

**FACULTATEA DE CONSTRUCȚII DE MAȘINI ȘI  
MANAGEMENT INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTUL MAȘINI- UNELTE ȘI SCULE**

**Specializarea Mecanică Fină și Nanotehnologii**

**Cioată Florentin**

**Munteanu Adriana**

# **L U C R Ă R I de L A B O R A T O R**

**la disciplina**

**METROLOGIA SISTEMELOR MICROMECHANICE**

**2014**

## LUCRAREA NR. 1

# REDAREA REZULTATELOR MĂSURĂRILOR LA APARATE INDICATOARE ȘI ÎNREGISTRATOARE

### 1. Scopul lucrării

Cunoașterea elementelor, prin care se ia citirea informației de măsurare, caracteristice aparatelor indicatoare și înregistratoare; identificarea acestora pe aparatele cu cadran; calcularea și verificarea lor pe un aparat indicator specificat, concluzii privind starea aparatului verificat: aparat *admis* pentru utilizare, sau aparat *respins* de la utilizare.

### 2. Considerații generale

Redarea informației de măsurare este considerată optimă dacă asigură perceperea rezultatului măsurării cu viteză și corectitudine maximă.

Aparatele de măsurare pot reda informația de măsurare în două moduri:

- **redare analoagă** a rezultatului, prin transformarea semnalului de intrare cu variație continuă, într- un semnal de ieșire analog;
- **redare numerică** a rezultatului, prin transformarea semnalului de intrare cu variație continuă, într- un semnal de ieșire numeric, sub formă codificată.

Redarea analoagă a rezultatului măsurării este caracteristică aparatelor indicatoare și înregistratoare:

- la aparatele indicatoare semnalul de ieșire continuu este reperat pe o scară de repere, cu ajutorul unui indice sau arătător;
- la aparatele înregistratoare semnalul de ieșire este pe un suport din hârtie, aflat în mișcare de translație sau de rotație, cu ajutorul unui incriptor (creion, peniță, spot luminos, etc.).

#### Aparate indicatoare

Precizia și viteza de percepere a rezultatului măsurărilor la aparatele prevăzute cu scară de repere și arătător, depind de o serie de elemente caracteristice acestei categorii de aparate indicatoare și care vor fi analizate în continuare.

**1. Clasa de precizie, „c”**, a unui aparat de măsurare arată că, în condiții standard de exploatare (factori climatici la valori de referință, lipsa factorilor perturbatori mecanici și electromagnetici, etc.), eroarea de indicare este sub valoarea **c**% din limita maximă a intervalului scării. La modificarea unei singure mărimi de influență față de valoarea de referință, este posibilă o eroare suplimentară de încă **c**%. Valori ale claselor de precizie mai des utilizate sunt: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 5.

Clasa de precizie a unui aparat este înscrisă pe cadranul aparatului; atunci când numărul care arată clasa de precizie, este înscris într- un cerc, eroarea aparatului se referă la valoarea indicată de aparat.

**2. Poziția normală** de funcționare a aparatului se indică pe cadranul acestuia prin simboluri grafice convenționale, conform tab. 1.

Tabelul 1.

Poziția normală de funcționare a aparatului	Verticală	Orizontală	Înclinată față de orizontală cu unghiul $\varphi$
Simbolul grafic	$\perp$	—	$< \varphi$

**3. Forma scării de repere** utilizată la aparatele de măsurare indicatoare depinde de scopul urmărit pentru redarea rezultatului măsurării, conform tab. 2.

Tabelul 2.

Forma scării de repere		Utilizare
Liniară	Orizontală	Urmărirea unor mărimi relativ stabile.
	Verticală	Indicarea tendinței de variație. Compararea unor valori măsurate.
Circulară	Completă ( $2\pi$ )	Urmărirea mărimilor cu variație rapidă. Stabilirea unor abateri de la valoarea prescrisă a mărimii măsurate.
	Incompletă( $3/4\pi$ )	
	Incompletă( $1/2\pi$ )	
	Incompletă( $1/4\pi$ )	

**4. Gradarea scării de repere** trebuie să asigure o citire ușoară, să nu fie supraîncărcată și să favorizeze capacitatea operatorului de a interpola valorile numerice prin divizare mentală a intervalelor negradate. Valorile optime pentru lungimea scării de repere și pentru numărul de subdiviziuni ale acesteia se stabilesc din considerente ergonomice și experimentale, fiind date în tab. 3.

**Notă:** în tab. 3 s- au utilizat notații cu următoarele semnificații:

- **a** – distanța maximă de citire a aparatului indicator [mm]; se determină experimental,
- **c** – clasa de precizie a aparatului înscrisă pe cadranul acestuia.

Tabelul 3

Tipul aparatului	Trepte de interpolare recomandate <b>n</b>	Nr. diviziuni ale scării de repere <b>N</b>	Lungimea scării de repere <b>L</b>
Aparate pentru panouri de comandă și control	5	$100/n$	$0,0698 \cdot a/c$
Aparate pentru măsurări de precizie	2	$100/n$	$0,111 \cdot a/c$

**5. Dimensiunile minime ale reperelor** se referă la lungimea (înălțimea) și grosimea gradațiilor de pe scara de repere:

- la aparatele pentru tablouri de comandă și control se recomandă două feluri de repere: mari și mici;
- la aparatele pentru măsurări de precizie se recomandă trei feluri de repere: mari intermediare și mici.

Valorile recomandate pentru lungimea și grosimea gradațiilor scărilor de repere sunt date în tab. 4.

Tabelul 4

Lungimea gradațiilor			Grosimea gradațiilor
Principale	Intermediare	Mici	
a/300 – a/90	a/125	a/600 – a/200	a/5000 – a/3000

**6. Numerotarea optimă a diviziunilor** care asigură perceperea corectă a informației de măsurare recomandă seriile de cifre:

- 0 – 1 – 2 – 3 -.....;
- 0 – 2 – 4 – 6 -.....;
- 0 - 5 – 10 – 15 - ...;
- produsele lor cu  $10^n$ , unde  $n = 1, 2, 3, \dots$

**7. Forma și dimensiunile literelor și cifrelor** determină vizibilitatea acestora; se recomandă cifre cât mai simple, pe cât posibil formate din segmente drepte, cu dimensiunile date în tab. 5.

Tabelul 5

Înălțimea cifrei/ literei H	Lățimea cifrei/ literei l	Grosimea liniei		Distanța între două cifre	Distanța între două numere/ cuvinte
		Litere negre pe fond alb	Litere albe pe fond negru		
a/300	2H/3	1/6	1/10	H/6	2H/3

**8. Arătătorul** trebuie să fie apropiat de suprafața cadranului pentru a evita erorile de parallaxă; la aparatele de precizie se folosesc, în acest scop, scări de repere cu oglindă. Se recomandă ca vârful arătătorului să ajungă la distanță de 0,0 – 0,6 mm, dar nu mai mare de 1,6 mm.

Vârful arătătorului trebuie să aibă formă de pană mai îngustă decât grosimea reperelor, iar culoarea vârfului va fi aceeași cu a gradațiilor.

## 2.2. Aparate înregistratoare

Aparatele înregistratoare rețin, în timp, modificările parametrilor mășurați care sunt înregistrați pe un suport de hârtie, material fotosensibil, magnetic, etc., dând operatorului următoarele posibilități de observare:

- analiza tabloului general d variație a mărimilor mășurate;
- observarea modificărilor valorilor înregistrate;
- observarea abaterilor față de valorile nominale;
- compararea ușoară a valorilor mai multor parametri;
- interpolarea mai rapidă a valorilor parametrilor mășurați pentru un anumit interval de timp.

Valoarea mărimii mășurate se citește pe curba înregistrată, iar eroarea absolută a citirii depinde de grosimea liniei trasate și de contrastul liniei cu suportul; acceptându- se o eroare absolută de 0,2 – 0,5 din grosimea liniei; de aceea marginile liniilor de înregistrare trebuie să fie foarte precise.

La aparatele înregistratoare se folosesc, în general, coordonate carteziene, iar înscrisorul poate executa următoarele mișcări:

- o singură mișcare pe o direcție în timp ce hârtia execută o a doua mișcare pe direcție perpendiculară pe prima, cu viteză variabilă;
- două mișcări pe direcții perpendiculare, în timp ce hârtia este fixă, aparatele din această categorie fiind mai complexe și mai puțin utilizate.

## 3. Modul de efectuare a lucrării

Se verifică un aparat indicator, analizându- se toate elementele de redare a rezultatului mășurării.

Se parcurg următoarele etape:

**E1.** Se identifică aparatul indicator, domeniul de mășurare și valoarea diviziunii scării de repere;

**E2.** Se identifică tipul aparatul indicator și clasa de precizie a acestuia;

**E3.** Se calculează eroarea maximă a aparatului cu relația:

$$\Delta_{\max} = c \cdot (x_2 - x_1) / N,$$

unde:

$x_2$  și  $x_1$  sunt limitele scării,

$N$  reprezintă numărul de diviziuni ale scării de repere.

**E4.** Se determină experimental (prin încercări) distanța maximă de citire,  $a$ ;

**E5.** Se verifică forma, poziția diviziunile scării de repere;

**E6.** Se calculează valorile optime sau recomandate ale dimensiunilor reperelor, cifrelor, literelor, numerelor, cuvintelor;

**E7.** Se determină, prin mășurare, dimensiunile efective ale acelorași elemente ale scării de repere;

**E8.** Se analizează modul de numerotare a diviziunilor, culoarea acestora, construcția, culoarea arătătorului și ale vârfului acestuia.

Se completează **Fișa de verificare** cu valorile calculate și efective ale elementelor verificate și cu rezultatele observațiilor vizuale.

#### **4. Interpretarea rezultatelor. Concluzii.**

După completarea fișei de verificare cu valorile calculate și determinate experimental pentru caracteristicile analizate, se compară valorile efective cu cele optime sau recomandate; rezultatele comparării se trec în coloana 4 a fișei de verificare (*corespunzător/ necorespunzător*).

Pot exista două decizii posibile cu privire la aparatul verificat:

- **„A” - aparat admis pentru o nouă utilizare**, dacă toate caracteristicile verificate sunt în conformitate cu valorile specificate;
- **„R” - aparat admis de la o nouă utilizare**, dacă una sau mai multe caracteristici au valori neconforme cu cele specificate.

Decizia luată se trece pe ultima linie a fișei de verificare.

**Notă:** în cazul unei decizii de tip **„R”**, se vor evidenția caracteristicile care nu sunt conforme cu cele specificate.

**FIȘĂ DE VERIFICARE**  
**Aparate indicatoare cu scară de repere și arătător**

<b>Denumirea aparatului</b>			
<b>Valoarea diviziunii</b>		<b>Domeniul de măsurare</b>	

**Tabel rezultate**

<b>Elementul verificat</b>		<b>Valoare optimă</b>	<b>Valoare efectivă</b>	<b>UM</b>	<b>Alte caracteristici; Observații</b>
<b>0</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Tipul aparatului		-	-	-	
Clasa de precizie, c		-		-	
Distanța maximă de citire, a		-			
Eroarea maximă, $\Delta_{\max}$		-			
Nr. de diviziuni ale scării, N		-		-	
Forma și poziția scării		-		-	
Lungimea scării de repere		-	-	-	
Numerotarea diviziunilor		-	-	-	
Lungimea gradațiilor	Principale				
	Intermediare				
	Mici				
Grosimea gradațiilor	Principale				
	Intermediare				
	Mici				
Construcția arătătorului		-	-	-	
Culoare arătător/ gradații		-	-	-	
Dimensiuni pt. cifre, litere, numere, cuvinte	Înălțime, H				
	Lățime, L				
	Grosime linie				
	Dist. între cifre				
	Dist. între numere				
Concluzie asupra aparatului verificat					

**LUCRAREA NR. 2**

**ANALIZA VALORII MEDII MĂSURATE  
A UNEI DIMENSIUNI CARACTERISTICE  
LA DOUĂ LOTURI DE PIESE SIMILARE  
FABRICATE ÎN SERIE PE ACEEAȘI MAȘINĂ  
LA UN INTERVAL DE TIMP.**

**CONCLUZII ȘI DECIZII  
ASUPRA REGLĂRILOR NECESARE**

**1. Scopul lucrării**

Cunoașterea unei metode statistice rapide de verificare a corectitudinii procesului de prelucrare prin așchiere, în producția de serie și de determinare a momentului în care se impune efectuarea reglărilor mașinii- unelte prelucrătoare.

**2. Considerații generale**

La producția de serie a pieselor pe mașini- unelte automate, verificarea corectitudinii procesului de prelucrare prin așchiere se realizează prin metode preventive de control, din care controlul statistic are o utilizare frecventă.

În principiu, controlul statistic constă în extragerea, la întâmplare, a unui număr mic de piese din totalul celor prelucrate, măsurarea caracteristicii urmărite la fiecare din piesele extrase, obținându-se o serie statistică, calcularea unor parametri statistici care vor da informații cu privire la modul în care au fost prelucrate toate piesele din care a fost extras lotul controlat; pe baza acestor informații se pot trage concluzii cu privire la reglarea mașinii-unelte așchietoare, la precizia acesteia, etc.

Controlul statistic este frecvent utilizat la verificarea corectitudinii procesului de prelucrare prin așchiere, în producția de serie, datorită avantajelor tehnico- economice pe care le are: economie de timp și de mijloace de măsurare necesare, caracter de prevenire a apariției rebuturilor, identificarea rapidă a momentului în care se obțin piese cu valori ale caracteristicii urmărite în afara toleranței prescrise, permițând, în timp util, luarea unor decizii de oprire a procesului de producție și de refacere a reglărilor mașinii- unelte prelucrătoare; deci, controlul statistic are marele avantaj de a fi o metodă preventivă de control (previne obținerea de piese cu caracteristici dimensionale în afara limitelor prescrise).

În cazul prelucrării pe mașini- unelte automate, principala cauză a producerii de reperi cu caracteristici în afara toleranțelor prescrise, este dereglarea mașinii- unelte.

Se propune o metodă statistică de apreciere a corectitudinii reglării mașinii- unelte; pentru aplicarea acestei metode, se extrag, la întâmplare și la momente diferite ale prelucrării lor, două loturi de piese la care se măsoară caracteristica urmărită.

Fie valorile medii  $X_1$  și  $X_2$  pentru două măsurători efectuate în două zile consecutive asupra unor loturi de piese dintr- un proces de fabricație.



Este de așteptat ca cele două valori medii să difere între ele, chiar dacă piesele fac parte din aceeași mulțime de bază. Este posibil ca diferența existentă să fie întâmplătoare (datorită erorilor de măsurare întâmplătoare sau a jocurilor din mașina-unealtă), dar există posibilitatea ca diferența să se datoreze dereglării mașinii-unealte; în acest caz cele două loturi de piese măsurate vor face parte din două mulțimi de bază diferite.

