

dwubarwnych jest niezależność mierzonej temperatury od współczynnika emisyjności ciała, co eliminuje potrzebę wprowadzania poprawek. Wynika to z faktu, że dla ciał szarych zmniejsza się bezwzględna wartość wypromieniowanej energii, natomiast stosunek tych wartości dla dwóch barw czerwonej i zielonej pozostaje niezmieniony. Zależność tę można określić wzorem

$$\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}} \approx \frac{\epsilon_{\lambda_1}}{\epsilon_{\lambda_2}} \frac{B_{\lambda_1}}{B_{\lambda_2}}, \quad (2.26)$$

ponieważ dla ciała szarego współczynniki emisyjności dla różnych długości fali mają podobną wartość, tzn.  $\epsilon_{\lambda_1} \approx \epsilon_{\lambda_2}$

## 2.4. SPRAWDZANIE TERMOMETRÓW

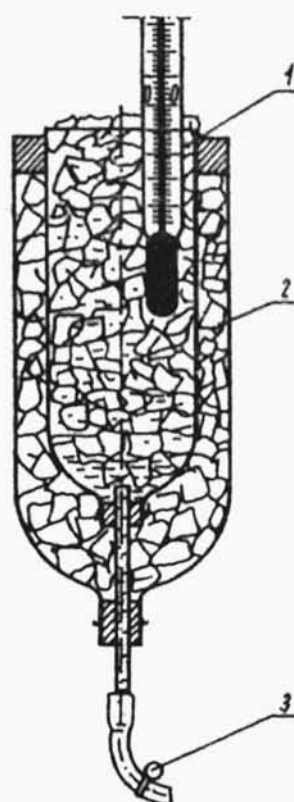
### 2.4.1. SPRAWDZANIE SZKŁANYCH TERMOMETRÓW LABORATORYJNYCH

Sprawdzanie termometrów polega na oględzinach zewnętrznych oraz kontroli wymiarów, zamocowania po-dzielnik względem kapilary, dokładności wskazań i zbadaniu zjawiska starzenia.

Sprawdzenie dokładności wskazań przeprowadza się metodą stałych punktów termometrycznych lub przez porównanie wskazań termometru sprawdzanego ze wskazaniami termometrów kontrolnych.

#### Sprawdzenie wskazań w stałych punktach termometrycznych

Sprawdzenie to jest najczęściej realizowane w punkcie topnienia lodu lub punkcie potrójnym wody. Przed przystąpieniem do sprawdzania termometry przez okres doby powinny znajdować się w temperaturze pokojowej. W czasie sprawdzania termometry umieszcza się w położeniu pionowym zanurzone do wysokości wystającego



Rys.2.27. Urządzenie do realizacji punktu lodu

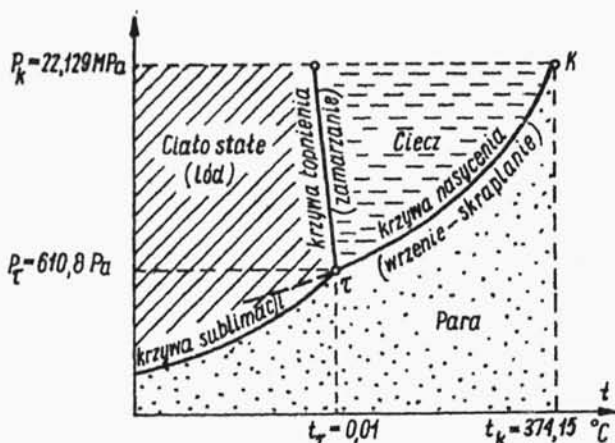
słupka cieczy termometrycznej. Ciśnienie otoczenia powinno wynosić  $p_b = 101\,325\text{ Pa}$ . Sprawdzanie termometrów w punkcie lodu ( $0,000^\circ\text{C}$ ) przeprowadza się w naczyniu Dewara (termos) lub urządzeniu pokazanym na rys.2.27). Naczynie wewnętrzne 1 napełnia się lodem i zalewa oziębioną wodą destylowaną, nadmiar wody odprowadza się przez zawór 3. W przygotowanej mieszaninie umieszcza się termometry na taką głębokość, aby kreska zerowa wystawała około 5 mm ponad powierzchnię lodu. Lód powinien szczelnie otaczać termometr. Naczynie zewnętrzne 2 może być wypełnione lodem lub materiałem izolacyjnym. Odczyty wskazań rozpoczyna się po 10 minutach - dla termometrów wypełnionych cieczą niezwilżającą (rtęć) i po 15 minutach - dla termometrów z cieczą zwilżającą. Należy wykonać odczyty dwukrotnie w odstępie 2 minut z dokładnością  $1/10$  działości elementarnej. Średnią arytmetyczną odczytów przyjmuje się jako wskazanie termometru w temperaturze  $0^\circ\text{C}$ .

