulsu elektrycznego, zasilany z baterii alkalicznej typu 9F22 o napięciu 9 V. Jedna gałąź mostka pomiarowego składa się z elementów o ściśle określonych, stałych parametrach elektrycznych. W obwodzie drugiej gałęzi (pomiarowej) mostka wmontowane są:
 - kondensator kalibracji o zmiennej pojemności z pokrętkiem kalibracji (6),
 - kondensator pomiarowy z miseczką pomiarową (10) – funkcję dielektryka pełni olej badany lub olej używany do kalibracji,
 - kondensator o zmiennej pojemności służący do zrównoważenia mostka pomiarowego stałej dielektrycznej z pokrętkiem (5).

Pokrętko (5) ma wskaźnik, który na skali Lubri–Sensor (skali L–S) odchylen stałej dielektrycznej („DEVIATION SCALE”) pokazuje liczby, których wartość jest wprost proporcjonalna do stężenia zanieczyszczeń należących do grupy 1, jednocześnie jest miarą kąta, o który należało obrócić pokrętko w celu zrównoważenia mostka pomiarowego stałej dielektrycznej. Stopień niezrównoważenia (nie zerowania się) mostka pomiaru stałej dielektrycznej jest odczytywany na dwukierunkowo wychylnym miliamperomierzu o zakresie 0 ± 50 mA. Po włączeniu zasilania mostka pomiarowego stałej

dielektrycznym (włącznikiem „OPERATE”) na wskaźniku analogowym (1) miliamperomierza określa się zrównoważenie mostka (wskazanie zera oznacza zrównoważenie). Ze wskazań wskaźnika analogowego określa się również kierunek zmiany stałej dielektrycznej (zwiększenie w kierunku „+”, zmniejszenie w kierunku „-”) oraz wielkość tej zmiany.

2. Strzykawka o pojemności 2 cm³ i działce elementarnej 0,1 cm³.
3. Czasomierz elektroniczny o dokładności nie mniejszej niż 0,1 s.
4. Rozpuszczalnik do przemywania miseczki pomiarowej (np. benzyna ekstrakcyjna sączona).
5. Wata celulozowa.



Rysunek 18.1 Widok przyrządu Lubri-Sensor NI-2B z otwartą pokrywą (1 – wskaźnik analogowy miliamperomierza DC, 2 – zaślepka wkręta mechanicznego zerowania miliamperomierza DC, 3 – wkręty mocujące pulpit operacyjny, 4 – skala odchyłeń SD („DEVIATION SCALE”), 5 – pokrętko kondensatora równoważenia mostka pomiarowego stałej dielektrycznej (MPSD), 6 – pokrętko kondensatora kalibracji („CALIBRATE”), 7 – pulpit operacyjny, 8 – obudowa, 9 – włącznik zasilania MPSD („OPERATE”), 10 – miseczka pomiarowa, 11 – zamknięcie pokrywy)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Umieścić na stole laboratoryjnym, obok siebie Lubri-Sensor, naczynie z badaną próbką i naczynie ze świeżym olejem do kalibracji, na czas nie krótszy niż 15 minut w celu doprowadzenia do zbliżonej temperatury. Otworzyć i odchylić pokrywę Lubri-Sensora.
2. Bezpośrednio przed badaniem próbki badanego oleju wykonać kalibrację polegającą na wyznaczeniu stałej dielektrycznej dla oleju świeżego. W tym celu należy:
 - dokładnie usunąć resztki poprzednio badanego oleju i odtłuścić miseczkę pomiarową przy użyciu kawałków waty celulozowej zwilżonych benzyną ekstrakcyjną,
 - pokrętko kondensatora równoważenia mostka pomiarowego stałej dielektrycznej ustawić w położeniu wskazującym zero na skali odchyłeń stałej dielektrycznej „DEVIATION SCALE”,
 - przy użyciu strzykawki napełnić miseczkę pomiarową świeżym olejem do kalibracji (olej nie powinien się przelewać),
 - nacisnąć i utrzymywać w pozycji załączonej zielony przycisk włącznika „OPERATE”, wychyloną z położenia zerowego wskazówkę wskaźnika analogowego miliamperomierza, ustawić w położeniu zero, obracając pokrętko kondensatora kalibracji „CALIBRATE”,

- wytrzeć miseczkę pomiarową przy użyciu kawałków waty celulozowej, dokładnie usunąć resztki oleju użytego do kalibracji i odtłuścić miseczkę pomiarową przy użyciu kawałków waty celulozowej zwilżonych benzyną ekstrakcyjną,
 - po przeprowadzeniu kalibracji położenie pokrętła kondensatora kalibracji „CALIBRATE” powinno pozostać niezmienione do czasu zakończenia badania określonego oleju silnikowego (przypadkowa zmiana położenia pokrętła skutkuje koniecznością wykonania ponownej kalibracji).
3. Wytrząsnąć ręcznie próbkę badanego oleju silnikowego w czasie nie krótszym niż dwie minuty. W przypadku zapowietrzenia próbki odczekać do zaniku piany.
 4. Przy użyciu strzykawki napełnić miseczkę pomiarową badanym starzonym olejem (olej nie powinien się przelewać). Pomiarów wykonać w dwóch etapach:
 - a) etap 1:
 - bezpośrednio po napełnieniu miseczki pomiarowej nacisnąć i utrzymywać w pozycji załączonej zielony przycisk włącznika „OPERATE”,
 - po około 5–10 sekundach ocenić zmianę położenia (na „plus” lub „minus”) wskazówki wskaźnika analogowego miliamperomierza oraz wielkość jej wychylenia na skali wskaźnika analogowego miliamperomierza wyrażoną w miliamperach, wyniki zapisać w tabeli raportu,
 - zmieniając położenie pokrętła kondensatora równoważenia MPSD, wychyloną z położenia zerowego wskazówkę wskaźnika analogowego miliamperomierza, ustawić w położeniu zero, a wartość wskazaną przez wskaźnik pokrętła kondensatora równoważenia MPSD na skali odchyłeń stałej dielektrycznej „DEVIATION SCALE” odczytać i zapisać w tabeli raportu,
 - zwolnić przycisk włącznika „OPERATE”,
 - b) etap 2:
 - po 30–tu sekundach od chwili zwolnienia przycisku włącznika „OPERATE” w ramach etapu 1, przycisnąć go ponownie,
 - ocenić położenie wskazówki wskaźnika analogowego miliamperomierza i zapisać wartość jej wychylenia na skali wskaźnika analogowego miliamperomierza wyrażoną w miliamperach w tabeli raportu,
 - ponownie zrównoważyć mostek za pomocą pokrętła równoważenia kondensatora MPSD, wartość wskazaną przez wskaźnik pokrętła kondensatora równoważenia MPSD na skali odchyłeń stałej dielektrycznej „DEVIATION SCALE” zapisać w tabeli raportu,
 - zwolnić przycisk włącznika „OPERATE”.
 5. Wytrzeć miseczkę pomiarową przy użyciu kawałków waty celulozowej, dokładnie usunąć resztki badanego starzonego oleju i odtłuścić miseczkę przy użyciu kawałków waty celulozowej zwilżonych benzyną ekstrakcyjną.
 6. Wykonać co najmniej trzy pomiary dla każdej próbki badanego oleju silnikowego. Dla odmiennych próbek olejów wykonać ponowną kalibrację przyrządu Lubri-Sensor.

7. Wynik oznaczenia zapisać w tabeli raportu.

D. Opracowanie i analiza wyników pomiarów

1. Za wynik oznaczenia wartości odchylen stałej dielektrycznej według skali L–S przyjąć średnią arytmetyczną co najmniej trzech pomiarów nieróżniących się od średniej o więcej niż $\pm 0,2$ jednostki według skali L–S. Wynik zapisać w tabeli raportu i zaleceń.
2. Na podstawie wyników pomiarów oraz tabeli 18.1, określić grupy zanieczyszczeń zawartych w próbkach badanych olejów silnikowych i zapisać w tabeli zaleceń.
3. Dla próbek, w których stwierdzono obecność zanieczyszczeń grupy 1, porównać uzyskane odczyty na skali odchylen stałej dielektrycznej według skali L–S z wartościami granicznymi według tabeli 18.1.

Tabela 18.1 Interpretacja wyników pomiarów przy użyciu przyrządu Lubri–Sensor

Grupa zanieczyszczeń		Wyniki pomiaru		
		zrównoważenie mostka pomiarowego stałej dielektrycznej	kierunek i wartość zmiany SD	odchylenie SD według skali L–S
1	Kwasy i związki o charakterze kwaśnym, produkty utleniania oleju, produkty spalania paliwa i oleju (sadza, koksy), zanieczyszczenia mineralne (np. pył mineralny), zanieczyszczenia o charakterze szlamów	zrównoważenie stałe (mostek zrównoważony w etapie 1 pomiaru nie wymaga ponownego zrównoważenia w etapie 2; wskazówka miernika analogowego pozostaje po zrównoważeniu mostka na stałe w położeniu zera i nie zmienia swego położenia nawet po długim czasie)	w kierunku dodatnim w przedziale (0–50)	wartość z etapu 1 równa wartości z etapu 2
2	Cząstki metali (produkty zużycia elementów silnika)	zrównoważenie chwilowe (mostek zrównoważony w etapie 1 pomiaru wymaga ponownego zrównoważenia w etapie 2; po każdym ponownym, przesuniętym w czasie o 20–30 s, załączeniu zasilania MPSD strzałka wskazująca wartość niezrównoważenia wychyla się coraz bardziej w kierunku dodatnim, a zrównoważenie uzyskuje się przy coraz większej wartości na skali odchylen SD; w miarę upływu czasu zasilania MPSD obserwuje się ciągły i płynny ruch wskazówki wskaźnika analogowego w kierunku dodatnim, a przy zawartości cząstek metalu o znacznej wielkości może występować nawet skokowy wzrost niezrównoważenia MPSD – strzałka wskaźnika analogowego porusza się nagłymi skokami w kierunku dodatnim w miarę sedimentacji cząstek metalu w miseczce pomiarowej)	w kierunku dodatnim w przedziale (0–50)	wartość z etapu 1 mniejsza od wartości z etapu 2
	Woda, ciecz chłodząca	brak możliwości zrównoważenia (powodowany przez śladowe ilości wody lub cieczy chłodzącej zawartej w oleju; po załączeniu zasilania MPSD wychylenie wskazówki miernika analogowego może następować z kilkusekundowym opóźnieniem)	w kierunku dodatnim poza przedziałem (0–50)	poza zakresem skali odchylen SD
3	Paliwa (benzyna, olej napędowy)	brak możliwości zrównoważenia (powodowany przez zawartość paliwa powyżej 5 % obj.)	w kierunku ujemnym w przedziale $\sim(5-20)$	brak

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania stopnia zużycia próbki badanego oleju,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 6.8 oraz tabelę zaleceń 6.9 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę wyników pomiarów,
- wnioski.

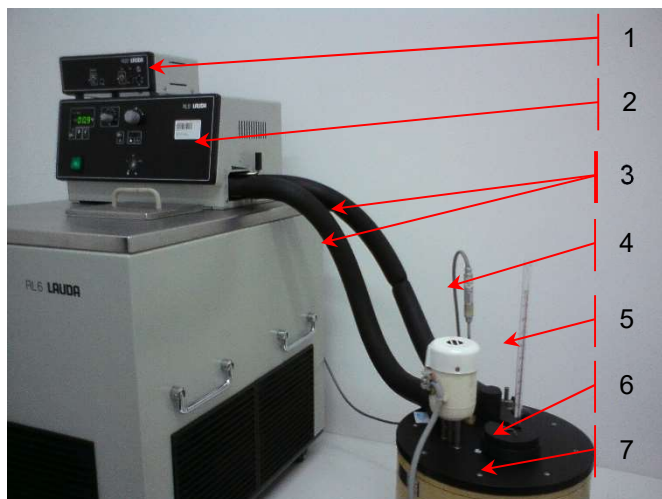
19. BADANIE TEMPERATURY PŁYNIECIA CIECZY HYDRAULICZNEJ

A. Zasada badania

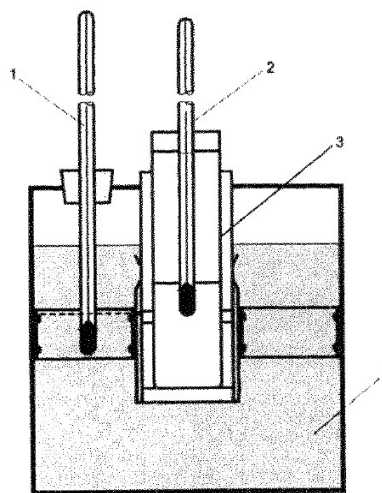
Po wstępnym ogrzaniu próbkę cieczy hydraulicznej schładza się z ustaloną prędkością i kontroluje w ostępach temperatury co 3 °C w celu sprawdzenia jej płynności. Najniższą temperaturę, w której obserwuje się przemieszczanie cieczy, uznaje się za wartość temperatury płynięcia.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Stanowisko do badania temperatury mętnienia według rysunek 19.1 i 19.2.



Rysunek 19.1 Widok stanowiska do badania TPL (1 – kontroler temperatury R-22, 2 – kriostat RLS-6D, 3 – węże silikonowe, 4 – czujnik temperatury Pt-100, 5 – termometr szklany cieczowy, 6 – korek do zamknięcia naczynia pomiarowego, 7 – łaźnia z czynnikiem chłodzącym)



Rysunek 19.2 Schemat ogólny stanowiska do badania TPL (1 – termometr szklany cieczowy lub czujnik temperatury Pt-100, 2 – termometr szklany cieczowy, 3 – naczynie po-miarowe, 4 – łaźnia z czynnikiem chłodzącym)

2. Kriostat RLS-6D z kontrolerem temperatury R-22 i czujnikiem temperatury Pt-100.
3. Łaźnia oziębiająca (z cylindrycznym płaskodennym, mosiężnym płaszczem stanowiącym łaźnię powietrzną i pierścieniem podtrzymującym) zapewniająca utrzymanie temperatury w przedziale:
 - $24 \pm 1,5$ °C dla próbek o $T_{PL} \geq 27$ °C;
 - $24 \pm 1,5$ °C, następnie $0,0 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_{PL} w przedziale od 24 do 9 °C;
 - $24 \pm 1,5$ °C, następnie $0,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-18,0 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_{PL} w przedziale od +6 do 6 °C;
 - $24 \pm 1,5$ °C, następnie $0,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-18,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-33,0 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_{PL} w przedziale od -9 do -24 °C;
 - $24 \pm 1,5$ °C, następnie $0,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-18 \pm 1,5$ °C, następnie $-33,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-51,0 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_{PL} w przedziale od -27 do -30 °C;
 - $6,0 \pm 1,5$ °C, następnie $0,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-18 \pm 1,5$ °C, następnie $-33,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-51,0 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_{PL} w przedziale od -33 do -42 °C;
 - $6,0 \pm 1,5$ °C, następnie $0,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-18 \pm 1,5$ °C, następnie $-33,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-51,0 \pm 1,5$ °C, następnie $-69,0 \pm 1,5$ °C dla próbek o T_{PL} poniżej -45 °C;
4. Dwa węże silikonowe z izolacją termiczną łączące kriostat RLS-6D z łaźnią oziębiającą.

5. Naczynie pomiarowe do badania T_{PL} (cylindryczne, płaskodenne, z przezroczystego szkła, z trwale zaznaczoną kreską na całym obwodzie w odległości od 51 do 57 mm od powierzchni wewnętrznej dna określającą objętość próbki paliwa do badania).
6. Termometr szklany cieczowy (wypełniony toluenem lub inną cieczą zabarwioną czerwonym barwnikiem odpornym na działanie światła, do pomiaru temperatury próbki, o zakresie pomiarowym od -72 do $+22$ °C, działce elementarnej 1 °C).
7. Pierścień uszczelniający (grubości około 5 mm, szczelnie przylegający do powierzchni zewnętrznej naczynia pomiarowego i luźno do płaszcza mosiężnego łaźni oziębiającej).
8. Podkładka korkowa (grubości 6 mm, umieszczona luźno w płaszczu łaźni oziębiającej, izolująca dno naczynia pomiarowego od dna płaszcza łaźni oziębiającej).
9. Korek do zamknięcia naczynia pomiarowego (w środku z otworem do umieszczenia termometru).
10. Korek do umieszczenia czujnika temperatury Pt-100 w łaźni oziębiającej (w środku z otworem).
11. Sekundomierz z podziałką 0,2 s lub dokładniejszy.
12. Ciecz osuszająca, np. etanol.
13. Heptan techniczny lub czysty.
14. Aceton cz.d.a.

C. Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzić ilość czynnika chłodzącego w łaźni wewnętrznej kriostatu RLS-6D (minimalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm powyżej górnej krawędzi węzownicy umieszczonej w łaźni, maksymalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm poniżej górnej krawędzi łaźni) i ewentualnie uzupełnić.
2. Sprawdzić ilość czynnika chłodzącego w łaźni chłodzącej (minimalny poziom napełnienia łaźni - nie mniej niż 10 mm powyżej górnej krawędzi węzownicy umieszczonej w łaźni, maksymalny poziom napełnienia łaźni -nie mniej niż 10 mm poniżej górnej krawędzi łaźni) i ewentualnie uzupełnić.
3. Sprawdzić:
 - stan mocowań, ustawienie oraz połączenia poszczególnych elementów stanowiska,
 - szczelność przewodów i połączeń obiegu czynnika chłodzącego,
 - ułożenie przewodów łączących poszczególne elementy stanowiska,
 - przewody zasilające poszczególnych elementów stanowiska,
 - zamontowanie czujnika Pt-100 w pokrywie łaźni oziębiającej (koniec czujnika powinien znajdować się wewnątrz łaźni 10 ± 1 cm poniżej zewnętrznej powierzchni pokrywy),
 - ustawienie kriostatu RLS-6D (zapewnić prawidłową i niezakłóconą wymianę ciepła – z tyłu i przodu utrzymywać wolną przestrzeń wynoszącą nie mniej niż 20 cm).
4. Włączyć kriostat RLS-6D i mieszać łaźni oziębiającej.

