



# DZIENNIK URZĘDOWY MIAR I PROBIERNICTWA

Warszawa, dnia 28 listopada 1996 r.

Nr 27

TREŚĆ:

Poz.

## ZARZĄDZENIA

- 165 - Nr 158 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 18 października 1996 r. zmieniające zarządzenie w sprawie określenia przyrządów pomiarowych podlegających obowiązkowi uwierzytelnienia ..... 917
- 166 - Nr 159 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 18 października 1996 r. w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych o liniałach powierzchniowych ..... 921
- 167 - Nr 160 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 18 października 1996 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania liniałów powierzchniowych ..... 928
- 168 - Nr 161 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 25 października 1996 r. w sprawie wprowadzenia Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r. .... 943

## OBWIESZCZENIE

- 169 - Obwieszczenie Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 24 października 1996 r. o sprostowaniu błędów ..... 958

165

### ZARZĄDZENIE NR 158 PREZESA GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR z dnia 18 października 1996 r.

**zmieniające zarządzenie w sprawie określenia przyrządów pomiarowych podlegających obowiązkowi uwierzytelnienia.**

Na podstawie art. 11 ustawy z dnia 3 kwietnia 1993 r. Prawo o miarach (Dz. U. Nr 55, poz. 248) zarządza się, co następuje:

- § 1. W zarządzeniu nr 12 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 22 kwietnia 1994 r. w sprawie określenia przyrządów pomiarowych podlegających obowiązkowi uwierzytelnienia (Dz. Urz. Miar i Probiernictwa Nr 4, poz. 8) załącznik do zarządzenia otrzymuje brzmienie określone w załączniku do niniejszego zarządzenia.
- § 2. Zarządzenie wchodzi w życie po upływie 14 dni od dnia ogłoszenia.

Prezes  
Głównego Urzędu Miar  
*Krzysztof Mordziński*

W porozumieniu:

Minister Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa

w z. Józef Kalisz

Minister Przemysłu i Handlu

z up. Herbert Leopold Gabrys

Minister Transportu i Gospodarki Morskiej

w z. Piotr Nowakowski

Minister Łączności

Andrzej Zieliński

Minister Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa

z up. Adam Mierzwiński

Minister Pracy i Polityki Socjalnej

Andrzej Bączkowski

Minister Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej

z up. Katarzyna Duczkowska-Małysz

Minister Zdrowia i Opieki Społecznej

z up. Krzysztof Kuszewski

Minister Spraw Wewnętrznych

z up. Andrzej Anklewicz

Prezes Urzędu Kultury Fizycznej i Turystyki

Stanisław Stefan Paszczyk

Prezes Państwowej Agencji Atomistyki

Jerzy Niewodniczański

Prezes Wyższego Urzędu Górniczego

Marian Filipek

Prezes Urzędu Dozoru Technicznego

Iwo Jakubowski

Załącznik do zarządzenia nr 158  
Prezesa Głównego Urzędu Miar  
z dnia 18 października 1996 r. (poz. 165)

## WYKAZ PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH PODLEGAJĄCYCH OBOWIĄZKOWI UWIERZYTELNIENIA

L.p.	Wyszczególnienie przyrządów pomiarowych
1	2
	<b>Przyrządy do pomiaru długości</b>
1.	Pipety do badania opadu krwi
	<b>Przyrządy do pomiaru ciśnienia i przepływu płynów</b>
2.	Manometry do pomiaru tętniczego ciśnienia krwi
3.	Rotametry
	<b>Przyrządy do pomiaru temperatury</b>
4.	Termometry szklane lekarskie
5.	Termometry elektroniczne lekarskie
	<b>Przyrządy do pomiaru masy</b>
6.	Odważniki dużej dokładności (klasa dokładności 1, 2, 3)

L.p.	Wyszczególnienie przyrządów pomiarowych
1	2
7.	Wagi nieautomatyczne klasy 1: a) analityczne b) torsyjne c) hydrostatyczne do wyznaczania gęstości cieczy
8.	Wagi nieautomatyczne klasy 2, 3 i 4
9.	Wagi automatyczne: a) odważające (zbiornikowe sumujące) b) porcjujące (w tym dozowniki objętościowe)
<b>Przyrządy do pomiaru siły i wytrzymałości materiałów</b>	
10.	Wzorce siły (obciążniki)
11.	Siłomierze użytkowe klasy dokładności 1 i dokładniejsze
12.	Maszyny wytrzymałościowe do prób statycznych
13.	Młoty wahadłowe typu Charpy'ego
14.	Wzorce twardości: a) Brinella b) Rockwella c) Vickersa
15.	Twardościomierze: a) Brinella b) Rockwella c) Vickersa
16.	Wgłębniki diamentowe do twardościomierzy
<b>Przyrządy do pomiaru parametrów ruchu</b>	
17.	Tachografy samochodowe
<b>Przyrządy do pomiaru wielkości elektrycznych</b>	
18.	Mierniki natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w zakresie częstotliwości radiowych
<b>Przyrządy do pomiaru wielkości chemicznych i fizykochemicznych</b>	
19.	Densymetry do moczu
20.	Pehametry
21.	Konduktometry
22.	Refraktometry
23.	Polarymetry
24.	Analizatory spalin samochodowych
25.	Wzorce lepkości (wiskozymetryczne)

L.p.	Wyszczególnienie przyrządów pomiarowych
1	2
26.	Wzorce pH
27.	Wzorce przewodności elektrycznej właściwej elektrolitów (konduktometryczne)
28.	Wzorce stałe długości fal i liczb falowych w zakresie promieniowania UV, VIS, IR
29.	Wzorce zawartości składników w roztworach wodnych do atomowej spektrometrii emisyjnej i absorpcyjnej
<b>Przyrządy do pomiaru czasu</b>	
30.	Sekundomierze (stopery) elektryczne
<b>Przyrządy do pomiaru promieniowania optycznego</b>	
31.	Radiometry promieniowania optycznego
32.	Radiometry mocy i energii promieniowania laserowego
33.	Kolorymetry trójkromatyczne
34.	Spektrofotometry UV, VIS, NIR
35.	Luksomierze
36.	Mierniki luminancji
37.	Spektrokolorymetry chemiczne
38.	Wzorce współczynnika przepuszczania (transmitancji) i gęstości optycznej współczynnika przepuszczania (absorbancji)
39.	Wzorce współczynnika odbicia (widmowego lub całkowitego) i współczynnika luminancji (widmowego lub całkowitego)
<b>Przyrządy do pomiaru promieniowania jonizującego</b>	
40.	Dawkomierze terapeutyczne promieniowania X i $\gamma$
41.	Dawkomierze ochrony radiologicznej z komorami jonizacyjnymi promieniowania X i $\gamma$
<b>Przyrządy do pomiaru wielkości akustycznych i drgań mechanicznych</b>	
42.	Wzorcowe źródła ciśnienia akustycznego: a) pistonfony b) kalibratory akustyczne
43.	Mikrofony pomiarowe
44.	Mierniki poziomu dźwięku
45.	Audiometry tonu prostego
46.	Dozymetry hałasu
47.	Filtry pasmowe oktafowe i tercjowe
48.	Wzorcowe źródła przyspieszenia, prędkości lub przemieszczenia drgań mechanicznych (kalibratory)
49.	Przetworniki drgań piezoelektryczne użytkowe
50.	Przyrządy do pomiaru drgań mechanicznych oddziałujących na organizm człowieka (wibrometry, w tym dozymetry drgań mechanicznych)

## 166

**ZARZĄDZENIE NR 159**  
**PREZESA GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR**  
 z dnia 18 października 1996 r.

**w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych**  
**o liniałach powierzchniowych.**

Na podstawie art. 8 pkt 1 ustawy z dnia 3 kwietnia 1993 r. Prawo o miarach (Dz. U. Nr 55, poz. 248) zarządza się, co następuje:

- § 1. Wprowadza się przepisy metrologiczne o liniałach powierzchniowych, stanowiące załącznik do niniejszego zarządzenia.
- § 2. Przepisy metrologiczne określają wymagania, jakim powinny odpowiadać liniały powierzchniowe podlegające kontroli metrologicznej, warunki właściwego ich stosowania oraz okresy ważności dowodów kontroli metrologicznej.
- § 3. Zarządzenie wchodzi w życie po upływie 14 dni od dnia ogłoszenia.

Prezes  
 Głównego Urzędu Miar  
*Krzysztof Mordziński*

Załącznik do zarządzenia nr 159  
 Prezesa Głównego Urzędu Miar  
 z dnia 18 października 1996 r. (poz. 166)

**PRZEPISY METROLOGICZNE O LINIAŁACH POWIERZCHNIOWYCH**

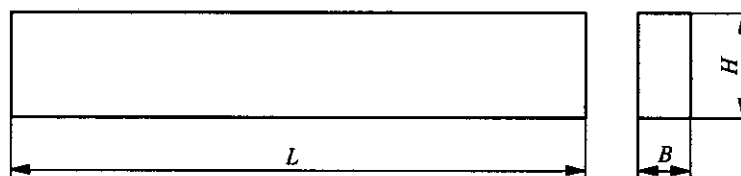
**Postanowienia ogólne**

- § 1. Przepisy dotyczą liniałów powierzchniowych: prostokątnych, dwuteowych, uźebrowanych i trójkątnych, zwanych dalej „liniałami”, używanych do sprawdzania prostoliniowości, płaskości i położenia powierzchni płaskich.
- § 2.1. Ustala się cztery klasy dokładności liniałów: 00, 0, 1, 2.
2. Poszczególnym liniałom przyporządkowuje się klasy dokładności według tablicy:

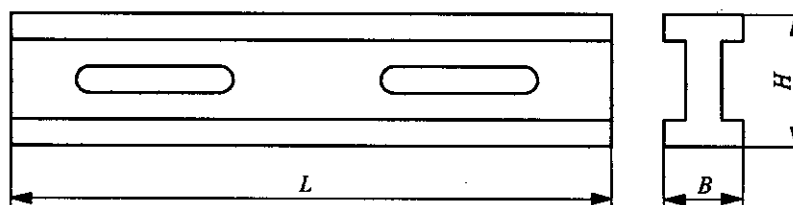
Liniał	Klasa dokładności
prostokątny i dwuteowy	00, 0, 1
uźebrowany	0, 1, 2
trójkątny	0, 1

**Materiał, konstrukcja i wykonanie**

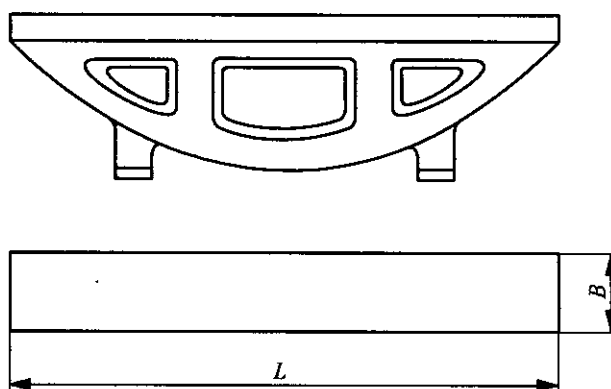
- § 3.1. W zależności od budowy rozróżnia się liniały:
- 1) prostokątny, który przedstawia rysunek:



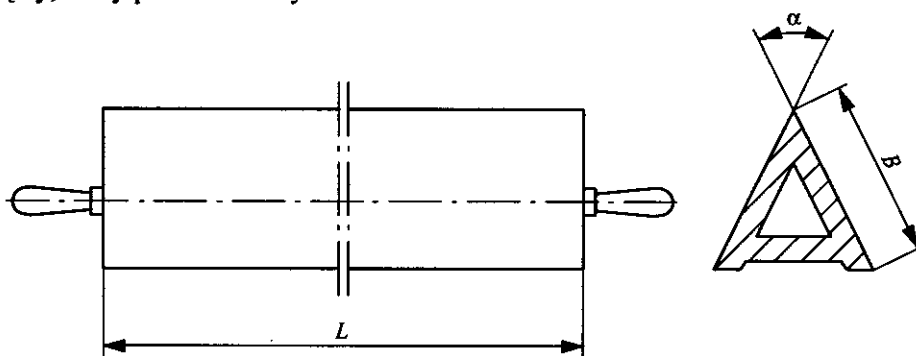
2) dwuteowy, który przedstawia rysunek:



3) uźebrowany, który przedstawia rysunek:



4) trójkątny, który przedstawia rysunek:



2. Wymiary liniałów prostokątnych i dwuteowych podane są w tabelicy:

$L$	$H_{min}$	$H_{1min}^{1)}$	$B_{min}$	$B_{1min}^{1)}$
mm				
400	40	75	6	25
630	45	100	8	35
1000	50	125	10	40
1600	65	150	14	50
2500	80	200	16	74
4000	140	—	20	—

<sup>1)</sup> Dotyczy liniałów granitowych

## 3. Wymiary liniałów uźebrowanych podane są w tablicy:

<i>L</i>	<i>B</i>
mm	
400	45
500	
630	50
800	
1000	56
1250	
1600	63
2000	70
2500	80

## 4. Wymiary liniałów trójkątnych podane są w tablicy:

<i>L</i>	Kąt pomiarowy $\alpha$				
	45°	50°	55°	60°	90°
mm	<i>H</i> mm				
250	50		45		
315					
400	70		63		
500					
630	90		83		
800					
1000	110		100		

- § 4.1. Liniały prostokątne i dwuteowe powinny być wykonane ze stali odpornej na ścieranie o twardości co najmniej 50 HRC.
- Liniały prostokątne mogą być również wykonane z drobnoziarnistego granitu o jednolitej strukturze.
  - Liniały uźebrowane i trójkątne powinny być wykonane z drobnoziarnistego żeliwa szarego lub stopowego, jednorodnego, wolnego od jam i śladów korozji, o twardości co najmniej 170 HB.
  - Powierzchnie pomiarowe i boczne powinny być:
    - szlifowane lub docierane – w przypadku liniałów stalowych,
    - skrobane lub wykonane w inny sposób, zapewniający otrzymanie powierzchni podobnej do powierzchni skrobanej – w przypadku liniałów żeliwnych,
    - docierane – w przypadku liniałów granitowych.
  - Powierzchnia pomiarowa liniału granitowego powinna być tak docierana, aby nie następowało przywieranie płytki wzorcowej.
  - Na powierzchniach pomiarowych i bocznych liniałów nie powinno być śladów korozji, rys, pęknięć, porów, wykruszeń i innych uszkodzeń, które utrudniałyby posługiwanie się liniałami.
  - Chropowatość powierzchni pomiarowych i bocznych liniałów prostokątnych stalowych i dwuteowych, określona parametrem  $R_a$ , nie powinna przekraczać wartości podanych w tablicy:

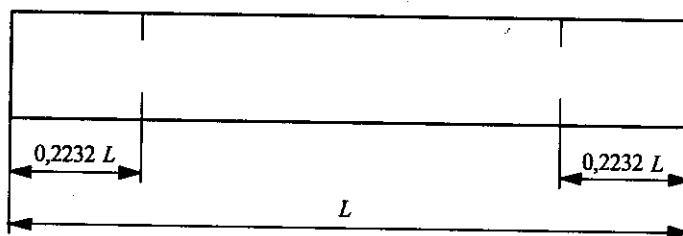
Klasa dokładności	Powierzchnie pomiarowe	Powierzchnie boczne
	Wartość parametru $R_a$ $\mu\text{m}$	
00 i 0	0,2	0,8
1	0,4	1,6

8. Krawędzie liniałów nie powinny być ostre.

### Oznaczenia

§ 5.1. Na powierzchniach bocznych liniału powinny być wykonane trwałe oznaczenia:

- 1) nazwa lub znak wytwórcy,
  - 2) długość liniału,
  - 3) klasa dokładności.
2. Dodatkowo na powierzchniach bocznych liniałów prostokątnych i dwuteowych powinny być umieszczone kreski określające miejsce podparcia liniału, jak przedstawiono na rysunku:



### Charakterystyki metrologiczne

§ 6.1. Udział powierzchni nośnej liniału, obrabianej przez skrobanie, powinien wynosić co najmniej 25 % całej powierzchni pomiarowej dla klasy dokładności 0, 20 % – dla klasy dokładności 1 i 15 % – dla klasy dokładności 2.

2. Wierzchołki nierówności powinny być rozmieszczone równomiernie, a udział powierzchni nośnej powinien być taki, aby nie następowało przywieranie płytki wzorcowej.