Rezultatele măsurărilor trebuie analizate, iar, pe baza acestei analize, să se tragă concluzii asupra necesității de a reface reglarea mașinii-unealte.

În cazul în care cele două valori medii provin din aceeași mulțime de bază, deci au aceeași medie ideală, atunci mărimea  $t_0$ , calculată cu relația:

$$t_0 = \pm \left\{ \frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{(n_1 + n_2)} \right\}^{1/2} \cdot \frac{(X_1 - X_2)}{[ (n_1 - 1) \cdot S_1^2 + (n_2 - 1) \cdot S_2^2 ]^{1/2}}$$

face parte dintr-o distribuție t (Student).

În relație, notațiile au următoarele semnificații:

- $n_1, n_2$  – numărul de măsurători din cele două serii;
- $X_1, X_2$  – valorile medii ale celor două serii de rezultate ale măsurărilor;
- $S_1, S_2$  – abaterile medii pătratice corespunzătoare celor două serii de valori măsurate.

Pentru distribuția Student, se poate calcula probabilitatea ca mărimea t să depășească limitele  $\pm c$ .

Din graficul distribuției Student (figura 1) se poate determina probabilitatea p [%], cu care apare variabila  $t = c$ .

**Notă:** în graficul distribuției Student este redată probabilitatea de apariție a variabilei  $t = c$ , pentru diferite valori ale gradului de libertate,  $n_f$ .

Gradul de libertate  $n_f$ , se calculează cu relația:

$$t_0 = n_1 + n_2 - 2$$

Valoarea probabilității (significației) p [%], determinată din graficul distribuției Student, arată dacă valorile medii ale celor două serii de valori numerice fac parte, sau nu fac parte din aceeași mulțime de bază, oferind informații cu privire la reglarea mașinii-unealte.

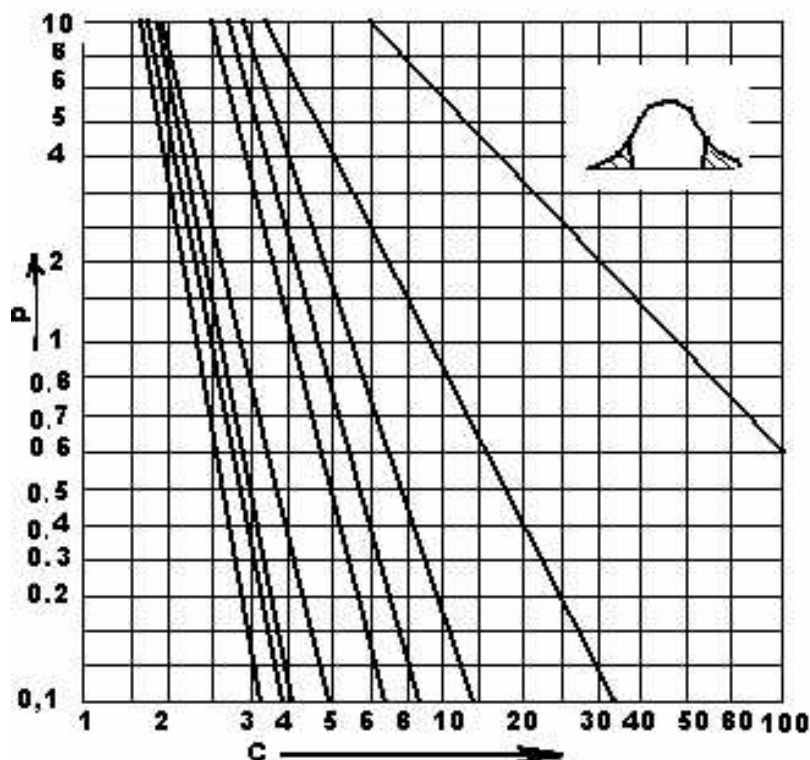


Fig. 1

În funcție de valoarea probabilității  $p$  [%], obținută, se evidențiază trei situații posibile, fiecare cu concluzii corespunzătoare:

- a. dacă  $p \leq 1\%$ , diferența valorilor medii este asigurată statistic; în acest caz, se poate accepta o abatere sistematică între cele două valori medii care nu fac parte din aceeași mulțime de bază.

**Concluzie:** reglarea mașinii.- unelte este necorespunzătoare și trebuie refăcută.

- b. dacă  $p \geq 10\%$ , cele două valori medii fac parte din aceeași mulțime de bază.

**Concluzie:** reglarea mașinii.- unelte este corectă.

- c. Dacă  $0 < p < 10\%$ , diferența valorilor medii este mai puțin sigură și nu se poate spune cu certitudine dacă fac parte din aceeași mulțime de bază; deci nu se pot trage concluzii sigure privind reglarea mașinii-unelte.

**Concluzie:** reglarea mașinii.- unelte poate fi sau nu corectă; pentru o concluzie sigură se refac măsurările pe loturi mai mari de piese.

### 3. Mersul lucrării

Pentru a verifica corectitudinea reglării mașinii- unelte se parcurg următoarele etape:

**E.1.** Se dispune de două loturi de piese de același fel (role cilindrice), cu  $n_1$ , respectiv,  $n_2$ , bucăți și de un instrument comparator cu valoarea diviziunii de 0,001 mm, fixat pe un suport adecvat.

**E.2.** Se măsoară diametrul celor  $n_1$ , respectiv,  $n_2$ , piese, obținându- se  $n_1$  și  $n_2$  valori măsurate.

**E.3.** Se calculează valorile medii  $X_1$  și  $X_2$ , precum și dispersiile  $S_1^2$  și  $S_2^2$  pentru cele  $n_1$ , respectiv,  $n_2$  valori măsurate, aplicând relațiile:

- pentru valoarea medie  $X$ , a unui număr  $n$ , de valori măsurate:

$$\mathbf{X} = \Sigma \mathbf{x}_i / \mathbf{n},$$

- pentru dispersia  $S^2$  a unui număr  $n$ , de valori măsurate, care au valoarea medie  $X$ :

$$\mathbf{S}^2 = \pm [ \Sigma \mathbf{x}_i^2 - ( \Sigma \mathbf{x}_i )^2 / \mathbf{n} ] / (\mathbf{n} - 1).$$

**Notă:** dispersia este egală cu abaterea medie pătratică la puterea a II- a.

**E.4.** Se calculează gradul de libertate  $n_f$ .

**E.5.** Se calculează limita de semnificație:

$$\mathbf{c} = | \mathbf{t}_0 |.$$

**E.6.** Se determină semnificația, respectiv, probabilitatea  $p = f(c, n_f)$ , cu ajutorul graficului distribuției Student (fig. 1).

**E.7.** Se vor trage concluzii cu privire la corectitudinea reglării mașinii- unelte.

**REZULTATE**

**E1.**

**E2.**

**E3.**

**E4.**

**E5.**

**E6.**

**E7. Concluzie:**

## LUCRAREA NR. 3

### VERIFICAREA IPOTEZEI DISTRIBUȚIEI GAUSS A UNUI NUMĂR DE PIESE IDENTICE FABRICATE ÎN SERIE.

### CONCLUZII ȘI DECIZII CU PRIVIRE LA PRECIZIA ȘI REFACEREA REGLĂRII MAȘINII- UNELTE PRELUCRĂTOARE

#### 2. Scopul lucrării

Cunoașterea unei metode statistice de verificare a preciziei și corectitudinii reglării mașinii- unelte de prelucrare prin așchiere, în producția de serie și de determinare a momentului în care este necesar efectuarea reglărilor utilajului.

#### 2. Considerații generale

Controlul statistic este frecvent utilizat la verificarea corectitudinii procesului de prelucrare prin așchiere, în producția de serie, datorită avantajelor tehnico- economice pe care le are: economie de timp și de mijloace de măsurare necesare, caracter de prevenire a apariției rebuturilor, identificarea rapidă a momentului în care se obțin piese cu valori ale caracteristicii urmărite în afara toleranței prescrise, permițând, în timp util, luarea unor decizii de oprire a procesului de producție și de refacere a reglărilor mașinii- unelte prelucrătoare.

În principiu, controlul statistic constă în extragerea, la întâmplare, a unui număr mic de piese din totalul celor prelucrate, măsurarea caracteristicii urmărite la fiecare din piesele extrase, obținându-se o serie statistică, calcularea unor parametri statistici care vor da informații cu privire la modul în care au fost prelucrate toate piesele din care a fost extras lotul controlat; pe baza acestor informații se pot trage concluzii cu privire la reglarea mașinii-unelte așchietoare, la precizia acesteia, etc.

Metoda se bazează pe reprezentarea pe hârtii tip, numite **“fișe ale frecvențelor însumate”** (fig.1.) a rezultatelor măsurării unei dimensiuni caracteristice la un număr (n) piese fabricate în serie.

În aceste fișe se reprezintă suma frecvențelor însumate  $SF(\%)$ , a rezultatelor măsurătorilor în funcție de dimensiunea măsurată; unind punctele obținute printr-o dreaptă, astfel încât abaterile să fie cât mai mici, se pot trage concluzii cantitative asupra distribuției pieselor după dimensiunea caracteristică măsurată:

- a. cu cât punctele sunt mai apropiate de dreaptă, cu atât se supun mai bine distribuției Gauss, deci piesele fac parte dintr-o distribuție normală; acest lucru înseamnă că fișa permite tragerea unor concluzii asupra procesului de lucru al mașinii producătoare;

- b. dacă valoarea medie ideală (obținută din diagrama la SF=50%) și valoarea medie  $\bar{x}$  calculată, sunt apropiate și situate spre zona interioară a toleranțelor de fabricație, mașina este corect reglată (în sensul economiei de metal);
- c. se pot trage concluzii cu privire la probabilitatea cu care o piesă se află în interiorul toleranțelor de fabricație, în intervalul abaterii medii pătratice sau abaterii standard.

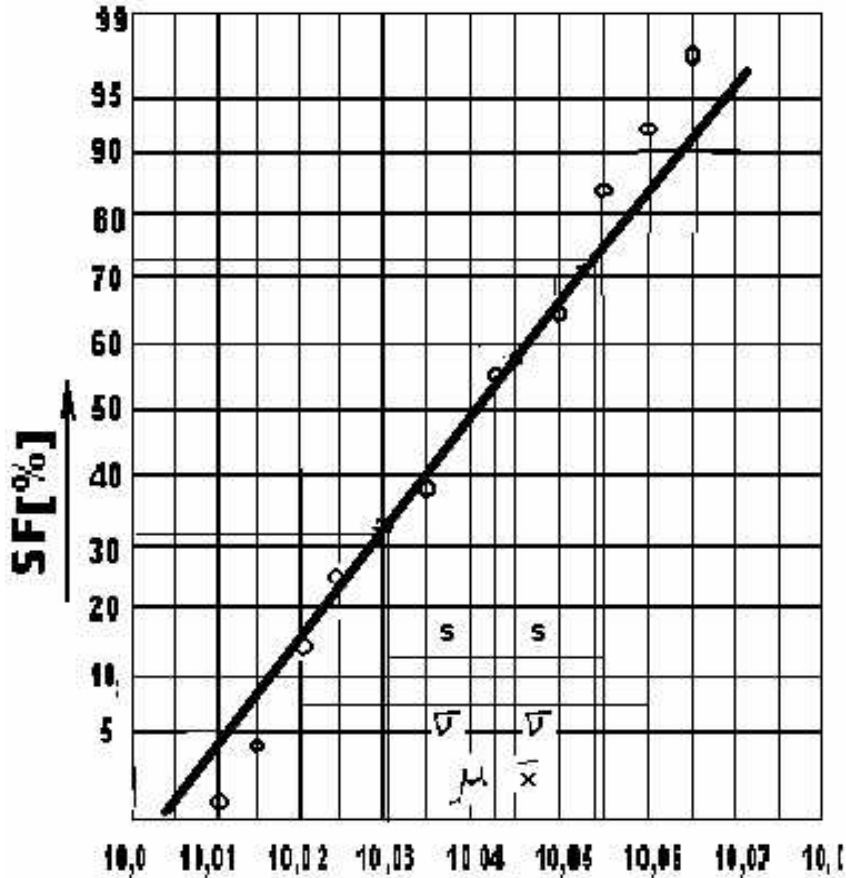


Fig. 1.

În exemplul din fig.1 s-a măsurat diametrul unui lot de  $n$  piese identice; diametrul nominal este  $\Phi 10$ , mm, cu abaterile limită ei = 0,010 mm și  $e_s = 0,075$  mm. Din diagrama rezultă:  $\mu = 10,04$  mm și  $\sigma = \pm 0,019$ . Se calculează valoarea medie,  $\bar{x} = 10,043$  mm și abaterea standard,  $S = \pm 0,011$ .

Din diagramă rezultă că, acceptând distribuția Gauss pentru piesele fabricate, probabilitatea ca o piesă fabricată să aibă dimensiunea caracteristică cuprinsă între 10,031 și 10,054 mm este de 40%; ca să aibă dimensiunile între 10,020 și 10,059 mm, este de 69,3%, iar probabilitatea ca să se afle în limitele câmpului de toleranță este de 92%.

Concluzia care se desprinde este: **gradul de uzură al mașinii este înaintat.**

Pentru funcționare corectă se cere ca ultima probabilitate să fie  $p = 95\%$  în construcția de mașini și  $99\%$  în mecanică fină.

#### 4. Mersul lucrării

Se consideră prelucrarea, în producție de serie, a unor role conice pe o mașină automată de rectificat plan; caracteristica dimensională urmărită este lungimea rolor  $L$ , cu valoarea nominală de  $17,5$  mm și abaterile limită:

$$e_i = -0,006 \text{ mm}, e_s = -0,076 \text{ mm}.$$

Pentru a verifica corectitudinea reglării mașinii- unelte și precizia acesteia, se parcurg următoarele etape:

**E.1.** Se dispune de un lot de  $n > 50$  de piese similare și un instrument comparator cu valoarea diviziunii de  $0,001$  mm, fixat pe un suport adecvat; câmpul de toleranță  $IT = 70 \mu\text{m}$ , al lungimii  $L$ , se împarte în  $10 - 15$  intervale egale, fiecare cu lungimea  $\Delta l$ .