Termometry o znamionowej wysokości zanurzenia sprawdza się przy zanurzeniu całkowitym i należy wówczas obliczyć poprawkę wskazań na wystający słupek cieczy termometrycznej - wzór (2.27).

#### Sprawdzanie termometrów w punkcie potrójnym wody ( $0,01^\circ\text{C}$ )

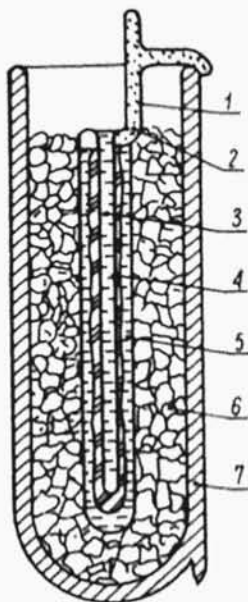
W punkcie potrójnym woda znajduje się jednocześnie w trzech stanach skupienia - stałym, ciekłym i gazowym. Właściwości wody na wykresie w układzie  $p$ - $t$  z zaznaczeniem punktu potrójnego  $\tau$  i krytycznego  $K$  pokazano na rys.2.28.

Dokładność z jaką osiąga się odtworzenie punktu potrójnego wody jest wysoka i wynosi  $\pm 0,0001\text{ K}$ . Punkt potrójny wody otwiera się w szklanej ampułce, zwanej



Rys.2.28. Wykres fazowy dla wody:  
- punkt potrójny, K - punkt krytyczny

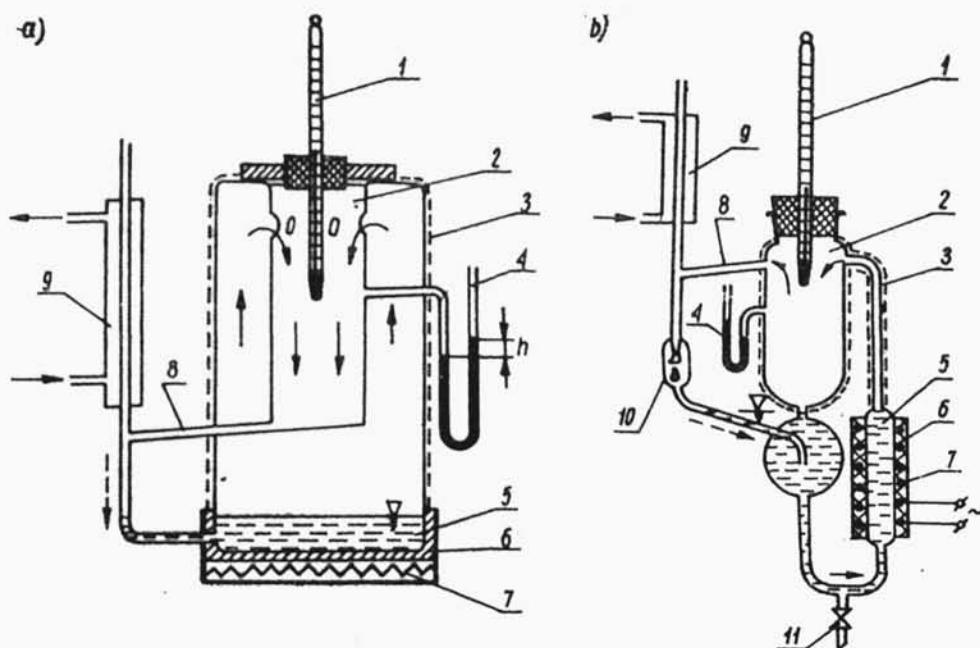
niekiedy komórką punktu potrójnego (rys.2.29). Wewnątrz ampułki znajduje się jedynie woda (destylowana) oraz para wodna, gdyż przed zamknięciem usuwa się dokładnie powietrze. W celu przygotowania ampułki do badań, na ścianie wewnętrznej wytwarza się warstwę lodu przez umieszczenie wewnątrz studzienki 3 kawałków suchego lodu ( $\text{CO}_2$  w stanie stałym). Po wytworzeniu warstwy lodu 4 nadtapia się ją lekko w celu otrzymania styku lód - woda. Następnie studzienkę wypełnia się wodą o temperaturze bliskiej  $0^\circ\text{C}$ , która po krótkim czasie przyjmuje temperaturę punktu potrójnego. W wodzie wypełniającej studzienkę umieszcza się badane termometry.