§ 7. Dla liniałów prostokątnych i dwuteowych odchylenie od:

- 1) płaskości powierzchni pomiarowych,
- 2) równoległości powierzchni pomiarowych,
- 3) prostopadłości powierzchni bocznych względem stykających się z nimi obydwu powierzchni pomiarowych

nie powinno przekraczać wartości podanych w tabelicy:

L mm	Klasa dokładności								
	00	0	1	00	0	1	00	0	1
	Odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych $\mu\text{m}$			Odchylenie od równoległości powierzchni pomiarowych $\mu\text{m}$			Odchylenie od prostopadłości powierzchni bocznych względem powierzchni pomiarowych $\mu\text{m}$		
400	2,5	6	10	4	10	16	8	20	32
630	4	10	16	6	16	25	12	32	50
1000	6	12	20	10	20	32	20	40	60
1600	–	16	25	–	25	40	–	60	80
2500	–	25	40	–	40	60	–	80	120
4000	–	40	60	–	60	100	–	120	180



- § 8. Odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych liniałów uźebrowanych i trójkątnych nie powinno przekraczać wartości podanych w tablicy:

L	Klasa dokładności		
	0	1	2 <sup>0)</sup>
mm	Odchylenie od płaskości powierzchni pomiarowych μm		
250	5	13	-
315			
400	6	14	28
500			
630	7	16	33
800			
1000	8	20	40
1250			
1600	10	26	52
2000	12	30	60
2500	14	35	70
<sup>0)</sup> Nie dotyczy liniałów trójkątnych			

- § 9. Błąd kąta pomiarowego liniału powierzchniowego trójkątnego nie powinien przekraczać wartości podanych w tablicy:

L	Klasa dokładności	
	0	1
mm	Błąd kąta pomiarowego minuta ( ' )	
250	±6	±15
315		
400	±5	±12
500		
630	±4	±10
800		
1000		

### Warunki właściwego stosowania

- § 10.1. Liniał stalowy lub żeliwny należy:

- 1) przed użyciem oczyścić ze środka ochronnego,
- 2) po użyciu przemyć rozpuszczalnikiem i pokryć cienką warstwą zmywalnego środka ochronnego.
2. Liniał granitowy należy przed użyciem oczyścić z kurzu i innych możliwych zanieczyszczeń za pomocą środka do przemywania granitu.
3. Podczas użytkowania liniał prostokątny lub dwuteowy należy ustawić jedną powierzchnią pomiarową na odpowiednich podporach, w zaznaczonych na liniale miejscach podparcia.

## 4. Liniał należy:

- 1) chronić przed korozją, zarysowaniami, wykruszeniem lub innego rodzaju uszkodzeniami mechanicznymi oraz przed namagnesowaniem,
- 2) przechowywać w futerale albo pod pokrowcem, w miejscu czystym i suchym.

**Dowody kontroli metrologicznej**

- § 11.1. Termin, do którego liniał zatwierdzonego typu może być wprowadzany do obrotu lub użytkowania, określony jest w decyzji o zatwierdzeniu typu.
2. Dowodem kontroli metrologicznej liniału, zgłoszonego do uwierzytelnienia na wniosek zainteresowanego, jest świadectwo uwierzytelnienia.

167

**ZARZĄDZENIE NR 160  
PREZESA GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR  
z dnia 18 października 1996 r.**

**w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania  
liniałów powierzchniowych.**

Na podstawie art. 8 pkt 2 ustawy z dnia 3 kwietnia 1993 r. Prawo o miarach (Dz. U. Nr 55, poz. 248) zarządza się, co następuje:

- § 1. Wprowadza się instrukcję sprawdzania liniałów powierzchniowych, stanowiącą załącznik do niniejszego zarządzenia.
- § 2. Instrukcja sprawdzania określa metody sprawdzania zgodności właściwości liniałów powierzchniowych z wymaganiami przepisów metrologicznych o liniałach powierzchniowych wprowadzonych zarządzeniem nr 159 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 18 października 1996 r. (Dz. Urz. Miar i Probiernictwa Nr 27, poz. 166), zwanych dalej „przepisami o liniałach”.
- § 3. Zarządzenie wchodzi w życie po upływie 14 dni od dnia ogłoszenia.

Prezes  
Głównego Urzędu Miar  
*Krzysztof Mordziński*

Załącznik do zarządzenia nr 160  
Prezesa Głównego Urzędu Miar  
z dnia 18 października 1996 r. (poz.167)

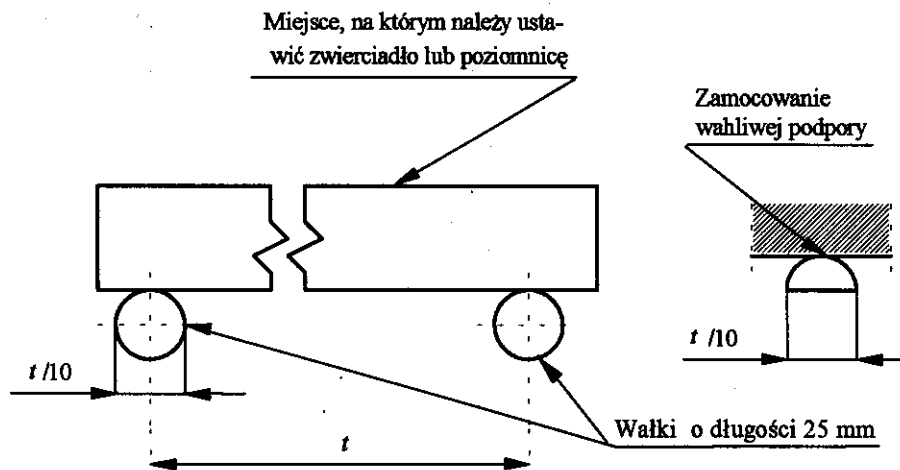
**INSTRUKCJA SPRAWDZANIA LINIAŁÓW POWIERZCHNIOWYCH****Przedmiot sprawdzania**

- § 1. Instrukcja dotyczy sprawdzania liniałów powierzchniowych: prostokątnych, uźebrowanych, trójkątnych i dwuteowych, zwanych dalej „liniałami”.

## Przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze stosowane do sprawdzania

§ 2.1. Do sprawdzania liniału potrzebne są:

- 1) twardościomierz,
- 2) profilografometr stykowy,
- 3) liniał powierzchniowy kontrolny o:
  - a) długości co najmniej równej długości liniału sprawdzanego,
  - b) klasie dokładności wyższej od klasy dokładności liniału sprawdzanego, a w przypadku liniału sprawdzanego klasy dokładności 0 – klasie dokładności 0,
- 4) farba plakatowa lub olejna (zaleca się kolor niebieski),
- 5) płytkę szklaną o wymiarach 50 mm × 50 mm z siatką 400 kwadratów,
- 6) mikrometr o zakresie pomiarowym zależnym od wymiaru  $H$  sprawdzanego liniału,
- 7) kątownik krawędziowy płaski klasy dokładności 0,
- 8) płyta pomiarowa kontrolna klasy dokładności 0,
- 9) płytki kątowe klasy dokładności 2,
- 10) kątomierz uniwersalny,
- 11) przymiar kreskowy sztywny lub końcowo-kreskowy sztywny o zakresie pomiarowym równym co najmniej długości liniału,
- 12) przyrząd do ustawiania zwierciadła płaskiego lub poziomnicy:
  - a) mostek pomiarowy ze stałymi podporami w kształcie wałków lub z wahliwymi podporami o płaskich powierzchniach oporowych, przedstawiony na rysunku:

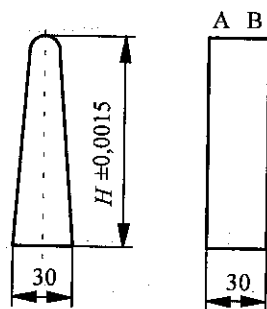


$t$  – odległość między wałkami lub wahliwymi podporami, równa odległości między punktami pomiarowymi, zgodnie z § 9 ust. 4.

(pozostałe wymagania – jak dla liniałów sinusowych o szerokości 25 mm i odległości między wałkami równej 100 mm),

albo

- b) liniał sinusowy z wałkami o długości 25 mm i odległości między nimi równej 100 mm,
- 13) płaska płytkę interferencyjną klasy dokładności I,
- 14) płytki wzorcowe o stopniowaniu 0,001 mm klasy dokładności 1,
- 15) liniał krawędziowy klasy dokładności 0 o długości 100 mm,
- 16) dwie pryzmy podporowe do ustawienia liniału powierzchniowego kontrolnego, jak na rysunku:



$H$  – długość przyzmy podporowej zależna od zastosowanego czujnika pomiarowego i uchwytu do jego zamocowania; odchylenie od równoległości powierzchni walcowej AB przyzmy w stosunku do podstawy nie powinno przekraczać  $2 \mu\text{m}$ , a chropowatość powierzchni walcowej i podstawy przyzmy, określona według parametru  $R_a$ , nie powinna przekraczać  $0,08 \mu\text{m}$ .

- 17) uchwyt do mocowania czujnika; odchylenie od płaskości powierzchni podstawy uchwytu nie powinno przekraczać  $1 \mu\text{m}$ , a chropowatość tej powierzchni, określona według parametru  $R_a$ , nie powinna przekraczać  $0,08 \mu\text{m}$ .
2. W zależności od klasy dokładności i wymiarów liniału oraz metody zastosowanej do wyznaczania odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych potrzebne są przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze:
  - 1) dla liniałów powierzchniowych prostokątnych i dwuteowych:

Klasa dokładności liniału	Długość liniału $L$ mm	Metoda wyznaczania odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej	Przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze
00	od 400 do 1000	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości $0,1''$ , 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza $0,06 \mu\text{m}$
0	do 400	z zastosowaniem liniału krawędziowego	liniał krawędziowy klasy dokładności 0
0 i 1	od 400 do 1000	z zastosowaniem liniału powierzchniowego i czujnika pomiarowego	1) liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 00, 2) czujnik pomiarowy z działką elementarną o wartości $1 \mu\text{m}$
		z zastosowaniem liniału powierzchniowego i płytek wzorcowych	1) liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 00, 2) płytki wzorcowe o stopniowaniu co $0,01 \text{ mm}$ i $0,001 \text{ mm}$ klasy dokładności 1
0	od 400 do 1000 przy szerokości liniałów $>20 \text{ mm}$	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości $0,25''$ lub $0,5''$ , 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza $0,06 \mu\text{m}$
1	do 400	z zastosowaniem liniału krawędziowego	liniał krawędziowy klasy dokładności 1
	od 400 do 2500	z zastosowaniem liniału powierzchniowego i czujnika pomiarowego	1) liniał powierzchniowy uezbrowany klasy dokładności 0, 2) czujnik pomiarowy z działką elementarną o wartości $1 \mu\text{m}$
		z zastosowaniem liniału powierzchniowego i płytek wzorcowych	1) liniał powierzchniowy uezbrowany klasy dokładności 0, 2) płytki wzorcowe o stopniowaniu co $0,01 \text{ mm}$ i $0,001 \text{ mm}$ klasy dokładności 1
od 400 do 1000 przy szerokości liniałów $>20 \text{ mm}$	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości $1''$ , 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza $0,12 \mu\text{m}$	

## 2) dla liniałów powierzchniowych uźebrowanych:

Klasa dokładności liniału	Długość liniału $L$ mm	Metoda wyznaczania odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej	Przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze
0	od 400 do 500	z zastosowaniem liniału krawędziowego	liniał krawędziowy klasy dokładności 0
	od 400 do 2500	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości 0,25" lub 0,5", 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza 0,06 $\mu\text{m}$
		z zastosowaniem poziomnicy	poziomnica z działką elementarną o wartości 0,01 mm/m
1	od 400 do 500	z zastosowaniem liniału krawędziowego	1) liniał krawędziowy klasy dokładności 1, 2) płytki wzorcowe o stopniowaniu co 0,001 mm klasy dokładności 1
	od 400 do 2500	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości 1", 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza 0,12 $\mu\text{m}$
		z zastosowaniem liniału powierzchniowego i czujnika pomiarowego	1) liniał powierzchniowy uźebrowany klasy dokładności 0, 2) czujnik pomiarowy z działką elementarną o wartości 1 $\mu\text{m}$
1 i 2	od 400 do 2500	z zastosowaniem poziomnicy	poziomnica z działką elementarną o wartości 0,02 mm/m
1	400 630 1000 1600 2500	z zastosowaniem liniału powierzchniowego i płytek wzorcowych	liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 00 lub 0 dla $L \geq 1600$ mm
		z zastosowaniem liniału powierzchniowego i czujnika pomiarowego	1) liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 00 lub 0 dla $L \geq 1600$ mm, 2) czujnik pomiarowy z działką elementarną o wartości 1 $\mu\text{m}$
2	od 400 do 2500	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości 2", 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza 0,12 $\mu\text{m}$
		z zastosowaniem liniału powierzchniowego i czujnika pomiarowego	1) liniał powierzchniowy uźebrowany klasy dokładności 1, 2) czujnik pomiarowy z działką elementarną o wartości 2 $\mu\text{m}$
	400 630 1000 1600 2500	z zastosowaniem liniału powierzchniowego i płytek wzorcowych	1) liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 1, 2) czujnik pomiarowy z działką elementarną o wartości 2 $\mu\text{m}$
		z zastosowaniem liniału powierzchniowego i płytek wzorcowych	1) liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 1, 2) płytki wzorcowe o stopniowaniu co 0,01 mm i 0,001 mm klasy dokładności 1

## 3) dla liniałów powierzchniowych trójkątnych:

Klasa dokładności liniału	Długość liniału $L$ mm	Metoda wyznaczania odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej	Przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze
0 i 1	od 250 do 500	z zastosowaniem liniału krawędziowego	liniał krawędziowy klasy dokładności 0
0	od 250 do 1000	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości 0,25" lub 0,5", 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza 0,06 $\mu\text{m}$
0 i 1	od 250 do 1000	z zastosowaniem poziomnicy	poziomnica z działką elementarną o wartości 0,01 mm/m

Klasa dokładności liniału	Długość liniału $L$ mm	Metoda wyznaczania odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej	Przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze
1	od 250 do 1000	z zastosowaniem autokolimatora	1) autokolimator z działką elementarną o wartości 1", 2) zwierciadło płaskie, którego odchylenie od płaskości nie przekracza 0,12 $\mu\text{m}$
	od 400 do 1000	z zastosowaniem liniału powierzchniowego i płytek wzorcowych	1) liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 00 lub liniał powierzchniowy uźebrowany klasy dokładności 0, 2) płytki wzorcowe o stopniowaniu co 0,01 mm i 0,001 mm klasy dokładności 1
		z zastosowaniem liniału powierzchniowego i czujnika pomiarowego	1) liniał powierzchniowy prostokątny lub dwuteowy klasy dokładności 00 lub liniał powierzchniowy uźebrowany klasy dokładności 0, 2) czujnik pomiarowy z działką elementarną o wartości 1 $\mu\text{m}$

3. Do wyznaczania odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału można stosować inne przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze niż wymienione w ust. 2, jeżeli zapewniają one dokładność pomiarów zgodną z wymaganiami przepisów o liniałach.

### Warunki sprawdzania

§ 3.1. Liniały należy sprawdzać w następujących warunkach:

- 1) pomieszczenie, w którym dokonuje się sprawdzenia, powinno być dobrze oświetlone, czyste, odizolowane od wstrząsów,
  - 2) temperatura powietrza w tym pomieszczeniu powinna wynosić  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ,
  - 3) zmiany temperatury powietrza podczas pomiarów nie powinny przekraczać  $1 ^\circ\text{C}$ ,
  - 4) wilgotność względna powietrza nie powinna przekraczać 80 %.
2. Przed przystąpieniem do sprawdzania należy powierzchnię pomiarową liniału przemyć w odpowiednim rozpuszczalniku i wytrzeć do sucha czystą ściereczką.
  3. Przed rozpoczęciem sprawdzania sprawdzany liniał oraz przyrządy pomiarowe stosowane do sprawdzania powinny się znajdować w pomieszczeniu pomiarowym przez co najmniej 12 godzin.
  4. Liniały o długości co najmniej 2000 mm powinny być sprawdzane bezpośrednio na miejscu ich stałego użytkowania.
  5. Liniały prostokątne i dwuteowe powinny być podparte, przy czym odległość punktów podparcia od końców liniału powinna być zgodna z przepisami o liniałach.

### Przebieg sprawdzania

§ 4. Sprawdzanie liniału obejmuje:

- 1) oględziny zewnętrzne,
- 2) sprawdzenie materiału, konstrukcji i wykonania,
- 3) sprawdzenie charakterystyk metrologicznych,
- 4) ustalenie klasy dokładności liniału.

### Oględziny zewnętrzne

§ 5. Podczas oględzin zewnętrznych należy sprawdzić, czy:

- 1) na powierzchniach pomiarowych i bocznych liniału nie ma śladów korozji, rys, pęknięć, porów, wykruszeń i innych uszkodzeń,
- 2) krawędzie liniału nie są ostre,

- 3) oznaczenia wykonane na liniale są poprawne, czytelne i trwałe,
- 4) na powierzchniach bocznych liniałów prostokątnych i dwuteowych znajdują się kreski określające miejsca podparcia liniału,
- 5) liniały stalowe lub żeliwne nie są namagnesowane; liniał wykazujący właściwości magnetyczne należy odmagnesować.