**E.2.** Se sortează piesele pe un număr  $k$ , de grupe de dimensiuni, egal cu numărul de intervale cu lungimea  $\Delta l$ ; împărțirea se face printr-un proces de cernere: cu ajutorul calelor plan- paralele, instrumentul comparator se reglează la zero, pentru dimensiunea  $L_{\min}$  și se împart piesele în mai mici și mai mari decât  $L_{\min}$ ; cele mai mici se elimină fiind rebuturi. Se repetă operația cu instrumentul reglat la zero pentru dimensiunea  $L_{\min} + \Delta l$ ; Piesele mai mici decât dimensiunea la care s-a reglat instrumentul se numără, și se elimină, iar numărul lor se trece în tabelul R.1. Se continuă astfel până la dimensiunea  $L_{\max}$ , sau până la epuizarea pieselor. Numărul de piese din fiecare grupă reprezintă frecvența absolută  $n_i$ .

**E.3.** Se calculează frecvențele însumate, se trec în tabel și se trasează dreapta care trece prin punctele obținute, în funcție de mijlocul intervalului  $L_{mi}$ .

**E.4.** Se calculează valoarea medie:

$$L = \sum n_i \cdot L_{mi} / n .$$

**E.5.** Se calculează abaterea medie pătratică:

$$S = \pm \{ [ \sum n_i \cdot L_{mi}^2 - ( \sum n_i \cdot L_{mi} )^2 / n ] / (n - 1) \}^{1/2}.$$

**E.6.** Se notează valorile  $x = L$  și  $x + S$  pe diagramă și se apreciază poziția lor față de câmpul de toleranță; se determină valoarea medie ideală  $\mu$  și eroarea standard  $\sigma$  (corespunzătoare valorilor frecvențelor cumulate SF:  $15,84\%$ , respectiv  $84,15\%$ ).

**E.7.** Se compară valorile  $\mu$  și  $x$  și se apreciază poziția lor pe câmpul de toleranță; se determină probabilitatea ca o piesă oarecare fabricată să aibă caracteristica dimensională în limitele:  $L \pm S$ ,  $\mu \pm \sigma$  și în câmpul de toleranță.

**E.8.** Se vor trage concluzii cu privire la precizia și reglările mașinii- unelte.

**REZULTATE****Tabelul R.1.**

<b>Nr. crt.</b>	<b>Intervalul de măsurat</b>	$n_i$	SF= $n_i$	SF[%]	$L_{mi}$	$L_{mi}^2$	$n_i \cdot L_{mi}$	$n_i \cdot L_{mi}^2$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>—</b>	<b>—</b>			<b>—</b>	<b>—</b>		

**Concluzie:**



## LUCRAREA NR. 4

### COMPUNEREA ȘI TRANSMITEREA ERORILOR LA MĂSURĂRI INDIRECTE

#### 3. Scopul lucrării

Cunoașterea de unei metodologii de compunere a erorilor de măsurare sistematice și aleatoare, în cazul măsurărilor indirecte; determinarea incertitudinii de măsurare atunci când mărimea măsurată se obține prin funcții uzuale: funcții sumă, produs, etc. Cunoașterea metodologiei de comparare a exactității metodelor de măsurare.

#### 2. Considerații generale

Rezultatul măsurării unei mărimi trebuie să fie însoțit de indicarea incertitudinii de măsurare, deoarece în lipsa acesteia, cantitatea de informații furnizate este insuficientă și nu servește scopului urmărit; incertitudinea de măsurare reprezintă intervalul în care, se estimează, cu o anumită probabilitate, că se află valoarea adevărată a mărimii măsurate. Factorii care intervin în timpul măsurării generează erori de măsurare dintre care cele mai importante, după subordonarea metrologică, sunt: erorile sistematice și erorile aleatoare. Erorile sistematice remediabile, putând fi determinate, atât ca valoare cât și ca semn, conduc la calcularea corecției cu care se corectează rezultatul măsurării; erorile aleatoare, la care se poate determina, cel mult intervalul în care se află, conduc la obținerea incertitudinii de măsurare, compunându-se cu erorile sistematice neremediabile, dacă sunt de același ordin de mărime cu cele aleatoare.

Compunerea erorilor de măsurare se realizează în situațiile:

- când măsurarea este influențată de mai mulți factori, surse de erori parțiale de măsurare;
- când, în structura mijloacelor de măsurare sunt înseriate mai multe elemente ( captor, conductor de legătură, aparat indicator ), fiecare dintre aceștia generând erori de măsurare elementare;
- la măsurări indirecte, atunci când mărimea de măsurat se obține printr-o relație funcțională de alte mărimi care se măsoară și cărora le corespund erori parțiale de măsurare.

În aceste situații, probabilitatea ca toate erorile parțiale să apară cu valori extreme și cu același semn, este foarte mică ( practic nulă ); de aceea eroarea totală se obține prin compunerea erorilor parțiale și nu prin sumarea lor algebrică.

În cazul măsurărilor indirecte, la compunerea erorilor de măsurare, se iau în considerare influențele tuturor mărimilor care definesc măsurandul și care se măsoară, prin calcularea diferențialei totale, în care toți termenii se iau cu semnul plus (erorile parțiale pot fi de semne diferite și se pot anula între ele).

Se consideră mărimea  $Y$ , definită de mărimile parametrice  $x_i$ , prin relația:

$$Y = f ( x_1 , x_2 , \dots, x_n );$$

fiecare mărime parametrică  $x_i$  obținându-se, prin măsurare, cu eroarea parțială  $\Delta x_i$ .

Eroarea cu care se obține mărimea  $Y$  se determină prin compunerea erorilor de măsurare parțiale, cu ajutorul relației de calcul a diferențialei totale, în care termenii se sunează pătratic sau nu, în funcție de tipul erorilor componente:

1. în cazul apariției erorilor sistematice remediable, se determină eroarea sistematică remediabilă absolută  $\Delta Y$  și relativă  $EY$ , cu relațiile:

$$\Delta Y = \Sigma [ (\partial Y / \partial x_i) \cdot \Delta x_i ],$$

$$EY = \Delta Y / Y = \Sigma [ (\partial Y / \partial x_i) \cdot \Delta x_i / Y ] = \Sigma [ (\partial Y / \partial x_i) \cdot (x_i \cdot E_{x_i} / Y) ];$$

2. în cazul apariției erorilor sistematice neremediable și a erorilor aleatoare, se determină limitele maximale ale erorii cu care se obține mărimea  $Y$ ; eroarea absolută  $\delta Y$  și eroarea relativă  $\epsilon Y$  se calculează cu relațiile:

$$\delta Y = \pm \Sigma | (\partial Y / \partial x_i) \cdot \delta x_i |,$$

$$\epsilon Y = \pm \delta Y / Y = \pm \Sigma | (\partial Y / \partial x_i) \cdot \delta x_i / Y | = \pm \Sigma | (\partial Y / \partial x_i) \cdot (x_i \cdot \epsilon_{x_i} / Y) |;$$

**Notă:** limitele erorilor s-au calculat pe baza ipotezei că erorile parțiale nu se anulează nici măcar parțial, acestea adunându-se integral.

3. în cazul apariției erorilor sistematice neremediable și a erorilor aleatoare, se determină limitele statistice ale acestora; eroarea absolută  $\delta Y_p$  și eroarea relativă  $\epsilon Y_p$  se obțin prin sumarea pătratică a termenilor:

$$\delta Y_p = \pm \{ \Sigma [ (\partial Y / \partial x_i) \cdot \delta x_i ]^2 \}^{1/2},$$

$$\epsilon Y_p = \pm \delta Y_p / Y = \pm \{ \Sigma [ (\partial Y / \partial x_i) \cdot (\delta x_i / Y) ]^2 \}^{1/2} = \pm \{ \Sigma [ (\partial Y / \partial x_i) \cdot (x_i \cdot \epsilon_{x_i} / Y) ]^2 \}^{1/2}.$$

În tabelul 1 sunt date relațiile de calcul pentru erorile sistematice absolute și relative, pentru limitele maximale și statistice absolute și relative atunci când mărimea  $Y$  se obține cu ajutorul unor funcții uzuale de tip sumă algebrică, expresie liniară, produs. Termenii  $a$ ,  $a_i$ ,  $m_i$  sunt coeficienți numerici adimensionali.

Prin înlocuirea, în aceste relații a erorilor cu care se obțin mărimile măsurate  $x_i$ , se obține abaterea maximă absolută sau relativă precum și limitele statistice a erorii de măsurare pentru mărimea  $Y$ .

**Notă:** în cazuri practice, erorile  $\delta x_i$  se vor înlocui cu abaterea maximă dată de clasa de precizie a aparatelor cu care se măsoară mărimile  $x_i$ .

Eroarea relativă de măsurare a unei mărimi  $Y$ , este utilă pentru compararea exactității de măsurare a unor metode de măsurare; considerându-se, pentru măsurarea mărimii  $Y$  două metode cu exactități diferite, pentru a alege metoda cea mai exactă se compară erorile relative ale acestora.

### **3. Modul de lucru**

#### **3.1. Determinarea erorii de măsurare la măsurări indirecte.**

Se consideră măsurarea unei mărimi  $Y$ , prin aplicarea unei metode de măsurare indirecte date. Pentru determinarea erorii de măsurare absolute și relative a mărimii considerate, se parcurg următoarele etape:

**E.1.** Cunoscându-se ecuația de definiție a mărimii  $Y$ , se stabilesc mărimile informative care se vor măsura.

**E.2.** Se obțin (prin măsurări directe) valorile măsurate ale mărimilor care definesc mărimea  $Y$ .

**E.3.** Se identifică și se determină erorile de măsurare parțiale.

**E.4.** Se calculează valoarea măsurată a mărimii considerate.

**E.5.** Cu relațiile din tab.1, se calculează eroarea absolută și relativă a mărimii  $Y$ .

#### **3.2. Compararea exactității a două metode de măsurare.**

Se consideră două metode de măsurare a aceleiași mărimi. Pentru a se alege metoda mai precisă de măsurare, se parcurg următoarele etape:

**E.1.** Se identifică sursele de erori de măsurare parțiale și se calculează erorile parțiale pentru fiecare metodă.

**E.2.** Se calculează erorile absolute și relative de măsurare ale celor două metode; se compară erorile relative între ele.

**E.3.** Se alege ca metodă mai exactă de măsurare a mărimii considerate, metoda care are eroarea relativă mai mică.

Tabelul 1.

Funcția Y	Tipul de eroare determinată	Eroarea de măsurare a mărimii Y	
		Eroare absolută	Eroare relativă
Sumă algebrică: $Y = a \cdot \Sigma x_i$	Eroare sistematică remediabilă	$\Delta Y = a \cdot \Sigma \Delta x_i$	$EY = (a \cdot \Sigma \Delta x_i) / Y$
	Limite maximale	$\delta Y = \pm a \cdot \Sigma  \delta x_i $	$\epsilon Y = \pm (a \cdot \Sigma  \delta x_i ) / Y$
	Limite statistice	$\delta Y_p = \pm a \cdot (\Sigma \delta x_i^2)^{1/2}$	$\epsilon Y_p = \pm a \cdot (\Sigma \delta x_i^2)^{1/2} / Y$
Expresie liniară: $Y = \Sigma a_i \cdot x_i$	Eroare sistematică remediabilă	$\Delta Y = \Sigma a_i \cdot \Delta x_i$	$EY = (a \cdot \Sigma a_i \cdot \Delta x_i) / Y$
	Limite maximale	$\delta Y = \pm \Sigma  a_i \cdot \delta x_i $	$\epsilon Y = \pm (\Sigma  a_i \cdot \delta x_i ) / Y$
	Limite statistice	$\delta Y_p = \pm [\Sigma (a_i \cdot \delta x_i)^2]^{1/2}$	$\epsilon Y_p = \pm [\Sigma (a_i \cdot \delta x_i)^2]^{1/2} / Y$
Produs: $Y = \prod x_i^{m_i}$	Eroare sistematică remediabilă	$\Delta Y = Y \cdot (\Sigma m_i \cdot \Delta x_i / x_i)$	$EY = \Sigma m_i \cdot \Delta x_i / x_i$
	Limite maximale	$\delta Y = \pm Y \cdot \Sigma  m_i \cdot \delta x_i / x_i $	$\epsilon Y = \pm \Sigma  m_i \cdot \delta x_i / x_i $
	Limite statistice	$\delta Y_p = \pm Y \cdot [\Sigma (m_i \cdot \delta x_i / x_i)^2]^{1/2}$	$\epsilon Y_p = \pm [\Sigma (m_i \cdot \delta x_i / x_i)^2]^{1/2}$

## **REZULTATE**

**LUCRAREA NR. 5****VERIFICAREA COMPARATOARELOR CU CADRAN  
CU VALOAREA DIVIZIUNII DE 0,01 MM****4. Scopul lucrării**

Cunoașterea elementelor constructive ale comparatoarelor cu cadran, cunoașterea condițiilor tehnice pentru comparatoarele cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm; verificarea unui comparator cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm: aspect exterior, forța de măsurare, indicații (justețea și fidelitatea instrumentului).

**2. Considerații generale****2.1. Construcția și clasificarea comparatoarelor cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm**

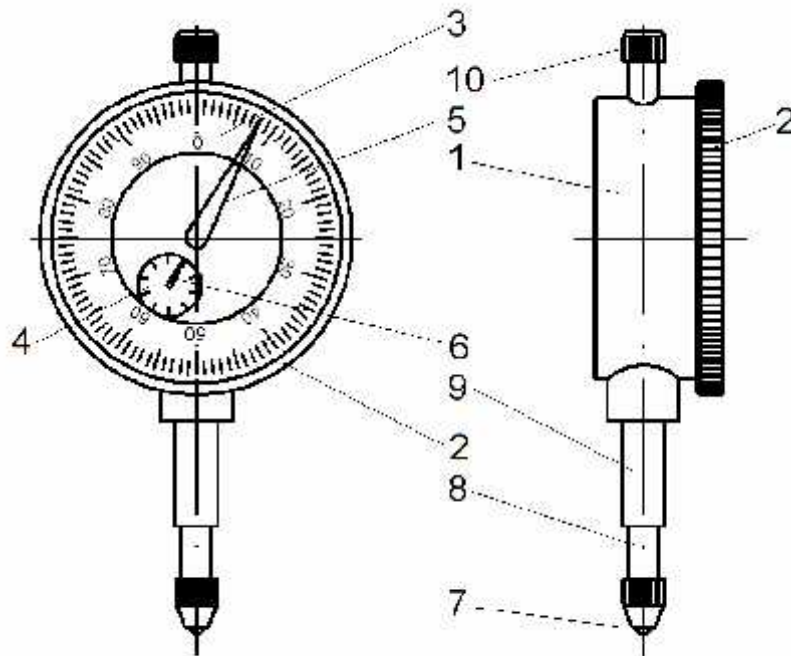
Comparatoarele cu cadran sunt instrumente și aparate utilizate pentru măsurarea dimensiunilor liniare prin metoda diferenței, care constă în stabilirea diferenței dintre mărimea de măsurat și o măsură de valoare cunoscută; măsura de valoare cunoscută este folosită pentru reglarea la zero a instrumentului/ aparatului comparator.