Rys.2.29. Urządzenie do realizacji punktu potrójnego wody: 1-zamknięcie ampułki, 2- para wodna, 3-woda, 4 - warstwa lodu, 5 - woda wewnątrz ampułki, 6 - mieszanina wody i lodu, 7 - naczynie Dewara

#### Sprawdzanie termometrów w temperaturze wrzenia wody

Osiągana dokładność odtworzenia tej temperatury wynosi  $\pm 0,05$  K, zaś w systemie zamkniętym ze stabilizowanym ciśnieniem  $\pm 0,001$  K. Temperatura wrzenia wody jest zależna od ciśnienia i można ją również obliczyć z zależności (2.4). Do realizacji punktu wrzenia wody używa się przyrządu zwanego ebulioskopem. Dwie częściowe konstrukcje ebulioskopów pokazano na rys.2.30. Kształt oraz wymiary ebulioskopu zależą od wielkości i typu sprawdzanych termometrów. Termometry szklane sprawdza się przy całkowitym zanurzeniu, tzn. powinny być tak umieszczone, aby wysokość słupka rtęci nad korkiem wynosiła od 5 do 10 mm. Zasada działania ebulioskopu zostanie omówiona na podstawie rys.2.30a. Woda destylowana w zbiorniku 5 znajduje się w stanie wrzenia. Powstająca para wodna przepływa w przestrzeni zewnętrznej, a następnie otworami do zbiornika wewnętrznego 2. W cylindrze tym umieszcza się ekranowane przed promieniowaniem czujniki sprawdzanych termometrów oraz termometru kontrolnego II rzędu (K II). Para wodna ulega częściowo skropleniu, utrzymując stałą temperaturę w zbior-



Rys.2.30. Przyrząd do realizacji punktu wrzenia wody (ebulioskop): a) z wężem wewnętrznym, b) z wężem zewnętrznym; 1 - sprawdzany termometr, 2 - komora pomiarowa, 3 - izolacja, 4 - manometr, 5 - wrząca woda, 6 - izolacja azbestowa, 7 - grzejnik, 8 - przewód skroplinowy, 9 - chłodnica wodna, 10 - kroplomierz, 11 - kurek spustowy

niku wewnętrznym. Nadmiar pary wypływa przewodem 8 i wykrapla się w chłodnicy 9, a skropliny spływają grawitacyjnie do zbiornika 5. Woda w ebullioskopie znajduje się w obiegu zamkniętym. W celu określenia ciśnienia, przy którym następuje skraplanie pary, ebullioskop zaopatrzony jest w manometr wodny U-rurkowy 4. Powierzchnie zewnętrzne ebullioskopu są ekranowane i izolowane.

Odczyty temperatur zaczyna się wykonywać po 10 minutach od chwili ustalenia się temperatury (dla termometrów wypełnionych cieczami zwilżającymi po 15 minutach). Sprawdzenie obejmuje trzy odczyty termometru kontrolnego i dwa odczyty termometru sprawdzanego.

#### Sprawdzanie termometrów metodą porównania

Sprawdzenie to polega na kontroli wskazań termometru (termometrów) sprawdzanego w porównaniu ze wskazaniami dwóch termometrów kontrolnych II rzędu (K II) w termostacie. Termostat

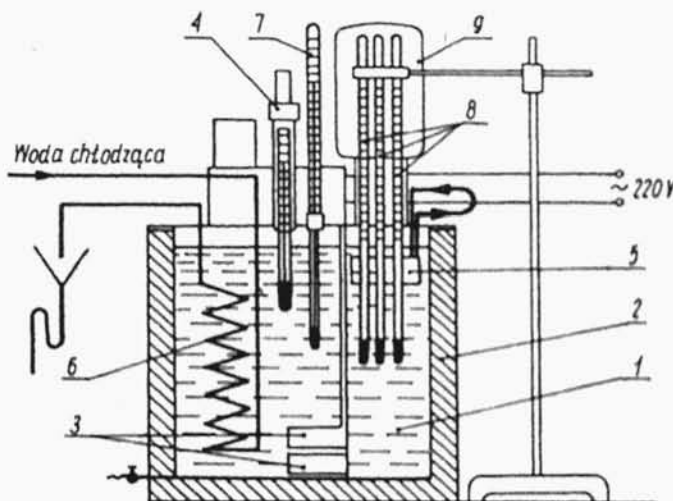
jest urządzeniem utrzymującym stałą temperaturę ośrodka w wydzielonej przestrzeni roboczej. Schemat budowy uniwersalnego, laboratoryjnego termostatu wodnego pokazano na rys.2.31. Sprawdzenia wskazań dokonuje się w odstępach temperatur uzależnionych od wielkości działki elementarnej. Odstępy mogą być wielokrotnością wartości podanej w poniższej tablicy.

