

FACTORI CE INFLUIENȚEAZĂ VERIFICAREA METROLOGICĂ A MANOMETRELOR CU PISTON ȘI GREUTĂȚI

Pianîh Alexei, Nucă Ilie, Ceapa Sergiu

Universitatea Tehnică a Moldovei, Institutul Național de Standardizare și Metrologie

Rezumat: Prezenta lucrare este constituită pe baza experienței verificatorilor metrologi din cadrul INSM de exploatare a manometrelor cu piston și greutate, ce sunt mijloace de măsurare de înaltă precizie destinate măsurării presiunii. Sunt descrise unele aspecte practice ce sunt indispensabile în procesul de lucru.

Cuvinte cheie: manometru cu piston și greutate, trasabilitate, etalon, eroare, verificare metrologică, unita de măsură a presiunii.

1. Introducere

La momentul actual economia și industria RM ca și înainte are nevoie de verificări corecte și imparțiale al mijloacelor de măsurare legale. Laboratorul presiuni al INSM participă cu toată responsabilitatea necesară la asigurarea trasabilității unității de măsură a presiunii de la etalonul național la cele de referință. Încrederea în calitatea procesului de verificare, este în foarte mare măsură determinat de încrederea în calitatea proceselor de măsurare, altfel spus, în calitatea rezultatelor măsurărilor.

2. Manometre cu piston și greutate

Manometrele cu piston și greutate (MPG) sunt mijloace de măsurare din domeniul presiunii ce se utilizează în special ca mijloace de măsurare etalon datorită performanțelor deosebite ale acestora. Principiul de funcționare se bazează pe legea lui Pascal, presiunea lichidului manometric din interiorul cilindrului fiind echilibrată de presiunea dată de masa maselor, care se așează pe talgerul pistonului.

Manometru cu piston și greutate tip MII-60 cl. 0,2 este destinat să transmită unitatea de măsură a presiunii manometrelor cu piston și greutate cl. 0,05 (figura 1.a) prin metoda echilibrului hidrostatic și mijloacelor tehnice de măsurare a presiunii relative cu clasa de precizie 0,075 și 0,15 (figura 1.b) prin metoda comparării directe.