Mecanismul de măsurare al comparatoarelor cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm, este constituit din angrenaje cu roți dințate cilindrice.

Părțile principale ale unui comparator cu cadran sunt următoarele (fig. 1): carcasa 1, a instrumentului, în care este montat mecanismul de măsurare, rama mobilă cu geam 2, care se rotește față de carcasă, fiind folosită pentru reglarea la zero a instrumentului, cadranul 3, cu o scară circulară, cu 100 de diviziuni cu valoarea de 0,01 mm (numerotate din 10 în 10 diviziuni), cadranul 4, cu o scară circulară, cu 10 diviziuni cu valoarea de 1 mm (numerotate din două în două diviziuni), care indică numărul de milimetri (indică numărul de rotații complete ale arătătorului mare 5 (arătătorul sutimilor de milimetri), arătătorul mic 6, al milimetrilor.

Mărimea de măsurat este captată (sesizată) de vârful de măsurat 7 (palpatorul sferic), care se află în capătul tijei de măsurare 8. Comparatorul cu cadran se montează la suportul de atelier, prin intermediul brațului de fixare 9, cu diametrul 8h6 (aceeași valoare nominală și clasă de toleranțe pentru toate instrumentele cu această construcție). Comparatorul cu cadran este prevăzut cu un element numit trăgător 10, cu rolul de retragere a tijei de măsurare.

În construcția comparatorului cu cadran, este integrat mecanismul de reglare fină, acționat prin rotirea cadranului 3, cu ajutorul ramei mobile 2, care



**Fig. 1**

Părțile componente ale comparatorului cu cadran, v.d. 0,01 mm

are rolul de a aduce reperul zero al scării circulare mari, în dreptul arătătorului mare 5.

Comparatoarele cu cadran se clasifică după mai multe criterii, mai importante fiind:

**C1. Formatul (dimensiunea carcusei):**

- comparatoare cu format normal, cu diametrul carcusei de 60 mm;
- comparatoare cu format mic, cu diametrul carcusei de 40 mm.

**C2. Cursa de măsurare:**

- cursă mică: 1; 2; 5 mm;
- cursă normală: 10 mm,
- cursă mărită: 50; 100 mm.

**C3. Clasa de fabricație a instrumentului:**

- clasa 1;
- clasa 2;
- clasa 3.

**C4. Numărul de diviziuni ale cadranului:**

- cu 50 diviziuni, cu valoarea de 0,02 mm;
- cu 100 diviziuni, cu valoarea de 0,01 mm.

**C5. Numărul de arătătoare:**

- cu un singur arătător (arătătorul sutimilor de milimetri);
- cu două arătătoare (arătătorul sutimilor de milimetru și arătătorul milimetrilor).

## 2.2. Condiții tehnice ale comparatoarelor cu cadran

Principalele condiții tehnice pe care trebuie să le îndeplinească comparatoarele cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm, sunt:

**1. Rama mobilă**, trebuie să se rotească lin, să nu aibă joc, iar frecarea să fie moderată, dar să nu permită rotirea ramei în prezența trepidațiilor.

**2. Arătătorul sutimilor de milimetru**, în poziția de repaos, trebuie să se găsească în stânga axei de simetrie verticală, cu 20- 25 diviziuni (pentru comparatoarele cu 100 diviziuni), respectiv cu 10- 15 diviziuni (pentru comparatoarele cu 50 diviziuni).

**3. Arătătorul milimetrilor**, trebuie să coincidă cu un reper al scării lui, când arătătorul sutimilor de milimetru este decalat față de axa de simetrie verticală cu mai mult de 15 diviziuni.

**4. Mecanismul de transmitere și de amplificare**, trebuie să funcționeze lin, fără frecări sau împiedicări.

**5. Tija de măsurare**, trebuie să se deplaseze lin și uniform în ghidajul ei, fără joc lateral mare; atunci când tija de măsurare este supusă la o forță laterală, arătătorul mare trebuie să se rotească cu maxim 0,5 diviziuni.

**6. Forța de măsurare**, a tije de măsurare nu trebuie să depășească  $1,2 \pm 0,1$  N.

**7. Erorile tolerate**, nu trebuie să depășească valorile specificate în tab. 1.

**Tabelul 1.**

Clasa de fabricație	Justețea indicațiilor Erori tolerate [ $\mu$ m]					Fidelitatea indicațiilor [ $\mu$ m]
	În limitele porțiunii normale de 0,1 mm	În limitele unei rotații oarecare	În limitele întregii curse de măsurare			
			0- 2 mm 0- 3 mm	0- 5 mm	0- 10 mm	
1	4	8	10	12	15	2
2	6	12	15	18	25	3
3	8	18	20	25	40	5

*Observație:* porțiunea normală este intervalul de 0,1 mm din cursa de măsurare pentru care indicațiile instrumentului sunt optime și este specificată de producător în documentația însoțitoare. În lipsa acestor specificații, se consideră drept porțiune normală intervalul de 0,1 mm de la începutul celei de- a doua rotații a arătătorului mare.

## 3. Verificarea comparatorului cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm

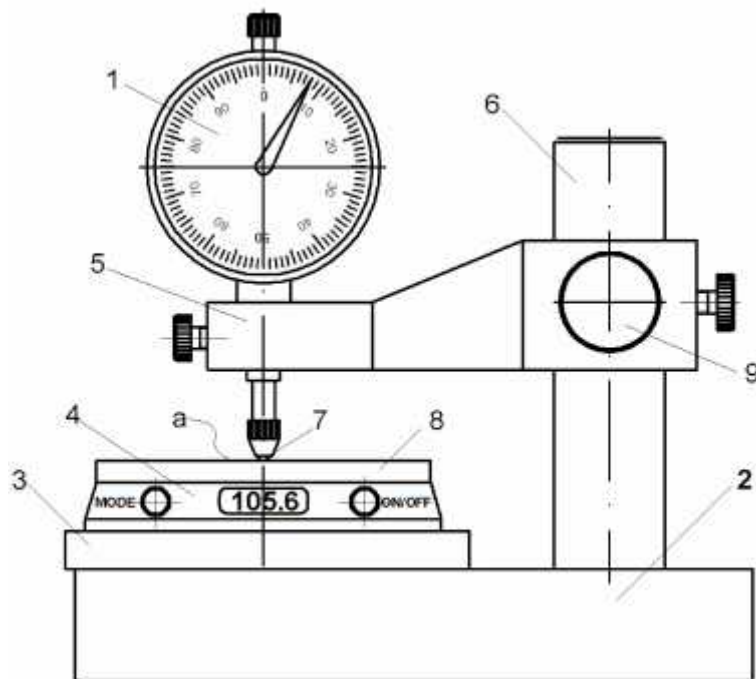
### 3.1. Verificarea aspectului exterior și a construcției.

Verificarea aspectului exterior și a construcției constă în verificarea condițiilor tehnice 1- 5, precum și a inscripțiilor de pe carcasă și de pe cadran.



### 3.2. Verificarea forței de măsurare.

Verificarea forței de măsurare constă în măsurarea ei cu ajutorul unei balanțe semiautomate sau a unui cântar digital (fig. 2).



**Fig. 2**

Verificarea forței de măsurare

Comparatorul cu cadran 1, se fixează la un suport de atelier 2; pe măsura 3, a acestuia se așază cântarul digital 4. Se deplasează consola 5, pe coloana 6, a suportului 2, se aduce vârful de măsurare 7, al instrumentului în contact cu suprafața a, a platanului 8 (contact nemijlocit). Se coboară, în continuare consola 5 (prin acționarea roții de mână 9) cu comparatorul cu cadran (și se măsoară forța de măsurare în trei porțiuni ale cursei de măsurare: la începutul cursei, la mijlocul cursei, la sfârșitul cursei de măsurare. Fiecare din cele trei valori efective ale forței de măsurare nu trebuie să depășească limita specificată.

### 3.2. Verificarea justeții indicațiilor

Verificarea justeții indicațiilor se realizează cu ajutorul calelor plan- paralele din clasa a III- a de precizie, executându- se separat pe următoarele porțiuni ale cursei de măsurare:

- în limitele porțiunii normale;
- în limitele unei rotații complete a arătătorului sutimilor de milimetru,
- în limitele întregii curse de măsurare.

Pentru verificarea justeții indicațiilor, comparatorul cu cadran se fixează la un suport de laborator prevăzut cu măsura, pe care se vor așeza calele plan- paralele care se vor măsura.

În funcție de porțiunea de cursă care se verifică, se stabilește calea plan- paralelă cu care se reglează la zero instrumentul (de regulă, reglarea la zero se realizează pentru începutul intervalului stabilit pentru verificare); după ce este reglat

la zero comparatorul cu cadran, se formează blocuri de cale plan- paralele corespunzătoare intervalului considerat și se măsoară, pe rând, notându- se indicațiile instrumentului. Rezultatele măsurărilor se trec în tabele.

*Observație:* la luarea citirilor pe cadranul instrumentului, se iau în considerare și fracțiunile de diviziune.

### 3.3. Verificarea fidelității indicațiilor.

Fidelitatea indicațiilor se verifică prin luarea mai multor citiri ale valorilor măsurate pe aceeași cală (bloc de cale) plan- paralelă și în același loc de pe suprafața ei.

Verificarea fidelității indicațiilor se face pentru două dimensiuni cuprinse în limitele porțiunii normale: pentru 0,3, respective, 0,9 din porțiunea normală, astfel:

- se reglează la zero instrumentul cu un bloc de cale plan- paralele cu lungimea corespunzătoare unei poziții (0,3 sau 0,9 din porțiunea normală); palpatorul instrumentului se aduce în contact cu suprafața liberă a blocului de cale plan- paralele, pe mijlocul acesteia;

- se retrage palpatorul instrumentului, se deplasează blocul de cale plan- paralele pe măsută, apoi, același bloc de cale plan- paralele se aduce sub palpator (tot pe mijlocul suprafeței); se eliberează palpatorul și se ia citirea indicației instrumentului;

- se repetă procedura de un număr de ori specificat.

## 4. Mersul lucrării

Pentru verificarea unui comparator cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm, se parcurg următoarele etape:

**E.1.** Se notează inscripțiile de pe carcasă și de pe cadranul instrumentului și se verifică aspectul exterior și construcția comparatorului cu cadran. Rezultatele verificării se trec în ***Fișa de verificare***.

**E.2.** Se verifică forța de măsurare a tijei de măsurare. Rezultatele verificării se trec în ***Fișa de verificare***.

**E.3.** Se verifică justețea indicațiilor în limitele porțiunii normale de 0,1 mm a cursei de măsurare:

- se reglează la zero comparatorul cu cadran cu cala plan- paralelă cu lungimea de 1 mm;

- se măsoară blocurile de cale plan- paralele cu lungimile: 1,01; 1,02; 1,03;.....1,10 mm;

Cu rezultatele măsurărilor se completează tabelul 2.

Valoarea  $\Delta_i$ , cea mai mare se compară cu eroarea de justețe admisă.

**E.4.** Se verifică justețea indicațiilor în limitele unei rotații a arătătorului sutimilor de milimetri (intervalul de 1 mm):

- se reglează la zero comparatorul cu cadran cu cala plan- paralelă cu lungimea de 1 mm;

- se măsoară blocurile de cale plan- paralele cu lungimile: 1,1; 1,2; 1,3;.....2,0 mm;

Cu rezultatele măsurărilor se completează tabelul 3.

Valoarea  $\Delta_i$ , cea mai mare se compară cu eroarea de justețe admisă.

**E.5.** Se verifică justețea indicațiilor în limitele întregii curse de măsurare (intervalul de 10 mm):

- se reglează la zero comparatorul cu cadran aducând vârful de măsurare al acestuia în contact cu suprafața activă a măsutei suportului de atelier;

- se măsoară calele plan- paralele cu lungimile: 1; 2; 3;.....10 mm;

Cu rezultatele măsurărilor se completează tabelul 4.

Valoarea  $\Delta_i$ , cea mai mare se compară cu eroarea de justețe admisă.

**E.6.** Se verifică fidelitatea indicațiilor prin efectuarea a două seturi de măsurători:

- se reglează la zero comparatorul cu cadran cu un bloc de cale plan- paralele cu lungimea  $a_0 = 1,03$  mm, aducând vârful de măsurare al acestuia în contact cu suprafața activă a blocului de cale plan- paralele, pe mijlocul acesteia;

- se măsoară același bloc de cale plan- paralele de 10 ori;

- se procedează în același mod pentru un bloc de cale plan- paralele cu lungimea  $b_0 = 1,09$  mm;

Cu rezultatele măsurărilor se completează tabelul 5.

**E.7.** Se calculează eroarea medie pătratică corespunzătoare unei indicații  $S_a$ , respective  $S_b$ , pentru fiecare din cele două seturi de măsurători, cu relațiile:

$$S_a = \quad , S_b = \quad (1)$$

unde: a și b sunt valorile medii ale rezultatelor celor două seturi de măsurători:

Valorile calculate  $S_a$  și  $S_b$ , care reprezintă eroarea de fidelitate (pentru fiecare set de măsurători), se trec în tabelul 5.

Valoarea S, cea mai mare se compară cu eroarea de fidelitate admisă.

**E.8.** Se vor trage concluzii cu privire la starea comparatorului cu cadran verificat.

Se ia decizia cu privire la comparatorul cu cadran verificat:

Instrument **admis** pentru utilizare.

Instrument **respins** de la utilizare.

**FIȘĂ DE VERIFICARE**

Aparat: comparator cu cadran	Construcție: mecanism cu roți dințate	
Valoarea diviziunii: 0,01 mm	Lungimea cursei: 10 mm	Clasa de precizie: 2

Nr. crt.	Caracteristica verificată	Valori		Concluzii
		Specificate	Verificate	
1	Rama mobilă	Rotire lină		
		Rotire fără joc		
		Frecare moderată		
2	Arătătorul sutimilor de milimetru	Poziție: la stânga axei de simetrie cu $N_{\max}=25$ div.		
3	Arătătorul milimetrilor	Poziție: deplasat față de axa de simetrie cu $N_{\max}=15$ div.		
4	Mecanism de transmitere și amplificare	Funcționare lină		
		Fără frecare		
		Fără împiedicări		
5	Tija de măsurare	Deplasare uniformă		
		Fără frecare		
		Joc lateral coespunzător lui $N_{\max}=1/2$ div.		
6	Forța de măsurare	La începutul cursei: $F_{\max}=120\pm 10$ gf		
		La mijlocul cursei: $F_{\max}=120\pm 10$ gf		
		La capătul cursei: $F_{\max}=120\pm 10$ gf		
7	Justețea indicațiilor	În limitele porțiunii normale: $\delta_{\max} = \pm 5 \mu\text{m}$		
		În limitele unei rotații a arătătorului: $\delta_{\max} = \pm 12 \mu\text{m}$		
		În limitele cursei de măsurare: $\delta_{\max} = \pm 25 \mu\text{m}$		
8	Fidelitatea indicațiilor	$\delta_{\max} = \pm 3 \mu\text{m}$		
<b>Deciza</b>		Comparatorul cu cadran verificat este <b>admis</b> pentru utilizare/ <b>respins</b> de la utilizare		

## Valori măsurate

### Verificarea în limitele porțiunii normale

Tabelul 2.