### **Sprawdzanie materiału, konstrukcji i wykonania**

- § 6. Twardość powierzchni pomiarowych liniału należy sprawdzić za pomocą twardościomierza zgodnie z instrukcją obsługi przyrządu.
- § 7.1. Chropowatość powierzchni pomiarowych i bocznych liniałów prostokątnych i dwuteowych stalowych należy sprawdzić za pomocą profilografometru, określając wartość parametru  $R_a$ .
2. Pomiar parametru  $R_a$  należy przeprowadzić dla liniałów:
- 1) klasy dokładności 00 i 0 – na odcinku elementarnym o długości 0,25 mm,
  - 2) klasy dokładności 1 – na odcinku elementarnym o długości 0,8 mm.

### **Sprawdzanie charakterystyk metrologicznych**

#### **Sprawdzanie udziału powierzchni nośnej liniału żeliwnego**

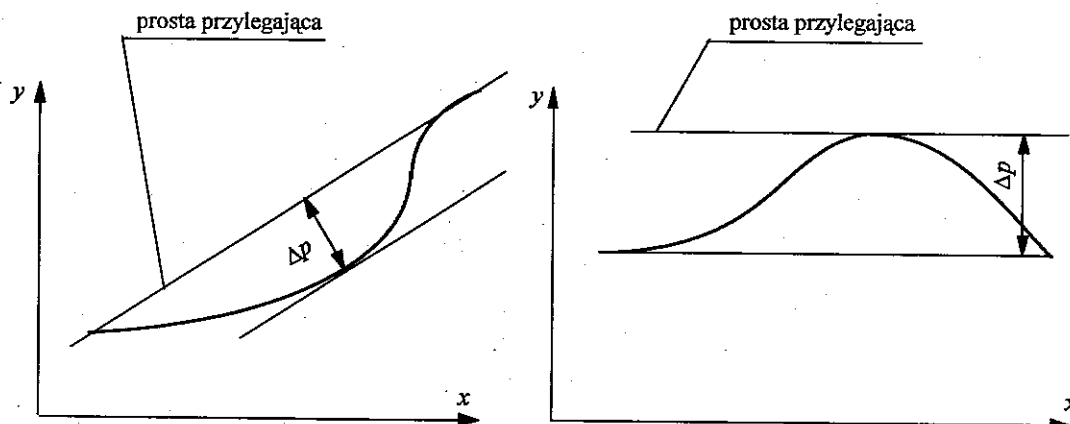
- § 8.1. Podczas sprawdzania udziału powierzchni nośnej liniału żeliwnego, którego powierzchnie pomiarowe są skrobane, należy:
- 1) pokryć powierzchnię pomiarową liniału kontrolnego lub płyty kontrolnej cienką i równomierną warstwą farby,
  - 2) przyłożyć powierzchnię pomiarową liniału, przygotowaną zgodnie z pkt 1, do powierzchni sprawdzanej liniału i przesuwać w różnych kierunkach, tak aby wypukłe powierzchnie nośne sprawdzanej powierzchni pomiarowej zostały pokryte farbą,
  - 3) jeżeli wymiary płyty lub liniału kontrolnego są większe od wymiarów sprawdzanego liniału, należy nałożyć powierzchnię sprawdzaną na powierzchnię pokrytą farbą i rozprowadzić farbę,
  - 4) na powierzchnię pomiarową liniału, która zastała pokrytą farbą, położyć płytkę szklaną z siatką 400 kwadratów,
  - 5) obserwować po kolei każdy kwadrat siatki i zsumować liczbę kwadratów (do dziesiątych części), pod którymi znajdują się zafarbowane wierzchołki sprawdzanej powierzchni, a następnie otrzymaną sumę podzielić przez cztery.
2. Wartość otrzymana zgodnie z ust. 1 pkt 5 jest udziałem powierzchni nośnej badanego fragmentu liniału.
3. Udział powierzchni nośnej liniału należy określić w kilku miejscach tej powierzchni, a w przypadku liniału trójkątnego – dla obu powierzchni pomiarowych.

#### **Wyznaczanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych**

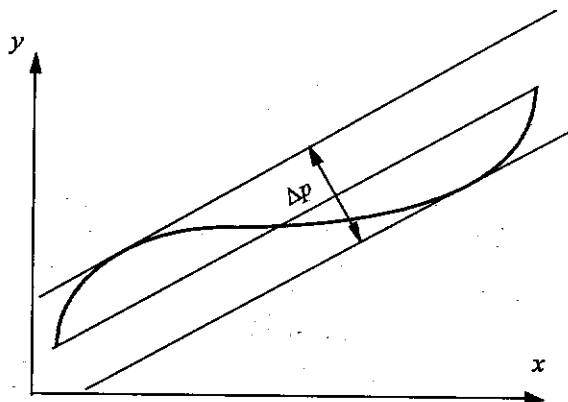
- § 9.1. Odchylenie od płaskości każdej powierzchni pomiarowej liniału należy wyznaczyć jedną z metod podanych w § 2 ust. 2 i 3.
2. Dopuszcza się określanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału na podstawie odchylenia od prostoliniowości otrzymanego dla przekroju wzdłużnego.
  3. W przypadku liniałów o wymiarze  $B > 50$  mm zaleca się dokonanie dodatkowych pomiarów odchylenia od prostoliniowości dla dwóch przekrojów przekątnych; jako odchylenie od płaskości należy przyjąć największą z otrzymanych wartości odchylenia od prostoliniowości.
  4. Zaleca się, aby odległość  $t$  między punktami pomiarowymi stosowanymi do wyznaczania odchylenia od prostoliniowości (oprócz metody z zastosowaniem liniału krawędziowego) nie przekraczała wartości podanych w tabelicy:

Długość linału $L$ mm	Odległość $t$ między punktami pomiarowymi w zależności od odchylenia od płaskości linału mm		
	do 20 $\mu\text{m}$	powyżej 20 $\mu\text{m}$ do 50 $\mu\text{m}$	powyżej 50 $\mu\text{m}$
do 250	$L/6$	$L/4$	$L/2$
powyżej 250 do 630	$L/8$	$L/6$	$L/4$
powyżej 630 do 1000	$L/10$	$L/8$	$L/6$
powyżej 1000 do 2500	$L/12$	$L/10$	$L/8$
powyżej 2500 do 4000	–	$L/12$	$L/10$

- §10.1. Odchylenie od prostoliniowości dla danego przekroju linału należy wyznaczyć względem prostej przylegającej.
- Definicja prostej przylegającej określona jest w PN-78/M-02137 Tolerancje kształtu i położenia. Nazwy i określenia.
  - Jeśli zarys sprawdzanego przekroju wzdłużnego linału ma charakter jednostronnie wklęsły lub wypukły, dopuszcza się określanie odchylenia od prostoliniowości  $\Delta p$  względem prostej łączącej skrajne punkty tego zarysu, jak przedstawiono na rysunku:



- Jeśli punkty zarysu sprawdzanego przekroju wzdłużnego linału są rozmieszczone po obu stronach prostej łączącej skrajne punkty tego zarysu, można przyjąć, że wartość odchylenia od prostoliniowości  $\Delta p$  jest w przybliżeniu równa sumie bezwzględnych wartości największych odchyżeń zarysu pod i nad tą prostą, jak przedstawiono na rysunku:





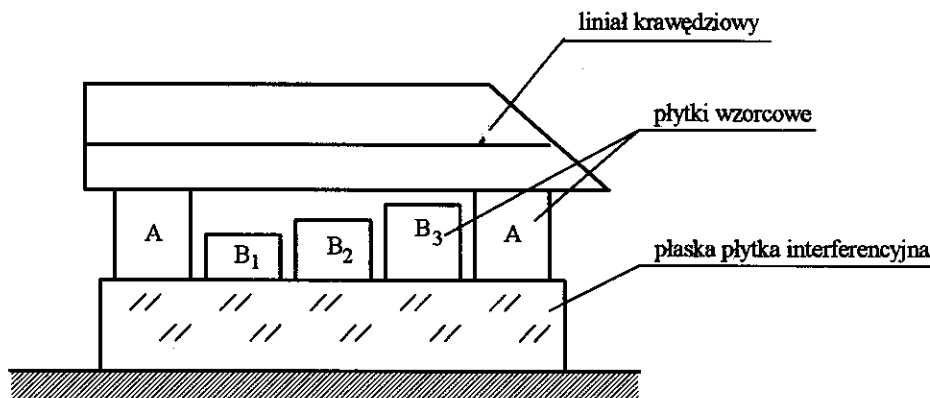
Jeśli wartość odchylenia od prostoliniowości  $\Delta p$  otrzymana tą metodą przekracza wartość dopuszczalną, należy określić położenie prostej przylegającej i wyznaczyć względem niej wartość odchylenia od prostoliniowości.

5. Określając wartość odchylenia od prostoliniowości  $\Delta p$  z wykresu, należy wyznaczyć je w kierunku osi rzędnych, tak aby na wynik pomiaru nie wpływały różne powiększenia pionowe i poziome zarysu oraz nachylenie prostej przylegającej do osi odciętych.
6. Dopuszcza się określanie odchylenia od prostoliniowości  $\Delta p$  względem prostej średniej przy zastosowaniu techniki komputerowej.

### **Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą liniału krawędziowego**

§11.1. W celu wyznaczenia odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą liniału krawędziowego należy:

- 1) przyłożyć krawędź liniału krawędziowego do sprawdzanej powierzchni,
  - 2) obserwować otrzymaną szczelinę w świetle przechodzącym,
  - 3) ocenić szerokość szczeliny świetlnej przez porównanie ze szczelinami wzorcowymi.
2. Szerokość szczeliny świetlnej określa odchylenie od prostoliniowości sprawdzanego liniału, na podstawie którego ustala się odchylenie od płaskości.
  3. Sposób tworzenia szczeliny świetlnej wzorcowej przedstawia rysunek:



4. Szczeliny wzorcowe tworzy się przywierając płytki wzorcowe do płaskiej płytki interferencyjnej; płytki wzorcowe A mają tę samą długość, a płytki środkowe  $B_1$ ,  $B_2$  i  $B_3$  mają długości mniejsze od A o szerokości szczelin wzorcowych.
5. Szczeliny wzorcowe powinny mieć szerokości:
  - 1) szczelina powstała w wyniku różnicy długości płytek wzorcowych A i  $B_2$  – szerokość równą wartości dopuszczalnego odchylenia od prostoliniowości powierzchni pomiarowej liniału,
  - 2) dwie szczeliny:
    - a) pierwsza, powstała w wyniku różnicy długości płytek wzorcowych A i  $B_1$  – szerokość większą o  $1 \mu\text{m}$  od wartości dopuszczalnego odchylenia,
    - b) druga, powstała w wyniku różnicy długości płytek wzorcowych A i  $B_3$  – szerokość mniejszą o  $1 \mu\text{m}$  od tej wartości.
6. Szczeliny należy obserwować na tle dostatecznie oświetlonym, najlepiej w świetle naturalnym.

### **Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą autokolimatora**

§12.1. Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą autokolimatora polega na wyznaczeniu odchylenia od prostoliniowości w przekroju wzdłużnym liniału.

2. W celu sprawdzenia należy:

- 1) położyć przymiar kreskowy sztywny lub końcowo-kreskowy sztywny na sprawdzanej powierzchni liniału, tak aby powierzchnia boczna tego przymiaru była równoległa do przekroju wzdłużnego i aby mogła być wykorzystana jako prowadzenie dla mostka pomiarowego z umieszczonym na nim zwierciadłem,
  - 2) umieścić autokolimator na sztywnej podstawie w pobliżu tego końca liniału, gdzie oznaczono pierwszy punkt pomiarowy (punkt 0),
  - 3) ustawić autokolimator, tak aby cyfry znajdujące się w polu widzenia jego okularu i opisujące podziałkę zwiększały się z góry na dół,
  - 4) wyregulować położenie autokolimatora, tak aby kierunek zmiany wskazań autokolimatora był zgodny z kierunkiem zmiany kąta mostka pomiarowego,
  - 5) ustawić mostek pomiarowy lub liniał sinusowy ze zwierciadłem na kolejne, ustalone wcześniej odcinki pomiarowe (równe odległości między podporami mostka pomiarowego  $t$ ), tak aby podpory mostka dokładnie pokrywały się z oznaczonymi punktami,
  - 6) notować wskazania autokolimatora  $\alpha_i$  dla kolejnych punktów pomiarowych,
  - 7) po odczytaniu wskazania na ostatnim odcinku pomiarowym wrócić na pierwszy odcinek i sprawdzić wskazanie początkowe; jeżeli różnica wskazań na pierwszym odcinku przekracza  $\pm 2$  działki elementarne autokolimatora, pomiary należy powtórzyć,
  - 8) określić analitycznie odchylenie od prostoliniowości.
3. W celu określenia odchylenia od prostoliniowości metodą analityczną należy:
- 1) obliczyć kąty pochylenia  $\beta_i$  (w sekundach) kolejnych odcinków pomiarowych w stosunku do odcinka pierwszego 0–1 według wzoru:

$$\beta_i = \alpha_i - \alpha_1,$$

gdzie:

$\alpha_i$  – kolejne wskazania autokolimatora, w sekundach,

$\alpha_1$  – wskazanie autokolimatora dla odcinka pierwszego 0–1, w sekundach,

- 2) obliczyć różnice wysokości  $h_i$  (w mm) między kolejnymi punktami pomiarowymi według wzoru:

$$h_i = t \cdot \sin \beta_i,$$

gdzie  $t$  – odległość między punktami pomiarowymi, w mm,

- 3) dla uproszczenia obliczeń, o których mowa w pkt 2, można przyjąć, że  $\sin \beta_i \cong \beta_i$  (ze względu na małe wartości  $\beta_i$ ), i obliczać wartości  $h_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) według wzoru:

$$h_i = a \cdot \beta_i,$$

gdzie:

$a = t \cdot 4,8 \cdot 10^{-3}$ , w  $\mu\text{m}$ ,

$t$  – odległość między punktami pomiarowymi, w mm,

- 4) obliczyć wartości  $A_i$  (w  $\mu\text{m}$ ), określające odległości kolejnych punktów pomiarowych od prostej przechodzącej przez punkty 0–1, według wzoru:

$$A_i = \sum_{j=1}^n h_j,$$

- 5) obliczyć odległości  $H_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) kolejnych punktów pomiarowych od linii łączącej ostatni punkt pomiarowy  $n$  z punktem 0 według wzoru:

$$H_i = A_i - B_i,$$

gdzie:

$$B_i = i \cdot \frac{A_n}{n},$$

$A_n$  – różnica wysokości ostatniego punktu pomiarowego  $n$  i punktu 0, w  $\mu\text{m}$ ,

$n$  – liczba odpowiadająca numerowi ostatniego punktu pomiarowego,

$i$  – liczba odpowiadająca numerowi kolejnego punktu pomiarowego,

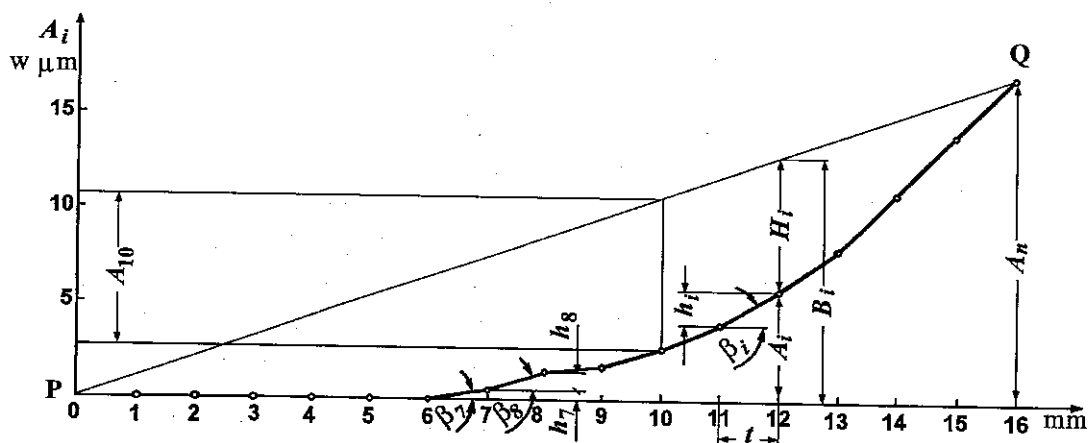
- 6) określić odchylenie od prostoliniowości, przyjmując jako jego wartość największą z otrzymanych wartości  $H_i$ , jeśli wszystkie wartości są tego samego znaku albo wartość równą sumie największych wartości bezwzględnych, jeśli wartości odchyień są ujemne i dodatnie; otrzymaną wartość przyjmuje się jako odchylenie od płaskości sprawdzanego liniału,
- 7) zapisać uzyskane wyniki pomiarów i obliczeń w sposób przykładowo przedstawiony w tabelcy:

Numer punktu pomiarowego	Wskazanie autokolimatora $\alpha_i$ sekunda (")	$\beta_i = \alpha_i - \alpha_0$ sekunda (")	$h_i = a \cdot \beta_i$ $\mu\text{m}$	$A_i = \sum_{j=1}^i h_j$ $\mu\text{m}$	$B_i = i \cdot \frac{A_n}{n}$ $\mu\text{m}$	$H_i = A_i - B_i$ $\mu\text{m}$
0	–	–	–	0	0	0
1	8,0	0	0	0	+1,0	-1,0
2	8,0	0	0	0	+2,1	-2,1
3	8,0	0	0	0	+3,2	-3,2
4	8,0	0	0	0	+4,2	-4,2
5	8,0	0	0	0	+5,3	-5,3
6	8,0	0	0	0	+6,4	-6,4
7	9,0	+1,0	+0,5	+0,5	+7,4	-6,9
8	10,0	+2,0	+1,0	+1,5	+8,5	-7,0
9	8,5	+0,5	+0,2	+1,7	+9,5	-7,8
10	10,0	+2,0	+1,0	+2,7	+10,6	-7,9
11	10,6	+2,6	+1,2	+3,9	+11,7	-7,8
12	11,8	+3,8	+1,8	+5,7	+12,7	-7,0
13	12,5	+4,5	+2,2	+7,9	+13,8	-5,9
14	14,0	+6,0	+2,9	+0,8	+14,8	-4,0
15	14,5	+6,5	+3,1	+13,9	+15,9	-2,0
16	14,2	+6,2	+3,0	+16,9	+16,9	0

Odchylenie od prostoliniowości wynosi 7,9  $\mu\text{m}$ .