Tablica 2.4

Wytyczne ustalania punktów, w których dokonuje się kontroli wskazań termometrów szklanych

Wartość podziałki elementarnej, K	0,1	0,2	0,5	1
Sprawdzane punkty podziałki, °C	10	20 lub 15	50 lub 25	100 lub 50

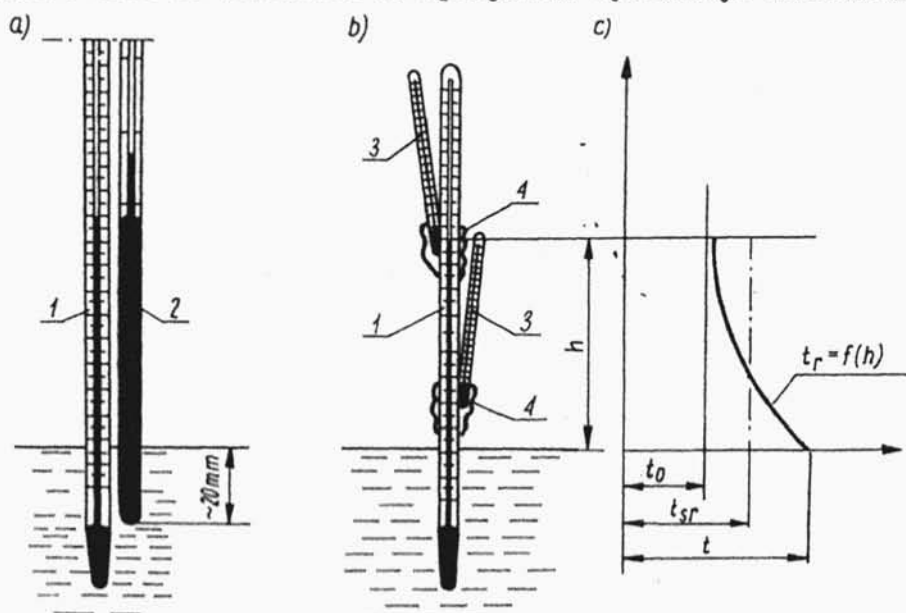
Liczba sprawdzonych punktów nie powinna być mniejsza od trzech.



Rys.2.31. Sprawdzenie termometrów cieczowych w ultratermostacie: 1 - przestrzeń termostatyzowana wypełniona cieczą, 2 - izolacja, 3 - grzejnik elektryczny, 4 - termometr kontaktowy, 5 - pompa, 6 - chłodnica wodna, 7 - termometr kontrolny, 8 - termometry sprawdzane, 9 - silnik elektryczny napędzający pompkę

W czasie sprawdzania termometry powinny być zanurzone na głębokość bliską zanurzeniu całkowitemu, tzn. aby wystający słupek cieczy termometrycznej wystawał z cieczy wypełniającej termostat ok. 5 mm, umożliwiając dokonanie odczytu. Zbiorni-

ki termometrów sprawdzanych i kontrolnych powinny być na jednej głębokości i możliwie blisko siebie. Jeżeli warunek zanurzenia całkowitego jest niemożliwy do spełnienia, wówczas można umieścić termometry na innej głębokości w ten sposób, aby w wystającej części termometru znajdował się odcinek kapilarny o niezmiennym przekroju. Do określenia poprawki na wystający słupek cieczy termometrycznej konieczna jest znajomość jego średniej temperatury, którą można określić za pomocą szklanego termometru igłowego (termometr Mahlkego) (rys. 2.32). Jest to termometr ze specjalnie wydłużonym zbiornikiem,



Rys.2.32. Sposób określania średniej temperatury wystającego słupka cieczy termometrycznej; a) termometrem igłowym (Mahlkego), b) termometrami pomocniczymi, c) przebieg zmiany temperatury wzdłuż wystającego słupka cieczy; 1 - termometr sprawdzany, 2 - termometr igłowy, 3 - termometr pomocniczy, 4 - folia metalowa

który umieszcza się obok sprawdzanego termometru. Długość zbiornika dobiera się tak, aby górny poziom rtęci w zbiorniku znajdował się na wysokości słupka cieczy w kapilarze sprawdzanego termometru, zaś dolny koniec zbiornika był zanurzony ok. 20 mm w termostacie.