Dimensiunea blocului de cale [mm]	Intervalul de verificat b [mm]	Indicația instrumentului a [mm]	Eroarea de justețe $\Delta_i = a - b$ [μm]
1	0 (reglare)		
1,01	0,01		
1,02	0,02		
1,03	0,03		
1,04	0,04		
1,05	0,05		
1,06	0,06		
1,07	0,07		
1,08	0,08		
1,09	0,09		
1,10	0,10		

**Verificarea în limitele unei rotații a arătătorului****Tabelul 3.**

<b>Dimensiunea blocului de cale [mm]</b>	<b>Intervalul de verificat b [mm]</b>	<b>Indicația instrumentului a [mm]</b>	<b>Eroarea de justețe <math>\Delta_i = a - b</math> [<math>\mu\text{m}</math>]</b>
1	0 (reglare)		
1,1	0,1		
1,2	0,2		
1,3	0,3		
1,4	0,4		
1,5	0,5		
1,6	0,6		
1,7	0,7		
1,8	0,8		
1,9	0,9		
2	1		

**Verificarea în limitele cursei de măsurare****Tabelul 4.**

<b>Dimensiunea blocului de cale [mm]</b>	<b>Intervalul de verificat b [mm]</b>	<b>Indicația instrumentului a [mm]</b>	<b>Eroarea de justețe <math>\Delta_i = a - b</math> [μm]</b>
0	0 (reglare)		
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		
5	5		
6	6		
7	7		
8	8		
9	9		
10	10		

## Verificarea fidelității

Tabelul 5

Nr. det	Dimensiune bloc de cale plan- paralele [mm]		Indicație instrument [ $\mu\text{m}$ ]		$a_i - a$ [ $\mu\text{m}$ ]	$b_i - b$ [ $\mu\text{m}$ ]	$(a_i - a)^2$	$(b_i - b)^2$	S [ $\mu\text{m}$ ]		
	$a_0$	$b_0$	$a_i$	$b_i$					$S_a$	$S_b$	
1	1,03	1,09							-	-	
2									-	-	
3										-	-
4										-	-
5										-	-
6										-	-
7										-	-
8										-	-
9										-	-
10										-	-
$\Sigma$	—	—			—	—					



**Concluzie:**

**LUCRAREA NR. 6****VERIFICAREA MANOMETRELOR CU ELEMENT ELASTIC****5. Scopul lucrării**

Cunoașterea manometrelor cu element elastic; cunoașterea condițiilor tehnice pentru manometre cu element elastic; verificarea unui manometru cu element: aspect exterior, mișcarea arătătorului, indicații (eroarea de frecare, eroarea de bază- absolută și relativă).

**2. Considerații generale****2.1. Construcția și clasificarea manometrelor cu element elastic.**

Manometrele cu element elastic sunt cele mai răspândite mijloace pentru măsurarea presiunii fluidelor în tehnică; au în structura lor un element elastic care se deformează elastic sub acțiunea presiunii fluidului, deformarea  $\Delta$ , sau  $\theta$ , proporțională cu presiunea care a provocat-o, fiind indicată pe o scară de repere cu diviziuni gradate în unități de presiune.

Aparatele de măsurare a presiunii prevăzute cu element elastic se clasifică după mai multe criterii, mai importante fiind:

**C1. Domeniul de utilizare:**

- manometre- pentru măsurarea presiunilor mai mari decât presiunea atmosferică (suprapresiuni);
- vacuumetre- pentru măsurarea presiunilor mai mici decât presiunea atmosferică (depresiuni sau vacuumul).

**C2. Felul elementului elastic (fig. 1):**

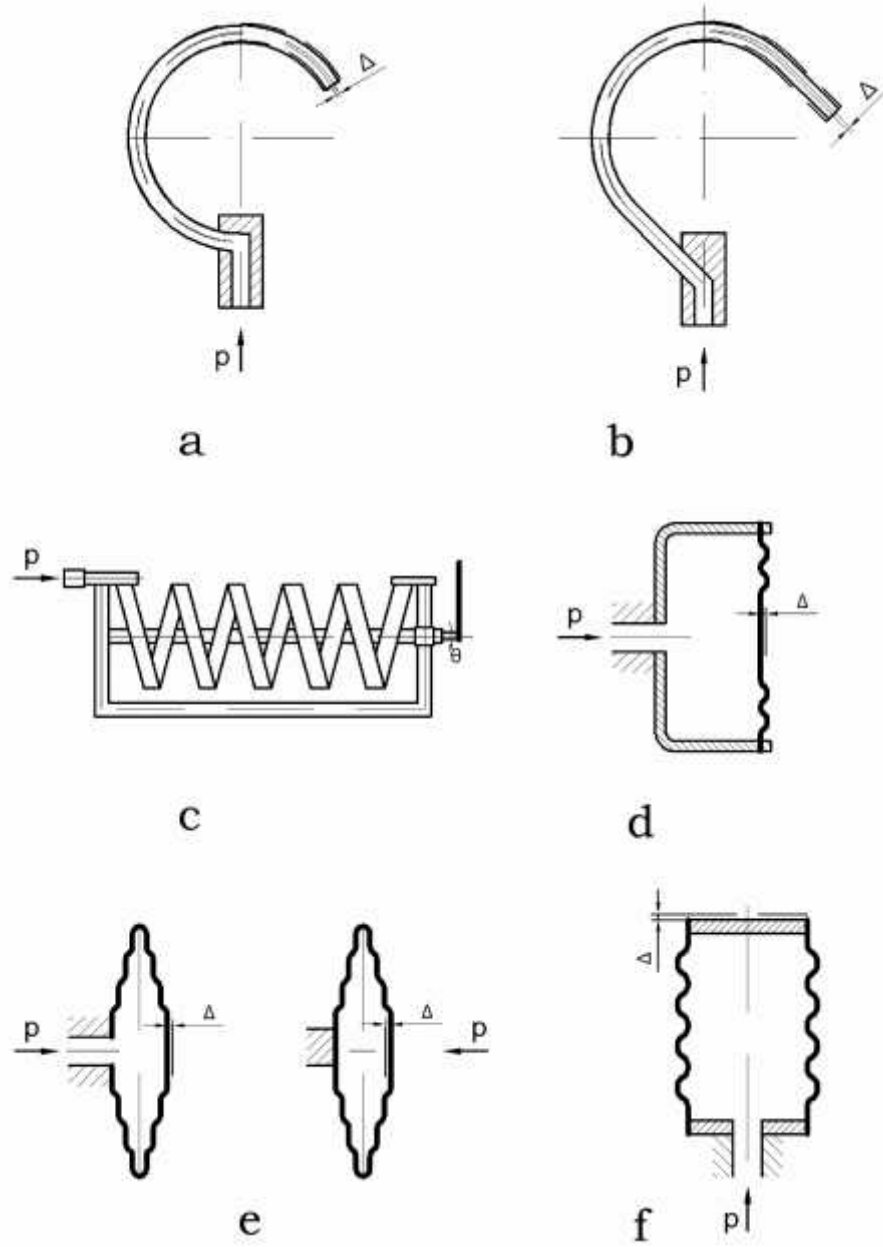
- aparate cu tub Bourdon în formă de arc de cerc (fig. 1.a);
- aparate cu tub Bourdon în formă de U (fig. 1.b);
- aparate cu tub spiral;
- aparate cu tub elicoidal (fig. 1.c);
- aparate cu membrană (fig. 1.d);
- aparate cu capsulă (fig. 1.e);
- aparate cu burduf (fig. 1.f).

**C3. Modul de măsurare a presiunii:**

- aparate indicatoare;
- aparate înregistratoare;
- aparate indicatoare- înregistratoare.

**C4. Clasa de precizie a aparatului:**

- aparate etalon, cu clasa de precizie: 0,2; 0,4; 0,6, folosite pentru etalonarea/ verificarea aparatelor de lucru;
- aparate de lucru, cu clasa de precizie: 1; 1,6; 2,5; 4; 6, folosite la măsurări ale presiunii.



**Fig. 1**  
Tipuri constructive de elemente elastice

## 2.2. Condiții tehnice ale manometrelor cu element elastic

Principalele condiții tehnice pe care trebuie să le îndeplinească manometrele cu element elastic, se referă la aspectul exterior și erorile de bază tolerate:

**8. Aspectul exterior:** manometrul trebuie să nu prezinte lovituri, straturile de protecție (vopsea) să fie întregi, fără zgârieturi pe carcasă și pe ecran. Gradațiile să fie clare și fără ștersături, arătătorul să fie fără îndoituri sau rupturi. Culoarea voselei de protecție să fie în concordanță cu fluidul a cărui presiune se măsoară (tab. 1).

**Tabelul 1**

Fluidul a cărui presiune se măsoară	Lichide	Gaze naturale	Oxigen	Acetilenă	Amoniac	Clor	Gaz de apă
Culoarea stratului de protecție	Negru	Negru	Albstru	Alb	Galben	Cenușiu	Verde

**9. Inscripții pe cadran și carcasă;** pe cadranul sau pe carcasa manometrului se admite aplicarea simbolurilor grafice conform tab.2.

**10. Mișcarea arătătorului;** între limitele scării gradate, mișcarea arătătorului trebuie să se facă lin, fără salturi, paralel cu suprafața cadranelui și a geamului, iar distanța dintre vârful arătătorului și cadran sau geam să fie cuprinsă în intervalul 1,5- 3 mm.

**11. Erorile tolerate ale indicațiilor;** nu trebuie să depășească erorile de bază tolerate, corespunzătoare clasei de precizie a aparatului indicată e cadran, conform tab. 3.

Se verifică următoarele erori tolerate:

**a. eroarea de bază,** este diferența dintre valoarea indicată de aparat și valoarea indicată de etalon, la măsurarea aceleiași presiuni;

**b. amplitudinea,** este diferența dintre valoarea maximă și valoarea minimă din șirul de valori măsurate cu aparatul care se verifică;

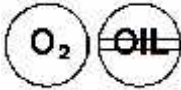


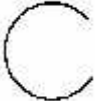




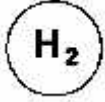








**c. eroarea de frecare,** este diferența dintre valorile indicate la aceeași valoare a presiunii, înainte și după lovirea ușoară cu degetul, pe carcasa aparatului; eroarea de frecare nu trebuie să depășească 0,5 din eroarea de bază tolerată;

**d. eroarea datorită temperaturii,** se determină cu relația:

$$\Delta p = \pm k_t \cdot \Delta t,$$

în care.

Tabelul 2

Caractere ristica simbo lizată	Denumire	Simbol grafic	Observații	Caracte ristica simbo lizată	Denumire	Simbol grafic
Mediul de măsu rat	OXIGEN		A se feri de grăsimi	Etalo narea	Etalonare fără apă	
	ACETILENĂ			Elemen tul elastic	Tubular circular	
	GAZ		Se referă la fluidul cu care s- a etalonat aparatul		Bourdon, formă de U	
	LICHID				Tubular spiral	
	HIDROGEN				Tubular elicoidal	
	AMONIAK				Gofrat (burduf)	
	FREON		n- indicele freonului		Capsulă	
Poziția nomi nală (de lucru)	Verticală		Când nu se indică poziția nominală (de lucru), aceasta este verticală		Clasa de precizie	Membra nă
	Înclinată			Clasa de precizie 1,6		1,6
	Orizontală			Numă- rul apa ratului		Conform documentației tehnice

Tabelul 2

Clasa de precizie	Eroarea de bază tolerată, în % din intervalul de măsurare, la verificarea metrologică	
	Inițială	Periodică
0,4	±0,3	±0,4
(0,5)	±0,4	±0,5
0,6	±0,5	±0,6
1	±0,8	±1
(1,5)	±1,2	±1,5
1,6	±1,3	±1,6
2,5	±2	±2,5
4	±3	±4
6	±5	±6

$k_t$  este coeficientul de temperatură cu valorile:  $k_t=0,06 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , pentru aparatele din clasele de precizie 0,4- 1,6 și  $k_t=0,01 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , pentru aparatele din clasele de precizie 2,5- 6,

$\Delta t$  este valoarea absolută a diferenței de temperatură:

$$\Delta t = t_a - t_0,$$

în care:

$t_a$  este temperatura aparatului,

$t_0 = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$  este temperatura de referință.

### 3. Instalația experimentală.

Verificarea manometrelor se face cu ajutorul unui manometru etalon, pe o instalație de etalonare cu pompă cu șurub (fig. 2).

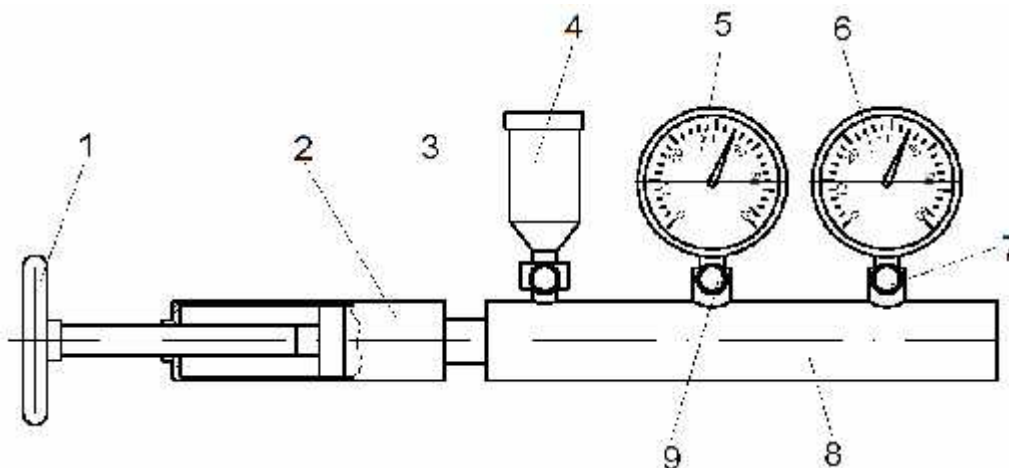


Fig. 2

Instalația pentru verificarea manometrelor

Presiunea este creată de pompa cu șurub acționată de volantul 1, în camera de lucru; uleiul sub presiune este trimis în camera de presiune 8. camera de presiune este prevăzută cu două racorduri la care se montează manometrul de verificat 5 și manometrul etalon 6, separate de camera de presiune prin robinetele 7 și 9. cUleiul din instalație este alimentat de rezervorul 4, prevăzut cu vana de separare 3.