5. Nastawić na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) temperaturę równą pierwszej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. 24 °C dla próbek oleju o temperaturze płynięcia wyższej niż -33 °C albo 6,0 dla próbek oleju o temperaturze płynięcia nie wyższej niż -33 °C) i rozpocząć schładzanie czynnika chłodzącego w łaźni oziębiającej.
6. Wzrokowo sprawdzić stan (i ewentualnie wymienić):
 - naczynia pomiarowego (obecność pęknięć i zarysowań),
 - termometru szklanego cieczowego (ciągłość słupka cieczy termometrycznej),
 - pierścienia uszczelniającego, podkładki korkowej i korka (obecność uszkodzeń mechanicznych).
7. Sprawdzić czystość:
 - naczynia pomiarowego i lejka szklanego – w przypadku stwierdzenia widocznych gołym okiem osadów lub zanieczyszczeń mechanicznych, ponownie umyć je heptanem, przepłukać acetonem cz.d.a, a następnie wysuszyć w komorze ciepła i schłodzić na powietrzu do temperatury otoczenia,
 - termometru próbki w przypadku stwierdzenia widocznych gołym okiem osadów lub zanieczyszczeń mechanicznych przemyć watą celulozową zwilżoną heptanem, następnie przetrzeć watą celulozową zwilżoną acetonem cz.d.a. i pozostawić do wyschnięcia na powietrzu.
8. Sprawdzić czystość oraz zawilgocenie podkładki korkowej i pierścienia uszczelniającego – w przypadku stwierdzenia zabrudzenia lub zawilgocenia oczyścić je i osuszyć lub wymienić na nowe. Sprawdzić czystość i zawilgocenie wnętrza płaszcza łaźni oziębiającej – w przypadku stwierdzenia zabrudzenia oczyścić je i osuszyć przy użyciu lnianej szmatki. Zabrudzenie lub zawilgocenie podkładki, pierścienia uszczelniającego i wnętrza płaszcza łaźni oziębiającej może prowadzić do powstawania oszronienia powodującego błędne odczyty.
9. Umieścić podkładkę korkową na dnie płaszcza łaźni oziębiającej co najmniej 10 minut przed umieszczeniem naczynia pomiarowego z próbką badanej cieczy hydraulicznej.
10. Próbkę badanej cieczy hydraulicznej o temperaturze otoczenia wlać do naczynia pomiarowego do poziomu zaznaczonego linią.
11. Naczynie pomiarowe zamknąć korkiem umieszczając w nim termometr szklany cieczowy. Tak ustawić pozycję korka i termometru, aby:
 - korek przylegał ściśle do wewnętrznej powierzchni naczynia pomiarowego,
 - termometr szklany cieczowy i naczynie pomiarowe były ustawione współosiowo,
 - zbiornik termometru była zanurzony 3mm poniżej górnego poziomu badanej próbki.
12. Próbkę cieczy hydraulicznej o temperaturze płynięcia wyższej niż -33 °C:
 - podgrzać, nie mieszając jej, do temperatury o 9 °C wyższej niż wynosi przewidywana temperatura płynięcia lub do temperatury 45 °C, w zależności od tego, która z tych temperatur jest wyższa, w łaźni o temperaturze o 12 °C wyższej od przewidywanej temperatury płynięcia, lecz nie niższej niż 48 °C;

- ogrzane naczynie pomiarowe z próbką badanej cieczy ostrożnie wyjąć z łaźni, wytrzeć jego zewnętrzną powierzchnię czystą szmatką zwilżoną w cieczy osuszającej;
- umieścić pierścień uszczelniający wokół naczynia pomiarowego na wysokości 25 mm od jego dna i wstawić naczynie do łaźni oziębiającej o temperaturze $24,0 \pm 1,5$ °C (niedopuszczalne jest umieszczenie naczynia pomiarowego bezpośrednio w płaszczu łaźni oziębiającej bez podkładki korkowej);
- po obniżeniu temperatury próbki do wartości o 9 °C wyższej niż jej przewidywana temperatura płynięcia (oszacowana jako wielokrotność 3 °C), rozpocząć obserwację płynności zgodnie z punktami od 14 do 18;
- jeżeli próbka jest jeszcze płynna w temperaturze 27 °C, zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą następnej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. 0,0 °C) i dalej schładzać badaną próbkę w łaźni o temperaturze $0,0 \pm 1,5$ °C.

13. Próbkę cieczy hydraulicznej o temperaturze płynięcia nie wyższej niż -33 °C:

- podgrzać, nie mieszając jej, do temperatury 45 °C, w łaźni o temperaturze 48 °C;
- ogrzane naczynie pomiarowe z próbką badanej cieczy ostrożnie wyjąć z łaźni, wytrzeć jej zewnętrzną powierzchnię czystą szmatką zwilżoną w cieczy osuszającej;
- umieścić pierścień uszczelniający wokół naczynia pomiarowego na wysokości 25 mm od jego dna i wstawić naczynie do łaźni oziębiającej o temperaturze $6,0 \pm 1,5$ °C (niedopuszczalne jest umieszczenie naczynia pomiarowego bezpośrednio w płaszczu łaźni oziębiającej), po czym schłodzić do temperatury 15 °C;
- zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą następnej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. 0,0 °C) i dalej schładzać badaną próbkę w łaźni o temperaturze $0,04 \pm 1,5$ °C; po obniżeniu temperatury próbki do wartości o 9 °C wyższej niż jej przewidywana temperatura płynięcia (oszacowana jako wielokrotność 3 °C), rozpocząć obserwację płynności zgodnie z punktami od 14 do 18.

14. Po każdym obniżeniu temperatury próbki o 3 °C poniżej pierwszego odczytu wyjąć szybko naczynie pomiarowe z płaszcza i przechylić je wystarczająco, aby przekonać się, czy próbka cieczy w nim się przemieszcza. Wszystkie czynności związane z wyjęciem naczynia pomiarowego, obserwacją płynności próbki i powtórным jego włożeniem do łaźni oziębiającej nie powinny trwać dłużej niż 3 s. Wyniki obserwacji zapisać w tabeli raportu.

15. Po schłodzeniu próbki cieczy do temperatury, w której zaczynają się wydzielać kryształy fazy stałej, zachować szczególną ostrożność, aby nie dopuścić do zaburzeń w strukturze Próbkę lub przemieszczenia termometru

w próbce, ponieważ każde zakłócenie w sieci kryształów fazy stałej prowadzi do zaniżonych i błędnych wyników. W niższych temperaturach, po wyjęciu naczynia pomiarowego z łaźni oziębiającej, przed rozpoczęciem obserwacji płynności badanej cieczy, z zewnętrznej powierzchni naczynia pomiarowego usunąć skraplającą się parę wodną ograniczającą widoczność i utrudniającą obserwację próbki. Zewnętrzną powierzchnię naczynia pomiarowego osuszyć czystą szmatką zwilżoną cieczą osuszającą o temperaturze zbliżonej do temperatury łaźni oziębiającej.

16. Gdy próbka badanej cieczy hydraulicznej przestanie wykazywać płynność przy przechyleniu, utrzymywać naczynie pomiarowe poziomo przez 5 s (mierząc czas sekundomierzem) i jednocześnie uważnie ją obserwować. Jeżeli próbka wykazuje jakiegokolwiek przemieszczenie, natychmiast wstawić naczynie pomiarowe do łaźni oziębiającej i powtórzyć obserwację po obniżeniu temperatury próbki o następne 3 °C.
17. Jeżeli badana próbka cieczy jest jeszcze płynna w temperaturze:
- 9 °C - zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą następnej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. -18,0 °C) i dalej schładzać próbkę w łaźni o temperaturze $(-18,0 \pm 1,5)$ °C,
 - 6 °C - zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą następnej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. -33,0 °C) i dalej schładzać próbkę w łaźni o temperaturze $(-33,0 \pm 1,5)$ °C,
 - 24 °C - zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą następnej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. -51,0 °C) i dalej schładzać próbkę w łaźni o temperaturze $(-51,0 \pm 1,5)$ °C,
 - -42 °C - zmienić nastawę na kriostacie (pokrętle zgrubnej i dokładnej regulacji) na wartość równą następnej temperaturze łaźni oziębiającej (tj. -69,0 °C) i dalej schładzać próbkę w łaźni o temperaturze $(-69,0 \pm 1,5)$ °C.
18. Oznaczenie kontynuować do uzyskania temperatury próbki badanej cieczy, w której nie przemieszcza się ona przy pozostawieniu naczynia pomiarowego w pozycji poziomej przez 5 s. Tę temperaturę podwyższoną o 3 °C przyjąć za wynik badania T_{PL} i zapisać w tabeli raportu.
19. Wyłączyć kriostat RLS-6D i mieszadło łaźni oziębiającej.
20. Naczynie pomiarowe z próbką badanej cieczy hydraulicznej wyjąć z płaszcza łaźni oziębiającej. Wyjąć korek z termometrem szklanym cieczowym z naczynia pomiarowego, a następnie zdemonstrować termometr z korka. Zsunąć pierścień uszczelniający z naczynia pomiarowego. Korek i pierścień uszczelniający, po ogrzaniu do temperatury otoczenia, wytrzeć przy użyciu kawałka lnianej szmatki do sucha i użyć do następnego badania.
21. Naczynie pomiarowe opróżnić, umyć heptanem, przepłukać acetonem cz.d.a. i wysuszyć w komorze ciepła, schłodzić na powietrzu do temperatury otoczenia. Termometr próbki przemyć watą celulozową zwilżoną heptanem, następnie przetrzeć watą celulozową zwilżoną acetonem cz.d.a. i pozostawić do wyschnięcia na powietrzu.
22. Wyjąć podkładkę korkową z płaszcza łaźni oziębiającej stanowiska pomiarowego.

D. Analiza wyników pomiarów

Porównać uzyskany wynik badania T_{PL} próbki cieczy hydraulicznej z wymaganiami w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania temperatury płynięcia,

- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 7.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- analizę wyników pomiarów,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 7.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu właściwości niskotemperaturowych próbki badanej cieczy hydraulicznej na pracę urządzeń, w których ciecz ta jest przeznaczona do użytkowania.

20. BADANIE SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO I KLASY CZYSTOŚCI CIECZY HYDRAULICZNEJ

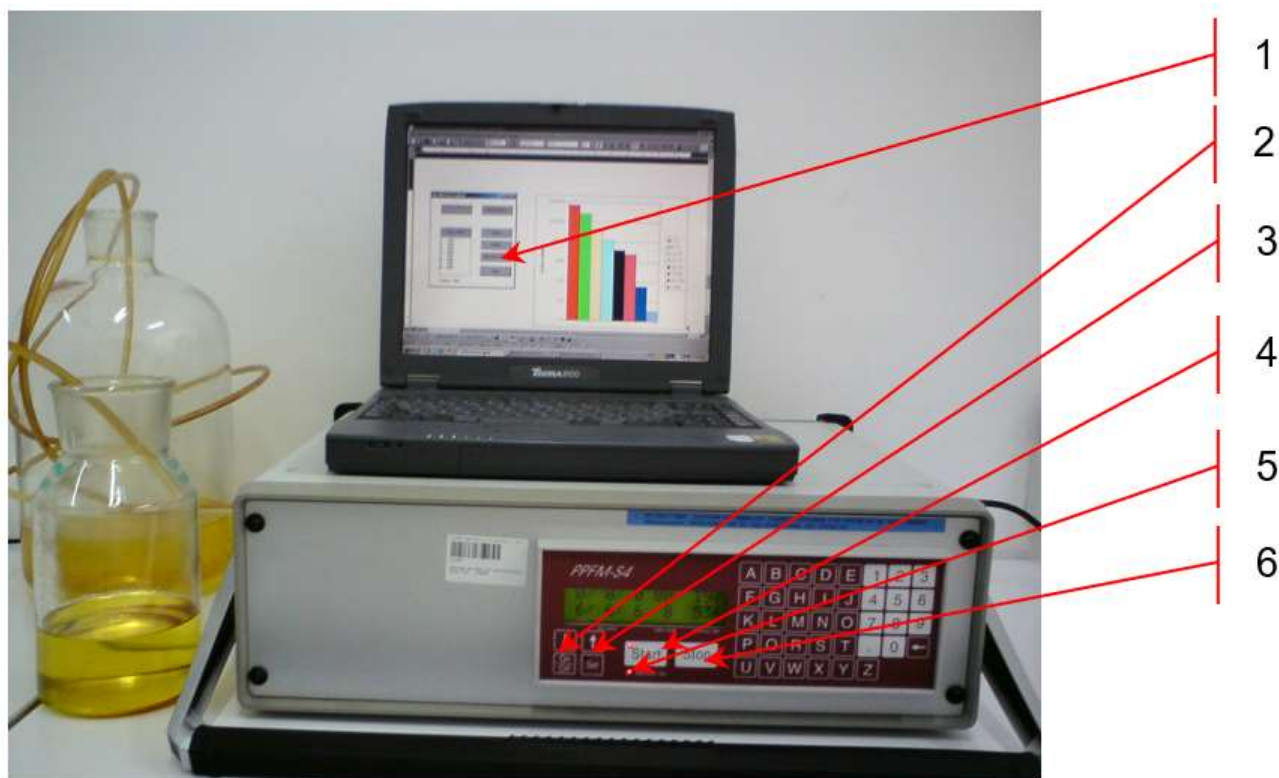
A. Zasada badania

Oznaczenie polega na przetłoczeniu określonej objętości badanej próbki cieczy hydraulicznej zassanej z pojemnika z badaną próbką, z odpowiedniej wysokości (około 50 mm poniżej powierzchni próbki) przez licznik cząstek i zarejestrowaniu minimum 10 pomiarów w pamięci wewnętrznej licznika.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Automatyczny, ośmiokanałowy licznik cząstek PAMAS PPFM–4S ze zdefiniowaną wielkością cząstek do badania czystości płynów eksploatacyjnych zgodnie z normami ISO 4406 i NAS 1638, z następującym wyposażeniem:
 - przewód ssawny i tłoczny,
 - przewód zasilający,
 - przewód ze złączem RS 232 do połączenia licznika cząstek z PC.
2. PC z oprogramowaniem firmy Reichmann Microcomputer GmbH PPFM/S4.
3. Butla szklana o pojemności 1 dm³ na próbkę cieczy hydraulicznej przed badaniem.
4. Butla szklana o pojemności 5 dm³ na próbkę cieczy hydraulicznej po badaniach.

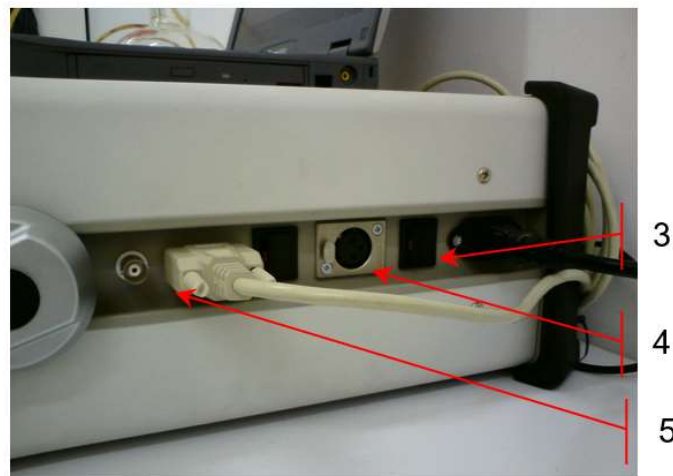
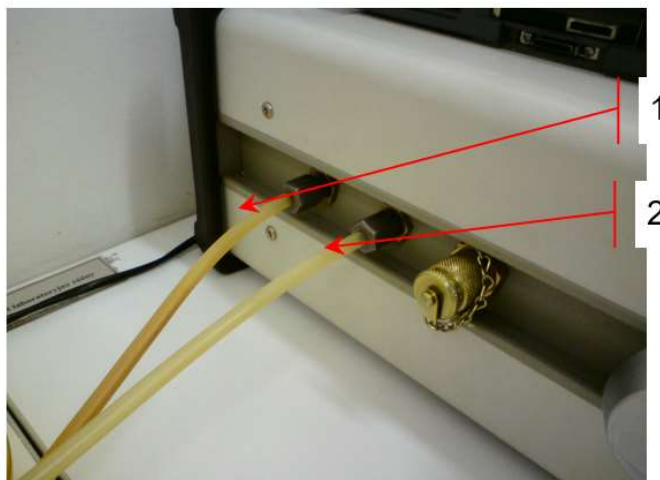
Widok stanowiska do badania składu granulometrycznego i klasy czystości cieczy hydraulicznej z licznikiem cząstek PAMAS PPFM–4S przedstawiono na rysunek 20.1.



Rysunek 20.1 Widok stanowiska do badania składu granulometrycznego i klasy czystości cieczy hydraulicznej z licznikiem cząstek PAMAS PPFM–4S (1 – okno dialogowe oprogramowania PPFM/S4, 2 – przelącznik „On”, 3 – przelącznik „Off”, 4 – przelącznik „Start”, 5 – dioda „Memory On”, 6 – przelącznik „Stop”, 7 – dioda „Start”)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Przyłączyć przewód tłoczny (1 – rysunek 20.2) i ssawny do odpowiednich końcówek licznika cząstek.
2. Podłączyć przewód zasilający do licznika cząstek.
3. Przewodem ze złączem RS-232 połączyć licznik cząstek z PC z zainstalowanym oprogramowaniem firmy Reichmann Microcomputer GmbH PPFM/S4.