Inną metodą jest pomiar średniej temperatury wystającego słupka cieczy termometrami pomocniczymi o działce elementarnej  $2^{\circ}\text{C}$ . Termometry te rozmieszcza się w następujący sposób:

- zbiornik jednego w odległości  $10 \pm 20$  mm nad powierzchnią cieczy w termostacie,
- zbiornik drugiego na końcu wystającego słupka cieczy, termometrycznej,
- zbiorniki pozostałych termometrów na wysokościach pośrednich w odstępach ok. 100 mm.

Zbiorniki termometrów pomocniczych należy przymocować do termometru sprawdzonego za pomocą folii metalowej (rys.2.32b). Średnią temperaturę wystającego słupka cieczy w tej metodzie oblicza się w zależności od długości słupka, a mianowicie:

- jeżeli długość wystającego słupka jest mniejsza od 200 mm, jako średnią temperaturę przyjmuje się średnią arytmetyczną ze wskazań termometrów pomocniczych i poprawionych wskazań termometrów kontrolnych,

- jeżeli długość jest większa od 200 mm, przyjmuje się średnią arytmetyczną wskazań samych termometrów pomocniczych.

Poprawkę na wystający słupek cieczy termometrycznej oblicza się z zależności

$$w = n \gamma (t_{sn} - t_{sr}), \quad K, \quad (2.27)$$

gdzie:

- $n$  - liczba  $^{\circ}C$  odpowiada długości podziałki wystającego słupka cieczy,
- $\gamma$  - współczynnik dla szklanych termometrów rtęciowych  
 $\gamma = 1/6000$ ,
- $\gamma$  - współczynnik dla szklanych termometrów wypełnionych cieczą zwilżającą,  $\gamma = 1/800$
- $t_{sn}$  - średnia temperatura wystającego słupka cieczy termometrycznej w warunkach nominalnych,  $^{\circ}C$ ,
- $t_{sr}$  - jw., lecz w warunkach rzeczywistych,  $^{\circ}C$ .

Jeżeli  $t_{sr} < t_{sn}$ , to poprawka ma znak plus, dla  $t_{sr} > t_{sn}$  ma znak minus. Dla mierzonych temperatur  $t < 100^{\circ}C$  poprawki nie uwzględnia się.

Odczyty termometrów w czasie sprawdzania wykonuje się za pomocą lupy powiększającej 2x lub 5x. Dokładność odczytów temperatury wynosi 0,1 działki elementarnej. Kolejność odczytów jest następująca:



seria I  $K_1, S_1 \dots S_n, K_2,$   
 seria II  $K_2, S_n \dots S_1, K_1,$   
 seria III  $K_2, S_n \dots S_n, K_1,$   
 seria IV  $K_1, S_1 \dots S_n, K_2,$

gdzie:

$K_1, K_2$  - termometry kontrolne II rzędu,

$S_1 \dots S_n$  - termometry sprawdzane.

Do odczytów należy przystąpić po 10 minutach od chwili, gdy termometr kontrolny wskazuje temperaturę niższą o 5 działek elementarnych od temperatury odpowiadającej sprawdzonemu punktowi.

#### Opracowanie wyników

Wskazania poprawne dla termometru kontrolnego oblicza się ze wzoru

$$t_k = \bar{t} + w + \Delta t, \quad (2.28)$$

gdzie:

$\bar{t}$  - średnia arytmetyczna odczytów danej temperatury na termometrze kontrolnym,

$w$  - poprawka na wystający słupek cieczy (tylko dla zakresów powyżej  $100^\circ\text{C}$ ),

$\Delta t$  - poprawka dla określonej temperatury odczytana ze świadectwa legalizacji termometru kontrolnego.

Średnią arytmetyczną z poprawionych wskazań termometrów kontrolnych oblicza się z zależności

$$\bar{t}_k = \frac{t_{k1} + t_{k2}}{2}. \quad (2.29)$$

Wartość poprawki dla termometrów sprawdzanych oblicza się ze wzoru

$$\Delta t = \bar{t}_k - \bar{t}_s, \quad (2.30)$$

gdzie:  $\bar{t}_s$  - średnia arytmetyczna wskazań termometrów sprawdzanych.



Sprawdzanie postarzenia przeprowadza się dla termometrów o górnym zakresie wskazań powyżej 200°C. Sprawdzenie to określa wielkość histerezy pomiarowej termometru. Ponieważ podany zakres temperatur jest stosowany w wyjątkowych przypadkach (przy pomiarach w inżynierii sanitarnej), dlatego też pominięto dokładne omówienie. Sposób przeprowadzenia sprawdzania podany jest w literaturze [28].

Dopuszczalny błąd wskazań rtęciowych termometrów laboratoryjnych o zanurzeniu całkowitym podano w tablicy 2.5.