Pentru verificarea manometrului se aplică metoda Aparat etalon (AE), care constă în măsurarea (simultană sau succesivă) aceluiași măsurand cu valoare necunoscută cu aparatul etalon și aparatul de verificat și compararea indicațiilor celor două aparate.

Se procedează astfel: cu robinetul 7 deschis, se acționează pompa cu șurub, aducându- se presiunea din camera de presiune la valoarea dorită, indicată de manometrul etalon 6. Se deschide robinetul 9, realizându- se aceeași presiune și la manometrul de verificat 5.

Înainte și după efectuarea seriei de încercări, se stabilește eroarea de zero a manometrului de verificat.

Încercările se fac în trepte, la valori ale presiunii egale cu cîte 10% din domeniul de măsurare.

Pentru fiecare valoare a presiunii măsurate se iau două citiri ale indicațiilor manometrului de verificat, astfel: prima citire se ia imediat după realizarea presiunea necesară, iar a doua citire se ia după lovirea ușoară cu mîna pe carcasa aparatului.

*Observație:* citirea indicațiilor se face cu o eroare de cel mult 0,2 din valoarea unei diviziuni.

## 5. Mersul lucrării

Pentru verificarea unui manometru cu element elastic a cărui clasă de precizie este cunoscută, se parcurg următoarele etape:

**E1.** Se verifică aspectul exterior al manometrului. Rezultatul verificării se trece în ***Fișa de verificare.***

**E.2.** Se notează inscripțiile de pe carcasă și de pe cadranul instrumentului și se trec în ***Fișa de verificare.***

**E.3.** Se verifică mișcarea arătătorului Rezultatul verificării se trece în ***Fișa de verificare.***

**E4.** Se stabilește eroarea de zero a manometrului.

**E5.** Se efectuează încercările pentru valorile specificate de presiune (la intervale ale presiunii de 10% din domeniul de măsurare al manometrului de verificat); se notează indicația manometrului etalon și indicațiile manometrului de verificat înainte și după lovirea carcasei acestuia cu degetul). Încercările se efectuează la încărcare (valori crescătoare ale presiunii), obținându- se valorile  $p_{ij}$  și la descărcare (valori descrescătoare ale presiunii), obținându- se valorile  $p_{dj}$ . Rezultatele măsurărilor se trec în tabelul 3.

**E.6.** Se verifică eroarea de bază tolerată: se determină erorile absolute la încărcare și la descărcare:

$$\Delta p_{ij} = p_{ij} - p_e; \Delta p_{dj} = p_{dj} - p_e.$$

Se calculează erorile relative la încărcare și la descărcare:

$$\boldsymbol{\varepsilon_i} = \Delta p_{i_{\max}} / p_e; \boldsymbol{\varepsilon_d} = \Delta p_{d_{\max}} / p_e.$$

Valorile calculate se trec în ***Fișa de verificare***.

Valoarea max ( **$\boldsymbol{\varepsilon_i}$** ,  **$\boldsymbol{\varepsilon_d}$** ), cea mai mare dintre cele două valori, se compară cu eroarea de bază admisă.

**E.7.** Se verifică eroarea de frecare: se calculează diferențele  $\Delta p_f$  dintre valoarea indicată înainte de lovirea carcasei cu degetul și după lovire (la aceeași valoare a presiunii).

Valorile calculate se trec în ***Fișa de verificare***.

Valoarea  $\Delta p_{f_{\max}}$  (cea mai mare) se compară cu eroarea de frecare admisă.

**E.8.** Se vor trage concluzii cu privire la starea manometrului verificat.

Se ia decizia cu privire la manometrul verificat:

Aparat ***admis*** pentru utilizare.

Aparat ***respins*** de la utilizare.



**FIȘĂ DE VERIFICARE**

Aparat: manometru cu element elastic		Construcție: tub Bourdon
Valoarea diviziunii:		Clasa de precizie:
Eroarea de bază tolerată	Absolută	
	Relativă	

Nr. crt.	Caracteristica verificată	Valori		Concluzii
		Specificate	Verificate	
1	Aspectul exterior	Fără lovituri		
		Fără zgârieturi		
		Strat protecție intact		
2	Inscripții	Pe cadran:		-
		Pe carcasă:		-
3	Mișcarea arătătorului	În limitele scării		
		Lină		
		Fără salturi		
		Distanța arătător-cadran: 1,5- 3 mm.		
		Distanța arătător-geam: 1,5- 3 mm.		
4	Eroarea de zero	Înainte efectuării determinărilor		
		După efectuarea determinărilor		
5	Eroarea de bază tolerată	Eroarea relativă maximă la încărcare		-
		Eroarea relativă maximă la descărcare		-
		Max ( $\epsilon_i$ , $\epsilon_d$ ),		
6	Eroarea de frecare	0,5 din eroarea de bază tolerată		
<b>Deciza</b>		Comparatorul cu cadran verificat este <b>admis</b> pentru utilizare/ <b>respins</b> de la utilizare		



**LUCRAREA NR. 7****DETERMINAREA ERORII DE TEMPERATURĂ  
LA MĂSURAREA DIMENSIUNILOR LINIARE****6. Scopul lucrării**

Cunoașterea modului de determinare a erorii de temperatură la măsurarea dimensiunilor liniare, prin metoda evaluării directe și prin metoda diferenței; calcularea erorilor de măsurare absolute și relative generată de abaterea temperaturii măsurandului și a mijlocului de măsurare, prin aplicarea relațiilor complete și simplificate.

**2. Considerații generale**

Temperatura este un factor de climă care influențează esențial măsurarea mărimilor fizice, în toate domeniile de măsurare.

Variația temperaturii față de valoarea de referință determină modificarea rezultatului măsurării prin influența asupra măsurandului și a mijlocului de măsurare.

La măsurarea dimensiunilor liniare, variația temperaturii are cea mai mare influență asupra rezultatului măsurării, deoarece determină variația dimensiunilor pieselor metalice, generând o eroare de măsurare numită eroare de temperatură.

Pentru ca variația temperaturii mediului în care se execută măsurarea, a temperaturii măsurandului și a temperaturii mijlocului de măsurare să aibă influență minimă asupra rezultatului măsurării, se iau o serie de măsuri:

- stabilirea, prin standard, o valoare de referință a temperaturii,  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ , numită temperatură standard, la care se execută măsurările, obligatoriu de respectat;
- aplicarea de metode de termostatare (naturală și artificială) a incintelor în care se execută măsurările;
- stabilirea unor reguli de lucru, privind manevrarea măsurandului și a mijlocului de măsurare;
- utilizarea de elemente compensatoare a variației de temperatură, integrate în construcția aparatelor de măsurare;
- egalizarea temperaturilor măsurandului și aparatului de măsurare;
- corectarea rezultatului măsurării cu eroarea sistematică de temperatură.

Eroarea de temperatură apare atunci când măsurandul și măsura au temperaturi diferite sau când au aceeași temperatura, dar diferită de temperatura standard de măsurare de  $20^\circ\text{C}$ .

La măsurările la care se impune o exactitate mare a măsurării, se ia în considerare eroarea de temperatură, a cărei valoare se calculează, fiind o eroare sistematică remediabilă; cu valoarea calculată se determină corecția rezultatului măsurării.

Relațiile de calcul a erorii sistematice de temperatură se stabilesc cu luarea în considerare a următoarelor elemente:

- metoda de măsurare aplicată la măsurarea dimensiunilor liniare;
- temperaturile măsurandului, măsurii și/ sau aparatului de măsurare;
- coeficientul de dilatare termică liniară a materialului măsurandului, respectiv, a materialului măsurii de lungime.

În domeniul dimensiunilor liniare se utilizează frecvent două metode de măsurare: metoda evaluării directe și metoda diferenței; relațiile de calcul pentru eroarea sistematică de temperatură sunt specifice metodei de măsurare aplicată.

În relațiile cu care se calculează eroarea de temperatură la măsurarea dimensiunilor liniare, termenii utilizați au următoarea semnificație :

$t_M$  – temperatura măsurandului;

$t_m$  – temperatura măsurii;

$\Delta t_M$  – diferența dintre temperatura măsurandului și temperatura de referință:  $\Delta t_M = t_M - t_0$ ;

$\Delta t_m$  – diferența dintre temperatura măsurii și temperatura de referință:  $\Delta t_m = t_m - t_0$ ;

$\alpha_M$  – coeficientul de deformare plastică liniară a materialului măsurandului;

$\alpha_m$  – coeficientul de deformare plastică liniară a materialului măsurii;

$l_{m0}$  – lungimea măsurii de lungime la temperatura de referință;

$l_1$  – indicația aparatului comparator.

Pentru determinarea erorii de temperatură se utilizează două categorii de relații:

- o relație completă, folosită la măsurări exacte;
- o relație simplificată (aproximativă), folosită în situații concrete, în care se permite o aproximare cu o eroare neglijabilă.

### **3. Eroarea sistematică de temperatură la aplicarea metodei evaluării directe.**

Metoda evaluării directe constă în introducerea măsurandului între suprafețele de măsurare și citirea valorii măsurate pe scara de repere a instrumentului (măsură, șubler, micrometru, etc).

Măsurarea, cu exactitate mare, a dimensiunilor liniare, prin această metodă, se realizează cu măsuri terminale de lungime (blocuri de cale plan- paralele) și acesorii (cadre și calemarginale) din trusa de accesorii care însoțește trusa de cale plan- paralele.

Eroarea de temperatură este generată de diferența dintre temperatura  $t_m$ , a măsurii de lungime, respectiv, temperatura  $t_M$ , a piesei controlate, față de temperatura de referință  $t_0$ .

Se ia în considerare cazul general, în care temperatura măsurii de lungime și a piesei controlate sunt diferite între ele și diferite de temperatura de referință.

**Eroarea absolută** de temperatură se calculează cu relația:

$$\text{Relația completă: } l_t = l_{m0} \frac{M \cdot t_M - m \cdot t_m}{1 + M \cdot t_M} \quad (1)$$

Relația simplificată:  $l_t = l_{m0} (l_M \cdot t_M - l_m \cdot t_m)$  (2)

**Eroarea relativă** de temperatură se calculează cu relația:

Relația completă:  $t = \frac{t(l_M - l_m)}{1 + l_m \cdot t}$  (3)

Relația simplificată:  $t = t(l_M - l_m)$  (4)

#### 4. Eroarea sistematică de temperatură la aplicarea metodei diferenței.

Metoda diferenței constă în stabilirea diferenței dintre o măsură de valoare cunoscută și mărimea care se măsoară, măsura de valoare cunoscută fiind folosită pentru reglarea la zero a aparatului comparator.

Reglarea la zero a aparatului comparator se realizează cu ajutorul unui bloc de cale plan- paralele care materializează valoarea nominală  $N$ , a lungimii care se măsoară. În urma măsurării, se obține indicația  $i$ , a aparatului comparator.

Valoarea efectivă a lungimii se obține cu relația:

$$L_e = N + i$$

Eroarea de temperatură este generată de diferența dintre temperatura  $t_m$ , a măsurii de lungime, respectiv, temperatura  $t_M$ , a piesei controlate, față de temperatura de referință  $t_0$ .

Se ia în considerare cazul general, în care temperatura măsurii de lungime și a piesei controlate sunt diferite între ele și diferite de temperatura de referință.

**Eroarea absolută** de temperatură se calculează cu relația:

Relația completă:  $l_t = l_{m0} \cdot \frac{l_M \cdot t_M - l_m \cdot t_m}{1 + l_m \cdot t_M} + l_1 \cdot \frac{l_M \cdot t_M}{1 + l_m \cdot t_M}$  (5)

Relația simplificată:  $l_t = l_{m0} \cdot (l_M \cdot t_M - l_m \cdot t_m) + l_1 \cdot l_M \cdot t_M$  (6)

**Eroarea relativă** de temperatură se calculează cu relația:

Relația completă:  $t = \frac{l_{m0}(l_M \cdot t_M - l_m \cdot t_m) + l_1 \cdot l_M \cdot t_M}{l_{m0}(1 + l_m \cdot t_m) + l_1}$  (7)

Relația simplificată: 
$$t = \frac{l_{m0} (\alpha_M \cdot t_M - \alpha_m \cdot t_M) + l_1 \cdot \alpha_M \cdot t_M}{l_{m0} + l_1} \quad (8)$$

### 5. Determinarea experimentală a erorii de temperatură.

Eroarea sistematică de temperatură la măsurarea dimensiunilor pieselor metalice, se datorează faptului că, datorită variației de temperatură se produce o dilatare sau contractare a materialelor metalice, ceea ce determină modificarea lungimilor acestora (materialele metalice având un coeficient de dilatare termică liniară diferit de zero).

Eroarea sistematică de temperatură se poate determina prin calcul (atât ca valoare absolută cât și ca semn), atunci când se cunoaște coeficientul de dilatare termică liniară a materialului piesei de controlat și temperature acesteia. În acest scop sunt stabilite relații de calcul prin care se corectează lungimea  $l_m$ , a măsurandului, cu temperatura  $t_M \neq t_0$  și coeficientul de dilatare termică liniară a materialului acestuia  $\alpha_M$ , astfel încât să se obțină valoarea măsurandului  $l_{m0}$ , la temperatura de referință  $t_0$ .

Verificarea acestor relații de calcul se realizează prin determinarea experimentală a erorii de temperatură, în condiții de măsurare strict controlate (cunoașterea precisă a temperaturii incintei în care se face măsurarea, a temperaturii măsurandului, a temperaturii măsurii de lungime folosită pentru reglarea la zero a aparatului comparator utilizat).

Determinarea experimentală a erorii de temperatură constă în măsurarea aceluiași măsurand în aceleași condiții; singurul parametru variabil fiind temperatura acestuia care se modifică în mod controlat, și stabilirea abaterii dimensiunii măsurate determinată de variația temperaturii măsurandului.

Pentru determinarea experimentală a erorii de temperatură sunt necesare următoarele echipamente și accesorii: aparat comparator, optometru vertical, cu valoarea diviziunii de 0,001 mm, suport de laborator, trusă de cale plan- paralele, termometru de contact.

Datorită faptului că este dificilă și costisitoare asigurarea unei temperaturi a incintei în care se efectuează experimentul la valoarea apropiată de temperatura de referință  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , determinările din laborator se vor desfășura în următoarea succesiune:

**E1.** Se mențin aparatul de măsurare și trusa de cale plan- paralele timp de 24 ore în laboratorul în care se efectuează măsurările.