4. W celu określenia odchylenia od prostoliniowości w przekroju wzdłużnym liniału metodą graficzną należy:

- 1) wykonać wykres pokazujący zarys sprawdzanego przekroju, na którym oś odciętych przedstawia odcinki pomiarowe, a oś rzędnych – wartości  $A_i$ ,
- 2) połączyć krańcowe punkty wykresu P i Q,
- 3) określić odległość (w kierunku osi rzędnych) najbardziej oddalonego punktu sprawdzanego zarysu od linii prostej, otrzymanej zgodnie z pkt 2 – gdy zarys znajduje się po jednej stronie tej linii, jak przykładowo przedstawiono na rysunku:



- lub określić odległość między skrajnymi punktami zarysu, gdy linia prosta przecina ten zarys,
- 4) odległość określona zgodnie z pkt 3 stanowi odchylenie od prostoliniowości, które należy przyjąć jako odchylenie od płaskości liniału.
  5. Jeśli szerokość sprawdzanego liniału nie pozwala na zastosowanie prowadzenia w postaci przymiaru, należy ustawić mostek według punktów zaznaczonych na bocznej powierzchni liniału; linia pionowa krzyża lunety autokolimacyjnej powinna się znajdować w środku pola widzenia przyrządu.
  6. Jeśli do sprawdzania odchylenia od płaskości liniału stosuje się stanowisko pomiarowe składające się z autokolimatora i komputera, obliczeń należy dokonać zgodnie z instrukcją obsługi tego stanowiska.

#### **Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą poziomnicy**

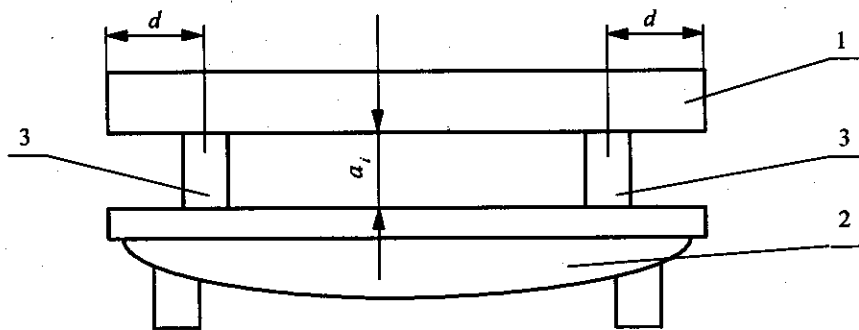
- § 13.1. Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą poziomnicy polega na wyznaczeniu odchylenia od prostoliniowości w przekroju wzdłużnym liniału, przy czym bazą wyjściową dla tych pomiarów jest prosta pozioma przechodząca przez punkt oznaczony 0.
2. Zaleca się stosować poziomnicę elektroniczną lub koincydencyjną.
  3. W celu sprawdzenia należy:
    - 1) zamocować poziomnicę na mostku pomiarowym z ustaloną odległością  $t$  między oporami,
    - 2) ustawić mostek pomiarowy na pierwszy odcinek sprawdzanego przekroju ograniczony punktami 0–1 i odczytać wskazanie poziomnicy  $\alpha_1$ ; zaleca się, aby ten odcinek znajdował się po lewej stronie liniału patrząc od strony sprawdzającego,
    - 3) ustawić mostek z poziomnicą kolejno na następne odcinki pomiarowe i odczytywać wskazania poziomnicy  $\alpha_i$  z uwzględnieniem znaku,
    - 4) po odczytaniu wskazania na ostatnim odcinku pomiarowym wrócić jeszcze raz na pierwszy odcinek, sprawdzając wskazanie początkowe; jeśli różnica odczytów na pierwszym odcinku przekracza  $\pm 0,5$  działki elementarnej poziomnicy, pomiary należy powtórzyć.
  4. Wyniki sprawdzenia należy opracować tak, jak podano w § 12 ust. 3 i 4, przy czym wskazania poziomnicy otrzymane w mm/m należy wyrazić w sekundach ( $''$ ).
  5. Jeśli do sprawdzania odchylenia od płaskości liniału stosuje się stanowisko pomiarowe składające się z poziomnicy i komputera, obliczeń należy dokonać zgodnie z instrukcją obsługi tego stanowiska.

#### **Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą liniału powierzchniowego kontrolnego i płytek wzorcowych**

- § 14.1. Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą liniału powierzchniowego kontrolnego i płytek wzorcowych polega na wyznaczeniu odchylenia od prostoliniowości w przekroju wzdłużnym liniału poprzez określenie za pomocą płytek wzorcowych odległości między liniałem sprawdzanym a liniałem kontrolnym.

2. W celu sprawdzania odchylenia od prostoliniowości należy:

- 1) oprzeć liniał kontrolny na dwóch płytkach wzorcowych (oporowych) o tej samej długości nominalnej, ustawionych na sprawdzanej powierzchni pomiarowej liniału, jak pokazano na rysunku:



1 – liniał powierzchniowy kontrolny, 2 – liniał sprawdzany, 3 – płytki wzorcowe (oporowe),  $d = 0,2232 \cdot L$ , gdzie  $L$  – całkowita długość liniału kontrolnego.

- 2) zaznaczyć na powierzchni bocznej liniału sprawdzanego punkty pomiarowe  $i$  (od 0 do  $n$ ); odległość między punktami przyjąć równą  $t$ ,
  - 3) zmierzyć odległości  $a_i$  między liniałami w oznaczonych punktach pomiarowych za pomocą odpowiednio dobranych stosów płytek wzorcowych,
  - 4) jeżeli liniał kontrolny ma większą masę niż liniał sprawdzany, ustawić liniał sprawdzany na liniale kontrolnym.
3. Odchylenie od prostoliniowości należy wyznaczyć w sposób następujący:

- 1) obliczyć różnice  $b_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) między długością stosu płytek wzorcowych w punkcie pomiarowym oznaczonym 0 i długościami stosów w poszczególnych punktach pomiarowych  $i$  według wzoru:

$$b_i = a_0 - a_i,$$

- 2) obliczyć wartości  $c_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) według wzoru:

$$c_i = \frac{a_0 - a_n}{n} \cdot i,$$

gdzie:

- $a_0 - a_n$  – różnica długości stosów płytek w punkcie pomiarowym 0 i ostatnim  $n$ , w  $\mu\text{m}$ ,
- $n$  – liczba odpowiadająca numerowi ostatniego punktu pomiarowego,
- $i$  – liczba odpowiadająca numerowi kolejnego punktu pomiarowego,

- 3) obliczyć odległości  $h_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) kolejnych punktów pomiarowych od prostej PQ, łączącej końce sprawdzanego liniału, według wzoru:

$$h_i = b_i - c_i - h_{wz.i},$$

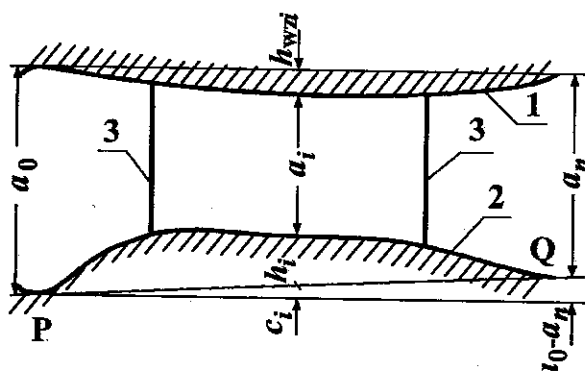
gdzie  $h_{wz.i}$  – odchylenie od prostoliniowości powierzchni pomiarowej liniału kontrolnego w punkcie odpowiadającym punktowi  $i$  sprawdzanego liniału (ze świadectwa wzorcowania liniału kontrolnego), w  $\mu\text{m}$ ; dla uproszczenia obliczeń można przyjąć, że  $h_{wz.i} = 0$ , gdy  $h_{wz.i} \ll h_i$ ,

- 4) określić odchylenie od prostoliniowości, przyjmując jako jego wartość największą z otrzymanych wartości  $h_i$ , jeśli wszystkie wartości są tego samego znaku albo wartość równą sumie największych wartości bezwzględnych, jeśli wartości odchyłeń są ujemne i dodatnie; otrzymaną wartość przyjmuje się jako odchylenie od płaskości sprawdzanego liniału,
- 5) zapisać wyniki pomiarów i obliczeń w sposób przykładowo podany w tablicy:

Numer punktu pomiarowego	Długość stosu płytek $a_i$ mm	$b_i = a_0 - a_i$ $\mu\text{m}$	$c_i = \frac{a_0 - a_n}{n} \cdot i$ $\mu\text{m}$	$h_{wzi}$ $\mu\text{m}$	$h_i = b_i - c_i - h_{wzi}$ $\mu\text{m}$
0	10,009	0	0	0	0
1	10,004	+5	+0,2	+1	+3,8
2	10,000	+9	+0,4	+3	+5,6
3	9,996	+13	+0,6	+4	+8,4
4	9,993	+16	+0,8	+5	+10,2
5	9,992	+17	+1,0	+5	+11,0
6	9,992	+17	+1,2	+5	+10,8
7	9,996	+13	+1,4	+4	+7,6
8	10,000	+9	+1,6	+3	+4,4
9	10,002	+7	+1,8	+2	+3,2
10	10,007	+2	+2,0	0	0

Odchylenie od prostoliniowości wynosi 11  $\mu\text{m}$ .

Graficzny obraz zarysów powierzchni pomiarowej liniału sprawdzanego i liniału kontrolnego oraz wielkości:  $a_0, a_i, a_n, b_i, c_i, h_i$  i  $h_{wzi}$  przedstawiono przykładowo na rysunku:



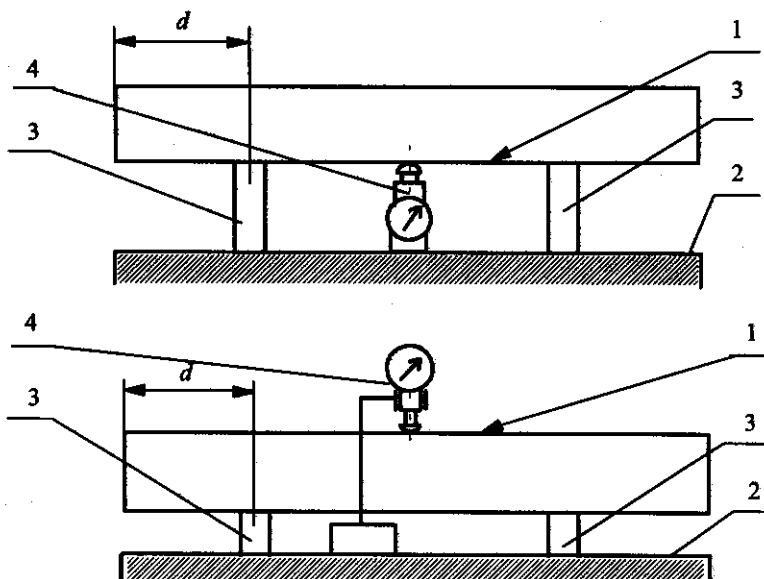
1 – zarys powierzchni pomiarowej liniału kontrolnego, 2 – zarys powierzchni pomiarowej liniału sprawdzanego, 3 – płytki wzorcowe oporowe.

**Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych liniału za pomocą liniału powierzchniowego kontrolnego i czujnika pomiarowego**

§15.1. Sprawdzanie odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowej liniału za pomocą liniału powierzchniowego kontrolnego i czujnika pomiarowego polega na wyznaczeniu odchylenia od prostoliniowości w przekroju wzdłużnym liniału poprzez pomiar czujnikiem różnic odległości między liniałem sprawdzanym i liniałem kontrolnym.

2. W celu sprawdzenia odchylenia od prostoliniowości należy:

- 1) oprzeć liniał powierzchniowy kontrolny powierzchnią pomiarową lub powierzchnią przeciwną do powierzchni pomiarowej na dwóch pryzmach podporowych (według § 2 ust. 1 pkt 17) o tej samej długości, ustawionych na sprawdzanej powierzchni pomiarowej liniału, jak pokazano na rysunkach:



1 – powierzchnia pomiarowa linału powierzchniowego kontrolnego, 2 – linał sprawdzany, 3 – pryzmy podporowe, 4 – czujnik pomiarowy,  $d = 0,2232 \cdot L$ , gdzie  $L$  – całkowita długość linału kontrolnego.

- 2) zaznaczyć na powierzchni bocznej linału sprawdzanego punkty pomiarowe  $i$  (od 0 do  $n$ ); odległość między punktami przyjąć równą  $t$ ,
  - 3) ustawić czujnik pomiarowy w punkcie oznaczonym 0 i ustawić go na wskazanie zerowe ( $a_0 = 0$ ),
  - 4) ustawiać czujnik kolejno w każdym punkcie pomiarowym i notować wskazania  $a_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) określające różnice odległości między powierzchnią pomiarową linału sprawdzanego i linału powierzchniowego kontrolnego (w stosunku do odległości  $c$  między nimi w punkcie 0),
  - 5) sprawdzić po zakończeniu pomiarów wskazanie czujnika w punkcie oznaczonym 0; jeżeli różnica wskazań w tym punkcie przekracza  $\pm 2$  działki elementarne czujnika, to pomiary należy powtórzyć,
  - 6) jeśli linał kontrolny ma większą masę niż linał sprawdzany, ustawić linał sprawdzany na linale kontrolnym.
3. Odchylenie od prostoliniowości należy wyznaczyć w sposób następujący:
- 1) obliczyć wartości  $b_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) według wzoru:

$$b_i = i \cdot \frac{a_n}{n} ,$$

gdzie:

- $i$  – liczba odpowiadająca numerowi ostatniego punktu pomiarowego,
  - $n$  – liczba odpowiadająca numerowi kolejnego punktu pomiarowego,
  - $a_n$  – wskazanie czujnika pomiarowego w ostatnim punkcie pomiarowym,
- 2) obliczyć różnice wartości  $a_i$  i  $b_i$  (w  $\mu\text{m}$ ),
  - 3) obliczyć odległości  $h_i$  (w  $\mu\text{m}$ ) kolejnych punktów pomiarowych od prostej PQ, łączącej końce sprawdzanego linału, według wzoru:

$$h_i = a_i - b_i - h_{wzi} ,$$

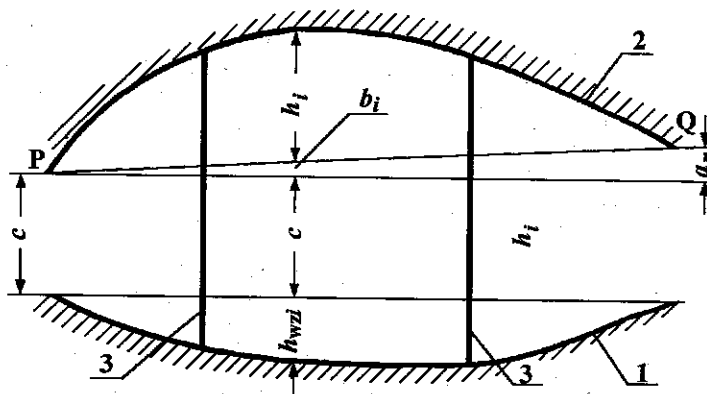
gdzie  $h_{wzi}$  – odchylenie od prostoliniowości powierzchni pomiarowej linału kontrolnego w punkcie odpowiadającym punktowi  $i$  sprawdzanego linału (ze świadectwa wzorcowania linału kontrolnego), w  $\mu\text{m}$ ; dla uproszczenia obliczeń można przyjąć, że  $h_{wzi} = 0$ , gdy  $h_{wzi} \ll h_i$ ,

- 4) określić odchylenie od prostoliniowości, przyjmując jako jego wartość największą z otrzymanych wartości  $h_i$ , jeśli wszystkie wartości są tego samego znaku albo wartość równą sumie największych wartości bezwzględnych, jeśli wartości odchyień są ujemne i dodatnie; otrzymaną wartość przyjmuje się jako odchylenie od płaskości sprawdzanego liniału,
- 5) zapisać wyniki pomiarów i obliczeń w sposób przykładowo podany w tablicy:

Numer punktu pomiarowego	Wskazanie czujnika pomiarowego $a_i$ $\mu\text{m}$	$b_i = i \cdot \frac{a_n}{n}$ $\mu\text{m}$	$a_i - b_i$ $\mu\text{m}$	$h_{wzi}$ $\mu\text{m}$	$h_i = a_i - b_i - h_{wzi}$ $\mu\text{m}$
0	0	0	0	0	0
1	+6	+3	+3	-1	+4
2	+15	+6	+9	-3	12
3	+17	+9	+8	-4	+12
4	+22	+12	+10	-5	+15
5	+12	+15	-3	-5	+2
6	+7	+18	-11	-5	-6
7	+7	+21	-14	-4	-10
8	+18	+24	-6	-3	-3
9	+30	+27	+3	-2	+5
10	+30	+30	0	0	0

Odchylenie od prostoliniowości wynosi 22  $\mu\text{m}$ .