Rysunek 20.2 Podłączenia przewodów tłocznego i ssawnego, przewodu zasilającego oraz przewodu ze złączem RS 232 do licznika cząstek PAMAS PPFM-4S (1 – przewód tłoczny, 2 – przewód ssący, 3 – przewód zasilający, 4 – włącznik zasilania licznika, 5 – przewód ze złączem RS-232)

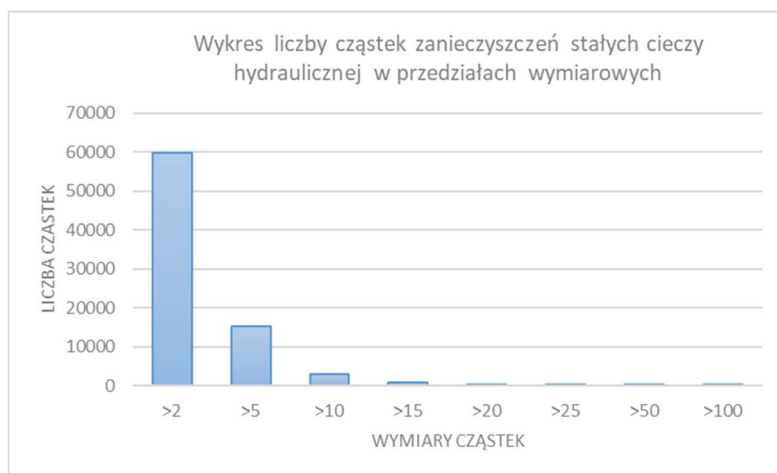
4. Włączyć zasilanie licznika włącznikiem i uruchomić licznik cząstek przełącznikiem „On” (2 – rysunek 20.1) na pulpicie sterowania licznika cząstek.
5. Uruchomić PC i oprogramowanie PPFM/S4. Przyciskiem „Connect”, w oknie dialogowym oprogramowania PPFM/S4, sprawdzić prawidłowość połączenia licznika cząstek z PC.
6. Umieścić końcówkę przewodu tłocznego (1 – rysunek 20.2) licznika w butli szklanej o pojemności 5 dm³.
7. Przygotować próbkę badanej cieczy hydraulicznej wytrząsając ją przez 5 minut, a następnie w celu odpowietrzenia odstać ją na 10 minut.
8. Umieścić końcówkę przewodu ssawnego w butli szklanej o pojemności 1 dm³ z badaną próbką cieczy hydraulicznej około 50 mm poniżej jej powierzchni.
9. Przełącznikiem „Start” (4 – rysunek 20.1) na pulpicie sterowania licznika (lub przyciskiem „Start” w oknie dialogowym oprogramowania PPFM/S4) uruchomić zasysanie i przetłaczanie próbki cieczy hydraulicznej przez licznik cząstek sygnalizowane zapaleniem czerwonej diody na pulpicie sterowania licznika opisanej „Start”.
10. Po dwóch minutach ponownie przycisnąć przełącznik „Start” na pulpicie sterowania licznika (lub przycisk „Start” w oknie dialogowym oprogramowania PPFM/S4) i rozpocząć zapisywanie wyników badania w pamięci wewnętrznej licznika cząstek sygnalizowane zapaleniem się czerwonej diody na pulpicie sterowania licznika cząstek opisanej „Memory On”.
11. Po zapisaniu nie mniej niż dziesięciu wyników pomiarów przełącznikiem „Stop” na pulpicie sterowania licznika lub przyciskiem „Stop” w oknie dialogowym oprogramowania PPFM/S4, przerwać zapis danych –

sygnalizowane wyłączeniem czerwonej diody na pulpicie sterowania licznika cząstek opisanej „Memory On”.

12. Ponownie przycisnąć przełącznik „Stop” na pulpicie sterowania licznika lub przycisk „Stop” w oknie dialogowym oprogramowania PPFM/S4, zakończyć zasysanie i przetłaczanie badanej próbki przez licznik cząstek – sygnalizowane zgaśnięciem czerwonej diody na pulpicie sterowania licznika cząstek opisanej „Start”.
13. Wyjąć końcówkę przewodu ssawnego licznika cząstek z butli szklanej o pojemności 1 dm³ z badaną próbką cieczy hydraulicznej.
14. Przycisnąć „Recive Data”, w oknie oprogramowania PPFM/S4 odczytać wyniki badań z licznika cząstek i zapisać w pliku „Nazwa pliku.dat”.
15. Zaimportować plik „Nazwa pliku.dat” do programu Excel w celu dokonania obróbki statystycznej wyników badań.
16. Zamknąć oprogramowanie PPFM/S4 przyciskiem „Exit”. Wyłączyć PC.
17. Wyłączyć licznik cząstek przełącznikiem „Off” na pulpicie sterowania licznika cząstek oraz wyłączyć zasilanie licznika cząstek (4 – rysunek 20.2).
18. Odłączyć przewód ssawny i tłoczny od licznika cząstek, przewód RS-232 od licznika cząstek i PC oraz przewód zasilający licznik cząstek.

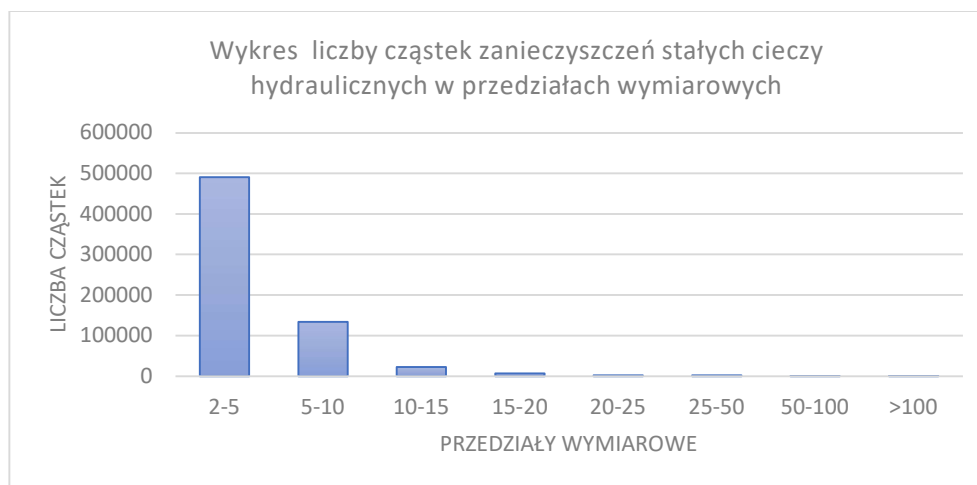
D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Wyniki pomiarów liczby cząstek zanieczyszczeń stałych w badanej cieczy hydraulicznej przedstawić w tabeli raportu oraz graficznie w postaci wykresu (rysunek 20.3).

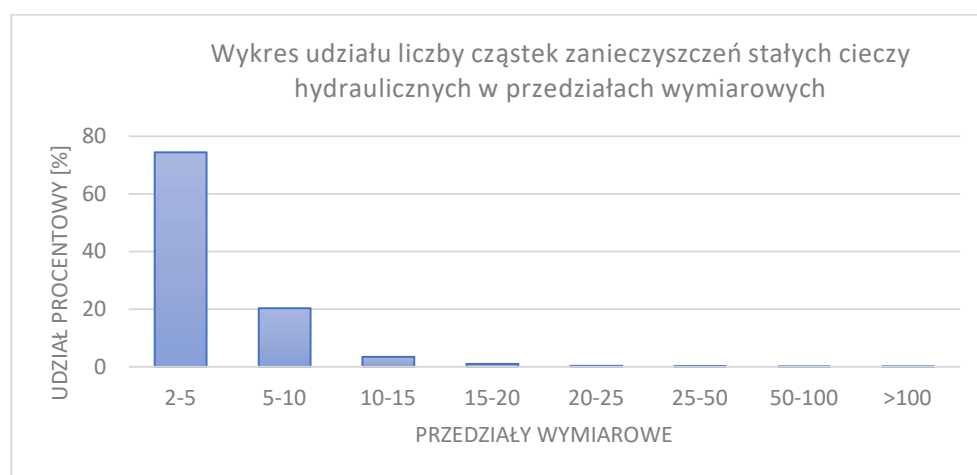


Rysunek 20.3 Przykładowy wykres liczby cząstek zanieczyszczeń stałych w badanej cieczy hydraulicznej

2. Wykonać analizę składu granulometrycznego zanieczyszczeń stałych w badanej cieczy hydraulicznej w następujących przedziałach wymiarowych (w µm): 2...5, 5...10, 10...15, 15...20, 20...25, 25...50, 50...100 oraz > 100, a jej wyniki przedstawić w postaci drugiej tabeli raportu oraz wykresów:
 - liczba cząstek zanieczyszczeń w poszczególnych przedziałach wymiarowych (rysunek 20.4),
 - procentowy udział liczby cząstek zanieczyszczeń w poszczególnych przedziałach wymiarowych (rysunek 20.5).



Rysunek 20.4 Przykładowe liczby cząstek stałych w badanej cieczy hydraulicznej w przedziałach wymiarowych



Rysunek 20.5 Przykładowe udziały procentowe liczby cząstek stałych przedziałach wymiarowych w badanej cieczy hydraulicznej

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne
- zasadę badania składu granulometrycznego i klasy czystości cieczy hydraulicznej,
- rodzaj badanej cieczy hydraulicznej i jej parametry normatywne,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 7.3 i 7.4 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia) liczby cząstek zanieczyszczeń stałych w badanej cieczy hydraulicznej oraz określenie klasy czystości badanej cieczy hydraulicznej według NAS 1638,
- wykonanie trzech wykresów podanych w punkcie D,
- wnioski w zakresie składu granulometrycznego i czystości badanej cieczy hydraulicznej.

21. BADANIE LEPKOŚCI DYNAMICZNEJ OLEJU HYDRAULICZNEGO W APARACIE HÖPPLERA

A. Zasada badania

Pomiar lepkości dynamicznej polega na wyznaczeniu czasu opadania kulki szklanej wewnątrz rurki pomiarowej wypełnionej badaną cieczą. Przy znanym promieniu oraz ustalonej gęstości kulki szklanej jak i gęstości analizowanej cieczy, czas opadania zależy od lepkości badanej cieczy. Czas opadania kulki mierzone jest w trakcie swobodnego opadania kulki szklanej pomiędzy dwoma skrajnymi kreskami (w formie pierścieni).

B. Zabezpieczenie materiałowo-techniczne

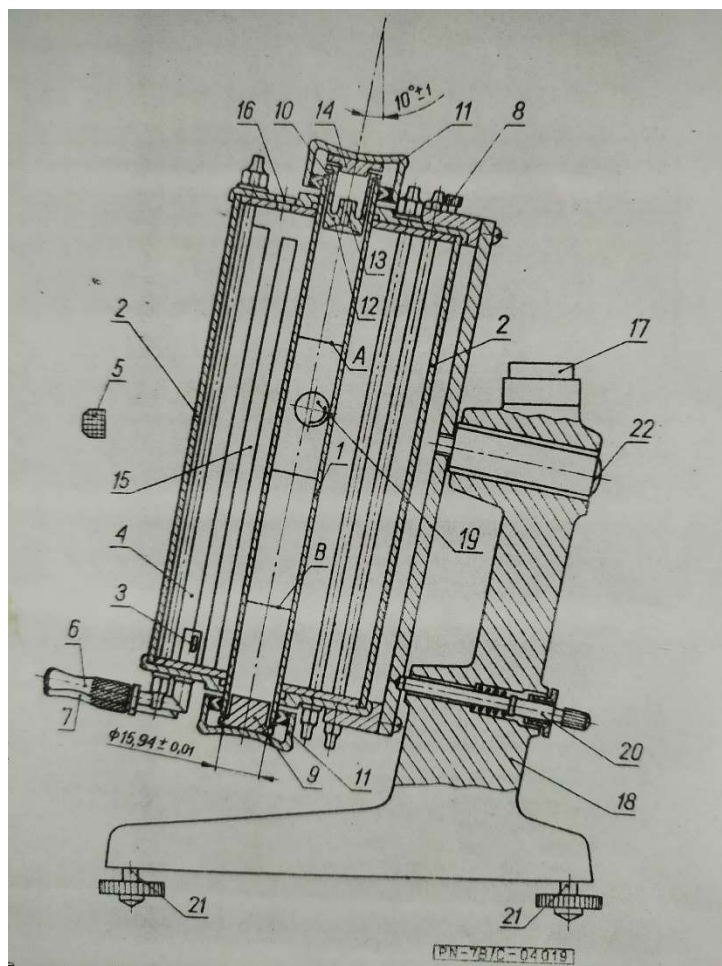
1. Lepkościomierz precyzyjny typu BH według rysunku 21.1.
2. Komplet 6 kulek do lepkościomierza typu BH lub komplet 5 kulek do lepkościomierza typu CH o podanych w dołączonym atencie wartościach średnich, masy, gęstości i stałych k w temperaturze 20 °C tabela 21.3.
3. Komplet termometrów z działką elementarną 0,1 °C obejmujący zakres temperatury od -60 do 120 °C, do pomiarów temperatury w cylindrycznym płaszczu szklanym.
4. Sekundomierz z działką elementarną 0,1 s.
5. Ultratermostat napełniony cieczą termostatującą według tabeli 21.1, odpowiednią do temperatury pomiaru.

Tabela 21.1 Ustawienia ultratermostatu według stosowanej cieczy

Temperatura pomiaru [°C]	Rodzaj cieczy
-60 ÷ 5	alkohol etylowy i stały dwutlenek węgla
5,1 ÷ 98	woda destylowana
98,1 ÷ 150	gliceryna

6. Przybory pomocnicze:

- pęseta z okrągłymi zakończeniami do przenoszenia kulek,
 - szczotka do czyszczenia rury pomiarowej,
 - tłoczek gumowy do oczyszczania rury pomiarowej,
 - pompka powietrzna składająca się z gruszki gumowej z zaworami i węża gumowego,
 - zlewka szklana o pojemności 50 cm³,
 - ściereczka irchowa.
7. Odczynniki: rozpuszczalnik odpowiedni dla badanego produktu, aceton, alkohol etylowy 96 %, gliceryna.



Rysunek 21.1 Lepkościomierz Hopplera (1 – szklana rurka pomiarowa z kreskami A i B w odległości 100mm od siebie i trzecią kreską dzielącą AB na połowy, 2 – cylindryczny płaszcz szklany, 3 – rura wlotowa z otworem dla cieczy termostatujucej, 4 – rura wylotowa dla cieczy termostatujucej, 5 – nakrętka kołpakowa stosowana zamiast króćca, 6 i 7 – króćce, 8 – śruba odpowietrzająca, 9 – korek z metalu z uszczelką lub korek z kauczuku butadienowego, 10 – uszczelka z kauczuku butadienowego, 11 – nakrętki kołpakowe na rurę pomiarową, 12 – korek metalowy wydrążony, 13 – kapilara, 14 – pokrywa na korek metalowy, 15 – grzałka, 16 – gwintowany otwór na termometr, 17 – poziomica, 18 – statyw, 19 – kulka, 20 – zapadka mocująca płaszcz 2, 21 – śruby poziomujące 22 – trzpień łączący płaszcz ze statywem 18 o konstrukcji umożliwiającej obracanie płaszcza o kąt 180 °)



Rysunek 21.2 Lepkościomierz Hopplera wraz z termostatem



Rysunek 21.3 Komplet kulek i pierścionków do badania lepkości dynamicznej

C. Przebieg ćwiczenia

1. Włączyć łaźnię termostatującą przy pomocy włącznika zasilania.
2. Badania lepkości kinematycznej próbki badanego oleju hydraulicznego wykonać w temperaturze 40 °C, wykonując czynności według punktów od 3 do 9.
3. Ustawić temperaturę łaźni na wartość odpowiadającą temperaturze badania.
4. Po doprowadzeniu lepkościomierza do wymaganej temperatury i zamknięciu rury pomiarowej według 2.6, przez obracanie płaszcza o kąt 180 ° powodować mieszanie badanego produktu za pomocą opadającej kulki.
5. Ustalić temperaturę w płaszczu temperatury z dokładnością do $\pm 0,1$ °C.
6. Lepkościomierz pozostawić w spokoju na 15 min.
7. Za pomocą śrub poziomujących ustawić statyw tak, aby pęcherzyk powietrza poziomicy znajdował się dokładnie w środku okienka. Następnie przez obrót płaszcza o kąt 180° doprowadzić kulkę do górnego położenia i pozwolić jej opaść do najniższego poziomu w rurze, po czym szybko, ponownym obrotem o kąt 180 ° doprowadzić kulkę do górnego położenia.
8. W chwili, gdy najniższy punkt kulki jest styczny z kreską B zanotować czas opadania kulki między obiema kreskami. (W czasie pomiaru oczy wykonującego pomiar powinny znajdować się kolejno na poziomie kresek, tak, aby za każdym razem kreska na rurze pomiarowej była widoczna, jako linia prosta).
9. Po wykonanych pomiarach wyłączyć urządzenie.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Wykonać badanie gęstości za pomocą areometru oraz obliczenia zgodnie z rozdziałem 1. Wyniki wpisać do tabeli raportu.
2. Obliczyć lepkość dynamiczną η_T w temperaturze pomiaru t obliczyć w milipaskalosekundach według wzoru oraz używając danych podanych w tabeli 21.2 oraz obliczonej gęstości w 40 °C:

$$\eta_T = k(\rho_k - \rho_c)r \quad (21.1)$$

gdzie:

k – stała wzorcowania kapilary (odczytać z tabeli 21.2), mP*s*cm³/g*s;

ρ_k – gęstość kulki g/cm³;

ρ_c - gęstość badanego produktu w temperaturze pomiaru, g/cm³;

r - czas opadania kulki s.

Tabela 21.2 Dane kulek do aparatu Hopplera

Lp.	Masa kulki [g]	Gęstość kulki [g/cm ³]	Współczynnik k [mPa×cm ³ /g]	
			węże na dole	węże na górze
1	4,59950	2,225	0,0088706	0,0088476
2	4,46700	2,323	0,071956	0,071879
3	16,05320	8,140	0,12532	0,12498
4	14,37800	8,136	1,1967	1,1963
5	9,90910	7,697	10,494	10,493
6	4,02100	7,680	39,97	39,96

3. Wyniki wpisywać do tabeli raportu.
4. Za wynik przyjąć średnią arytmetyczną wyników lepkości dynamicznej z różnym położeniem węży.
5. Za pomocą wzoru 21.2 obliczyć lepkość kinematyczną:

$$v_t = \eta_t / \rho \quad (21.2)$$

gdzie:

v_t – lepkość kinematyczna w 40 °C,

η_t – lepkość dynamiczna w 40 °C,

ρ – gęstość cieczy hydraulicznej [g/cm³].

Wynik obliczenia zapisać z dokładnością do 0,1 °C i wpisać do tabeli raportu.

6. Uzyskany wynik zanotować w tabeli porównania z wymaganiami i poddać pod porównanie z wymaganiem aktualnej normy PN- ISO 3448.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania lepkości dynamicznej przy użyciu aparatu Hopplera,
- opis próbki badanego oleju hydraulicznego,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 7.5, 7.6 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 1.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 7.7 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski dotyczące przeprowadzonych badań.