**E2.** Din trusa de cale plan- paralele se ia cala plan- paralelă cu lungimea specificată și se măsoară temperatura  $t_i$ , a acesteia cu termometrul de contact.

**E3.** Se reglează la zero ortotestul cu cala plan- paralelă considerată.

**E4.** Se introduce cala plan- paralelă în frigider și se menține o perioadă de timp suficientă pentru a- I scădea temperature cu aproximativ  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**E5.** Se scoate cala plan- paralelă din frigider și se măsoară temperatura  $t_i$ , a acesteia.

**E6.** Se introduce cala plan- paralelă sub vârful de măsurare al ortotestului și se notează indicația  $\Delta l_e$ , a acestuia; abaterea  $\Delta l_e$ , reprezintă variația lungimii calei plan- paralele stabilită experimental, provocată de variația  $\Delta t_m$ , a acesteia.

**E7.** Se determină variația  $\Delta l_c$ , a lungimii calei plan- paralele stabilită prin calcul, cu relația:

$$\Delta l_c = N(1 + \alpha_m \cdot \Delta t_m), \quad (9)$$

în care:

$N$  este valoarea nominală a lungimii calei plan- paralele;

$\alpha_m = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ , este coeficientul de dilatare termică liniară a materialului calei plan-paralele,

$\Delta t_m = t_f - t_i$ , este diferența dintre temperatura  $t_f$ , a calei plan- paralele după răcirea ei și temperatura  $t_i$ , a ei, înainte de răcire.

**E8.** Se compară variațiile  $\Delta l_e$  și  $\Delta l_c$ , ale lungimii calei plan- paralele și se stabilește gradul de apropiere a variației determinată experimental de variația stabilită prin calcul (considerată valoarea adevărată).

## 6. Mersul lucrării

### 6.1. Determinarea, prin calcul, a erorii sistematice de temperatură.

Pentru a determina erorii de temperatură se consideră măsurarea aceleași dimensiuni liniare prin ambele metode de măsurare: metoda evaluării directe și metoda diferenței.

Se consideră măsurarea lungimii unei piese metalice prin două metode:

#### Metoda M1:

cu ajutorul calelor plan- paralele și a trusei de accesorii pentru cale plan-paralele, fiind obținută valoarea măsurată  $L=50,002 \text{ mm}$ ;

#### Metoda M2:

cu ajutorul unui instrument comparator (ortotestul) cu valoarea diviziunii de  $0,001 \text{ mm}$ , indicația acestuia fiind  $i=0,003 \text{ mm}$ .

Se cunosc:

- valoarea nominală a lungimii piesei:  $N = 50 \text{ mm}$ ;
- temperatura piesei:  $25^\circ\text{C}$  (aceeași pentru cele două metode de măsurare);
- temperatura calelor plan- paralele.  $15^\circ\text{C}$  (aceeași pentru cele două metode de măsurare);
- coeficientul de dilatare termică liniară a materialului piesei:  $18 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ ;
- coeficientul de dilatare termică liniară a materialului calelor plan-paralele:  $12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ ;

Se cere:

1. să se calculeze eroarea sistematică absolută de temperatură la măsurarea lungimii prin ambele metode de măsurare (folosind relațiile complete și simplificat);

2. să se calculeze eroarea sistematică relativă de temperatură la măsurarea lungimii prin ambele metode de măsurare (folosind relațiile complete și simplificate);
3. să se determine rezultatul corectat al măsurării (pentru ambele metode de măsurare);
4. să se stabilească eroarea de aproximare a relațiilor simplificate de calcul al erorii absolute și relative (pentru ambele metode de măsurare);
5. să se calculeze valoarea unitară a variației lungimii  $\Delta l$ , a unei piese metalice pentru o diferență de temperatură de  $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ , un coeficient de dilatare termică liniară a materialului  $\alpha = 1 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$  și o lungime nominală de  $N = 1 \text{ mm}$ .

*Observație:* se aplică relația 9.

Rezultatele se trec în tabelul 1.

### **6.2. Determinarea experimentală a erorii sistematice de temperatură**

Pentru a determina experimentală a erorii de temperatură se consideră ca plan- paralelă cu lungimea nominală  $N = 100 \text{ mm}$ .

Se parcurg etapele stabilite la & 3.

Rezultatele experimentale se trec în tabelul 2.



**REZULTATE****Determinarea, prin calcul, a erorii sistematice de temperatură****Tabelul 1**

<b>Parametrul</b>	<b>Valoarea calculată</b>			
	<b>Metoda M1</b>		<b>Metoda M2</b>	
	<b>Relația completă</b>	<b>Relația simplificată</b>	<b>Relația completă</b>	<b>Relația simplificată</b>
Eroarea absolută [ $\mu\text{m}$ ]				
Eroarea relativă [ % ]				
Rezultatul corectat al măsurării [ mm ]				
Eroarea de aproximație a relațiilor de calcul [ % ]				
<b>Calcularea variației unitare a lungimii în funcție de temperatură</b>				
<b>Valori unitare</b>	<b>Valoarea calculată a variației unitare <math>\Delta l</math> [ <math>\mu\text{m}</math> ]</b>			
N = 1 mm				
$\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$				
$\alpha = 1 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$				

**Determinarea experimentală a erorii sistematice de temperatură****Tabelul 2.**

Diferența de temperatură $\Delta t$ [°C]	Eroarea de temperatură $\Delta l$		Eroare raportată $\epsilon_{lt}$ [%]
	Valoare experimentală $\Delta l_e$ [ $\mu\text{m}$ ]	Valoare calculată $\Delta l_c$ [ $\mu\text{m}$ ]	
1			
2			
3			
4			
5			
Gradul de concordanță valoare experimentală- valoare teoretică		$lt = \frac{\sum_{i=1}^5 lt_i}{5}$	

## LUCRAREA NR. 8

## Verificarea prin intercomparare a calelor plan-paralele cu ajutorul ultraoptimetrului

### 1. Considerații generale.

Verificarea calelor plan-paralele de lucru necesită următoarele operații:

- controlul aspectului exterior și al inscripțiilor;
- controlul calității aderării;
- verificarea abaterilor toleranțelor:
  - A) abateri lungimi mediane  $\Delta L_M$ ;
  - B) variația lungimi calei  $\Delta L$ .

După precizia de execuție, în funcție de calitatea suprafețelor și a abaterilor tolerate, calele plan-paralele de lucru se clasifică în 5 clase, notate cu AA, A, B, C, D sau 00, 0, 1, 2, 3.

Calele plan-paralele utilizate în transmisia unității de lungime, ca etaloane, se împart în 5 ordine. În funcție de mărimea stării de etalonare, notarea cu I, II, III, IV, V.

Operațiile de verificare se execută la o temperatură a mediului ambiant de:

- +20°C ± 0.5°C pentru clasa A (0);
- +20°C ± 1°C pentru clasa B (1);
- +20°C ± 1.5°C pentru clasa C (2);
- +20°C ± 2°C pentru clasa D (3).

Controlul calității aderării se realizează cu ajutorul unei plăci de sticlă optic-plană, a cărei abatere de la planeitate este  $\leq 0.1 \mu\text{m}$ .

Aderarea calelor plan-paralele trebuie să se producă prin simplu contact sau la apăsarea ușoară, pe suprafața de contact observându-se o colorație cenușie deschisă uniformă, galben-galben, pentru celelalte clase. Condiția de aderare trebuie să fie îndeplinită pe ambele suprafețe de măsurare ale calei.

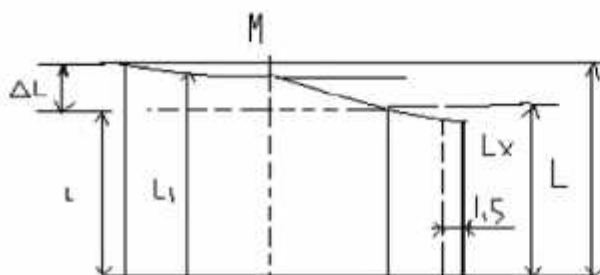
### 2. Verificarea abaterilor tolerate.

Metoda de verificare utilizată constă în compararea dimensiunii calei de verificat cu cele a unei cale asemănătoare considerate ca etalon. Metoda de măsurare comparativă, prin contact se aplică pentru controlul calelor plan-paralele de la clasele: A, B, C, D și a calelor de ordinul II, III, IV, V.

Scopul acestei metode este de a verifica și de a stabili o valoare cât mai aproape de dimensiunea adevărată pentru lungimea examinată, prin compararea cu o mărime de referință.

Mijlocul de măsurare este un comparator optico-mecanic denumit optimetru de proiecție cu valoarea diviziunii de  $0.2 \mu\text{m}$ .

Verificarea abaterilor tolerate din figura 1.



Prin lungimea mediană a calei  $\Delta L_M$  se înțelege lungimea perpendiculară coborâtă din centrul geometric M al unei suprafețe, pe suprafața de măsurare opusă.

Variația lungimi calei  $\Delta L$ , este diferența dintre lungimea maximă și lungimea minimă a calei.

Lungimea calei într-un punct este  $L_x$  și reprezintă lungimea perpendicularei coborâte din punctual considerat pe suprafața de mișcare aleasă.

Abateră lungimi calei într-un punct  $\Delta L_x$  este diferența algebrică dintre lungimea calei în punctual considerat și lungimea nominală a calei.

Lungimea nominală a calei  $L$  este lungimea prescrisă pe care ar trebui să aibă cala respectivă dacă nu ar fi afectată de abaterile care rezultă din procesul de fabricație. Lungimea nominală se exprimă în mm și se inscripționează pe una din fețele calei. Abaterile se consideră față de aceasta lungime.

### 3. Prezentarea aparatului utilizat pentru verificare.

Schema optică a optimetrului cu proiecție este prezentat în figura 2, și funcționarea lui se bazează pe principiul autocolimației, în combinație cu o reflexie multiplă.

Optimetru cu proiecție prezintă următoarele caracteristici metrologice:

- valoarea diviziunii  $0.2 \mu\text{m}$ ;
- domeniul de indicare  $\pm 20 \mu\text{m}$ ;
- intervalul de măsurare  $0 \dots 200 \text{ mm}$ ;
- forța de măsurare  $120 \pm 50 \text{ cN}$ ;
- eroarea de bază  $\pm (0.05 + \Delta/400) \mu\text{m}$ , unde  $\Delta$  reprezintă indicația aparatului în  $\mu\text{m}$ .

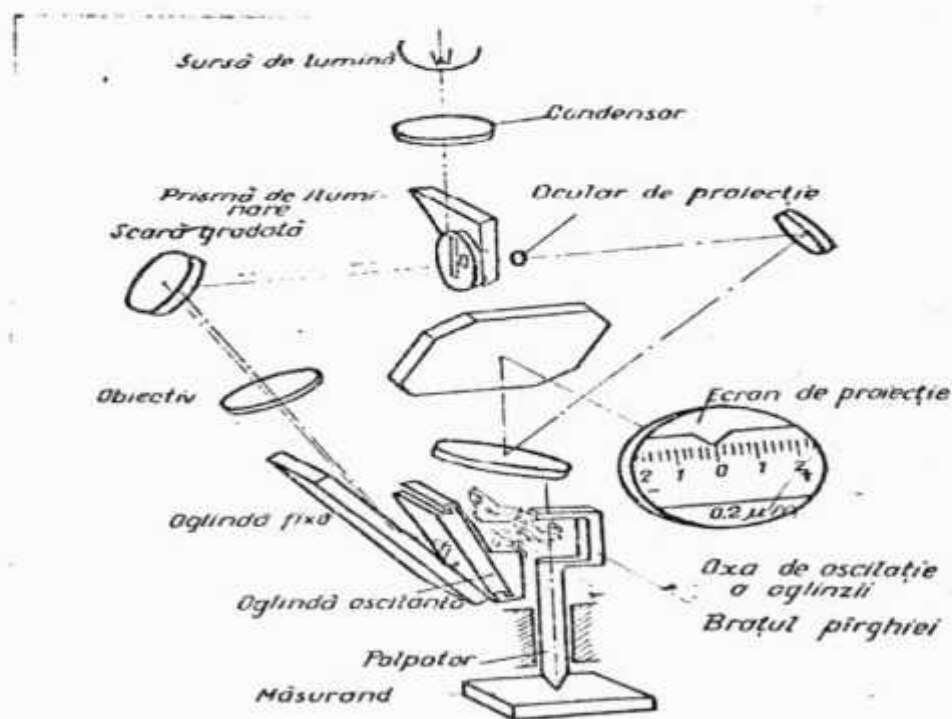
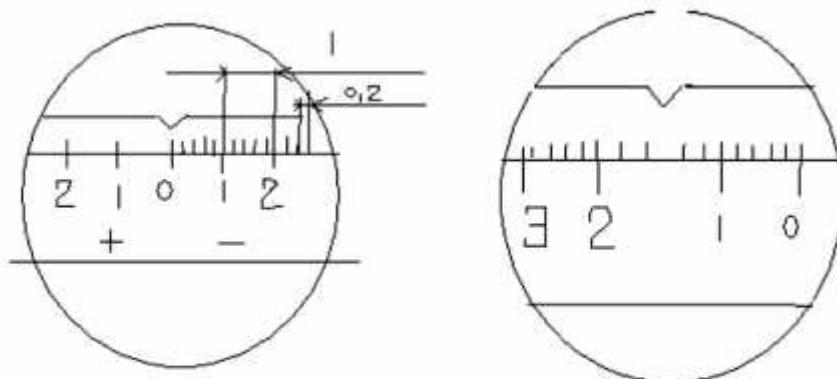


Fig. 2

Schema optică a optimetrului cu proiecție.

Citirea indicațiilor se face pe ecranul de proiecție prin aprecierea poziției scării gradate în raport cu un reper fix, figura 3.



Scoaterea sau introducerea calelor sub tija palpatoare trebuie să se efectueze numai după ridicarea acesteia cu ajutorul unei pârghii de acționare. Se evită în acest caz zgârierea suprafețelor calelor sau deteriorarea palpatorului.

#### 4. Mod de lucru.

##### 4.1 Verificarea abaterii lungimi mediane, $\Delta L_M$ .

Pentru simplificarea explicațiilor se va nota cu V cala plan-paralelă de lucru supusă verificării și cu E cala etalon folosită.

Citirea indicațiilor pe scara optimetrului trebuie să se facă aproximând 0.1 din valoarea diviziuni.

Determinarea variației de temperatură în timpul efectuării măsurătorilor, în interiorul spațiului protejat, se realizează cu ajutorul unui termometru cu valoarea diviziunii mai mică sau egală cu  $0.2^{\circ}\text{C}$  fixat de masa aparatului în apropierea E și V.