Graficzny obraz zarysów powierzchni pomiarowej liniału sprawdzanego i liniału kontrolnego oraz wielkości:  $a_n$ ,  $b_i$ ,  $c$ ,  $h_i$  i  $h_{wzi}$  przedstawiono przykładowo na rysunku:



1 – zarys powierzchni pomiarowej liniału kontrolnego, 2 – zarys powierzchni pomiarowej liniału sprawdzanego, 3 – pryzmy podporowe.

### Sprawdzanie odchylenia od równoległości powierzchni pomiarowych liniałów prostokątnych i dwuteowych

§16. Odchylenie od równoległości przeciwległych powierzchni pomiarowych liniałów prostokątnych i dwuteowych należy sprawdzić za pomocą mikrometru, określając największą różnicę między odległościami tych powierzchni, zmierzonymi w co najmniej pięciu punktach, równomiernie rozłożonych na długości sprawdzanego liniału.

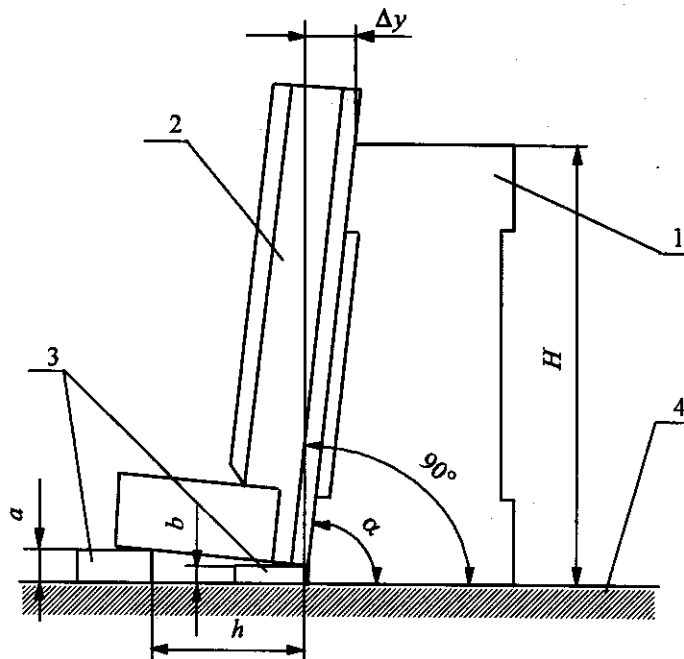


### Sprawdzanie odchylenia od prostokątności powierzchni bocznych względem stykających się z nimi obydwu powierzchni pomiarowych liniałów prostokątnych i dwuteowych

§17.1. Odchylenie od prostokątności powierzchni bocznych liniałów prostokątnych i dwuteowych względem stykających się z nimi obydwu powierzchni pomiarowych należy sprawdzić za pomocą kątownika krawędziowego.

2. Podczas sprawdzania należy:

- 1) ustawić liniał jego powierzchnią pomiarową na płycie pomiarowej kontrolnej i do powierzchni bocznej liniału dosunąć krawędź kątownika krawędziowego, jak pokazano na rysunku:



1 – sprawdzany liniał, 2 – kątownik krawędziowy, 3 – płytki wzorcowe, 4 – płyta pomiarowa,  $H$  – odległość między powierzchniami pomiarowymi liniału, w mm,  $h$  – odległość między płytkami wzorcowymi (w przybliżeniu równa długości krótszego ramienia kątownika krawędziowego), w mm,  $a, b$  – długości użytych płytek wzorcowych, w mm,  $\alpha$  – kąt między powierzchnią boczną liniału a jego powierzchnią pomiarową,  $\Delta y$  – odchylenie od prostokątności powierzchni bocznej liniału względem jego powierzchni pomiarowej, w  $\mu\text{m}$ .

- 2) określić wielkość powstałej szczeliny świetlnej między krótszym ramieniem kątownika krawędziowego a powierzchnią płyty pomiarowej kontrolnej, wstawiając pod kątownik krawędziowy płytki wzorcowe o takich długościach  $a$  i  $b$ , przy których następuje zamknięcie tej szczeliny,
- 3) obliczyć odchylenie od prostokątności  $\Delta y$  powierzchni bocznej liniału względem jego powierzchni pomiarowej (określone w  $\mu\text{m}$ ) według wzoru:

$$\Delta y = 1000 \cdot (a - b) \cdot H/h$$

3. Odchylenie od prostokątności należy:

- 1) wyznaczyć dla co najmniej pięciu przekrojów wzdłuż długości liniału,
- 2) powtórzyć dla drugiej powierzchni pomiarowej.

§18.1. Do sprawdzania odchylenia od prostokątności powierzchni bocznych względem stykających się z nimi powierzchni pomiarowych liniałów klasy dokładności 0 i 1, o długości przekraczającej 1600 mm, dopuszcza się stosowanie kątomierza uniwersalnego.

2. Odchylenie od prostopadłości  $\Delta y$  powierzchni bocznej liniału względem jego powierzchni pomiarowej (określone w  $\mu\text{m}$ ) należy obliczyć według wzoru:

$$\Delta y = 1000 \cdot H \cdot \text{ctg} \alpha ,$$

gdzie:

- $\alpha$  – kąt między powierzchnią boczną liniału a jego powierzchnią pomiarową, w stopniach,  
 $H$  – odległość między powierzchniami pomiarowymi liniału, w mm.

### **Sprawdzanie kąta pomiarowego liniałów trójkątnych**

- §19.1. Kąt pomiarowy liniałów trójkątnych należy sprawdzić za pomocą odpowiednio zestawionych płytek kątowych, wykorzystując je jako sprawdziany graniczne.
2. Wymiary katowe tych sprawdzianów należy ustalić w zależności od wartości nominalnej kąta pomiarowego liniału i granic błędów dopuszczalnych tego kąta.
  3. Kąt pomiarowy należy sprawdzić co najmniej w pięciu przekrojach rozłożonych równomiernie na długości sprawdzanego liniału.
  4. Kąt pomiarowy liniałów trójkątnych klasy dokładności 1 można sprawdzić za pomocą kątomierza uniwersalnego, określając różnicę między wartością zmierzoną kąta a wartością nominalną.

### **Ustalenie klasy dokładności liniału**

- §20.1. Na podstawie otrzymanych wyników sprawdzenia należy ustalić klasę dokładności liniału.
2. Jeżeli jedna z charakterystyk metrologicznych kwalifikuje liniał do niższej klasy dokładności, wówczas tę właśnie klasę ustala się dla danego liniału.

### **Zakres sprawdzania**

- §21. Sprawdzenia wymienione w § 6 oraz w § 16–19 mogą być pominięte przy kontrolach metrologicznych innych niż zatwierdzenie typu.

### **Dokumentowanie wyników sprawdzania**

- §22. Wyniki sprawdzenia liniału należy odnotować w zapisce sprawdzania. Zapiska sprawdzania powinna zawierać co najmniej:
- 1) numer zgłoszenia,
  - 2) dane identyfikacyjne zgłaszającego,
  - 3) typ liniału i numer identyfikacyjny,
  - 4) udział powierzchni nośnej liniału żeliwnego,
  - 5) odchylenia od płaskości powierzchni pomiarowych liniału,
  - 6) odchylenie od równoległości powierzchni pomiarowych liniału prostokątnego i dwuteowego,
  - 7) odchylenia od prostopadłości powierzchni bocznych względem stykających się z nimi obydwu powierzchni pomiarowych liniału prostokątnego i dwuteowego,
  - 8) kąt pomiarowy liniału trójkątnego,
  - 9) klasę dokładności liniału,
  - 10) datę sprawdzenia,
  - 11) nazwisko sprawdzającego.

168

**ZARZĄDZENIE NR 161**  
**PREZESA GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR**  
z dnia 25 października 1996 r.

**w sprawie wprowadzenia Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r.**

Na podstawie art. 7 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 3 kwietnia 1993 r. Prawo o miarach (Dz. U. Nr 55, poz. 248) oraz art. 2 ustawy z dnia 18 marca 1925 r. w sprawie przystąpienia Rzeczypospolitej Polskiej do międzynarodowej konwencji metrycznej, podpisanej w Paryżu dnia 20 maja 1875 r. wraz z odnośnym regulaminem, i do konwencji dodatkowej metrycznej, podpisanej w Sèvres dnia 6 października 1921 r. (Dz. U. Nr 36, poz. 241) zarządza się, co następuje:

- § 1.1. Wprowadza się Międzynarodową Skalę Temperatury z 1990 r. jako państwową skalę temperatury.
2. Polski przekład dokumentu Międzynarodowego Komitetu Miar „Échelle Internationale de Température de 1990 (EIT-90)”, określającego sposób realizacji Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r., stanowi załącznik do niniejszego zarządzenia.
- § 2. Zarządzenie wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 1997 r.

Prezes  
Głównego Urzędu Miar  
*Krzysztof Mordziński*

Załącznik do zarządzenia nr 161  
Prezesa Głównego Urzędu Miar  
z dnia 25 października 1996 r. (poz. 168)

**MIĘDZYNARODOWA SKALA TEMPERATURY Z 1990 R. (MST-90)**

Przypomina się, że tekstem autentycznym „Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r.” jest tekst francuski. Tekst angielski, ogłoszony w celu upowszechnienia Skali, został autoryzowany przez Komitet Doradczy Termometrii i zaaprobowany przez Międzynarodowy Komitet Miar.

Międzynarodowa Skala Temperatury z 1990 r. (MST-90) została przyjęta przez Międzynarodowy Komitet Miar na sesji w 1989 r. zgodnie z dyspozycją zawartą w 7 Rezolucji osiemnastej Generalnej Konferencji Miar z 1987 r. Skala ta zastępuje Międzynarodową Praktyczną Skalę Temperatury z 1968 r. (wydanie poprawione z 1975 r.) oraz Tymczasową Skalę Temperatury z 1976 r. obejmującą zakres 0,5 K do 30 K.

### 1 Jednostki miary temperatury

Jednostką miary podstawowej wielkości fizycznej, zwanej temperaturą termodynamiczną, oznaczonej symbolem  $T$ , jest kelwin, o oznaczeniu K, zdefiniowany jako  $1/273,16$  część temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> „Comptes Rendus des Séances de la Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures (1967-1968)”, Résolutions 3 et 4, s. 104.

Ze względu na sposób, w jaki skale temperatury były pierwotnie definiowane, temperaturę wyraża się powszechnie jako różnicę między daną temperaturą a temperaturą 273,15 K (punkt topnienia lodu). Temperatura termodynamiczna  $T$  wyrażona w ten sposób nazwana jest temperaturą Celsjusza, o symbolu  $t$  i zdefiniowana zależnością:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15 \quad (1)$$

Jednostką temperatury Celsjusza jest stopień Celsjusza, o oznaczeniu  $^{\circ}\text{C}$ , który zgodnie z definicją równy jest co do wartości kelwinowi. Różnica temperatury może być wyrażana w kelwinach lub stopniach Celsjusza.

Międzynarodowa Skala Temperatury z 1990 r. (MST-90) określa zarówno Międzynarodową Temperaturę Kelvina, o symbolu  $T_{90}$ , jak i Międzynarodową Temperaturę Celsjusza, o symbolu  $t_{90}$ . Związek między  $T_{90}$  i  $t_{90}$  jest taki sam, jak między  $T$  i  $t$ , to znaczy:

$$t_{90}/^{\circ}\text{C} = T_{90}/\text{K} - 273,15 \quad (2)$$

Jednostką miary wielkości fizycznej  $T_{90}$  jest kelwin, o oznaczeniu K, a jednostką miary wielkości fizycznej  $t_{90}$  jest stopień Celsjusza, o oznaczeniu  $^{\circ}\text{C}$ ; to znaczy, że jednostki miar są takie same dla temperatury termodynamicznej  $T$  jak i temperatury Celsjusza  $t$ .

## 2 Podstawy Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r. (MST-90)

MST-90 obejmuje zakres temperatury od 0,65 K do najwyższej temperatury praktycznie mierzalnej przy wykorzystaniu prawa promieniowania Plancka w odniesieniu do promieniowania monochromatycznego. MST-90 obejmuje szereg zakresów i podzakresów; w każdym z nich podaje się odrębną definicję  $T_{90}$ : te różne definicje są równorzędne. Przy pomiarach z najwyższą dokładnością tej samej temperatury mogą występować zauważalne różnice wartości liczbowych, spowodowane zastosowaniem różnych definicji. Podobnie, nawet gdy używa się tej samej definicji dla temperatury leżącej między punktami stałymi definicyjnymi, dwa dopuszczone do stosowania przyrządy interpolacyjne (np. termometry oporowe) mogą wykazywać zauważalne różnice zmierzonych wartości liczbowych  $T_{90}$ . W większości przypadków różnice te nie mają praktycznie znaczenia i można je pominąć w porównaniu z wartościami skali; bardziej szczegółową informację na ten temat podano w „Supplementary information for the ITS-90”<sup>\*</sup>.

MST-90 skonstruowano w taki sposób, że w całym jej zakresie, dla dowolnej danej temperatury, wartość liczbową  $T_{90}$  stanowi najlepsze przybliżenie do wartości liczbowej  $T$ , zgodnie z najlepszym oszacowaniem w czasie przyjmowania skali. W porównaniu z bezpośrednimi pomiarami temperatur termodynamicznych pomiary  $T_{90}$  są łatwiejsze, dokładniejsze i lepiej odtwarzalne. Istnieją znaczące różnice wartości liczbowych  $T_{90}$  i odpowiadających im wartości  $T_{68}$  mierzonych w Międzynarodowej Praktycznej Skali Temperatury z 1968 r. (MPST-68), które podano w tabeli VI i na rys. 1. Podobne różnice istniały pomiędzy MPST-68 a Międzynarodową Skalą Temperatury z 1948 r. (MST-48) oraz pomiędzy Międzynarodową Skalą Temperatury z 1948 r. a Międzynarodową Skalą Temperatury z 1927 r. (MST-27). Patrz załącznik; dokładniejszą informację podano w „Supplementary information for the ITS-90”.

<sup>\*</sup> Patrz "Monographie BIPM/1990"

### 3 Definicja Międzynarodowej Skali Temperatury z 1990 r.

Między 0,65 K a 5,0 K temperatura  $T_{90}$  zdefiniowana jest zależnościami ciśnienia pary od temperatury dla  $^3\text{He}$  i  $^4\text{He}$ .