Dla pozostałych termometrów laboratoryjnych - rtęciowych o zanurzeniu częściowym i cieczowych - wielkości dopuszczalnych błędów wskazań są podane w tablicy 2.7.

Tablica 2.5

Wielkości dopuszczalnych błędów wskazań dla termometrów laboratoryjnych o całkowitym zanurzeniu, K

Zakres wskazań °C		Wartość działek elementarnych K				
od	do	0,1	1	0,2	0,5	1,0
-55	-31		0,3		1,5	1,5
-30	-1		0,2		1,0	1,0
0	100		0,15		0,5	1,0
101	200		0,3		1,0	1,0

#### Dopuszczalny błąd odstępów podziałki

Bezwzględna wartość różnicy błędów wskazań termometrów laboratoryjnych w dwóch punktach odległych o 50 działek elementarnych nie powinna przekraczać wartości odpowiadającej jednej działce elementarnej.

Okres ważności świadectwa sprawdzenia dla termometrów laboratoryjnych jest nieokreślony. Świadectwo to traci ważność, gdy termometr ulegnie uszkodzeniu mechanicznemu, rozerwaniu słupka rtęci lub jego wskazania w czasie kontroli okresowej są obciążone błędem większym od błędu dopuszczalnego dla danego termometru.

Kontrolę okresową przeprowadza użytkownik we własnym zakresie i polega ona na sprawdzeniu wskazań termometru w jed-

nym punkcie, np. 0°C. Kontrolę przeprowadza się raz na trzy miesiące do chwili, gdy wskazania w sprawdzonym punkcie w ciągu dwóch kolejnych sprawdzeń nie ulegną zmianie. Następne kontrole wykonuje się co 6 miesięcy. Gdy wskazania w dwóch kolejnych sprawdzeniach nie ulegają zmianie, następne przeprowadza się co 1 rok, itd.

Wskazania termometrów kontrolnych II rzędu (K II) używanych do sprawdzania termometrów laboratoryjnych powinny być kontrolowane, podobnie jak termometry laboratoryjne, w punkcie lodu 0°C co 3 miesiące. Ważność świadectwa legalizacji dla tych termometrów wynosi 3 lata.

#### 2.4.2. SPRAWDZANIE SZKLANYCH TERMOMETRÓW TECHNICZNYCH I PRZEMYSŁOWYCH

Poprawność wskazań szklanych termometrów przemysłowych sprawdza się po wyjęciu z osłony metalowej w termostatach, zanurzając czujnik w wodzie do miejsca, w którym część zbiornikowa termometru przechodzi w część odczytową (zmiana średnicy termometru). Średnia temperatura wystającego słupka cieczy termometrycznej powinna wynosić 20°C. Punkty, w których wykonuje się sprawdzenie wskazań termometru podane są w poniższej tablicy.

Tablica 2.6

Punkty, w których należy sprawdzać poprawność wskazań termometrów przemysłowych

Zakres pomiarowy °C od do			Sprawdzone punkty termometru °C			
-20		30	-20	0	20	-
0		50	0	20	40	-
0		100	0	50	100	-
-50		50	-40	0	40	-
0		150	0	50	100	150
0		200	0	100	200	-
100		300	100	200	300	-
0		300	0	100	200	300
100		400	100	200	300	400

Przy sprawdzaniu odczyty wykonuje się z dokładnością 1/10 działki elementarnej termometrów. Sposób opracowania wyników sprawdzania jest taki sam, jak dla termometrów laboratoryjnych (p.2.4.1).

Jeżeli błędy termometru przekraczają wartości dopuszczalne podane w tablicy 2.7, wówczas termometr należy wycofać z eksploatacji.

Tablica 2.7

Podstawowe błędy wskazań termometrów technicznych i przemysłowych w K<sup>1)</sup>

Zakres wskazań °C od            do		Wartość działek elementarnych w °C				
		0,1 i 0,2	0,5	1	2	5 i 10
-190	-61	-	-	4	6	-
-60	-31	0,4	2	2	4	-
-30	1	0,3	1	1	2	-
0	100	0,2	1	1	2	5
100	200	0,4	1	2	2	5
200	300	-	2	3	4	5
300	400	-	-	4	4	10

1) Powyższe wielkości są słuszne również dla termometrów laboratoryjnych cieczowych i laboratoryjnych rtęciowych o częściowym zanurzeniu.

Kontrolę okresową termometrów technicznych wykonują użytkownicy we własnym zakresie 1 raz w roku. Kontrola polega na sprawdzeniu wskazań termometru w jednym punkcie, np. 0°C. Sprawdzenie traci ważność w przypadku, gdy termometr został uszkodzony mechanicznie lub ciecz termometryczna uległa zerwaniu.