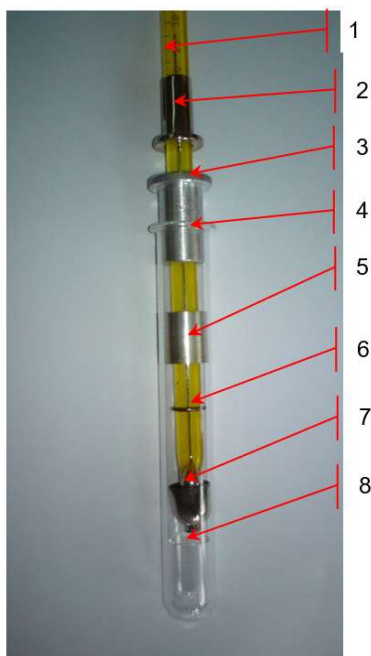
22. BADANIE TEMPERATURY KROPLENIA SMARU PLASTYCZNEGO

A. Zasada badania

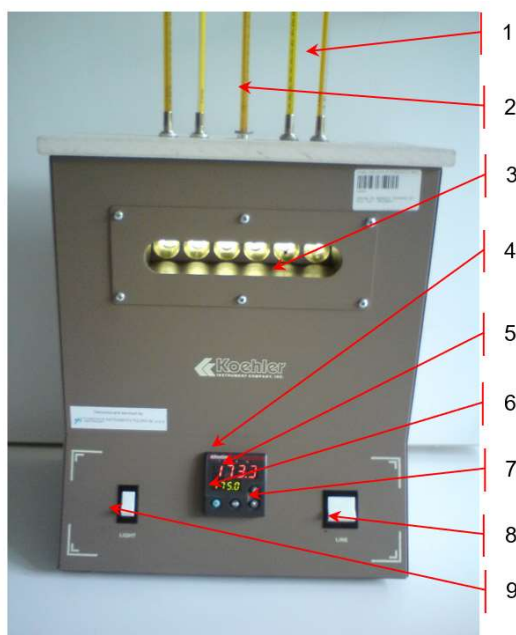
Próbkę smaru znajdującą się w znormalizowanym naczynku badawczym umieszcza się w probówce badawczej umiejscowionej w aluminiowym bloku grzewczym, w zadanej, stałej temperaturze. Termometr do badania temperatury próbki umieszcza się w probówce w taki sposób, aby dokonać pomiaru temperatury w naczynku badawczym bez kontaktu z badanym smarem. W momencie, gdy kropla smaru spada z naczynka badawczego na dno próbki badawczej odczytuje się obserwowaną temperaturę kroplenia z dokładnością 1 °C. W tym samym czasie, odczytuje się również temperaturę aluminiowego bloku grzewczego z dokładnością do 1 °C. Jedna trzecia różnicy pomiędzy tymi dwoma wartościami temperatury stanowi współczynnik korekcyjny, który dodaje się do obserwowanej wartości temperatury. Sumę temperatury obserwowanej i współczynnika korekcyjnego przyjmuje się za temperaturę kroplenia badanego smaru.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Aparat do badania temperatury kroplenia (6 szt.) (rysunek 22.1) składający się z:
 - naczynia badawczego wykonanego z chromowanego mosiądzu,
 - próbki badawczej wykonanej z cienkościennej, miękkiej szkła,
 - podpórki naczynia badawczego w postaci rurki szklanej,
 - termometru szklanego rtęciowego o zakresie pomiarowym od –5 do 400 °C i działce elementarnej 1 °C,
 - uchwytu termometru,
 - tulejki ustalającej górnej, podtrzymującej termometr szklany rtęciowy w górnej części próbki badawczej,
 - tulejki ustalającej dolnej, wyznaczającej położenie termometru szklanego rtęciowego w probówce badawczej,
 - pierścienia podtrzymującego tulejki ustalającej dolnej.
2. Przymiar głębokości osadzenia termometru szklanego rtęciowego.
3. Pręcik metalowy, polerowany.
4. Wzornik otworu naczynia badawczego.
5. Aluminiowy sześciomiejscowy blok grzejny, o mocy wyjściowej 700 W, z integralnym układem grzewczym, z układem utrzymania wymaganej temperatury badania (rysunek 22.2).
6. Termometr szklany rtęciowy o zakresie pomiarowym od –5 do 400 °C i działce elementarnej 1 °C, do określania temperatury aluminiowego bloku grzejnego.
7. Rozpuszczalnik do przemywania elementów aparatu do badania temperatury kroplenia (np. benzyna ekstrakcyjna sączona).
8. Szpatułka.
9. Wata celulozowa.



Rysunek 22.1 Widok aparatu do badania temperatury kroplenia (1 – termometr, 2 – uchwyt termometru, 3 – tulejka ustalająca górna, 4 – próbówka badawcza, 5 – tulejka ustalająca dolna, 6 – pierścień podtrzymujący, 7 – naczynie badawcze, 8 – podpórka naczynia badawczego)



Rysunek 22.2 Widok aluminiowego bloku grzejnego (1 – aparat do badania temperatury kroplenia w celi pomiarowej, 2 – termometr bloku grzejnego, 3 – okno do obserwacji podgrzewanych naczyń z badanymi smarami, 4 – panel wyświetlacza, 5 – temperatura bloku grzejnego, 6 – temperatura nastawiona bloku grzejnego, 7 – przyciski nastawiania temperatury bloku grzejnego, 8 – przełącznik zasilania bloku grzejnego „Line”, 9 – przełącznik zasilania lampy „Light”)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzić czystość elementów aparatu do badania temperatury kroplenia i ewentualnie usunąć resztki poprzednio badanego smaru z przy użyciu kawałków waty celulozowej, odłuszczyć je przy użyciu kawałków waty celulozowej zwilżonych benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu.
2. Sprawdzić elementy aparatu do badania temperatury kroplenia:
 - sprawdzić wewnętrzną powierzchnię naczynia pomiarowego i w przypadku zużycia wymienić na nowe,

- sprawdzić próbówki badawcze, w przypadku pęknięć lub odłupań wymienić na nowe,
 - sprawdzić szklaną podpórkę naczynia badawczego, w przypadku pęknięć lub odłupań wymienić na nowe.
3. Umieścić termometr bloku grzejnego w gnieździe (rysunek 22.2).
 4. Na termometrze aparatu do badania temperatury kroplenia umieścić uchwyt termometru, tulejki ustalające górną i dolną oraz pierścień podtrzymujący (tworzące z termometrem zespół termometru), w kolejności pokazanej na rysunek 22.1. Pierścień podtrzymujący umieścić w odległości 25 mm od końcówki termometru.
 5. Wstawić pustą próbówkę badawczą do celi pomiarowej aluminiowego bloku grzejnego. W próbówce badawczej umieścić podpórkę naczynia badawczego, a na niej przymiar głębokości osadzenia termometru. Następnie do próbówki badawczej wsunąć zespół termometru. Końcówka termometru powinna oprzeć się o dno przymiaru głębokości osadzenia termometru. Tulejki ustalające i uchwyt termometru ustawić tak, aby tulejka ustalająca górną opierała się o wierzchołek próbówki badawczej.
 6. Napełnić badanym smarem naczynie badawcze, wciskając je większym otworem w badany smar. Nadmiar smaru z górnej krawędzi naczynia usunąć szpatułką. Następnie trzymając naczynie pionowo, mniejszym otworem ku dołowi, wprowadzić do smaru metalowy pręcik, aż będzie wystawał około 25 mm. Pręcik dociskać do naczynia w taki sposób, aby stykał się z górną i dolną krawędzią naczynia. Utrzymując to położenie, przesuwać naczynie ruchem spiralnym wzdłuż wskazującego palca w dół pręcika, tworząc wewnątrz naczynia gładką warstwę smaru o odtwarzalnej grubości.
 7. Wyjąć zespół termometru oraz przymiar głębokości osadzenia termometru z próbówki badawczej, a następnie próbówkę badawczą z celi pomiarowej bloku grzejnego. W próbówce badawczej umieścić naczynie badawcze ze smarem, zwracając szczególną uwagę na pionowe ułożenie naczynia badawczego na podpórcę. Delikatnie wsunąć do naczynia badawczego zespół termometru tak, aby był zachowany odpowiedni prześwit pomiędzy końcówką termometru a próbką smaru w naczyniu badawczym. Przygotowany aparat do badania temperatury kroplenia umieścić w celi pomiarowej bloku grzejnego.
 8. Wykonując czynności według punktów od 4 do 7 przygotować trzy aparaty do badania temperatury kroplenia z próbką smaru nr 1 oraz trzy aparaty z próbką smaru nr 2. Aparaty z próbkami tego samego smaru umieścić w sąsiadujących celach pomiarowych bloku grzejnego.
 9. Na podstawie przewidywanych temperatur kroplenia badanych smarów dobrać wartość maksymalnej temperatury bloku grzejnego według tabeli 22.1.

Tabela 22.1 Maksymalna temperatura bloku grzejnego w zależności od przewidywanej temperatury kroplenia

Temperatura bloku grzejnego, °C	Przewidywana temperatura kroplenia, °C
121 ± 3	do 116
232 ± 3	do 221
288 ± 3	do 277
316 ± 3	do 304

10. Włączyć zasilanie bloku grzejnego przełącznikiem „Line”. Po około 5 sekundach w górnej części panelu wyświetlacza pokazuje się aktualna wartość temperatury bloku grzejnego, a w dolnej jego części pokazuje

się nastawiona maksymalna wartość temperatury bloku grzejnego. Przy użyciu przycisków nastawiania temperatury bloku grzejnego, nastawić wartość temperatury dobraną z tabeli 22.1.

11. W trakcie podgrzewania próbek badanych smarów należy obserwować w oknie bloku grzejnego podgrzewane naczynia z badanymi smarami. W chwili swobodnego opadnięcia pierwszej kropli badanego smaru z otworu naczynia badawczego na dno próbówki badawczej odczytać temperaturę naczynia badawczego (T_{0i}) i temperaturę bloku grzejnego (T_{1i}) z dokładnością do 1 °C. W przypadku smarów tworzących kroplę z wlekącą się nitką (np. smary zawierające proste kompozycje mydeł lub niektóre polimery) odczytać temperatury T_{0i} i T_{1i} w momencie osiągnięcia przez kroplę dna próbówki. Odczytane wartości temperatur T_{0i} i T_{1i} zapisać w tabeli raportu.
12. Po opadnięciu pierwszych kropeł smaru ze wszystkich naczyń badawczych, przy użyciu przycisków nastawiania temperatury bloku grzejnego, nastawić temperaturę 25 °C i wyłączyć zasilanie bloku grzejnego przełącznikiem „Line”.
13. Usunąć wszystkie zespoły termometru z próbek badawczych, a następnie próbówki badawcze z naczyniami badawczymi i podpórkami z celi pomiarowych bloku grzejnego. Wyjąć termometr z gniazda bloku grzejnego.
14. Usunąć resztki badanego smaru z elementów aparatu do badania temperatury kroplenia przy użyciu kawałków waty celulozowej, odtłuścić je przy użyciu kawałków waty celulozowej zwilżonych benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu. Probówki badawcze i szklane podpórki naczyń badawczych umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu i przepłukać w wodzie bieżącej, osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż 110 ± 5 °C lub w strumieniu powietrza.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Temperaturę kroplenia próbki badanego smaru w określonej celi pomiarowej obliczyć z dokładnością do 0,1 °C według wzoru:

$$D_i = T_{0i} + \frac{T_{1i} - T_{0i}}{3} \quad (22.1)$$

gdzie:

D_i – temperatura kroplenia, °C,

i – numer celi pomiarowej bloku grzejnego,

T_{0i} – temperatura naczynia badawczego w chwili opadnięcia pierwszej kropli smaru na dno próbówki badawczej,

T_{1i} – temperatura bloku grzewczego w chwili opadnięcia pierwszej kropli smaru na dno próbówki badawczej.

Wyniki obliczeń zapisać w tabeli raportu i porównania z wymaganiami.

2. Za temperaturę kroplenia próbki badanego smaru przyjąć średnią arytmetyczną trzech temperatur D_i nie różniących się między sobą (przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$) więcej niż podano w tabeli 22.2. Wyniki obliczeń zapisać z dokładnością do 0,1 °C w tabeli 22.4.

Tabela 22.2 Wymagania w zakresie powtarzalności pomiarów temperatury kroplenia

Temperatura kroplenia, °C	Powtarzalność, °C
poniżej 116	6
od 116 do 221	8
od 222 do 277	6
od 278 do 316	7

3. Dla każdej próbki badanego smaru określić wartość odchylenia standardowego z próby S_D i granice przedziału ufności (rozkład t -Studenta dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i $(n - 1)$ stopni swobody). Wyniki obliczeń zapisać w tabeli raportu. Końcowy wynik oznaczenia temperatury kroplenia D próbki badanego smaru, w postaci wartość średnia $\pm$ granica przedziału ufności, z dokładnością 1 °C, zapisać w tabeli raportu
4. Porównać oznaczone wartości temperatur kroplenia próbek badanych smarów plastycznych z wymaganiami odpowiednich specyfikacji w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania temperatury kroplenia,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 8.1 oraz 8.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 8.3 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu temperatury kroplenia próbek badanych smarów plastycznych na pracę urządzeń, w których są one przeznaczone do użytkowania.

23. BADANIE PENETRACJI I OKREŚLENIE KLASY KONSYSTENCJI SMARU PLASTYCZNEGO

A. Zasada badania

Badanie polega na pomiarze głębokości zanurzenia w badanym smarze, przed i po ugniataniu, znormalizowanego stożka penetracyjnego, opadającego w ciągu 5 sekund, w temperaturze 25 °C. Jednostką penetracji jest liczba niemianowana odpowiadająca 0,1 mm zagłębienia stożka penetracyjnego. Na podstawie wyznaczonej penetracji próbki badanego smaru po ugniataniu należy określić klasę jego konsystencji według klasyfikacji NLGI.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Penetrometr PRN–10 (rysunek 23.1) składający się z:

- stołu penetrometru połączonego ze statywem i podstawą zamontowaną na czterech wkrętach poziomujących,
- statywu połączonego ze stołem penetrometru, z zamontowanym zespołem pomiarowym,
- zespołu pomiarowego składającego się z korpusu z prowadnicą do zamocowania trzpienia stożka penetracyjnego, pokrętłami zgrubnej i dokładnej regulacji, pokrętłem blokującym, przyciskiem zwalniającym oraz urządzenia pomiarowego głębokości penetracji,
- pulpitu sterującego z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym i przyciskami sterującymi („START”, „RESET”, „LIMIT”, „PAUSE” i „PEN”),
- układu elektronicznego umożliwiającego półautomatyczny pomiar głębokości penetracji po naciśnięciu przycisku „START”(zwolnienie elektrycznej blokady trzpienia stożka penetracyjnego i jednoczesny pomiar czasu swobodnego opadania stożka oraz głębokości jego zagłębienia w badanym smarze z dokładnością 0,01 mm w zakresie od 0,00 do 9,99 mm i 0,1 mm w zakresie od 10,0 do 50,0 mm), z możliwością regulowania czasu penetracji.

2. Stożek penetracyjny składający się z:

- części stożkowej o kącie wierzchołkowym $90^{\circ} \pm 15^{\circ}$, wykonanej ze stopu aluminium, z kolcem ze stali hartowanej w wierzchołku stożka i prętem stalowym umiejscowionym w osi podstawy stożka do połączenia z trzpieniem, o masie $102,5 \pm 0,05$ g,
- trzpienia ze stali nierdzewnej o masie $47,5 \pm 0,05$ g, składającego się z pręta w górnej części i szczęk zaciskowych z nakrętką w dolnej części.

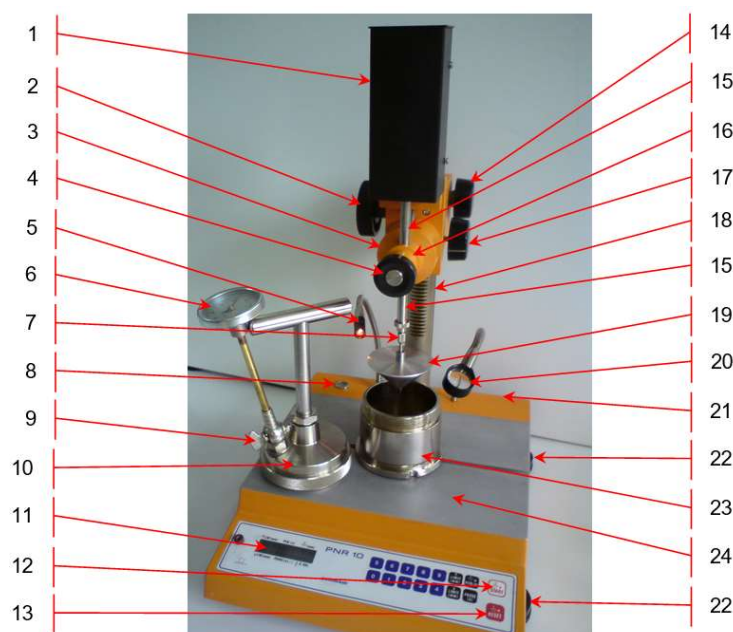
3. Naczynie penetracyjne, zamykane pokrywą z tłokiem z otworami połączonym ze stalową rączką, z zaworem i tulejką umożliwiającą umieszczenie termometru do pomiaru temperatury badanego smaru. Konstrukcja naczynia penetracyjnego zapewnia wykonanie 60 ± 10 podwójnych suwów tłoka w ciągu 60 sekund, przy długości ruchu tłoka od 67 do 71 mm.

4. Termometr o zakresie pomiarowym od -20 do 40°C i działce elementarnej 1°C .

5. Łaźnia wodna umożliwiająca utrzymanie temperatury $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

6. Łopatka ze stali nierdzewnej z ostrzem.

7. Rozpuszczalnik do przemywania elementów aparatu do badania penetracji (np. benzyna ekstrakcyjna sączona).
8. Wata celulozowa.