Między 3,0 K a punktem potrójnym neonu (24,5561 K)  $T_{90}$  definiuje się za pomocą helowego termometru gazowego wywzorcowanego w trzech doświadczalnie uzyskanych temperaturach o wyznaczonych wartościach liczbowych (definicyjnych punktach stałych) i przy zastosowaniu określonych procedur interpolacyjnych.

Między punktem potrójnym wodoru w równowadze (13,9033 K) a punktem krzepnięcia srebra (961,78 °C),  $T_{90}$  zdefiniowana jest za pomocą platynowych termometrów oporowych, wywzorcowanych w określonych grupach punktów stałych definicyjnych z zastosowaniem określonych procedur interpolacyjnych.

Powyżej punktu krzepnięcia srebra (961,78 °C) temperatura  $T_{90}$  zdefiniowana jest przez określony punkt stały definicyjny i prawo promieniowania Plancka.

Punkty stałe definicyjne MST-90 zestawiono w tabeli I. Efekt ciśnieniowy, który ma wpływ na temperaturę w większości tych punktów, spowodowany zanurzeniem czujnika na znaczącą głębokość lub wynikający z innych przyczyn, podano w tabeli II.

#### 3.1 Od 0,65 K do 5,0 K: zależność ciśnienia par helu od temperatury

W tym zakresie temperatura  $T_{90}$  zdefiniowana jest w zależności od ciśnienia  $p$  par  $^3\text{He}$  i  $^4\text{He}$ , za pomocą równania:

$$T_{90}/\text{K} = A_0 + \sum_{i=1}^9 A_i [(\ln(p/\text{Pa}) - B)/C]^i \quad (3)$$

Wartości stałych  $A_0$ ,  $A_i$ ,  $B$  i  $C$  są podane w tabeli III dla  $^3\text{He}$  w zakresie od 0,65 K do 3,2 K i dla  $^4\text{He}$  w zakresach od 1,25 K do 2,1768 K (punkt I) oraz 2,1768 K do 5,0 K.

#### 3.2 Od 3,0 K do punktu potrójnego neonu (24,5561 K): termometr gazowy

W tym zakresie temperaturę  $T_{90}$  definiuje się za pomocą termometru gazowego  $^3\text{He}$  lub  $^4\text{He}$  o stałej objętości, wzorcowanego w trzech temperaturach: w punkcie potrójnym neonu (24,5561 K), w punkcie potrójnym wodoru w równowadze (13,8033 K), oraz w temperaturze między 3,0 K a 5,0 K. Tę ostatnią temperaturę wyznacza się za pomocą termometru gazowego, mierzącego ciśnienia par  $^3\text{He}$  lub  $^4\text{He}$ , jak to opisano w pkt 3.1.

Tabela I  
Punkty stałe definicyjne MST-90

Lp.	Temperatura		Substancja <sup>(a)</sup>	Rodzaj punktu <sup>(b)</sup>	$W_r(T_{90})$
	$T_{90}/K$	$t_{90}/^{\circ}C$			
1	od 3 do 5	od -270,15 do -268,15	<sup>3</sup> He	V	0,001 190 07
2	13,8033	-259,3467	e-H <sub>2</sub>	T	
3	≈ 17	-256,15	e-H <sub>2</sub> (lub He)	V (lub G)	
4	≈ 20,3	-252,85	e-H <sub>2</sub> (lub He)	V (lub G)	
5	24,5561	-248,5939	Ne	T	0,008 449 74
6	54,3584	-218,7916	O <sub>2</sub>	T	0,091 718 04
7	83,8058	-189,3442	Ar	T	0,215 859 75
8	234,3156	-38,8344	Hg	T	0,844 142 11
9	273,16	0,01	H <sub>2</sub> O	T	1,000 000 00
10	302,9146	29,7646	Ga	M	1,118 138 89
11	429,7485	156,5985	In	F	1,609 801 85
12	505,078	231,928	Sn	F	1,892 797 68
13	692,677	419,527	Zn	F	2,568 917 30
14	933,473	660,323	Al	F	3,376 008 60
15	1234,93	961,78	Ag	F	4,286 420 53
16	1337,33	1064,18	Au	F	
17	1357,77	1084,62	Cu	F	

<sup>(a)</sup> – Wszystkie substancje, z wyjątkiem <sup>3</sup>He, mają naturalny skład izotopowy;

– e-H<sub>2</sub> oznacza wodór o składzie odpowiadającym równowadze między odmianami molekularnymi „orto” i „para”.

<sup>(b)</sup> – Danych na temat realizacji różnych stanów należy szukać w „Supplementary Information for ITS-90”.

Symbol mają następujące znaczenia:

V: ciśnienie pary nasyconej; T: punkt potrójny (temperatura, w której fazy stała, ciekła i gazowa znajdują się pomiędzy sobą w stanie równowagi); G: punkt realizowany w termometrze gazowym; M, F: punkt topnienia, punkt krzepnięcia (temperatura, pod ciśnieniem 101325 Pa, w której fazy stała i ciekła znajdują się pomiędzy sobą w stanie równowagi).

Tabela II

Wpływ ciśnienia na temperaturę dla niektórych punktów stałych definicyjnych\*

Substancja	Wartości przypisane temperaturze równowagi $T_{90}/K$	Zależność temperatury od	
		ciśnienia $p$ ( $dT/dp$ )/( $10^{-3} K \cdot Pa^{-1}$ )**	głębokości zanurzenia $h$ ( $dT/dh$ )/( $10^{-3} K \cdot m^{-1}$ )***
e-Wodór (T)	13,8033	34	0,25
Neon (T)	24,5561	16	1,9
Tlen (T)	54,3584	12	1,5
Argon (T)	83,8058	25	3,3
Rtęć (T)	234,3156	5,4	7,1
Woda (T)	273,16	-7,5	-0,73
Gal	302,9146	-2,0	-1,2
Ind	429,7485	4,9	3,3
Cyna	505,078	3,3	2,2
Cynk	692,677	4,3	2,7
Aluminium	933,473	7,0	1,6
Srebro	1234,93	6,0	5,4
Złoto	1337,33	6,1	10
Miedź	1357,77	3,3	2,6

\* Ciśnieniem odniesienia dla punktów topnienia i krzepnięcia jest atmosfera fizyczna ( $p_0=101325 Pa$ ).  
W przypadku punktów potrójnych (T) wpływ ciśnienia wynika wyłącznie z ciśnienia hydrostatycznego, zależnego od głębokości zanurzenia w cieczy.

\*\* Równoważnik milikelwina na atmosferę fizyczną.

\*\*\* Równoważnik milikelwina na metr cieczy.

Tabela III

Ciśnienie pary nasyconej helu

Wartości stałych równania (3) w określonych zakresach temperatury

	<sup>3</sup> He od 0,65 K do 3,2 K	<sup>4</sup> He od 1,25 K do 2,1786 K	<sup>4</sup> He od 2,1786 K do 5,0 K
$A_0$	1,053 447	1,392 408	3,146 631
$A_1$	0,980 106	0,527 153	1,357 655
$A_2$	0,676 380	0,166 756	0,413 923
$A_3$	0,372 692	0,050 988	0,091 159
$A_4$	0,151 656	0,026 514	0,016 349
$A_5$	-0,002 263	0,001 975	0,001 826
$A_6$	0,006 596	-0,017 976	-0,004 325
$A_7$	0,088 966	0,005 409	-0,004 973
$A_8$	-0,004 770	0,013 259	0
$A_9$	-0,054 943	0	0
$B$	7,3	5,6	10,3
$C$	4,3	2,9	1,9

### 3.2.1 Od 4,2 K do punktu potrójnego neonu (24,5561 K), z $^4\text{He}$ jako gazem termometrycznym

W tym zakresie  $T_{90}$  jest zdefiniowana:

$$T_{90} = a + bp + cp^2, \quad (4)$$

gdzie:  $p$  oznacza ciśnienie w termometrze gazowym zaś  $a$ ,  $b$  i  $c$  oznaczają współczynniki, których wartości liczbowe są otrzymane z pomiarów przeprowadzanych w trzech definicyjnych punktach stałych określonych w pkt. 3.2, z tym ograniczeniem, że najniższy z tych punktów znajduje się w zakresie między 4,2 K a 5,0 K.

### 3.2.2 Od 3,0 K do punktu potrójnego neonu (24,5561 K), z $^3\text{He}$ albo $^4\text{He}$ jako gazem termometrycznym

Dla termometru gazowego  $^3\text{He}$  oraz termometru gazowego  $^4\text{He}$  użytego poniżej 4,2 K należy uwzględnić niedoskonałość gazu przez wprowadzenie odpowiedniego drugiego współczynnika wirialnego  $B_3(T_{90})$  lub  $B_4(T_{90})$ . W tym zakresie  $T_{90}$  zdefiniowana jest zależnością:

$$T_{90} = \frac{a + bp + cp^2}{1 + B_x(T_{90}) N/V}, \quad (5)$$

gdzie:  $p$  oznacza ciśnienie w termometrze gazowym,  $a$ ,  $b$  i  $c$  oznaczają współczynniki, których wartości liczbowe otrzymywane są z pomiarów w trzech definicyjnych temperaturach określonych w pkt. 3.2,  $N/V$  oznacza stężenie molowe gazu,  $N$  oznacza liczbę materii gazu zawartego w objętości zbiornika termometru  $V$ ,  $x$  ma wartość 3 lub 4, w zależności od użytego izotopu, zaś wartości drugich współczynników wirialnych określone są wzorami:

dla  $^3\text{He}$ ,

$$B_3(T_{90})/\text{m}^3 \text{ mol}^{-1} = \{16,69 - 336,98(T_{90}/\text{K})^{-1} + 91,04(T_{90}/\text{K})^{-2} - 13,82(T_{90}/\text{K})^{-3}\}10^{-6}, \quad (6a)$$

dla  $^4\text{He}$ ,

$$B_4(T_{90})/\text{m}^3 \text{ mol}^{-1} = \{16,708 - 374,05(T_{90}/\text{K})^{-1} - 383,53(T_{90}/\text{K})^{-2} + 1799,2(T_{90}/\text{K})^{-3} - 4033,2(T_{90}/\text{K})^{-4} + 3252,8(T_{90}/\text{K})^{-5}\}10^{-6}. \quad (6b)$$

Dokładność wartości temperatury  $T_{90}$  uzyskiwanej przy zastosowaniu wzorów (4) i (5) zależy od konstrukcji termometru gazowego i stężenia molowego gazu. Wymagania konstrukcyjne i procedury pomiarowe nieodzowne dla osiągnięcia określonej dokładności podano w „Supplementary information for the ITS-90”.

### 3.3 Od punktu potrójnego wodoru w równowadze (13,8033 K) do punktu krzepnięcia srebra (961,78 °C): platynowy termometr oporowy

W tym zakresie  $T_{90}$  definiowana jest za pomocą platynowego termometru oporowego, wywzorcowanego w określonej liczbie punktów stałych definicyjnych, i przy użyciu określonych funkcji odniesienia i funkcji odchyłań stosowanych do interpolacji w pośrednich temperaturach.



Pojedynczy platynowy termometr oporowy nie może zapewnić wysokiej dokładności, ani nie może być stosowany w całym zakresie temperatury od 13,8033 K do 961,78 °C. Wybór zakresu lub zakresów temperatury (spośród wymienionych poniżej), w którym może być stosowany określony termometr, jest ograniczony przez konstrukcję tego termometru.

Warunki użytkowania i szczegółowe dane dotyczące dostępnych konstrukcji termometrów, ich zalecanych zakresów pracy, przewidywanej dokładności, dopuszczalnych strat oporu spowodowanych prądami upływu, wartości oporu elektrycznego oraz obróbki cieplnej, podane są w „Supplementary information for the ITS-90”. Istotne jest zwrócenie uwagi na właściwą obróbkę cieplną, która musi być przeprowadzana zawsze w przypadku, gdy platynowy termometr oporowy poddawany jest działaniu temperatury wyższej od około 420 °C.

Temperaturę wyznacza się ze stosunku oporu elektrycznego  $R(T_{90})$  w temperaturze  $T_{90}$  i oporu elektrycznego  $R(273,16 \text{ K})$  w punkcie potrójnym wody. Stosunek ten,  $W(T_{90})$ , wyraża się wzorem <sup>2)</sup>:

$$W(T_{90}) = R(T_{90})/R(273,16 \text{ K}) . \quad (7)$$

Stosowany platynowy czujnik termometru oporowego powinien być wykonany z czystej, wolnej od naprężeń platyny i spełniać co najmniej jedną z dwu następujących zależności:

$$W(29,7646 \text{ °C}) \geq 1,11807 , \quad (8a)$$

$$W(-38,8344 \text{ °C}) \leq 0,844235 . \quad (8b)$$

Platynowy termometr oporowy, który ma być stosowany aż do punktu krzepnięcia srebra, powinien również spełniać zależność:

$$W(961,78 \text{ °C}) \geq 4,2844 . \quad (8c)$$

W każdym z zakresów termometru oporowego  $T_{90}$  otrzymuje się z  $W_r(T_{90})$  danego przez odpowiednią funkcję odniesienia {równania (9b) lub (10b)} i z funkcji odchylenia  $W(T_{90}) - W_r(T_{90})$ . W definicyjnych punktach stałych odchylenie to otrzymuje się bezpośrednio na podstawie wzorcowania termometru; w temperaturach pośrednich wyznacza się je za pomocą odpowiedniej funkcji odchylenia {równania (12), (13) i (14)}.

a) Dla zakresu 13,8033 K do 273,16 K obowiązuje następująca funkcja odniesienia:

$$\ln |W_r(T_{90})| = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \left[ \frac{\ln(T_{90}/273,16 \text{ K}) + 1,5}{1,5} \right]^i . \quad (9a)$$

Funkcja odwrotna, równoważna równaniu (9a) z odchyleniem do 0,1 mK, ma postać:

$$T_{90}/273,16 \text{ K} = B_0 + \sum_{i=1}^{15} B_i \left[ \frac{W_r(T_{90})^{1/6} - 0,65}{0,35} \right]^i . \quad (9b)$$

Wartości stałych,  $A_0$ ,  $A_i$ ,  $B_0$  i  $B_i$ , podano w tabeli IV.

Termometr można wzorcować w całym zakresie lub, wykorzystując mniejszą liczbę punktów wzorcowania, w zakresach, dla których wartości dolnej granicy 24,5561 K, 54,3584 K lub 83,8058 K, a wartość górnej granicy jest taka sama dla wszystkich zakresów i wynosi 273,16 K.

<sup>2)</sup> Ta definicja  $W(T_{90})$  różni się od odpowiedniej definicji stosowanej w MST-27, MST-48 i MPST-68: dla tych wszystkich wcześniejszych skali  $W(T)$  była definiowana wg temperatury odniesienia 0 °C, która od 1954 r. została określona jako 273,15 K.

b) Dla zakresu 0 °C do 961,78 °C obowiązuje następująca funkcja odniesienia:

$$W_r(T_{90}) = C_0 + \sum_{i=1}^9 C_i \left[ \frac{T_{90}/K - 754,15}{481} \right]^i \quad (10a)$$

Funkcja odwrotna, równoważna równaniu (10a), z odchyleniem do 0,13 mK, ma postać:

$$T_{90}/K - 273,15 = D_0 + \sum_{i=1}^9 D_i \left[ \frac{W_r(T_{90}) - 2,64}{1,64} \right]^i \quad (10b)$$

Wartości stałych  $C_0$ ,  $C_p$ ,  $D_0$  i  $D_i$  są podane w tabeli IV.

Tabela IV  
Oporowy termometr platynowy  
Wartości stałych  $A_0$ ,  $A_i$ ;  $B_0$ ,  $B_i$ ;  $C_0$ ,  $C_i$ ;  $D_0$  oraz  $D_i$  w równaniach (9a), (9b), (10a) i (10b)

$A_0$	-2,135 347 29	$B_0$	0,183 324 722
$A_1$	3,183 247 20	$B_1$	0,240 975 303
$A_2$	-1,801 435 97	$B_2$	0,209 108 771
$A_3$	0,717 272 04	$B_3$	0,190 439 972
$A_4$	0,503 440 27	$B_4$	0,142 648 498
$A_5$	-0,618 993 95	$B_5$	0,077 993 465
$A_6$	-0,053 323 22	$B_6$	0,012 475 611
$A_7$	0,280 213 62	$B_7$	-0,032 267 127
$A_8$	0,107 152 24	$B_8$	-0,075 291 522
$A_9$	-0,293 028 65	$B_9$	-0,056 470 670
$A_{10}$	0,044 598 72	$B_{10}$	0,076 201 285
$A_{11}$	0,118 686 32	$B_{11}$	0,123 893 204
$A_{12}$	-0,052 481 34	$B_{12}$	-0,029 201 193
		$B_{13}$	-0,091 173 542
		$B_{14}$	0,001 317 696
		$B_{15}$	0,026 025 526
$C_0$	2,781 572 54	$D_0$	439,932 854
$C_1$	1,646 509 16	$D_1$	472,418 020
$C_2$	-0,137 143 90	$D_2$	37,684 494
$C_3$	-0,006 497 87	$D_3$	7,472 018
$C_4$	-0,002 344 44	$D_4$	2,920 828
$C_5$	0,005 118 68	$D_5$	0,005 184
$C_6$	0,001 879 82	$D_6$	-0,963 864
$C_7$	-0,002 044 72	$D_7$	-0,188 732
$C_8$	-0,000 461 22	$D_8$	0,191 203
$C_9$	0,000 457 24	$D_9$	0,049 025

Termometr można wzorcować w całym tym zakresie lub wykorzystując mniejszą liczbę punktów wzorcowania, w zakresach o wartości górnej granicy: 660,323 °C; 419,527 °C; 231,928 °C; 156,5985 °C lub 29,7646 °C, a wartość dolnej granicy jest taka sama dla wszystkich zakresów i wynosi 0 °C.

c) Termometr można wzorcować w zakresie od 234,3156 K (-38,8344 °C) do 29,7646 °C, przy czym wzorcowanie przeprowadza się w tych temperaturach i temperaturze punktu potrójnego wody. Dla tego zakresu potrzebne są obydwie funkcje odniesienia {równania (9) i (10)}.