#### 2.4.3. SPRAWDZANIE TECHNICZNYCH CZUJNIKÓW OPOROWYCH

Sprawdzanie to obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzenie stabilności charakterystyki opornika termometrycznego,

- sprawdzenie charakterystyki,
- sprawdzenie oporności izolacji czujnika i wytrzymałości na przebicie.

Oględziny zewnętrzne mają na celu sprawdzenie oznaczeń umieszczonych na czujniku oraz stwierdzenie czy czujnik nie jest uszkodzony.

Sprawdzenie stabilności polega na pomiarze oporu czujnika w temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$  i ogrzaniu czujnika do temperatury o 5% wyższej od górnego zakresu pracy. Po ochłodzeniu określa się ponownie opór  $R_0$  w temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$ . Zmiana wartości  $R_0$  nie powinna być większa od 0,03% początkowej wartości  $R_0$ .

Sprawdzenie charakterystyki ma na celu określenie wielkości odchyłek od wartości podanych w normie PN-75/M-53852 oraz porównanie z wielkością dopuszczalnych odchyłek. Istnieją dwie metody sprawdzenia charakterystyki - porównawcza i metoda pomiaru w dwóch punktach stałych, tj. topnienia lodu i wrzenia wody.

Metoda porównawcza polega na pomiarze oporu czujnika sprawdzanego i kontrolnego w kilku temperaturach, podobnie jak dla termometrów cieczowych. Pomiar przeprowadza się przy użyciu ultratermostatu. Charakterystyki oporników termometrycznych platynowych i niklowych oraz wielkości dopuszczalnych odchyłek są podane w normie PN-75/M-53582.

Metoda pomiaru w dwóch punktach stałych jest ujęta przepisami PKNiM. Czujnik po wyjęciu z obudowy umieszcza się w naczyniu przystosowanym do odtwarzania punktu lodu (rys.2.27) lub naczyniu Dewara. Po ok. 20 minutach określa się opór  $R_0$ . Pomiar  $R_{100}$  wykonuje się przez umieszczenie czujnika w ebulioskopie (rys.2.30). Rzeczywistą temperaturę wrzenia wody można obliczyć ze wzoru (2.4), uwzględniając ciśnienie panujące wewnątrz ebulioskopu lub mierząc ją za pomocą rtęciowego termometru kontrolnego o działce elementarnej 0,1 K. Jeżeli temperatura wrzenia jest różna od  $100^{\circ}\text{C}$ , wartość oporu  $R_{100}$  obliczamy ze wzoru

$$R_{100} = R_t + \frac{R_t - R_0}{t} \cdot (100 - t), \quad \Omega, \quad (2.31)$$

gdzie:

$R_{100}$  - opór czujnika w  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $\Omega$ ,

$R_t$  - opór czujnika w temperaturze  $t$ ,  $\Omega$ ,

$t$  - temperatura wrzenia,  $^{\circ}\text{C}$ .

Pomiar rezystancji należy dokonać z dokładnością  $\pm 0,02\%$ . Z otrzymanych wartości  $R_0$  i  $R_{100}$  oblicza się stosunek  $R_{100}/R_0$  i porównuje z danymi zawartymi w tablicy 2.8.

Tablica 2.8

Wartości stosunku  $R_{100}/R_0$  i dopuszczalnych odchyłek tych wartości dla oporowych czujników technicznych

Rodzaj czujnika	Klasa opornika wg PN-75/M-53852	$\frac{R_{100}}{R_0}$	Dopuszczalne odchyłki
Pt $100\Omega/0^{\circ}\text{C}$	S	1,385	$\pm 0,0010$
	1		$\pm 0,0012$
Ni $100\Omega/0^{\circ}\text{C}$	-	1,617	$\pm 0,007$

Pomiar oporności izolacji czujnika przeprowadza się wg odrębnych przepisów przyjętych przez PKNiM.

#### 2.4.4. SPRAWDZANIE TERMOMETRÓW TERMIELEKTRYCZNYCH

Sprawdzanie to obejmuje:

- oględziny,
- sprawdzenie charakterystyki termometrycznej,
- sprawdzenie oporności izolacji i jej wytrzymałości na przebicie.

W celu wykonania oględzin wyjmuje się termoelement z rury ochronnej i sprawdza jego stan techniczny; termoelementy skoro-dowane odrzuca się. Termoelementy wykonane z metali szlachet-nych oczyszcza się w 50% roztworze HCl i wyżarza wstępnie w temperaturze  $1100^{\circ}\text{C}$ .