Rysunek 23.1 Widok penetrometru PNR-10 (1 – urządzenie pomiarowe, 2 – pokrętło zgrubej regulacji, 3 – korpus zespołu pomiarowego, 4 – przycisk zwalniający, 5 – lampka oświetlająca, 6 – termometr, 7 – nakrętka i szczęki zaciskowe trzpienia, 8 – wskaźnik wypoziomowania, 9 – zawór z tulejką, 10 – pokrywa z tłokiem, 11 – wyświetlacz, 12 – przycisk „START”, 13 – przycisk „RESET”, 14 – pokrętło blokujące, 15 – trzpień, 16 – prowadnica, 17 – pokrętło dokładnej regulacji, 18 – statyw, 19 – stożek penetracyjny, 20 – szkło powiększające, 21 – włącznik zasilania, 22 – wkręt poziomujący, 23 – naczynie penetracyjne, 24 – stół penetrometru)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Usunąć resztki poprzednio badanego smaru ze stożka i naczynia penetracyjnego przy użyciu kawałków waty celulozowej, odtłuścić je przy użyciu kawałków waty celulozowej zwilżonych benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu.
2. Naczynie penetracyjne oraz próbkę smaru o masie 1 kg w opakowaniu metalowym lub z tworzywa sztucznego umieścić w łaźni wodnej i utrzymywać w niej do osiągnięcia przez smar temperatury pomiaru, tj. $25 \pm 0,5$ °C (przez około 1 godzinę).
3. Ustawić penetrometr dokładnie w poziomie przy pomocy wkrętów poziomujących i wskaźnika wypoziomowania. Włączyć zasilanie penetrometru (zapala się lampka oświetlająca, a na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym pojawiają się informacje: 50 mm (limit górny), 0 mm (limit dolny), 5,0 s (czas penetracji), 0,0 s (opóźnienie rozpoczęcia oznaczenia), puste pole (wartość C dla 80 g), puste pole (głębokość penetracji w mm).
4. Wcisnąć dwukrotnie przycisk „RESET” w celu wyzerowania układu pomiarowego penetrometru (konieczne tylko po włączeniu zasilania penetrometru).
5. Pokrętło dokładnej regulacji obrócić zgodnie z ruchem wskazówek zegara do górnego ogranicznika. Pokrętło blokujące zwolnić na tyle, aby zespół pomiarowy nie przemieszczał się w dół samoczynnie. Obracając

pokrętło regulacji zgrubnej w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, ustawić zespół pomiarowy w pozycji górnej.

6. Połączyć stożek z trzpieniem – wsunąć pręt stożka w szczęki zaciskowe dolnego końca trzpienia do oporu i dokręcić nakrętkę na szczękach, zabezpieczając stożek przed samoczynnym wysunięciem. Zwolnić elektryczną blokadę zacisku trzpienia naciskając przycisk „RESET” i wsunąć trzpień ze stożkiem w prowadnicę korpusu zespołu pomiarowego do górnego ogranicznika. Zablokować trzpień w tym położeniu zwalniając przycisk „RESET”. Zamiast przycisku „RESET” można również użyć przycisku zwalniającego.
7. Po uzyskaniu temperatury pomiaru część próbki smaru przenieść do naczynia penetracyjnego osuszonego z wody przy użyciu kawałków waty celulozowej. Smar przenieść w nadmiarze i możliwie w jednej porcji, w jak najmniejszym stopniu poddawać go obróbce mechanicznej. Smar upakować łopatką w celu usunięcia pustych przestrzeni, napełnione smarem naczynie penetracyjne wytrząsać w celu usunięcia pęcherzyków powietrza. Nadmiar smaru znajdujący się powyżej krawędzi naczynia penetracyjnego zdjąć łopatką nachyloną w kierunku ruchu pod kątem 45° i niezwłocznie przystąpić do pomiaru.
8. Umieścić naczynie penetracyjne z badanym smarem na stole penetrometru.
9. Opuścić zespół pomiarowy przy pomocy pokrętła zgrubnej regulacji i zbliżyć kolec stożka penetracyjnego na odległość od 0,5 do 1 mm od powierzchni badanej próbki. Dokręcić pokrętło blokujące i zabezpieczyć zespół pomiarowy przed jego przypadkowym opuszczeniem. Umieścić lampkę oświetlającą za stożkiem penetracyjnym tak, aby powstała szczelina świetlna między stożkiem i jego cieniem.
10. Przy pomocy pokrętła dokładnej regulacji, powoli opuszczać stożek penetracyjny w kierunku powierzchni próbki zmniejszając wielkość szczeliny świetlnej między stożkiem i jego cieniem tak, aby kolec stożka dotknął powierzchni smaru (bez zagłębiania). Do lepszej obserwacji użyć szkła powiększającego. Odsunąć lampkę oświetlającą na bok w celu ograniczenia oddziaływania termicznego na badaną próbkę smaru i stożek penetracyjny.
11. Wcisnąć przycisk „START”, zwolnić blokadę trzpienia stożka penetracyjnego umożliwiając jego swobodne opadanie w ciągu $5 \pm 0,1$ s. Odczytać głębokość penetracji w prawym górnym rogu wyświetlacza ciekłokrystalicznego (pod napisem „PEN”) i zapisać w tabeli raportu.
12. Pokrętło dokładnej regulacji obrócić zgodnie z ruchem wskazówek zegara do górnego ogranicznika. Jedną ręką zwolnić elektryczną blokadę zacisku trzpienia naciskając przycisk „RESET”, a drugą przesunąć trzpień ze stożkiem do pozycji wyjściowej (do górnego ogranicznika). Zablokować trzpień w tym położeniu zwalniając przycisk „RESET”.
13. Zwolnić pokrętło blokujące i podnieść zespół pomiarowy obracając pokrętło zgrubnej regulacji tak, aby można było łatwo usunąć resztki smaru ze stożka. Dokręcić pokrętło blokujące i zabezpieczyć zespół pomiarowy przed jego przypadkowym opuszczeniem.
14. Wykonać trzy pomiary na tej samej próbce, ustawiając kolejno stożek penetracyjny w trzech punktach leżących względem siebie pod kątem 120° . Przed każdym pomiarem stożek i trzpień należy dokładnie oczyścić przecierając je kawałkami waty celulozowej zwilżonymi benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na

powietrzu. W czasie pomiaru nie należy wyrównywać i wygładzać powierzchni smaru. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli raportu.

15. Opróżnić naczynie penetracyjne z badanego smaru przy użyciu łopatki, resztki smaru z naczynia penetracyjnego i ze stożka usunąć przy użyciu kawałków waty celulozowej, odtłuścić je przy użyciu kawałków waty zwilżonych benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu.
16. Napełnić naczynie penetracyjne badanym smarem tak, aby poziom smaru na środku naczynia był o około 13 mm ponad krawędź naczynia. Smar upakować łopatką w celu usunięcia pustych przestrzeni, napełnione smarem naczynie penetracyjne wytrząsać w celu usunięcia pęcherzyków powietrza. Na naczynie penetracyjne nakręcić szczelnie pokrywę i przy otwartym zaworze przesunąć tłok w dół, w tulei umieścić termometr, a następnie zamknięte naczynie umieścić w łaźni wodnej o temperaturze $25 \pm 0,5$ °C i pozostawić do osiągnięcia przez smar temperatury łaźni. Wyjąć naczynie z łaźni, usunąć resztki wody z jego powierzchni przy użyciu kawałków waty celulozowej. Wyjąć termometr z tulei i zamknąć zawór.
17. Smar ugniatać tłokiem wykonując 60 pełnych podwójnych suwów w ciągu od 50 do 70 sekund, po czym przesunąć tłok w górne położenie. Otworzyć zawór, zdjąć pokrywę z tłokiem, a smar przyczepiony do tłoka zebrać łopatką i przenieść do naczynia penetracyjnego. Przestrzeń pozostawioną po wyjęciu tłoka wypełnić smarem, wstrząsając naczyniem penetracyjnym przez uderzanie o twardą podstawę lub podłogę. Wstrząsanie powinno być na tyle energiczne, aby powodować wydzielanie pęcherzyków powietrza bez rozpryskiwania próbki z naczynia. W celu ujednorodnienia struktury smaru przekładać go łopatką tak, aby smar z dna naczynia znalazł się na powierzchni i odwrotnie, z powierzchni został przeniesiony w głąb naczynia. Nie należy mieszać smaru więcej niż to konieczne, a w żadnym przypadku nie należy mieszać smaru w naczyniu ruchem okrężnym. Nadmiar smaru usunąć łopatką nachyloną w kierunku ruchu pod kątem 45° i zachować go do pomiaru.
18. Wykonać trzy kolejne pomiary penetracji na tej samej próbce według punktów od 9 do 14, ustawiając kolejno stożek penetracyjny w trzech punktach leżących względem siebie pod kątem 120°. Przed każdym pomiarem stożek i trzpień należy dokładnie oczyścić przecierając je kawałkami waty celulozowej zwilżonymi benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu. Przed każdym kolejnym pomiarem próbkę ujednorodnić (postukać naczyniem), wyrównać jej powierzchnię oraz uzupełnić smarem zgarniętym łopatką. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli raportu.
19. Opróżnić naczynie penetracyjne z badanego smaru przy użyciu łopatki, resztki smaru z naczynia penetracyjnego i ze stożka usunąć przy użyciu kawałków waty celulozowej, odtłuścić je przy użyciu kawałków waty celulozowej zwilżonych benzyną ekstrakcyjną i wysuszyć na powietrzu.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Za wynik oznaczenia penetracji badanego smaru przyjąć średnią arytmetyczną trzech pomiarów nie różniących się między sobą o więcej niż 6 jednostek w przypadku smaru nieugniatanego oraz 5 jednostek w przypadku smaru ugniatanego, z dokładnością do jednej jednostki penetracji. Wyniki obliczeń zapisać w tabeli raportu.

2. Dla próbki badanego smaru nieugniatanego i ugniatanego określić wartość odchylenia standardowego z próby S_p i granice przedziału ufności (rozkład t –Studenta dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i $(n - 1)$ stopni swobody). Wyniki obliczeń zapisać w tabeli raportu. Końcowy wynik oznaczenia penetracji próbki badanego smaru, w postaci wartość średnia $\pm$ granica przedziału ufności, z dokładnością do jednej jednostki penetracji, zapisać w tabeli 23.2.
3. Porównać oznaczoną wartość penetracji próbki badanego smaru plastycznego po ugniataniu z wymaganiami odpowiednich specyfikacji w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.
4. Na podstawie oznaczonej wartości penetracji próbki badanego smaru plastycznego po ugniataniu oraz tabeli porównania z wymaganiami określić jego klasę konsystencji według NLGI.

Tabela 23.1 Podział smarów plastycznych na klasy konsystencji według NLGI

Klasa konsystencji	Penetracja, 10^{-1} mm, w temperaturze 25 °C	Postać smaru
000	od 445 do 475	płynny
00	od 400 do 430	półpłynny
0	od 355 do 385	półpłynny
1	od 310 do 340	bardzo miękki
2	od 265 do 295	miękki
3	od 220 do 250	średni
4	od 175 do 205	gęsty
5	od 130 do 160	bardzo gęsty
6	od 85 do 115	twardy

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania penetracji,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 8.4 oraz 8.5 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 8.6 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz w zakresie wpływu penetracji próbki badanego smaru plastycznego na pracę urządzeń, w których jest on przeznaczony do użytkowania.

24. BADANIE TEMPERATURY KRYSTALIZACJI CIECZY DO UKŁADÓW CHŁODZENIA SILNIKÓW SPALINOWYCH

A. Zasada badania

Badanie polega na użyciu refraktometru wyskalowanego bezpośrednio w jednostkach temperatury krystalizacji cieczy do układów chłodzenia silników spalinowych (cieczy chłodzących). Refraktometr jest wyskalowany do badania temperatury krystalizacji dwóch rodzajów cieczy, na bazie glikolu etylenowego oraz na bazie glikolu propylenowego. Niewielką ilość ($\sim 0,2 \text{ cm}^3$) badanej cieczy umieszcza się na pryzmacie refraktometru i odczytuje wartość temperatury jej krystalizacji na odpowiedniej skali, w zależności od rodzaju glikolu wchodzącego w jej skład.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Refraktometr do badania temperatury krystalizacji cieczy chłodzących z bezpośrednim odczytem i układem samoczynnej kompensacji wpływu temperatury na wynik pomiaru, wyskalowany dla mieszanek wodno–glikolowych na bazie glikolu etylenowego (skala z lewej strony) oraz glikolu propylenowego (skala z prawej strony) rysunek 24.1.
2. Cylindry miarowe o pojemności 10 cm^3 i działce elementarnej $0,1 \text{ cm}^3$.
3. Strzykawki o pojemności 5 cm^3 i działce elementarnej $0,1 \text{ cm}^3$.
4. Woda destylowana.
5. Alkohol etylowy 96 %.
6. Wata.



Rysunek 24.1 Widok refraktometru do badania temperatury krystalizacji cieczy chłodzących (1 – gruszka zakraplacza, 2 – korpus, 3 – zakraplacz do pobierania cieczy chłodzącej, 4 – okular z osłoną, 5 – pokrywa pryzmki, 6 – pryzmat)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzić wskazanie tzw. linii wodnej. Otworzyć pokrywkę pryzmatu refraktometru i przemyć jej wewnętrzną powierzchnię oraz powierzchnię pryzmatu przy użyciu waty zwilżonej alkoholem etylowym 96 %. Przemyte powierzchnie wysuszyć na powietrzu. Na powierzchnię pryzmatu nanieść kilka kropli wody destylowanej do całkowitego jej zwilżenia. Refraktometr utrzymywać w położeniu poziomym w celu uniknięcia spływania kropli z powierzchni pryzmatu. Zamknąć pokrywkę i skierować refraktometr

w kierunku źródła światła, w okularze odczytać wskazanie na jego skali. Granica między ciemnym i jasnym polem powinna być wyraźna i przechodzić przez punkt „0”. W przypadku rozmytej granicy rozdziału pól, należy zwiększyć ilość wody na powierzchni pryzmatu w celu polepszenia jej zwilżenia i ponownie sprawdzić położenie granicy między ciemnym i jasnym polem. Jeżeli granica między ciemnym i jasnym polem nie przechodzi przez punkt „0”, do otworu kalibracyjnego (oznaczonego „Calibration” znajdującego się w dolnej części korpusu refraktometru) włożyć niewielki wkrętak i obracać nim do uzyskania pokrycia granicy między ciemnym i jasnym polem z linią przechodzącą przez punkt „0”. Otworzyć pokrywkę pryzmatu refraktometru i przemyć jej wewnętrzną powierzchnię oraz powierzchnię pryzmatu przy użyciu waty zwilżonej alkoholem etylowym 96 %. Przemyte powierzchnie wysuszyć na powietrzu.

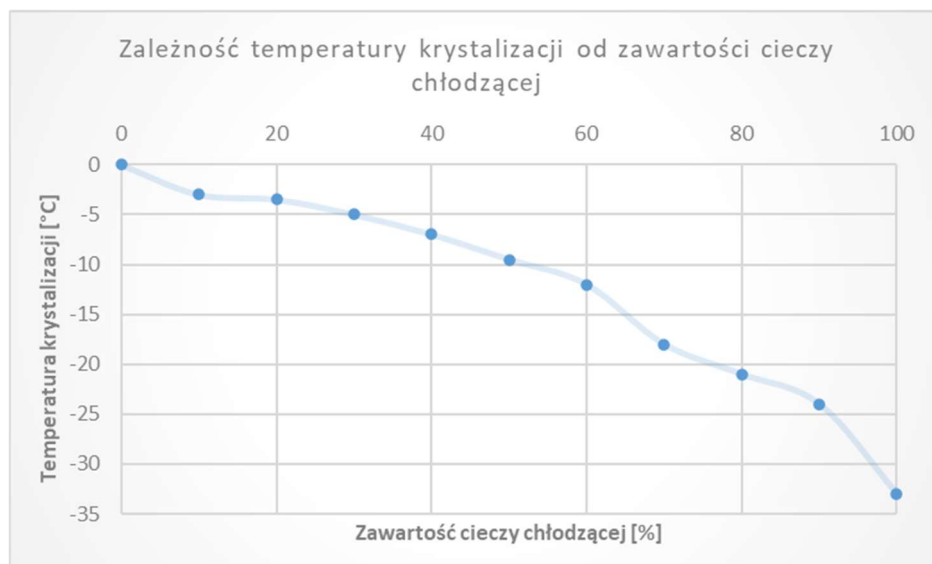
2. Przy użyciu strzykawek o pojemności 5 cm^3 przygotować w cylindrach miarowych mieszaniny o objętości 10 cm^3 :
 - koncentratu cieczy chłodzącej na bazie glikolu etylenowego lub na bazie glikolu propylenowego z wodą destylowaną o zawartości 10, 20, 30, 40, 50 i 60 % obj. koncentratu,
 - handlowej cieczy chłodzącej (o stężeniu eksploatacyjnym) na bazie glikolu etylenowego lub na bazie glikolu propylenowego z wodą destylowaną o zawartości 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 i 90 % obj. płynu.
3. Wykonać pomiary temperatury krystalizacji T_{KRi} przygotowanych mieszanin koncentratów i handlowych cieczy chłodzących z wodą destylowaną oraz handlowych cieczy chłodzących użytych do przygotowania mieszanin. Otworzyć pokrywkę refraktometru i nanieść na pryzmat kilka kropli przygotowanej mieszaniny (powierzchnia pryzmatu powinna być całkowicie zwilżona). Powoli zamknąć pokrywkę i skierować refraktometr w kierunku źródła światła. W okularze odczytać z odpowiedniej skali (dla mieszanek zawierających glikol etylenowy skala z lewej strony, dla mieszanek zawierających glikol propylenowy skala z prawej strony) wartość temperatury krystalizacji z dokładnością $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ na wysokości granicy między ciemnym i jasnym polem. Dla każdej mieszaniny wykonać co najmniej dwa pomiary. Po każdym pomiarze przemyć wewnętrzną powierzchnię pokrywki pryzmatu oraz powierzchnię pryzmatu przy użyciu waty zwilżonej alkoholem etylowym 96 %, a przemyte powierzchnie wysuszyć na powietrzu. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli raportu.
4. Cylindry miarowe umyć w ciepłej wodzie bieżącej z dodatkiem detergentu, przepłukać kolejno w wodzie bieżącej, wodzie destylowanej. Osuszyć w komorze ciepła przez około 30 minut w temperaturze nie wyższej niż $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ lub w strumieniu powietrza.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Za wynik oznaczenia temperatury krystalizacji T_{KR} badanych mieszanin przyjąć średnią arytmetyczną dwóch pomiarów nie różniących się między sobą o więcej niż $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, z dokładnością do $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Wynik obliczeń zapisać w tabeli porównania z wymaganiami.
2. Porównać oznaczone temperatury krystalizacji badanych handlowych cieczy chłodzących o stężeniu eksploatacyjnym oraz koncentratów tych cieczy rozcieńczonych wodą destylowaną w stosunku

objętościowym 1 : 1 z wymaganiami normy na płyny niskokrzepnące do układów chłodzenia silników spalinowych w tym zakresie według tabeli porównania z wymaganiami.