Definicyjne punkty stałe i funkcje odchylenia dla różnych zakresów podane są niżej oraz w postaci streszczenia w tabeli V.

Tabela V

Funkcje odchylenia i punkty wzorcowania dla oporowych termometrów platynowych w różnych zakresach temperatury

(a) Zakresy z górną granicą 273,16 K			
Pozycja	Granica dolna	Funkcje odchylenia	Punkty wzorcowania*
3.3.1	13,8033 K	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2 + \sum_{i=1}^n c_i [\ln W(T_{90})]^{i+n}$ , $n=2$	2 do 9
3.3.1.1	24,5561 K	jak dla 3.3.1 gdzie $c_4 = c_5 = 0$ oraz $n=0$	2,5 do 9
3.3.1.2	54,3584 K	jak dla 3.3.1 gdzie $c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0$ oraz $n=1$	6 do 9
3.3.1.3	83,8058 K	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1] \ln W(T_{90})$	7 do 9
(b) Zakresy z dolną granicą 0 °C			
Pozycja	Granica górna	Funkcje odchylenia	Punkty wzorcowania*
3.3.2**	961,78 °C	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2 + c[W(T_{90}) - 1]^3 + d[W(T_{90}) - W(660,323 \text{ °C})]^2$	9, 12 do 15
3.3.2.1	660,323 °C	jak dla 3.3.2 gdzie $d=0$	9, 12 do 14
3.3.2.2	419,527 °C	jak dla 3.3.2 gdzie $c=d=0$	9, 12, 13
3.3.2.3	231,928 °C	jak dla 3.3.2 gdzie $c=d=0$	9, 11, 12
3.3.2.4	156,5985 °C	jak dla 3.3.2 gdzie $b=c=d=0$	9, 11
3.3.2.5	29,7646 °C	jak dla 3.3.2 gdzie $b=c=d=0$	9, 10
(c) Zakres od 234,3156 K (-38,8344 °C) do 29,7646 °C			
3.3.3		jak dla 3.3.2 $c=d=0$	8 do 10

\* Patrz tabela I

\*\* Punkty wzorcowania 9, 12 do 14 stosowane są przy  $d = 0$  dla  $t_{90} \leq 660,323 \text{ °C}$ ; tak uzyskane wartości a, b i c są utrzymane dla  $t_{90} \geq 660,323 \text{ °C}$  z d określonym w punkcie wzorcowania 15.

### 3.3.1 Od punktu potrójnego wodoru w równowadze (13,8033 K) do punktu potrójnego wody (273,16 K)

Termometr jest wzorcowany w punktach potrójnych: wodoru w równowadze (13,8033 K), neonu (24,5561 K), tlenu (54,3584 K), argonu (83,8058 K), rtęci (234,3156 K) oraz wody (273,16 K), i w dwóch dodatkowych temperaturach zbliżonych do 17,0 K oraz 20,3 K. Te dwa ostatnie punkty można wyznaczyć za pomocą termometru gazowego, jak to opisano w pkt 3.2. W tym przypadku jedna z tych temperatur musi się znajdować w zakresie od 16,9 K do 17,1 K a druga od 20,2 K do 20,4 K, bądź też wykorzystując zależność ciśnienia od temperatury dla par wodoru w równowadze; w tym przypadku jedna z tych temperatur musi znajdować się w zakresie od 17,025 K do 17,045 K a druga od 20,26 K do 20,28 K, przy czym dokładne wartości wyznaczone z równań (11a) i (11b), wynoszą:

$$T_{90}/K - 17,035 = (p/kPa - 33,3213)/13,32 \quad (11a)$$

$$T_{90}/K - 20,27 = (p/kPa - 101,292)/30 \quad (11b)$$

Funkcja odchylenia ma postać <sup>3)</sup>:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a [W(T_{90}) - 1] + b [W(T_{90}) - 1]^2 + \sum_{i=1}^5 c_i [\ln W(T_{90})]^{i+n} \quad (12)$$

gdzie: wartości współczynników  $a$ ,  $b$  i  $c_i$  wyznaczane są na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych przy  $n = 2$ .

Dla tego zakresu i dla podzakresów 3.3.1.1 do 3.3.1.3 wymagane wartości  $W_i(T_{90})$  otrzymywane są z równania (9a) lub tabeli I.

#### 3.3.1.1 Od punktu potrójnego neonu (24,5561 K) do punktu potrójnego wody (273,16 K)

Termometr wzorcowany jest w punktach potrójnych: wodoru w równowadze (13,8033 K), neonu (24,5561 K), tlenu (54,3584 K), argonu (83,8058 K), rtęci (234,3156 K) i wody (273,16 K).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (12), przy czym wartości współczynników  $a$ ,  $b$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  i  $c_3$  wyznaczane są na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych przy  $c_4 = c_5 = n = 0$ .

#### 3.3.1.2 Od punktu potrójnego tlenu (54,3584 K) do punktu potrójnego wody (273,16 K)

Termometr jest wzorcowany w punktach potrójnych tlenu (54,3584 K), argonu (83,8058 K), rtęci (234,3156 K) i wody (273,16 K).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (12), przy czym wartości współczynników  $a$ ,  $b$  i  $c_1$  wyznaczono na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych, z  $c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0$  oraz  $n = 1$ .

#### 3.2.1.3 Od punktu potrójnego argonu (83,8058 K) do punktu potrójnego wody (273,16 K)

Termometr jest wzorcowany w punktach potrójnych argonu (83,8058 K), rtęci (234,3156 K) i wody (273,16 K).

Funkcja odchylenia ma postać:

<sup>3)</sup> W tej funkcji odchylenia {a także w funkcjach w równaniach (13) i (14)}  $W$  występujące po prawej stronie znaku równości może być zastąpione przez  $W_r$ ; procedura ta podana jest w „Supplementary information for the ITS-90”.

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1] \ln W(T_{90}), \quad (13)$$

gdzie: wartości  $a$  i  $b$  wyznacza się na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych.

### 3.3.2 Od 0 °C do punktu krzepnięcia srebra (961,78 °C)

Termometr jest wzorcowany w punkcie potrójnym wody (0,01 °C) oraz w punktach krzepnięcia cyny (231,928 °C), cynku (419,527 °C), aluminium (660,323 °C) i srebra (961,78 °C).

Funkcja odchylenia ma postać:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2 + c[W(T_{90}) - 1]^3 + d[W(T_{90}) - W(660,323 \text{ °C})]^2. \quad (14)$$

Dla temperatur niższych od punktu krzepnięcia aluminium  $d = 0$ , przy czym wartości  $a$ ,  $b$  i  $c$  wyznacza się ze zmierzonych odchyżeń od  $W_r(T_{90})$  w punktach krzepnięcia cyny, cynku i aluminium. Od punktu krzepnięcia aluminium do punktu krzepnięcia srebra podane wyżej wartości  $a$ ,  $b$  i  $c$  są ustalone, zaś wartość  $d$  wyznaczana jest na podstawie zmierzonej wartości odchylenia od  $W_r(T_{90})$  w punkcie krzepnięcia srebra.

Dla tego zakresu i dla podzakresów 3.3.2.1 do 3.3.2.5 wymagane wartości  $W_r(T_{90})$  uzyskuje się ze wzoru (10a) lub z tabeli I.

#### 3.3.2.1 Od 0 °C, do punktu krzepnięcia aluminium (660,323 °C)

Termometr jest wzorcowany w punkcie potrójnym wody (0,01 °C) oraz w punktach krzepnięcia cyny (231,928 °C), cynku (419,527 °C) i aluminium (660,323 °C).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (14), przy czym wartości  $a$ ,  $b$  i  $c$  wyznaczane są na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych dla  $d = 0$ .

#### 3.3.2.2 Od 0 °C do punktu krzepnięcia cynku (419,527 °C)

Termometr jest wzorcowany w punkcie potrójnym wody (0,01 °C) oraz w punktach krzepnięcia cyny (231,928 °C) i cynku (419,527 °C).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (14), przy czym wartości  $a$  i  $b$  wyznaczane są na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych dla  $c = d = 0$ .

#### 3.3.2.3 Od 0 °C do punktu krzepnięcia cyny (231,928 °C)

Termometr jest wzorcowany w punkcie potrójnym wody (0,01 °C) oraz w punktach krzepnięcia indu (156,5985 °C) i cyny (231,928 °C).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (14), przy czym wartości  $a$  i  $b$  wyznaczane są na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych dla  $c = d = 0$ .

#### 3.3.2.4 Od 0 °C do punktu krzepnięcia indu (156,5985 °C)

Termometr jest wzorcowany w punkcie potrójnym wody (0,01 °C) oraz w punkcie krzepnięcia indu (156,5985 °C).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (14), przy czym wartość  $a$  wyznaczana jest na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych dla  $b = c = d = 0$ .

### 3.3.2.5 Od 0 °C do punktu topnienia galu (29,7646 °C)

Termometr jest wzorcowany w punkcie potrójnym wody (0,01 °C) oraz w punkcie topnienia galu (29,7646 °C).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (14), przy czym wartość  $a$  wyznaczana jest na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych dla  $b = c = d = 0$ .

### 3.3.3 Od punktu potrójnego rtęci (-38,8344 °C) do punktu topnienia galu (29,7646 °C)

Termometr jest wzorcowany w punktach potrójnych rtęci (-38,8344 °C) i wody (0,01 °C), oraz w punkcie topnienia galu (29,7646 °C).

Funkcja odchylenia wyraża się równaniem (14), przy czym wartości  $a$  i  $b$  wyznaczane są na podstawie wyników pomiarów w definicyjnych punktach stałych dla  $c = d = 0$ .

Wymagane wartości  $W_r(T_{90})$  obliczane są na podstawie równań (9a) dla temperatur niższych od 273,16 K oraz (10a) dla temperatury wyższej od 273,16 K, albo na podstawie tabeli I.

## 3.4 Zakres temperatury powyżej punktu krzepnięcia srebra (961,78 °C): prawo promieniowania Plancka

Powyżej punktu krzepnięcia srebra temperatura  $T_{90}$  zdefiniowana jest za pomocą równania:

$$\frac{L_{\lambda}(T_{90})}{L_{\lambda}[T_{90}(X)]} = \frac{\exp(c_2[\lambda T_{90}(X)] - 1)}{\exp(c_2[\lambda T_{90}]^{-1}) - 1} \quad (15)$$

gdzie:  $T_{90}(X)$  oznacza dowolny, jeden spośród następujących punktów krzepnięcia srebra  $\{T_{90}(\text{Ag}) = 1,234,93 \text{ K}\}$ , złota  $\{T_{90}(\text{Au}) = 1337,33 \text{ K}\}$  lub miedzi  $\{T_{90}(\text{Cu}) = 1357,77 \text{ K}\}$ <sup>4)</sup> oraz  $L_{\lambda}(T_{90})$  i  $L_{\lambda}[T_{90}(X)]$  oznaczają gęstości widmowe luminancji energetycznej ciała czarnego przy długości fali (w próżni)  $\lambda$ , w temperaturze  $T_{90}$  i odpowiednio w temperaturze  $T_{90}(X)$ , oraz  $c_2 = 0,014388 \text{ m} \cdot \text{K}$ .

Warunki użytkowania i szczegółowe dane dotyczące pirometrii optycznej, podane są w „Supplementary information for the ITS-90”.

## 4 Informacje uzupełniające i różnice względem poprzednich skal

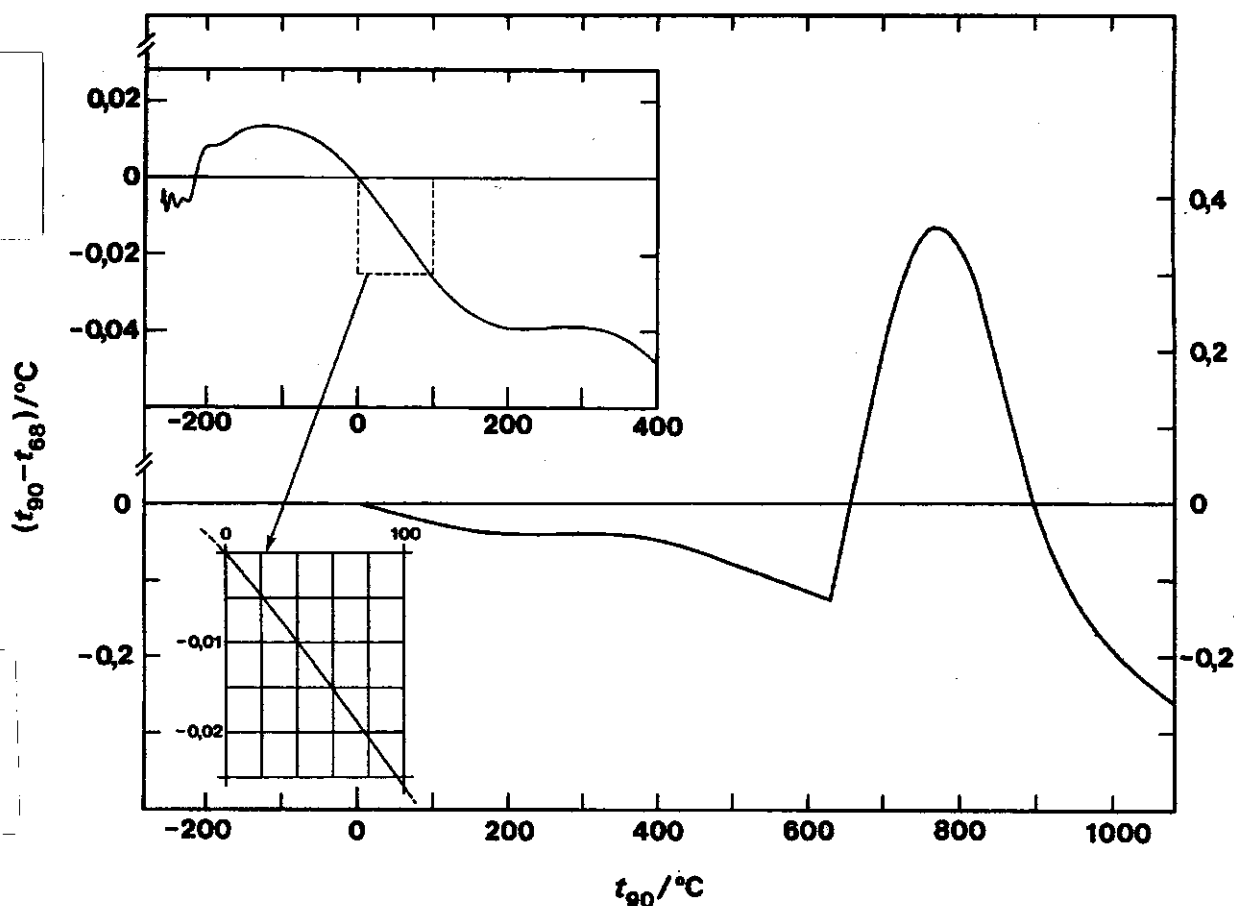
Urządzenia, metody pomiarowe i procedury, służące do odtwarzania MST omówiono w „Supplementary information for the ITS-90”. Dokument ten omawia również wcześniejsze Międzynarodowe Skale Temperatury i podaje również różnice liczbowe między kolejnymi skalami. Tam

<sup>4)</sup> Wartości  $T_{90}$  punktów krzepnięcia srebra, złota i miedzi uważane są za spójne względem siebie do takiego stopnia, że zastąpienie dowolnej z nich dowolną z pozostałych dwóch, jako temperaturą odniesienia  $T_{90}(X)$ , nie prowadzi do znaczących różnic w mierzonych wartościach  $T_{90}$ .

gdzie było to możliwe, przedstawiono funkcje matematyczne które opisują różnice  $T_{90} - T_{68}$ . Szereg użytecznych metod aproksymacji do MST-90 podano w „Techniques for approximating the ITS-90”<sup>\*</sup>.