Pentru calele pal-paralele cu lungimea nominală  $L \leq 6$  mm trebuie să se utilizeze ca accesoriu o sticlă plan-paralelă a cărei suprafață de măsurare servește la suprafața de referință. Cele două cale E și V se aderă în regiunea centrală a suprafeței de măsurare a sticlei plan-paralele.

Calele au lungimi mai mari de 6 mm și utilizează ca suport de referință suprafața mesei aparatului.

Transmiterea unitatii de lungime la calele plan-paralele de lucru se realizeaza conform schemei prezentate in tabelul numarul 1.

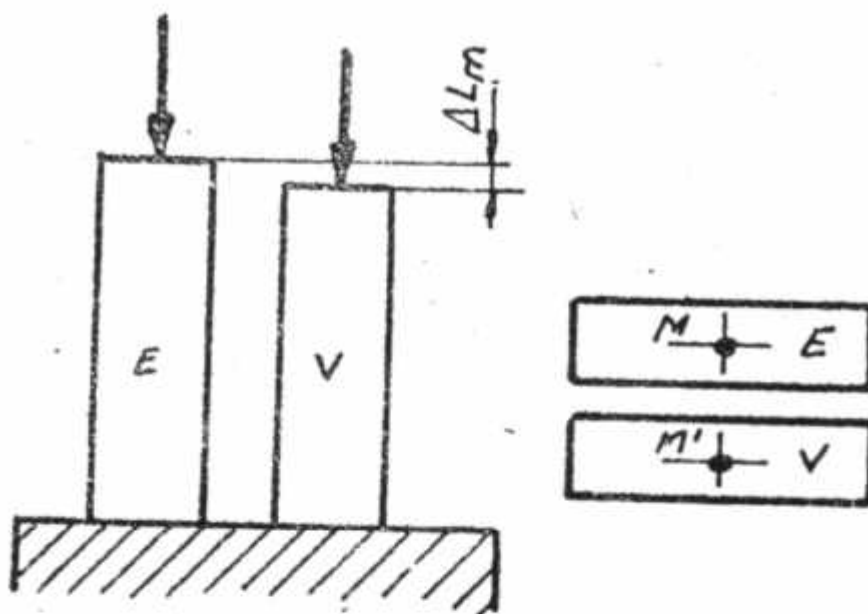


Fig. 4.

*Schema de măsurare pentru determinarea abaterii lungimii mediane.*

Se regleaza la „zero” aparatul pe suprafata superioara de masurare a calei E, in centrul geometric M, apoi se aduce palpatorul in contact cu centrul geometric M' al calei de verificat V si se inregistreaza abaterea. Se repeta operatia de 5 ori fara a mai fi necesara reglarea la zero pentru fiecare set de determinari.

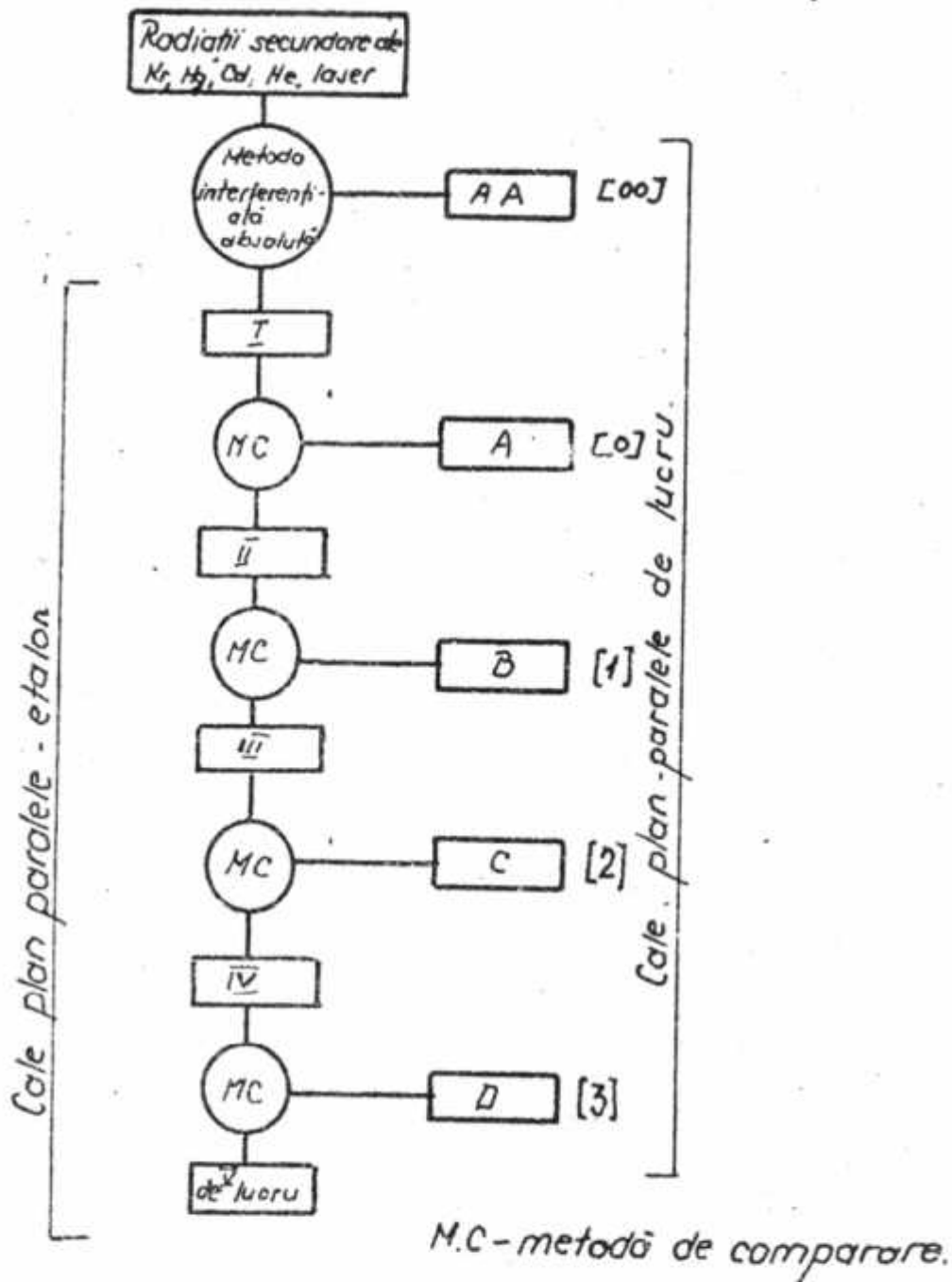
Rezultatele masuratorilor se noteaza in tabelul numarul 2.

**Tabelul 2.**

<u>Nr.</u> <u>Măsurării</u>	<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>M<sub>E</sub></u>	<u>M'<sub>V</sub></u>	<u>L<sub>m</sub>=M<sub>E</sub>*M<sub>V</sub></u>
<u>1</u>		<u>0</u>	<u>-1</u>	
<u>2</u>		<u>+0,4</u>	<u>-1,6</u>	
<u>3</u>		<u>-0,4</u>	<u>-2,6</u>	
<u>4</u>				
<u>5</u>				
<u>L<sub>N</sub>=</u>		<u>ΔL<sub>ME</sub>=</u>	<u>ΔL<sub>m</sub>=</u>	
<u>ΔL<sub>MV</sub>=ΔL<sub>ME</sub>+ΔL<sub>m</sub>=</u>				

In timpul efectuării operației de măsurare temperatura din interiorul spațiului protejat in care se afla aparatul si calele plan-paralele nu trebuie sa se modifice mai mult de 0.1°C.

Tabelul nr. 1  
 Schema de transmitere a unității de lungime



Schema de masurare pentru determinarea abaterii lungimii mediane  $\Delta L_m$  este reprezentata in figura 4. Cele doua cale plan-paralele E si V se aseaza impreuna pe masa aparatului intr-un suport corespunzator.

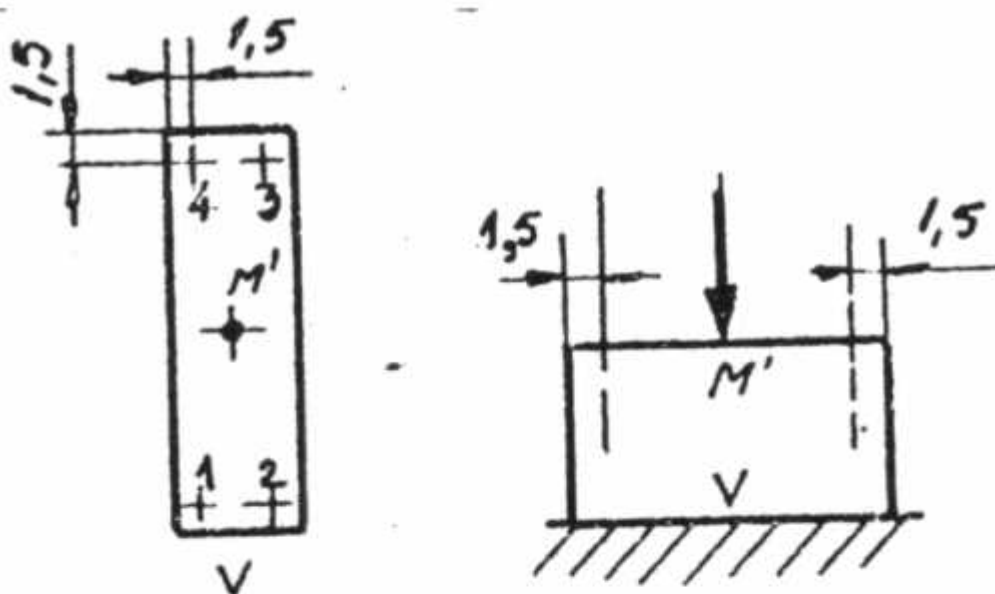
4.2. Verificarea variației lungimi calei,  $\Delta L$ .

Fig. 5.

Schema de măsurare pentru verificarea variației lungimii calei.

Conform definiției variației de lungime calei  $\Delta L$  pentru determinarea acesteia sunt necesare măsurări ale lungimilor calei în mai multe puncte de pe suprafața de măsurare și punerea în evidență a diferenței maxime între aceste lungimi. În acest scop, măsurarea lungimilor efective se va executa în H puncte notate 1, 2, 3, 4, situate în apropierea colțurilor suprafeței superioare de măsurare a calei V, la o distanță de 1.5 mm față de laturile adiacente și prin centrul geometric M. Rezultatele vor fi înregistrate în tabelul 3.

Tabelul 3.

Poziția de măsură	1	2	3	4	M
I					
II					
III					
IV					
Valoarea medie $\mu m$					
Temperatura $t_1 = \dots ^\circ C$ $t_{II} = \dots ^\circ C$	$\Delta L = \mu m$				



Valorile obținute pentru abaterea lungimii mediane  $\Delta L_M$  și pentru variația lungimi  $\Delta L$  se vor compara cu cele prezentate în tabelul 4 și se apreciază precizia de execuție a calei plan-paralele. Pentru  $\Delta L_M$  se recomandă aceleași valori ca și pentru  $\Delta L_x$ .

Tabelul 4.

Lungimea nominală mm	Abaterile tolerate $\pm \mu\text{m}$							
	A(0)		B(1)		C(2)		D(3)	
	$\pm \Delta L_x$	$\Delta L$	$\pm \Delta L_x$	$\Delta L$	$\pm \Delta L_x$	$\Delta L$	$\pm \Delta L_x$	$\Delta L$
10...25	0.14	0.1	0.3	0.16	0.6	0.3	1.2	0.3
25...30	0.2	0.1	0.4	0.18	0.8	0.3	1.6	0.3

**Bibliografie:**

1. STAS 2517-78 – Masuri terminale de lungime. Cale plan-paralele.
2. Instructiuni 1-13-72 pentru verificarea si etalonarea calelor plan-paralele cu lungimi nominale de la 0.1 la 1000 mm.

Abaterea de la lungimea median ,  $UL_m$ .

Tabelul 1.Rezultate

	Temperatura [°C]	Valori m surate	
		Pe cala etalon, $UL_{MEi}$ [~m]	Pe cala de verificat, $UL_{MVi}$ [~m]
1			
2			
3			
4			
5			
$L_N = 5 \text{ mm}$ $UL_{ME} = dUL_{MEi} / 5 =$ $UL_{MV} = dUL_{MVi} / 5 =$ $UL_M = UL_{ME} + UL_{MV} =$			

Varia ia lungimii,  $UL$ .

Tabelul 2. Rezultate

Nr. de m sur ri repetate	Temperatura [°C]	Valori m surate				
		$UL_1$ [~m]	$UL_2$ [~m]	$UL_3$ [~m]	$UL_4$ [~m]	$UL_M$ [~m]
1						
2						
3						
4						
Valori medii						
$L_N = 5 \text{ mm}$ $UL_{max} =$ ; $L_{max} = L_N + UL_{max} =$ $UL_{min} =$ ; $L_{min} = L_N + UL_{min} =$ $UL = L_{max} - L_{min} =$						

<b>FI DE VERIFICARE METROLOGIC</b>				
<b>Denumire mijloc de măsurare</b>			<b>CAL PLAN- PARALEL</b>	
<b>Tip</b>			<b>Măsur terminal de lungime</b>	
<b>Caracteristici tehnice</b>			<b>Caracteristici metrologice</b>	
<b>Lungimea nominal</b>	<b>5 mm</b>		<b>Casa de precizie</b>	<b>3</b>
<b>Inscripționarea lungimii nominale</b>	<b>Pe una din suprafețele active</b>		<b>Abateră admisă de la lungimea median</b>	<b>±1,2 μm</b>
<b>Dimensiunile suprafețelor active</b>	<b>30x10 mm</b>			
<b>REZULTATE EXPERIMENTALE</b>				
<b>Nr. crt.</b>	<b>Caracteristica verificată</b>	<b>Valori măsurate</b>	<b>Măsurile aparate utilizate</b>	<b>Condițiile de măsurare</b>
1	<b>Abateră de la lungimea median, ULm</b>		Suport de laborator Optimetru de proiecție, v.d.=0,2 μm; Cal pan- paralel din sticl	- temperatura °C; - suprafețele active curate
3	<b>Variația lungimii, UL</b>		Suport de laborator Optimetru de proiecție, v.d.=0,2 μm; Cal pan- paralel din sticl	- temperatura °C; - suprafețele active curate
<b>DECIZIA ÎN URMA VERIFICĂRII</b>				
	<b>Măsură verificată este ADMIS pentru utilizare</b>	<b>Argumentare</b>		
	<b>Măsură verificată este RESPINS de la utilizare</b>	<b>Argumentare</b>		