3. Na podstawie wyznaczonych temperatur krystalizacji przygotowanych mieszanin handlowych cieczy chłodzących oraz koncentratów cieczy chłodzących rozcieńczonych wodą destylowaną w stosunku 1:1, sporządzić wykresy zależności temperatury krystalizacji od zawartości cieczy chłodzącej w tych mieszaninach (przykład Rysunek 24.2).



Rysunek 24.2 Przykładowy wykres zależności temperatury krystalizacji od zawartości handlowej cieczy chłodzącej

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania temperatury krystalizacji cieczy chłodzących przy użyciu refraktometru,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 9.1 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- dwa wykresy zależności temperatury krystalizacji od zawartości cieczy handlowej oraz zależności temperatury krystalizacji od zawartości koncentratu,
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 9.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski wynikające z tabel oraz wnioski w zakresie wpływu temperatury krystalizacji badanych cieczy chłodzących o różnej zawartości wody na użytkowanie układów chłodzenia silników spalinowych.

25. BADANIE TEMPERATURY WRZENIA PŁYNÓW HAMULCOWYCH NA BAZIE GLIKOLI METODĄ TERMICZNĄ

A. Metodyka badania

Pomiar polega na podgrzewaniu próbki płynu hamulcowego na bazie poliglikolu ze stałą szybkością do momentu uzyskania temperatury wrzenia i wyświetleniu wyniku na wyświetlaczu elektronicznym. Wykonać minimum 3 pomiary zawierające się w granicy przedziału ufności próbki.

B. Zabezpieczenie materiałowo-techniczne

1. Urządzenie do badania temperatury wrzenia Brake Fluid Tester BFCS 300 firmy Lucas (rysunek 25.1 A)
2. Lignina,
3. Zestaw wymiennych pojemników (rysunek 25.1 B),
4. Zestaw pipet do pobierania próbek (rysunek 25.1 C).



Rysunek 25.1 Urządzenie BFCS 300 do badania temperatury wrzenia płynów hamulcowych (A) z zestawem pojemników (B) i pipet (C)

C. Przebieg ćwiczenia

1. Unieść do góry ramię pomiarowe i ustawić pojemnik pomiarowy.
2. Za pomocą pipety napełnić pojemnik pomiarowy badaną próbką płynu hamulcowego do krawędzi.
3. Obniżyć ramię pomiarowe zanurzając je w próbce.
4. Nacisnąć przycisk „Start” i poczekać na wynik (poczekać aż lampka kontrolna przestanie mrugać). Wykonać minimum trzy pomiary dla próbki.
5. Czynności według punktów od 1 do 5 wykonać dla pozostałych próbek.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Uzyskane wyniki wpisać do raportu z badania temperatury wrzenia płynów hamulcowych. Zanotować temperaturę otoczenia w trakcie badania i wpisać do tabeli raportu.
2. Opracować wyniki pomiarów zgodnie z wzorami zamieszczonymi w dolnej części tabel raportu. Do obliczenia przedziału ufności przyjąć odpowiednią wartość współczynnika rozkładu t -studenta (tabela 25.1).
3. Dokonać określenia klasy DOT na podstawie uzyskanych wyników badań.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania temperatury wrzenia płynów hamulcowych,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 10.1 i 10.2 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia)
- porównanie z aktualnymi wymaganiami 10.3 określenia klasy DOT płynu hamulcowego z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski dotyczące klasy płynu hamulcowego.

Tabela 25.1 Rozkład t-studenta

α stopnie	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
1	1,0000	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567	127,3213	318,3088	636,6192
2	0,8165	1,8856	2,9200	4,3029	6,9646	9,9248	14,0890	22,3271	31,5991
3	0,7649	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409	7,4533	10,2145	12,9240
4	0,7407	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041	5,5976	7,1732	8,6103
5	0,7267	1,4759	2,0150	2,5706	3,36490	4,0321	4,7733	5,8934	6,8688
6	0,7176	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	4,3168	5,2076	5,9688
7	0,7111	1,419	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995	4,0293	4,7853	5,4079
8	0,7064	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	3,8325	4,5008	5,0413
9	0,7027	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	3,6897	4,2968	4,7809
10	0,6998	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	3,5814	4,1437	4,5869
11	0,6974	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	3,4966	4,0347	4,4370
12	0,6955	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,4284	3,9296	4,3178
13	0,6938	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,3725	3,8520	4,2208
14	0,6924	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	3,3257	3,7874	4,1405
15	0,6912	1,3406	1,7530	2,1314	2,6025	2,9467	3,2860	3,7328	4,0728
16	0,6901	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	3,2520	3,6862	4,0150
17	0,6892	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	3,2224	3,6458	3,9651
18	0,6884	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	3,1966	3,6105	3,9216
19	0,6876	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,1737	3,5794	3,8834
20	0,6870	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,1534	3,5518	3,8495
21	0,6864	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314	3,1352	3,5272	3,8193
22	0,6858	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,1188	3,5050	3,7921
23	0,6853	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,1040	3,4850	3,7676
24	0,6848	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969	3,0905	3,4668	3,7455
25	0,6844	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	2,0782	3,4502	3,7251
26	0,6840	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,0669	3,4350	3,7066
27	0,6837	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,0565	3,4210	3,6896
28	0,6834	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,0469	3,4082	3,6739
29	0,6830	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,0380	3,3962	3,6594
30	0,6828	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,0298	3,3852	3,6460
32	0,6822	1,3086	1,6939	2,0369	2,4487	2,7385	3,0149	3,3653	3,6218
34	0,6818	1,3070	1,6909	2,0322	2,4411	2,7284	3,0020	3,3479	3,6007
36	0,6814	1,3055	1,6883	2,0281	2,4345	2,7195	2,9905	3,3326	2,5821

38	0,6810	1,3042	1,6860	2,0244	2,4286	2,7116	2,9803	3,3190	3,5657
40	0,6807	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	2,9712	3,3069	3,5510
42	0,6804	1,3020	1,6820	2,0181	2,4185	2,6981	2,9630	3,2960	3,5377
44	0,6801	1,3011	1,6802	2,0154	2,4141	2,6923	2,9555	3,2861	3,5258
46	0,6799	1,3002	1,6787	2,0129	2,4102	2,6870	2,9488	3,2771	3,5150
48	0,6796	1,2994	1,6772	2,0106	2,4066	2,6822	2,9426	3,2689	3,5051
50	0,6794	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778	2,9370	3,2614	3,4960
55	0,6790	1,2971	1,6730	2,0040	2,3961	2,6682	2,9247	3,2561	3,4764
60	0,6786	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6693	2,9146	3,2317	3,4602
65	0,6783	1,2947	1,6686	1,9971	2,3851	2,6536	2,9060	3,2204	3,4466
70	0,6780	1,2938	1,6669	1,9944	2,3808	2,6479	2,8987	3,2108	3,4350
80	0,6776	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387	2,8870	2,1953	3,4163
90	0,6772	1,2910	1,6620	1,9867	2,3685	2,6316	2,8779	3,1833	3,4019
100	0,6770	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259	2,8707	3,1737	3,3905
120	0,6765	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174	2,8599	3,1595	3,3735
150	0,6761	1,2872	1,6551	1,9759	2,3515	2,6090	2,8492	3,1455	3,3566
200	0,6757	1,2858	1,6525	1,9719	2,3451	2,6006	2,8385	3,1315	3,3398
250	0,6755	1,2849	1,6510	1,9695	2,3414	2,5956	2,8322	3,1232	3,3299
300	0,6753	1,2844	1,6499	1,9679	2,3388	2,5923	2,8279	3,1176	3,3233
400	0,6751	1,2837	1,6487	1,9659	2,3357	2,5882	2,8227	3,1107	2,3150
500	0,6750	1,2832	1,6479	1,9647	2,3338	2,5857	2,8195	3,1066	3,3101
∞	0,6745	1,2816	1,6449	1,9600	2,3263	2,5758	2,8070	3, 0902	3,2905

26. BADANIE STABILNOŚCI OKSYDACYJNEJ METODĄ SZYBKIEGO UTLENIANIA W MAŁEJ SKALI

A. Metodyka badania

W temperaturze otoczenia znana objętość próbki jest umieszczana w naczyniu reakcyjnym zawierającym tlen pod ciśnieniem $700 \text{ kPa} \pm 5 \text{ kPa}$. Naczynie reakcyjne jest ogrzewane do temperatury $140 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Ciśnienie w naczyniu spada w miarę zużywania tlenu do utleniania próbki. Ciśnienie w naczyniu jest rejestrowane w odstępach 1 s aż do osiągnięcia punktu załamania. Czas upływający od początku badania do punktu załamania jest okresem indukcyjnym w temperaturze badania $140 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

B. Zabezpieczenie materiałowo-techniczne:

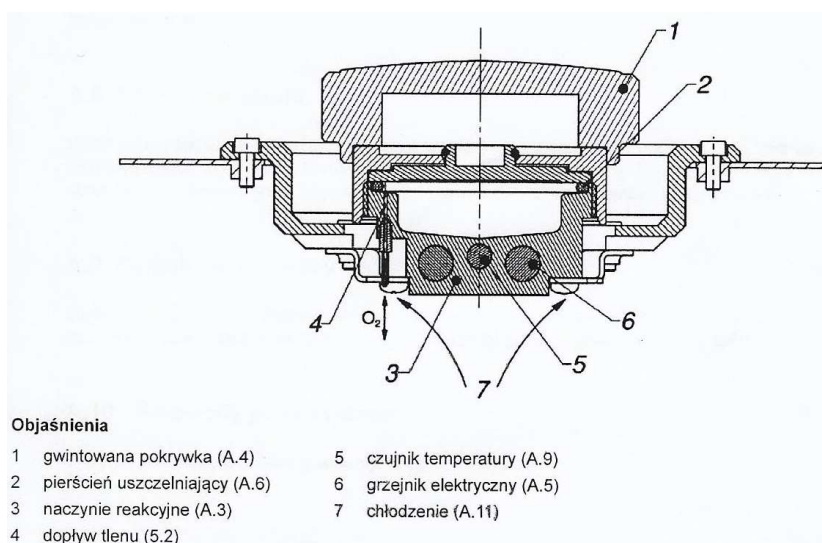
A. urządzenie do badania stabilności oksydacyjnej zgodne z normą ASTM D7545 - 14(2019)e1 *Standard Test Method for Oxidation Stability of Middle Distillate Fuels-Rapid Small Scale Oxidation Test* (Rysunek 26.1)



Rysunek 26.1 Urządzenie PetroOxy i butla tlenowa

- rozpuszczalnik czyszczący,
- tlen, dostępny na rynku, o czystości nie mniejszej niż 99,6 %.
- tkanina do czyszczenia, lignina
- płyn weryfikujący, paliwo węglowodorowe (BO). (Jako płyn weryfikujący można stosować dowolne paliwo węglowodorowe o dostatecznej stabilności i znanym okresie indukcyjnym. Płyn weryfikujący o certyfikowanym okresie indukcyjnym jest na ogół dostępny u producenta aparatury.)

- naczynko na próbkę do badań pozwalające na jej szybkie ogrzanie;
- czujnik ciśnienia umożliwiający pomiar ciśnienia w zakresie od 1 kPa do 2 000 kPa z dokładnością 1 kPa;
- czujnik temperatury o dokładności 0,1 °C;
- rejestrację ciśnienia i temperatury w odstępach 1 sekundy (Rysunek 26.2)



Rysunek 26.2 Naczynko reakcyjne

- pipeta lub strzykawka, umożliwiająca odmierzanie $5,0 \text{ ml} \pm 0,1 \text{ ml}$,
- pierścień uszczelniający.

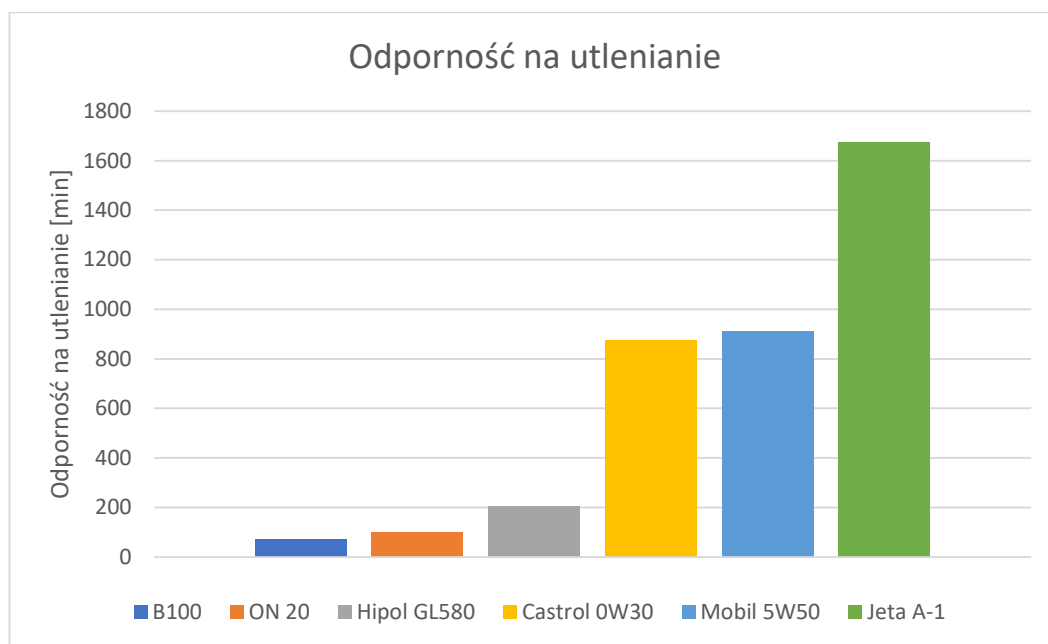
C. Przebieg ćwiczenia

1. Wymieszać dokładnie próbkę badanej substancji.
2. Doprowadzić naczynie reakcyjne i badaną próbkę do temperatury otoczenia.
3. Przemyć naczynko reakcyjne i gwintowaną pokrywkę ligniną nasączoną alkoholem etylowym.
4. Za pomocą strzykawki umieścić $5 \text{ ml} \pm 0,1 \text{ ml}$ próbki w naczynku na próbkę naczynia reakcyjnego.
5. Przykryć naczynko na próbkę gwintowaną pokrywką i zamknąć naczynie reakcyjne.
6. Wstępnie przepłukać naczynie reakcyjne tlenem. Wprowadzać tlen do naczynia do uzyskania ciśnienia $700 \text{ kPa} \pm 5 \text{ kPa}$, a następnie stabilizować przez 20 s.
7. Uruchomić ogrzewanie bez opóźnienia między napełnieniem naczynia tlenem i początkiem badania.
8. Temperaturę badania wynoszącą $140 \text{ °C} \pm 0,5 \text{ °C}$ należy osiągnąć po upływie $270 \text{ s} \pm 30 \text{ s}$.
9. Jeśli podczas pierwszych 5 min badania obserwuje się stały spadek ciśnienia, przerwać badanie i usunąć próbkę do badań.
10. Szybkość wycieku próbki z pustego naczynka w temperaturze 140 °C nie powinna przekraczać wartości 2 kPa/h . Jeżeli szybkość wycieku jest większa, sprawdzić następujące elementy: pierścień uszczelniający, czy nie jest uszkodzony lub nie znajdują się pozostałości próbki, powierzchnię naczynka na próbkę, czy nie jest uszkodzona i naczynko na próbkę czy są pozostałości po próbce.

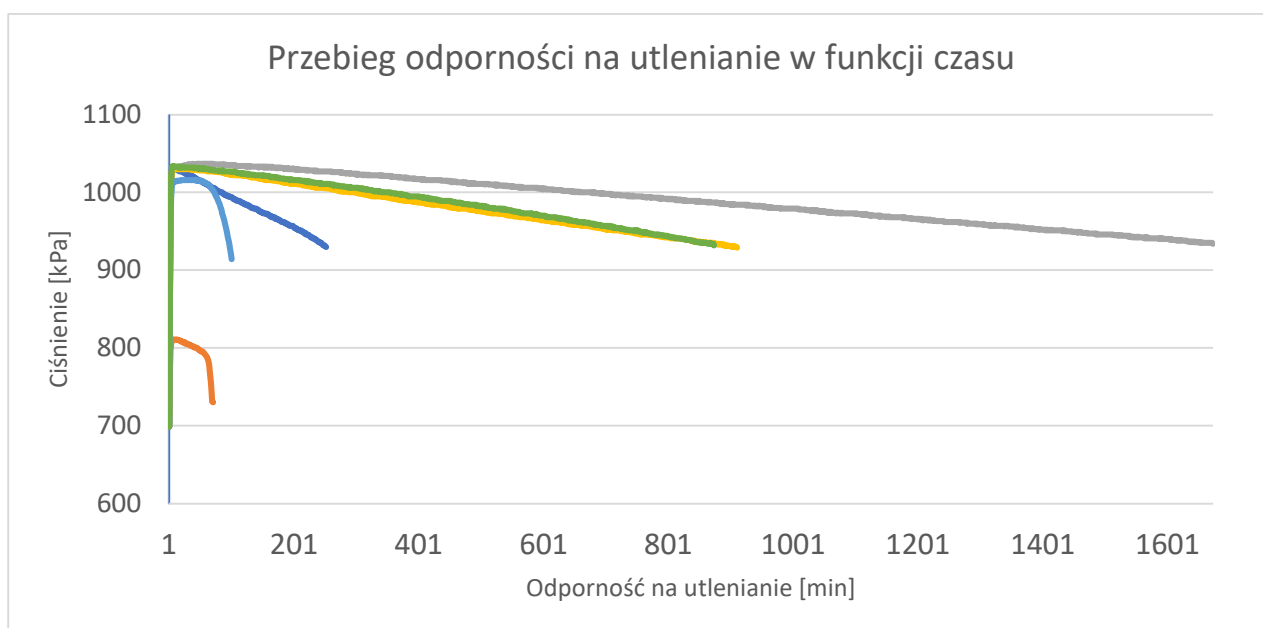
11. Aparatura rejestruje automatycznie, w sposób ciągły temperaturę (z dokładnością 0,1 °C) i ciśnienie (z dokładnością 1 kPa) w naczyniu do utleniania.
12. Aparatura kończy badanie, gdy odczyt ciśnienia wskazuje 10 % spadek względem maksymalnego zaobserwowanego ciśnienia (punkt załamania), i rejestruje czas, jaki upłynął od chwili rozpoczęcia badania do punktu załamania (okres indukcyjny).
13. Aparatura automatycznie rejestruje średnią temperaturę

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Na podstawie wyników pomiarów należy wypełnić tabelę raportu.
2. Wykonać wykres zawierający porównanie próbek czasu (Rysunek 26.3) oraz wykres przebiegu odporności na utlenianie w funkcji czasu (Rysunek 26.4), przykładowe wyniki poniżej.