Oba dokumenty zostały przygotowane przez Komitet Doradczy Termometrii i opublikowane przez BIPM; są one okresowo nowelizowane i uaktualniane.

Różnice  $T_{90} - T_{68}$  przedstawiono na rysunku 1 i w tabeli VI. Liczba cyfr znaczących podanych w tabeli VI umożliwia dokonywanie wygładzonych interpolacji. Jednakże odtwarzalność MPST-68 w wielu zakresach jest znacznie gorsza, niż wynikałoby to z wspomnianej liczby cyfr znaczących.



Rys. 1. Różnica między MST-90 i MPST-68

\* Patrz „Monographie BIPM (1990)”.

Tabela VI

Różnice między MST-90 i TST-76, oraz między MST-90 i MPST-68 dla określonych wartości  $T_{90}$  i  $t_{90}$ 

$(T_{90} - T_{68})/mK$										
$T_{90}/K$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0						-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5
10	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0	-1,1	-1,3	-1,4	-1,6	-1,8	-2,0
20	-2,2	-2,5	-2,7	-3,0	-3,2	-3,5	-3,8	-4,1		
$(T_{90} - T_{68})/K$										
$T_{90}/K$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10					-0,006	-0,003	-0,004	-0,006	-0,008	-0,009
20	-0,009	-0,008	-0,007	-0,007	-0,006	-0,005	-0,004	-0,004	-0,005	-0,006
30	-0,006	-0,007	-0,008	-0,008	-0,008	-0,007	-0,007	-0,007	-0,006	-0,006
40	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,007	-0,007	-0,007	-0,006	-0,006
50	-0,006	-0,005	-0,005	-0,004	-0,003	-0,002	-0,001	-0,000	0,001	0,002
60	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006	0,007	0,007
70	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
80	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
90	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,009	0,009	0,009
$T_{90}/K$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	0,009	0,011	0,013	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,012	0,012
200	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007	0,005	0,003	0,001		
$(t_{90} - t_{68})/^{\circ}C$										
$t_{90}/^{\circ}C$	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-100	0,013	0,013	0,014	0,014	0,014	0,013	0,012	0,010	0,008	0,008
0	0,000	0,002	0,004	0,006	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,012
$t_{90}/^{\circ}C$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0,000	-0,002	-0,005	-0,007	-0,010	-0,013	-0,016	-0,018	-0,021	-0,024
100	-0,026	-0,028	-0,030	-0,032	-0,034	-0,036	-0,037	-0,038	-0,039	-0,039
200	-0,040	-0,040	-0,040	-0,040	-0,040	-0,040	-0,040	-0,039	-0,039	-0,039
300	-0,039	-0,039	-0,039	-0,040	-0,040	-0,041	-0,042	-0,043	-0,045	-0,046
400	-0,048	-0,051	-0,053	-0,056	-0,059	-0,062	-0,065	-0,068	-0,072	-0,075
500	-0,079	-0,083	-0,087	-0,090	-0,094	-0,098	-0,101	-0,105	-0,108	-0,112
600	-0,115	-0,118	-0,122	-0,125*	-0,08	-0,03	0,02	0,06	0,11	0,16
700	0,20	0,24	0,28	0,31	0,33	0,35	0,36	0,36	0,36	0,35
800	0,34	0,32	0,29	0,25	0,22	0,18	0,14	0,10	0,06	0,03
900	-0,01	-0,03	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12	-0,14	-0,16	-0,17	-0,18
1000	-0,19	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,24	-0,25	-0,25	-0,26	-0,26
$t_{90}/^{\circ}C$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1000		-0,26	-0,30	-0,35	-0,39	-0,44	-0,49	-0,54	-0,60	-0,66
2000	-0,72	-0,79	-0,85	-0,93	-1,00	-1,07	-1,15	-1,24	-1,32	-1,41
3000	-1,50	-1,59	-1,69	-1,78	-1,89	-1,99	-2,10	-2,21	-2,32	-2,41

\*Nieciągłość pierwszej pochodnej różnicy  $(t_{90} - t_{68})$  występuje w  $t_{90} = 630,6^{\circ}C$  w której  $(t_{90} - t_{68}) = -0,125^{\circ}C$ .



## DODATEK

### Międzynarodowa Skala Temperatury z 1927 r. (MST-27)

Międzynarodowa Skala Temperatury z 1927 r. została przyjęta przez siódmą Generalną Konferencję Miar w celu przewyżczenia trudności występujących w praktyce podczas bezpośredniego pomiaru temperatury termodynamicznej przy użyciu termometru gazowego. Skala ta miała mieć charakter uniwersalny i zastąpić różne istniejące wówczas państwowe skale temperatury. Skalę MST-27 sformułowano w taki sposób, aby umożliwiała ona przeprowadzenie dokładnych i odtwarzalnych pomiarów temperatury, z tak bliskim przybliżeniem do temperatur termodynamicznych, jak to było możliwe w owym czasie. Między punktem wrzenia tlenu i punktem krzepnięcia złota skala była oparta na odtwarzalnych temperaturach albo na punktach stałych, do których przypisane były wartości liczbowe, oraz na dwóch standardowych przyrządach interpolacyjnych. Każdy z tych przyrządów interpolacyjnych był wzorcowany w wielu stałych punktach, co dawało wartości stałych do wzoru interpolacyjnego obowiązującego w odpowiednim zakresie temperatury. W dolnej części zakresu stosowano platynowy termometr oporowy, a dla temperatur wyższych od 660 °C - termoelement platynarod-platyna. Temperatury dla zakresu powyżej punktu krzepnięcia złota były określane za pomocą prawa promieniowania Wiena, co implikowało wybór pirometru optycznego jako przyrządu interpolacyjnego.

### Międzynarodowa Skala Temperatury z 1948 r. (MST-48)

Międzynarodowa Skala Temperatury z 1948 r. (MST-48) została przyjęta przez dziewiątą Generalną Konferencję Miar. Różnice w stosunku do MST-27 były następujące: dolna granica zakresu platynowego termometru oporowego została zmieniona z -190 °C na definicyjny punkt wrzenia tlenu -182,97 °C, a połączeniem zakresu platynowego termometru oporowego i zakresu termopary stał się zmierzony punkt krzepnięcia antymonu (około 630 °C) zamiast 660 °C; punkt krzepnięcia srebra został określony jako 960,8 °C zamiast 960,5 °C; punkt krzepnięcia złota zastąpił punkt topnienia złota (1063 °C); prawo promieniowania Plancka zastąpiło prawo Wiena; wartość przypisana drugiej stałej promieniowania wyniosła  $1,438 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$  zamiast  $1,432 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$ ; dopuszczalne zakresy dla stałych we wzorach interpolacyjnych dla standardowego termometru oporowego i termopary zostały zmodyfikowane; ograniczenie wartości  $\lambda T$  dla pirometrii optycznej ( $\lambda T \leq 3 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ ) zostało zmienione na wymóg stosowania promieniowania „widzialnego”.

### Międzynarodowa Praktyczna Skala Temperatury z 1948 r. (MPST-48)

#### Wydanie poprawione z 1960 r.

Międzynarodowa Praktyczna Skala Temperatury z 1948 r., wydanie poprawione z 1960 r., została przyjęta przez jedenastą Generalną Konferencję Miar. Już dziesiąta Generalna Konferencja przyjęła punkt potrójny wody jako jedyny punkt definicyjny kelwina, jednostki miary temperatury termodynamicznej. Poza wprowadzeniem do nazwy przymiotnika „Praktyczna”, zawierała następujące modyfikacje: punkt potrójny wody, zdefiniowany jako równy 0,01 °C, zastąpił punkt topnienia lodu jako punkt wykorzystywany do

wzorcowania w tym zakresie; punkt krzepnięcia cynku, zdefiniowany jako równy 419,505 °C, zastąpił punkt wrzenia siarki (444,6 °C) jako punktu wzorcowania; zmodyfikowane zostały zakresy dopuszczalnych wartości stałych we wzorach interpolacyjnych dla standardowego termometru oporowego oraz termopary; wyeliminowano ograniczenie do promieniowania „widzialnego” dla pirometrii optycznej.

Z uwagi na to, że wartości liczbowe temperatury w MPST-48 były takie same jak w MST-48, ta pierwsza nie była zmianą skali z 1948 r., lecz tylko jej poprawioną wersją.

### **Międzynarodowa Praktyczna Skala Temperatury z 1968 r. (MPST-68)**

W roku 1968 Międzynarodowy Komitet Miar, upoważniony przez trzynastą Generalną Konferencję z 1967-1968 r., ogłosił Międzynarodową Praktyczną Skalę Temperatury z 1968 r. MPST-68 wprowadziła znaczne zmiany w stosunku do MPST-48. Obejmowały one zmiany wartości liczbowych mające na celu osiągnięcie większej zgodności z temperaturami termodynamicznymi; różnice były istotne i nie uszły uwadze użytkowników. Inne zmiany były następujące: dolną granicą skali obniżono do 13,81 K; przy jeszcze niższych temperaturach (od 0,5 K do 5,2 K) zalecono stosowanie dwóch skal opartych na krzywych ciśnienia par helu; wprowadzono sześć nowych punktów stałych definicyjnych: punkt potrójny wodoru w równowadze (13,81 K), punkt pośredni wodoru w równowadze (17,042 K), normalny punkt wrzenia wodoru w równowadze (20,28 K), punkt wrzenia neonu (27,012 K), punkt potrójny tlenu (54,361 K), oraz punkt krzepnięcia cyny (231,9681 °C), który dopuszczono wymiennie z punktem wrzenia wody; punkt wrzenia siarki został wyeliminowany; wartości przypisane czterem punktom stałym zostały zmienione - punkt wrzenia tlenu (90,188 K), punkt krzepnięcia cynku (419,58 °C), punkt krzepnięcia srebra (961,93 °C), oraz punkt krzepnięcia złota (1064,43 °C); wzory interpolacyjne dla zakresu temperatury właściwego dla termometru oporowego przybrały znacznie bardziej złożoną postać; przypisana drugiej stałej promieniowania  $c_2$  wartość wynosi  $1,4388 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$ ; dopuszczalne zakresy stałych dla wzorów interpolacyjnych dla termometru oporowego i termopary zostały ponownie zmodyfikowane.

### **Międzynarodowa Praktyczna Skala Temperatury z 1968 r. (MPST-68)**

#### **Wydanie poprawione z 1975 r.**

Międzynarodowa Praktyczna Skala Temperatury z 1968 r., poprawione wydanie z 1975 r., została przyjęta przez piętnastą Generalną Konferencję Miar w 1975 r. Podobnie jak w przypadku MPST-48, która nie wprowadzała zmian wartości liczbowych w stosunku do MST-48, również MPST-68(75) tego typu zmian nie wprowadziła. Przeważająca część obszernych zmian redakcyjnych miała na celu jedynie objaśnienie i uproszczenie zaleceń co do jej stosowania. Wśród ważniejszych zmian należy wymienić: punkt tlenu został zdefiniowany raczej jako punkt kondensacji, niż punkt wrzenia; wprowadzony został punkt potrójny argonu jako dopuszczalny zamiennik dla punktu kondensacji tlenu; przyjęte zostały nowe wartości składu izotopowego naturalnego neonu; anulowane zostało zalecenie stosowania wartości wyznaczonych z krzywej ciśnienia pary dla  $^4\text{He}$  z 1958 r. i z krzywej ciśnienia pary dla  $^3\text{He}$  z 1962 r.

### Tymczasowa Skala Temperatury z 1976 r. (TST-76) dla zakresu 0,5 K do 30 K

Tymczasowa Skala Temperatury od 0,5 K do 30 K z 1976 r. powstała w celu spełnienia dwóch ważnych wymogów: znacznego zmniejszenia – znanych już wówczas – błędów MPST-68 (w stosunku do odpowiednich wartości temperatury termodynamicznej) w zakresie temperatury poniżej 2 K oraz w zakresach temperatury realizowanych przez krzywe ciśnienia pary  $^4\text{He}$  i  $^3\text{He}$ , w skalach z 1958 i 1962 r., a także wypełnienia luki między 5,2 K i 13,81 K, który to zakres temperatury nie był przedtem objęty skalą międzynarodową. TST-76 opracowano także, „aby była ona termodynamicznie gładka, aby łączyła się w sposób ciągły z MPST-68 w 27,1 K oraz aby była zgodna z temperaturą termodynamiczną  $T$  z taką dokładnością, na jaką pozwalają te dwa warunki”. W przeciwieństwie do MPST-68, dla zapewnienia szybkiego przyjęcia nowej skali, zaaprobowanych zostało wiele metod realizacji TST-76. Obejmowały one: stosowanie przyrządu do interpolacji termodynamicznej równocześnie z jednym lub kilkoma z jedenastu ustalonych punktów odniesienia; wykorzystywanie powyżej 13,81 K różnic od wartości w skali MPST-68; wykorzystywanie poniżej 5 K różnic od wartości opartych na krzywych ciśnienia par helu oraz wykorzystywanie różnic od wartości określonych przez dobrze ustalone „skale laboratoryjne”. Z uwagi na to, że istniał pewien „brak spójności wewnętrznej”, przyjęto, że możliwe jest wprowadzenie „drobnych wieloznaczności między wykonaniami”. Uznano jednak, że korzyści osiągane w wyniku przyjęcia TST-76 jako skali roboczej do czasu, gdy MPST-68 zostanie zrewidowana i rozszerzona, przeważają nad niedogodnościami.

169

### OBWIESZCZENIE PREZESA GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR z dnia 24 października 1996 r.

#### o sprostowaniu błędów

Na podstawie § 5 zarządzenia nr 7 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 28 lutego 1994 r. w sprawie wydawania Dziennika Urzędowego Miar i Probiernictwa (zmienionego zarządzeniem nr 152 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 17 września 1996 r.), prostuje się następujące błędy:

- 1) w załączniku do zarządzenia nr 32 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 26 marca 1996 r. w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych o porównawczych wzorcach chropowatości powierzchni obrabianych (Dz. Urz. Miar i Probiernictwa Nr 6, poz. 32) w § 3 pkt 1 zamiast wyrazów „6 mm” powinny być wyrazy „6  $\mu\text{m}$ ”,
- 2) w załączniku do zarządzenia nr 35 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 26 marca 1996 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania mikroskopów podwójnych do pomiaru chropowatości powierzchni (Dz. Urz. Miar i Probiernictwa Nr 7, poz. 35):
  - a) w § 2 pkt 2 skreśla się wyrazy „ust. 1”,
  - b) w § 16 ust. 4 zamiast wyrazów „ust. 4 pkt 1” powinny być wyrazy „ust. 3 pkt 1”,
- 3) w załączniku do zarządzenia nr 55 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 18 kwietnia 1996 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania czujników optycznych z działką elementarną

- o wartości  $1 \mu\text{m}$  (Dz. Urz. Miar i Probiernictwa Nr 11, poz. 63) zamiast wyrazów „§ 15” powinny być wyrazy „§ 14”,
- 4) w załączniku do zarządzenia nr 60 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 8 maja 1996 r. w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych o przyrządach mikrometrycznych (Dz. Urz. Miar i Probiernictwa Nr 12, poz. 67) w § 11 w pkt 4 na końcu zdania zamiast kropki powinien być przecinek oraz dodaje się pkt 5 w brzmieniu:  
„5) nadany znak zatwierdzenia typu.”,
- 5) w załączniku do zarządzenia nr 139 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 1 sierpnia 1996 r. w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych o opornikach wzorcowych stałych i regulowanych (Dz. Urz. Miar i Probiernictwa Nr 23, poz. 147) w § 2 ust. 1 (wzór) zamiast wyrazów „1 W” powinny być wyrazy „1  $\Omega$ ”.

Prezes  
Głównego Urzędu Miar  
*Krzysztof Mordziński*

---

Redakcja: Biuro Prawne Głównego Urzędu Miar, 00-139 Warszawa, ul. Elektoralna 2.  
Druk, prenumerata i kolportaż: Wydawnictwa Normalizacyjne „ALFA” – „WERO” Sp. z o.o.

00-511 Warszawa, ul. Nowogrodzka 22

Pojedyncze egzemplarze Dziennika Urzędowego można nabywać  
w Centralnej Księgarni Norm, 00-820 Warszawa, ul. Sienna 63, tel. 620 45 00, 620 71 31

---

Tłoczono z polecenia Prezesa Głównego Urzędu Miar

cena: 5 zł 28 gr (52 800 zł)