Sprawdzenie charakterystyki termoelektrycznej można wyko-nać w następujący sposób:

- metodą porównawczą lub porównawczo-różnicową,
- przez pomiar siły termoelektrycznej w punktach stałych,

- przez pomiar siły termoelektrycznej w punktach stałych metodą drutową.

Termoelementy PtRh10-Pt (typ S) sprawdza się w piecu rurowym o temperaturze roboczej do  $1200^{\circ}\text{C}$ . Spoiny pomiarowe wszystkich termoelementów sprawdzonych i kontrolnego wiąże się drutem platynowym, w celu zapewnienia jednakowej temperatury. Dopuszczalne odchyłki temperatury lub siły termoelektrycznej w zależności od klasy czujnika podano w tablicy 2.9.

Termoelementy NiCr-NiAl (typ K) po nałożeniu osłon izolacyjnych umieszcza się w bloku metalowym, który znajduje się w piecu rurowym. W piecu powinna być osiągana temperatura dochodząca do  $1000^{\circ}\text{C}$ . Jako termoelement kontrolny stosuje się czujnik PtRh10-Pt. Dopuszczalne odchyłki wskazań dla termoelementu podano w tablicy 2.9.

Termoelementy Fe-Konst (typ J) lub Cu-Konst (typ T) sprawdza się w termostatach cieczowych (rys.2.31) w zakresie temperatur do  $300^{\circ}\text{C}$ . Jako przyrządów kontrolnych używa się szklanych termometrów rtęciowych. Dla wyższych temperatur (do  $700^{\circ}\text{C}$ ) sprawdza się je analogicznie jak termoelement NiCr-NiAl. W czasie sprawdzania spoiny odniesienia wszystkich termoelementów umieszcza się w punkcie lodu. Pomiaru można przeprowadzać przy temperaturze rosnącej z szybkością do  $0,5 \text{ K/min}$ . Siły termoelektryczne mierzy się w równych odstępach czasu w kolejności: termoelement kontrolny, termoelementy sprawdzane

Tablica 2.9

Dopuszczalne odchyłki wskazań termoelementów w zależności od klasy czujnika wg PN-75/M-53854

Rodzaj termoelementu	Zakres temperatur $^{\circ}\text{C}$	Dopuszczalne odchyłki	
		Klasa 1	Klasa 2
PtRh10-Pt (typ S)	$0 \div 600$	$\pm 1,5 \text{ K}$	$\pm 3 \text{ K}$
NiCr-NiAl (typ K)	$0 + 400$	$\pm 1,5 \text{ K}$	$\pm 3 \text{ K}$
Fe-Konst (typ J)	$-100 \div 700$	$\pm 0,20 \text{ mV}$	$\pm 0,4 \text{ mV}$
Cu-Konst (typ T)	$0 + 200$	$\pm 0,15 \text{ mV}$	$\pm 0,3 \text{ mV}$
	$200 + 400$	$\pm 0,20 \text{ mV}$	$\pm 0,4 \text{ mV}$

nr 1 do 4, następnie ponownie termoelementy sprawdzane od nr 4 do 1 oraz termoelement kontrolny. Jako wynik pomiaru przyjmuje się średnią arytmetyczną obu odczytów. Do pomiarów stosuje się kompensator klasy  $\sigma_{\max} = 0,05\%$  lub wyższej. Wartość dopuszczalnych odchyłek podano w tablicy 2.9.

### 3. POMIARY CIŚNIEŃ

Ciśnienie, podobnie jak temperatura, jest podstawową wielkością określającą stan termodynamiczny ciała i dlatego pomiary ciśnienia są nieodłącznym elementem wszystkich pomiarów bilansowych w technice cieplnej.

#### 3.1. POJĘCIA PODSTAWOWE

Ciśnienie w ogólnym przypadku definiuje się jako granicę stosunku siły normalnej do wartości pola powierzchni przy założeniu, że wartość pola powierzchni dąży do zera

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_n}{\Delta A} = \frac{\partial F_n}{\partial A}, \quad (3.1)$$

gdzie:

$F_n$  - składowa siły prostopadła do powierzchni  $A$ ,

$A$  - pole powierzchni.

W układzie SI podstawową jednostką ciśnienia jest paskal (Pa). Jest to ciśnienie jakie wywiera siła 1 N równomiernie rozłożona i prostopadła do powierzchni 1 m<sup>2</sup>, a zatem

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2.$$

W technicznym zbiorze jednostek miar stosowano jako jednostkę podstawową 1 kilogram siły na metr kwadratowy 1 kg/m<sup>2</sup>.

W praktyce operowano atmosferą techniczną

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 10^4 \text{ kg/m}^2 = 98066,5 \text{ Pa}.$$