Rysunek 26.3 Porównanie wyników próbek.



Rysunek 26.4 Przebieg odporności na utlenianie w funkcji czasu.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru ,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania odporności na utlenianie,
- wyniki badań,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- wykresy podane w pkt D.2,
- wnioski dotyczące przeprowadzonych badań.

27. BADANIE ZAWARTOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ I ZAWODNIENIA PALIW LOTNICZYCH ZA POMOCĄ ZESTAWU GPT-323-2

A. Metodyka badania

Metoda badawcza obejmuje pomiar zawartości wolnej wody w turbinowych paliwach lotniczych w przepływających strumieniach paliwa bez wystawiania próbki paliwa na działanie atmosfery. Zakres odczytów testowych obejmuje od 1 ppm do 60 ppm wolnej wody. Ta metoda testowa nie wykrywa wody rozpuszczonej w paliwie, a zatem wyniki testów dla porównywalnych strumieni paliwa mogą się różnić w zależności od temperatury paliwa i stopnia rozpuszczalności wody w paliwie.

Odmierzona próbka paliwa jest przesączana przez zawierający barwnik uraninowy wkład filtracyjny. Wolna woda w paliwie będzie reagować z barwnikiem zmieniając jego barwę. Następnie wkład filtracyjny jest oświetlony światłem ultrafioletowym (UV) a barwnik, który miał kontakt z wolną wodą, będzie fluoryzował na jasnożółty kolor. Jasność wzrasta wraz ze wzrostem ilości wolnej wody w paliwie. Podświetlony światłem UV wkład jest porównywany ze znanym wzorcem przy użyciu komparatora fotokomórki, a ilość wolnej wody w próbce paliwa odczytywana jest w częściach na milion objętości.

Praktyczne podłączenie zestawu do cysterny można zobaczyć na video pt. „Aqua-Glo Test Procedures” na kanale YouTube U.S. Army Petroleum Center (filmik dostępny w dniu 13.02.2025r.).

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Zestaw analizatora zawodnienia paliw zgodny z normą ASTM 3240 (rysunek 27.1 i 27.2).

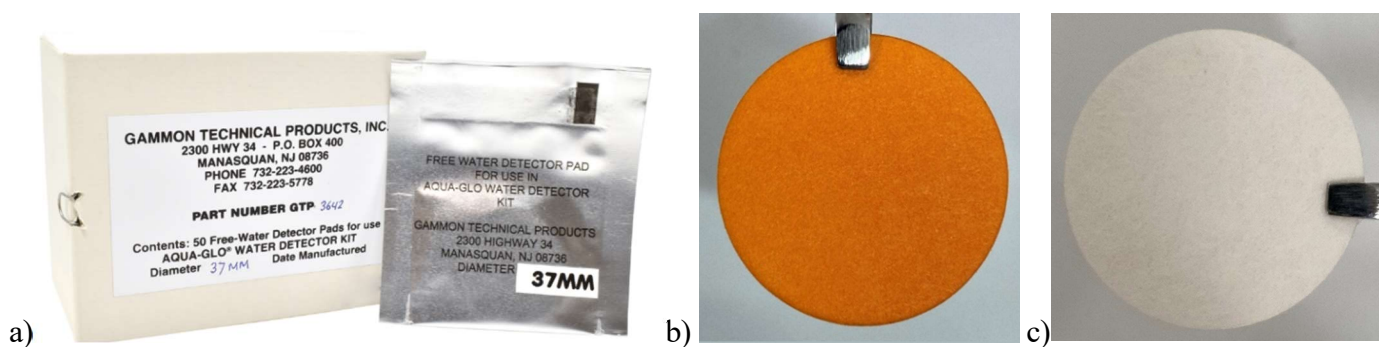


Rysunek 27.1 Zestaw analizatora zawodnienia paliw [1]



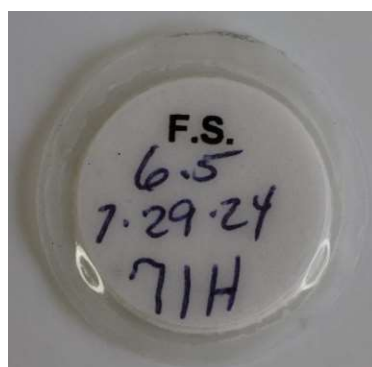
Rysunek 27.2. Analizator zawadnienia paliw Agua Glo V: a) widok z boku, b) widok z dołu urzqdzenia, c) widok z tyłu urzqdzenia

2. Wkłady filtracyjne o średnicy 25 mm pakowane w hermetyczne opakowania (rysunek 27.3).



Rysunek 27.3. Wkłady kalibracyjne: a) opakowanie hermetyczne [2], b) widok z przodu wkładu, c) widok z tyłu wkładu

3. Wzorzec kalibracyjny (rysunek 27.4).



Rysunek 27.4. Wzorzec kalibracyjny

4. Statyw.
5. Rozdzielacz o pojemności 500 cm³.
6. Kolba stożkowa o pojemności 500 cm³.
7. Pęseta.
8. Pompa próżniowa.
9. Lignina.

C. Przebieg ćwiczenia

Kalibracja urządzenia

1. Podłączyć urządzenie do źródła prądu. Włączyć urządzenie.
2. Umieścić za pomocą pęsety wzorzec kalibracyjny w okienku pomiarowym (stroną bez napisu skierowaną w stronę urządzenia). Nie dotykać wzorca dłonią.
3. Ustawić wartość kalibracyjną za pomocą dźwignienki z tyłu urządzenia na wartość podaną na opakowaniu wzorca kalibracyjnego (w przypadku wzorca z rysunku 27.4 wartość 7).
4. Jeżeli po wciśnięciu przycisku pomiarowego wartość pomiarowa wskazana na wskaźniku miernika obiega od zera należy skorygować wartość za pomocą dołączonego do zestawu śrubokręta. Przyrząd jest bardzo czuły, więc należy delikatnie przekręcać śrubokręt.
5. Po skalibrowaniu urządzenia należy odłożyć wzorzec do opakowania i wrócić dźwignią z tyłu urządzenia na wartość 0.
6. Urządzenie należy skalibrować przed każdym użyciem i po każdej godzinie użytkowania.

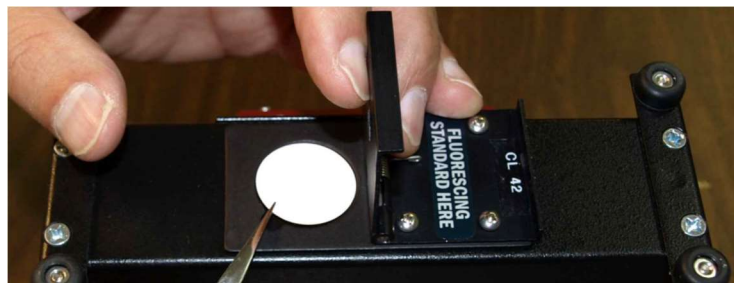
Przebieg badania

1. Przed użyciem wkładu filtracyjnego należy przepłukać układ objętością co najmniej 1 l paliwa.
2. Nie należy wyjmować wkładu filtracyjnego z hermetycznego opakowania jeżeli nie jest gotowy do użycia.
3. Połączyć wężykiem paliwowym rozdzielacz z metalową igłą z zestawu do badania zawodnienia paliw. Nakręcić gwint igły szybkozłącze.
4. Odmierzyć 500 ml badanej próbki paliwa F-34.
5. Za pomocą pęsety umieścić w dolnej części obudowy wyjęty z hermetycznego opakowania wkład filtracyjny do połowy wylotu. Upewnić się, że pomarańczowa strona podkładki skierowana jest w górę (zgodnie z przepływem paliwa) (rysunek 27.5).



Rysunek 27.5. Wkład filtracyjny (widok ułożenia wkładu w dolnej części obudowy)

6. Przesączyć 500 ml badanego paliwa lotniczego zachowując natężenie przepływu wynoszące od 600 do 800 ml/min. Po przesączeniu za pomocą suchej ligniny odsączyć nadmiar paliwa. W tym celu dociskać ligninę dłonią 3-4 razy (pomiędzy kolejnymi przyciśnięciami przesuwając wkład pęsetą na suchą część ligniny).
7. Umieścić wyjęty z komory wkład filtracyjny w oknie pomiarowym analizatora zawodnienia paliw (rysunek 27.6).



Rysunek 27.6. Ułożenie wkładu filtracyjnego (część barwiona wkładu musi być skierowana do urządzenia) [3]

8. Przed pomiarem upewnić się, że dźwigienka znajduje się na 0 (rysunek 27.7 b). Przytrzymując klawisz pomiarowy (rysunek 27.7 a) sprawdzić wartość na mierniku znajdującym się na górze urządzenia, a następnie przesunąć dźwigienkę do momentu, aż wskazówka na mierniku będzie wskazywać wartość 0. Wartość na skali jaką pokazuje dźwigienka jest zawartością wody w jednostce ppm.

W przypadku jeżeli:

- a. wynik wykracza poza skalę 12 ppm należy zmniejszyć ilość próbki do 100 ml (rysunek 27.8).
- b. wynik znajduje się poniżej 1 ppm wolnej wody należy zanotować „Stężenie wolnej wody poniżej 1 ppm”



Rysunek 27.7. Analizator Agua Glo V: a) widok przycisku, b) widok urządzenia i dźwigienki



Rysunek 27.8. Widok wkładu nasączonego znaczącą ilość wody

9. Zanotować wynik, temperaturę paliwa i przesączoną objętość paliwa.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Jeżeli ilość próbki jest inna niż 500 ml należy dokonać przeliczenia:

$$PPM \text{ wolnej wody} = \frac{\text{odczyt skali} \times 500}{\text{objętość próbki [ml]}}$$

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania zawodnienia paliw,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 5.6 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- wnioski.

F. Bibliografia:

- [1] <https://www.gammontechstore.com/ProductDetails.asp?ProductCode=GTP%2D322>
- [2] <https://www.gammontechstore.com/ProductDetails.asp?ProductCode=GTP%2D3642>
- [3] Materiały instruktażowe dołączone do zestawu

28. BADANIE ZAWARTOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ PALIW METODĄ POLOWĄ PRZY UŻYCIU ANALIZATORA CZYSTOŚCI PALIW ZESTAWU GTP-172

A. Metodyka badania

Opisano dwie metody testowe. Podstawowa metoda testowa służy do grawimetrycznej oceny poziomu zanieczyszczenia. Druga metoda testowa, opisuje technikę oceny koloru, która służy do szybkiej jakościowej oceny zmian poziomu zanieczyszczenia bez opóźnienia czasowego wymaganego do oznaczeń grawimetrycznych za pomocą rygorystycznych procedur laboratoryjnych.

W metodzie tej można użyć szybkozłącza tak jak w poprzedniej procedurze.

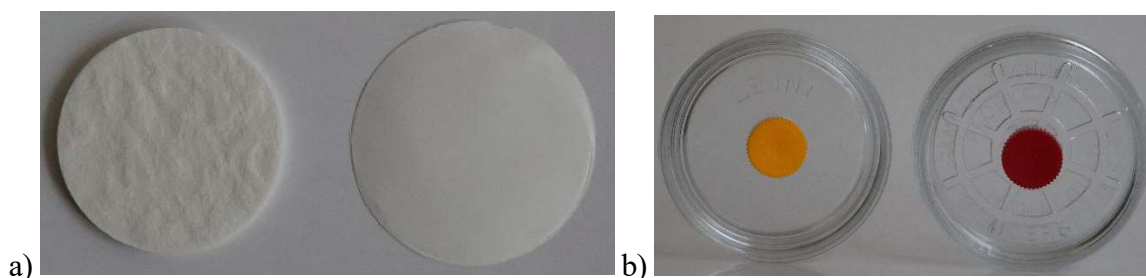
B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Analizator zawodnienia paliw zgodny z normą ASTM-D2276-22 do metody polowej (rysunek 28.1).



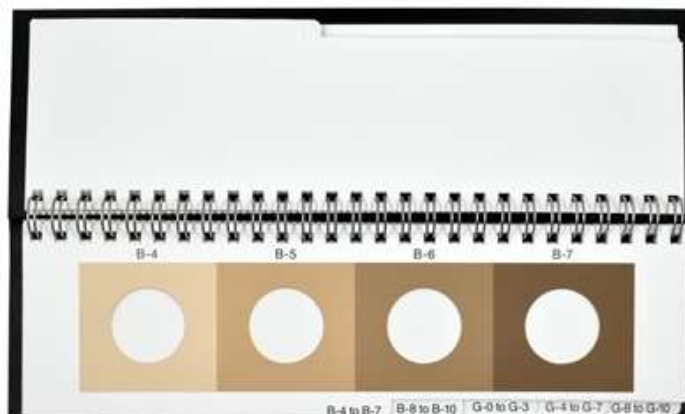
Rysunek 28.1 Zestaw MiniMonitor Kit do badania zanieczyszczeń [1]

2. Zestaw podkładek i sączków membranowych z monitorem (rysunek 28.2).



Rysunek 28.2. a) podkładka, sączonek membranowy, b) górna i dolna część monitora

3. Pojemnik o pojemności 500 cm³.
4. Wzorzec porównawczy (rysunek 28.3).



Rysunek 28.3. Wzorzec kolorystyczny

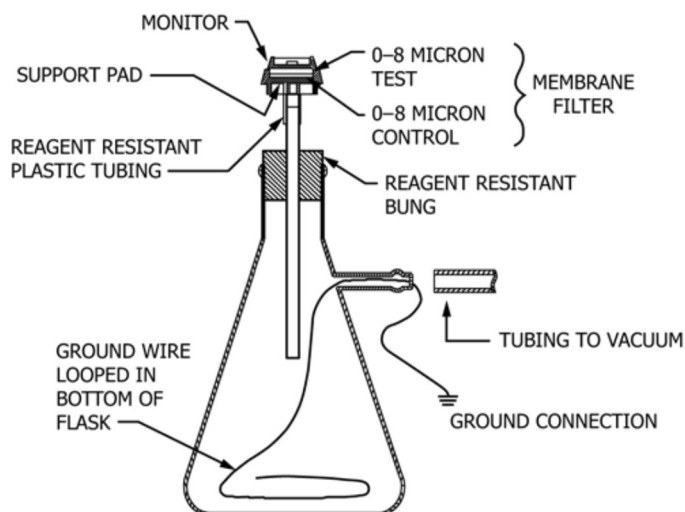
C. Przebieg ćwiczenia

1. Przed rozpoczęciem badania należy przepłukać zestaw badaną próbką w ilości około 4 litrów. W celu przepłukania zestawu należy przekręcić dźwignię zaworu z ustawienia „STOP” na „FLUSH” (rysunek 28.4).

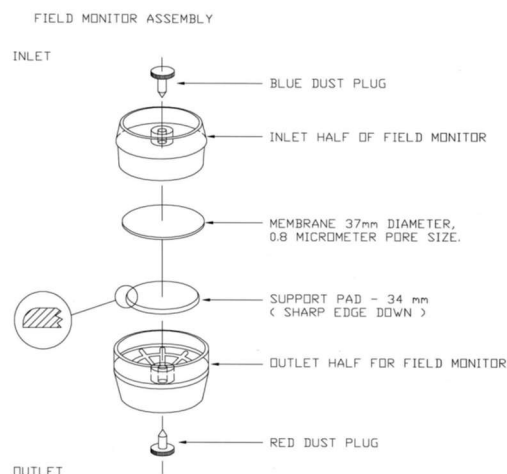


Rysunek 28.4. Obudowa monitora

2. Przed rozpoczęciem sączenia w badaniu ilości zanieczyszczeń stałych należy wysuszyć sączone do stałej masy i zważyć go z dokładnością do 0,0001 g.
3. Używając laboratoryjnej metody grawimetrycznej badania zanieczyszczeń monitor można połączyć bezpośrednio z rozdzielaczem i kolbą stożkową (rysunek 28.5 i 28.6). W tym celu wykonać oznaczenie zgodnie z instrukcją „Instrukcja badania zawartości i składu zanieczyszczeń metodą polową i grawimetryczną”.

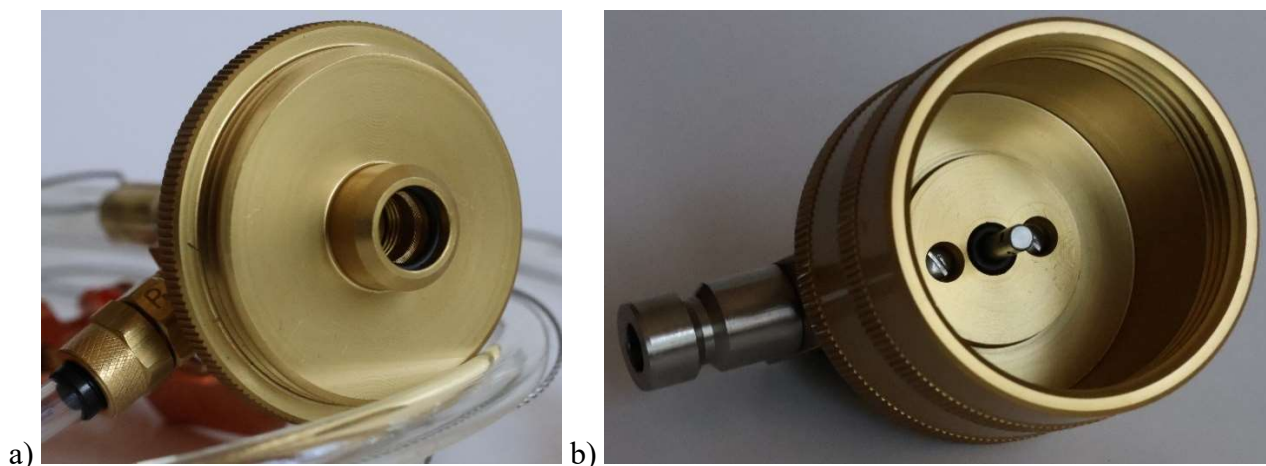


Rysunek 28.5. Zestaw do sączenia metodą grawimetryczną [3]



Rysunek 28.6. Poprawne ułożenie podkładki i sącza w monitorze [4]

4. Otworzyć obudowę monitora odkręcając dolną pokrywę (rysunek 15a).

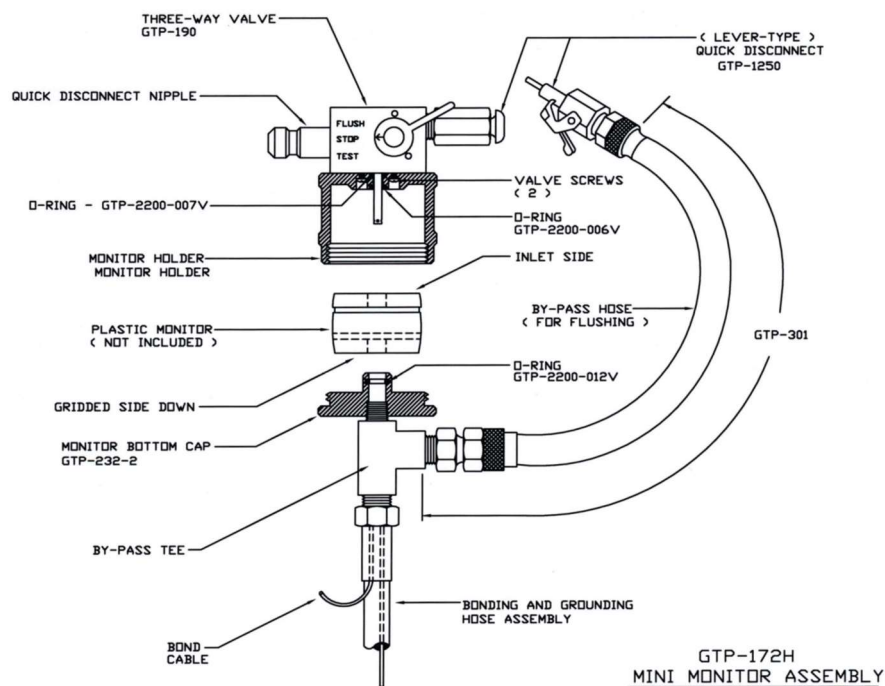


Rysunek 28.7. Widok dole (a) wraz z uszczelką „o-ringiem” i górnej (b) części obudowy monitora

5. Zdjąć kolorowe plastikowe zatyczki z plastikowego monitora i zainstalować go na dolnej obudowie MiniMonitor. Gumowy O-ring ma pozostać w dolnej pokrywie uszczelnia wokół małej piasty plastikowego monitora. Upewnić się, że kratkowana strona plastikowego monitora jest skierowana w stronę dolnej pokrywy (rysunek 28.8 i 28.9). Upewnić się, że w monitorze znajduje się sącze membranowy z podkładką (rysunek 28.6).



Rysunek 28.8. Montaż monitora w dolnej części obudowy



Rysunek 28.9. Schematyczny montaż analizatora czystości paliw [4]

6. Przykręcić górną pokrywę obudowy monitora.
7. Podłączyć zestaw szybkozłącza do źródła pobierania próbki. W przypadku pobierania próbki z cysterny podłączyć kable uziemiające (rysunek 28.10).



Rysunek 28.10. Dolna obudowa monitora wraz z przewodami i elementami uziemienia (szczęki uziemiające do podłączenia)

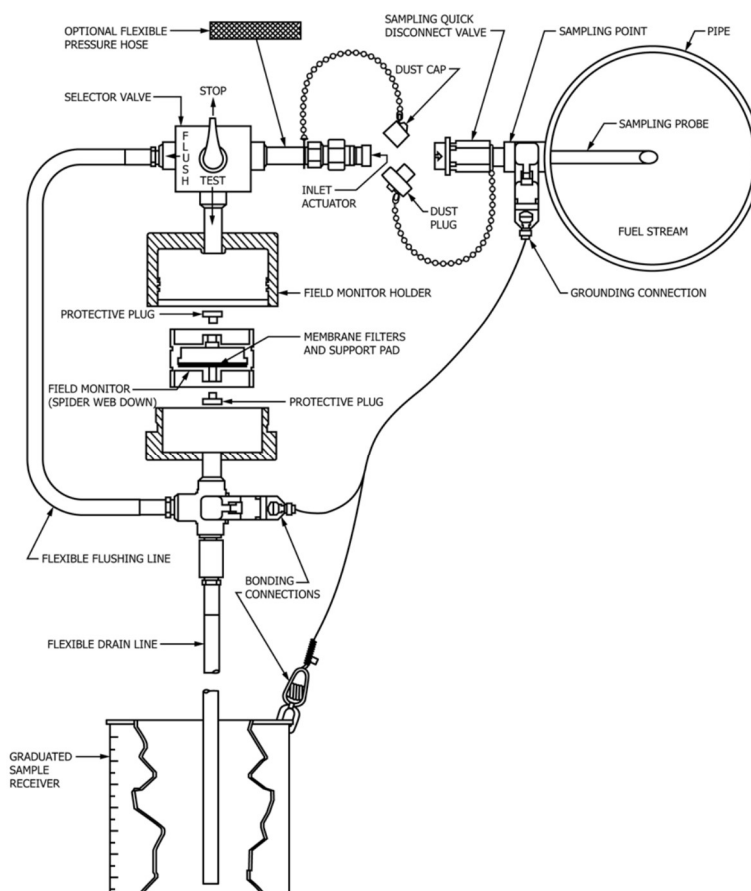
8. Przekręcić zawór obok obudowy monitora do pozycji „TEST”, aby umożliwić przepływ paliwa przez sączonek membranowy w plastikowym monitorze. W zależności od różnych specyfikacji przesączyć odpowiednią ilość próbki. Zgodnie z normą ASTM D2276 należy przesączyć od 3,785 l do 5 l paliwa.
9. Po sączeniu należy odczekać około 5 minut w celu odprowadzenia ładunków elektrostatycznych. W przypadku podłączania do cysterny należy odłączyć uziemienie.

10. Po wyjęciu plastikowego monitora z obudowy należy umieścić go kratkowaną stroną w kierunku rurowego złącza z boku strzykawki (rysunek 28.11). Wcisnąć mocno na miejsce, upewniając się, że uchwyt strzykawki został najpierw wciśnięty do końca. Pociągnąć jednokrotnie uchwyt strzykawki na zewnątrz aby usunąć paliwo z plastikowego czujnika. Zdjąć plastikowy czujnik i ponownie wcisnąć uchwyt, aby usunąć paliwo do bezpiecznego pojemnika.



Rysunek 28.11. Podłączenie strzykawki do monitora

11. W przypadku oceny sącza suchego wysuszyć sączek membranowy do stałej masy. W przypadku oceny mokrego sącza należy wyjąć sączeek membranowy na ligninę.
12. Sączeek należy poddać porównaniu z wzorcami kolorystycznymi. Po ocenie należy podać informację czy ocena sącza była dokonana tzw. „na mokro” (sączeek nasączony produktem) czy „na sucho” (sączeek wysuszony do stałej masy). Preferowana jest ocena suchego sącza.
13. Zestaw można użyć do pobierania próbek z rurociągów (rysunek 28.12)



Rysunek 28.12. Potężenie do pobierania próbek z rurociągu [3]

D. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania zawartości zanieczyszczeń paliw,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 5.5 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski.

E. Bibliografia:

[1] <https://www.gammontechstore.com/ProductDetails.asp?ProductCode=GTP%2D172%2DMARK%2DII>

[2] <https://www.gammontechstore.com/ProductDetails.asp?ProductCode=GTP%2D1074%2D1>

[3] ASTM D2276:2005

[4] Materiały instruktażowe dołączone do zestawu

29. BADANIE LICZBY CETANOWEJ (LC), INDEKSU CETANOWEGO, ZAWARTOŚCI DODATKU PODWYŻSZAJĄCEGO WARTOŚĆ LC, ZAWARTOŚCI WA, WWA I FAME PRZY UŻYCIU IROX DIESEL

A. Metoda pomiaru

Urządzenie Irox Diesel (rys. 1) umożliwia oznaczenie następujących parametrów próbek ON:

- zawartości węglowodorów aromatycznych (WA),
- zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA),
- liczby cetanowej (LC),
- indeksu cetanowego (IC),
- zawartości dodatku podwyższającego liczbę cetanową (LCIM),
- zawartości estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME).

Zasada pomiaru ww. parametrów ON przy użyciu Irox Diesel jest oparta na metodologii pomiaru absorpcji w podczerwieni, w zakresie od 2,7 do 15,4 μm , przy użyciu spektrometru Fourierowskiego (opartego na analizie transformatą Fouriera). Otrzymany spektrogram jest korelowany z tabelą widma dla różnych koncentracji analizowanych substancji. Komora pomiarowa Irox Diesel posiadająca małą szerokość (0,1 mm) w kierunku transmisji jest umieszczana na drodze promieni podczerwonych, mierzona jest intensywność promieni po przejściu przez tę komorę z badaną próbką ON i bez niej. Miarą koncentracji badanego składnika w próbce ON jest zmierzona absorpcja dla danej długości fali. Irox Diesel posiada wbudowany gęstościomierz. Pomiar i analiza spektrum w zakresie od 3,2 do 15,4 μm umożliwia jednoczesną analizę zawartości WA, WWA, związków podwyższających liczbę cetanową i zawartość FAME. Wartości liczby cetanowej i indeksu cetanowego nie są określone bezpośrednio ze spektrum, lecz obliczane są dzięki użyciu modeli matematycznych. Zakresy pomiarowe parametrów ON oznaczanych przy użyciu Irox Diesel oraz warunki prowadzenia pomiarów przedstawiono w tabeli 29.1.

Tabela 29.1 Warunki prowadzenia pomiarów parametrów ON przy użyciu Irox Diesel

Parametr	Wartość
Objętość próbki, cm ³	ok. 7,5
Temperatura badania, °C	15...30
Średni czas stabilizacji cieplnej i regulacji luster, minuta	ok. 30
Średni czas kalibracji czystym n-heksanem, minuta	5
Średni czas badania, minuta	3
Zakresy pomiarowe badanych parametrów: – zawartości WA – zawartość WWA – liczba cetanowa LC – indeks cetanowy IC – zawartość dodatku podwyższającego LC – zawartość FAME	0...60% obj. 0...40% obj. 25...75 30...70 0...5000 ppm 0...30% obj.
Wynik badania zawartości WA, WWA, FAME	średnia arytmetyczna minimum pięciu wyników pomiarów (obliczona z dokładnością 0,01% obj.) ± wartość niepewności rozszerzonej
Wynik badania LC i IC	średnia arytmetyczna minimum pięciu wyników pomiarów (obliczona z dokładnością 0,01) ± wartość niepewności rozszerzonej
Wynik badania zawartości dodatku podwyższającego LC	średnia arytmetyczna minimum pięciu wyników pomiarów (obliczona z dokładnością 0,1) ± wartość niepewności rozszerzonej
Niepewność rozszerzona pomiaru: – zawartości WA – zawartość WWA – liczba cetanowa LC – indeks cetanowy IC – zawartość dodatku podwyższającego LC – zawartość FAME	±(0,12...0,24)% obj. ±(0,08...0,15)% obj. ±(0,08...0,26) ±(0,12...0,34) ±(14,9...41,5) ppm ±(0,08...0,15)% obj.

B. Zabezpieczenie materiałowo–techniczne

1. Urządzenie Irox Diesel do oznaczania liczby cetanowej, indeksu cetanowego, zawartości dodatku podwyższającego wartość liczby cetanowej, zawartości WA, WWA i FAME (rysunek 29.1).



Rysunek 29.1 Widok Irox Diesel firmy Grabner Instruments (1 – wyświetlacz, 2 – przewód odprowadzający próbkę ON po badaniu, 3 – pojemnik na zlewki paliwa po badaniu, 4 – Irox Diesel, 5 – panel z przyciskami operacyjnymi, 6 – przewód do pobierania próbki ON, 7 – próbka badanego ON)

2. n-heksan cz.d.a. do kalibracji.
3. Wata celulozowa.

C. Przebieg ćwiczenia

1. Podłączyć przewód do pobierania próbek do wlotu Luer'a od sztywnej strony Irox Diesel oraz pojemnik na zlewki do przewodu odprowadzającego próbki.
2. Włączyć zasilanie Irox Diesel. W czasie ok. 30 minut następuje automatyczna stabilizacja cieplna przyrządu, testowanie wewnętrzne i regulacja luster.
3. Następnie przyrząd przechodzi automatycznie do kalibracji interferometru FTIR przy użyciu n-heksanu. Należy umieścić przewód do pobierania próbek w butli z n-heksanem i nacisnąć „Run”. Po zakończeniu kalibracji Irox Diesel powróci do menu kalibracji. Należy przesunąć kursor do pozycji „End” i nacisnąć „Task” oraz wyjąć przewód do pobierania próbek z butli z n-heksanem.
4. Przesunąć kursor do pozycji „Meas” i nacisnąć „Task”.
5. Koniec przewodu do pobierania próbek zanurzyć w próbce badanego ON i rozpocząć pomiar wciskając w menu pomiarowym „Run”. Następuje automatyczne zassanie próbki ON przez pompę. Zatrzymanie pompy kończy pobieranie próbek. Następnie automatycznie rozpoczyna pracę silnik skanujący i wykonywany jest interferogram. Po zakończeniu skanowania moduł matematyczny przyrządu rozpoczyna wyliczanie spektrum podczerwieni i wartości mierzonych parametrów ON. Poszczególne etapy procedury wyliczającej wyświetlane są na wyświetlaczu. Podczas obliczeń opróżniany jest automatycznie pojemnik pomiarowy. Po ok. 40 sekundach wyniki pomiarów i obliczeń są wyświetlane na wyświetlaczu.
6. Wcisnąć przycisk „Stop” i następnie „Run” w celu wykonania następnego pomiaru. Wykonać co najmniej pięć pomiarów dla danej próbki badanego ON. Wyjąć przewód do pobierania z próbki ON.
7. Za wynik badania:
 - zawartości WA, WWA, FAME przyjąć średnią arytmetyczną minimum pięciu wyników pomiarów obliczoną z dokładnością 0,01% obj. $\pm$ wartość niepewności rozszerzonej,
 - LC oraz IC przyjąć średnią arytmetyczną minimum pięciu wyników pomiarów obliczoną z dokładnością 0,01 $\pm$ wartość niepewności rozszerzonej,
 - zawartości dodatku podwyższającego LC przyjąć średnią arytmetyczną minimum pięciu wyników pomiarów obliczoną z dokładnością 0,1 $\pm$ wartość niepewności rozszerzonej.

D. Opracowanie wyników pomiarów

1. Udostępnione wyniki badania wybranej próbki ON przy użyciu Irox Diesel sprawdzić przy użyciu Grubbsa w zakresie wyników odstających.
2. Obliczyć średnią wyników pomiarów.
3. Obliczyć odchylenie standardowe zgodnie ze wzorem 29.1

$$S_{\eta} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2} \quad (29.1)$$

gdzie:

η - wyliczona lepkość dynamiczna, mPa*s;

n - ilość pomiarów;

$\bar{\eta}$ - średnia lepkość dynamiczna, mPa*s;

4. Obliczyć niepewność standardową złożoną ze wzoru 29.2

$$u(y) = \sqrt{u_A^2(y) + u_B^2(y)} = \sqrt{\frac{1}{n \times (n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{r=1}^R (\delta_r x)^2} \quad (29.2)$$

gdzie:

$u_A^2(y)$ – niepewność standardowa typu A,

$u_B^2(y)$ – niepewność standardowa typu B (niepewność standardową szacuje się metodą typu B, jeśli dostępny jest tylko jeden wynik pomiaru lub gdy wyniki nie wykazują rozrzutu a w pozostałych przypadkach przyjmuje się wartość 0)

n – ilość wykonanych pomiarów.

5. Obliczyć niepewność rozszerzoną ze wzoru 29.3

$$U = k \cdot u(y) \quad (29.3)$$

gdzie:

k - współczynnik rozszerzenia (umownie przyjęta liczba, wybrana tak, aby w przedziale $y \pm U(y)$ znalazła się większość wyników pomiaru potrzebnych do danych zastosowań – najczęściej jest to wartość 2 lub 3),

$u(y)$ – złożona niepewność standardowa.

6. Wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do tabeli raportu 3.8 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”.

E. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wstęp teoretyczny dotyczący badanej próbki i parametru,
- zabezpieczenie materiałowo-techniczne,
- zasadę badania liczby cetanowej (LC), indeksu cetanowego, zawartości dodatku podwyższającego wartość LC, zawartości WA, WWA I FAME,
- wyniki badań zestawione w tabeli raportu 3.8 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- opracowanie i analizę uzyskanych wyników (w tym wszystkie obliczenia),
- porównanie z aktualnymi wymaganiami w tabeli 3.9 z pliku „Wzory raportów i tabel porównania wyników z wymaganiami normatywnymi”,
- wnioski.