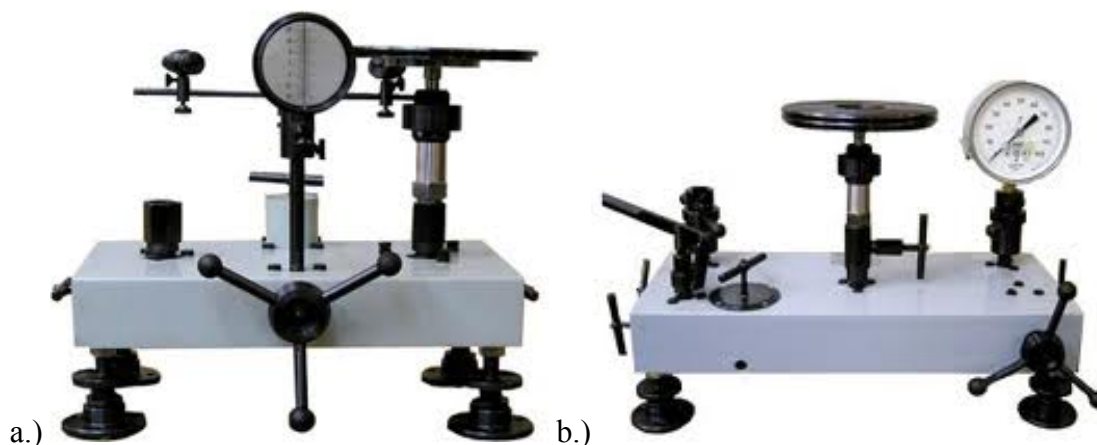


Figura 1. Manometru cu piston și greutate MII-60 cl. 0,02

3. Factori de influență asupra lucrărilor de verificare metrologică periodică

1. Deoarece forța, cu care masa greutăților acționează asupra talgerului pistonului, este direct proporțională cu accelerația gravitațională (g), presiunea generată depinde de locul utilizării MPG, și pentru a efectua calcule exacte e necesar să se cunoască accelerația căderii libere locale (g_l). Deci indicațiile de pe greutăți de tipul "20 kgf/cm²" sunt adevărate, cu eroarea prescrisă de clasa de exactitate a MPG, numai în cazul cînd producătorul ia în calcul g_l al utilizatorului, fiindcă în majoritatea cazurilor se fabrică după g de la Paris.

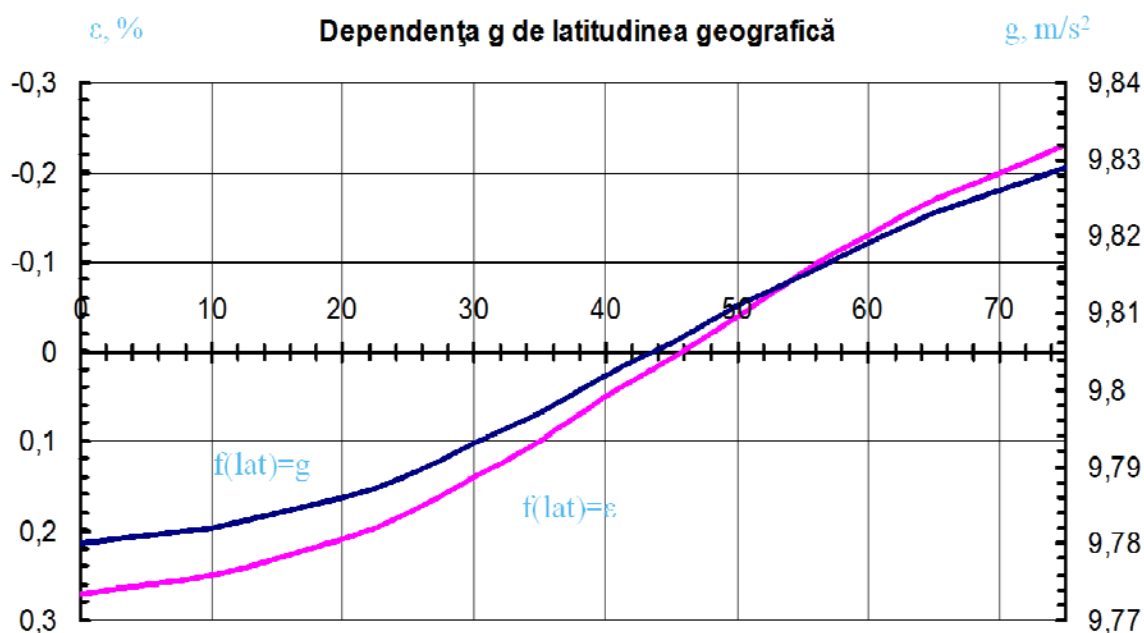


Figura 2. Dependența g de latitudinea geografică

Metrologii ce efectuează măsurări de înaltă precizie fără a introduce corecțiile de rigoare dețin o eroare de pînă la 0,2%, în dependență de latitudinea geografică. În tabelul 1 sunt prezentate unele erori dependente de latitudinea geografică.

Tabelul 1

Accelerația gravitației g , la diferite latitudini a și deviația sa de la accelerația gravitațională pariziană

$a, ^\circ$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$g, m/s^2$	9,780	9,781	9,782	9,784	9,786	9,789	9,793	9,797	9,802	9,806	9,811	9,815	9,819	9,823	9,826	9,829
$\frac{g - g_0}{g_0}, \%$	0,27	0,26	0,25	0,23	0,21	0,18	0,14	0,10	0,05	0,007	-0,04	-0,09	-0,13	-0,17	-0,20	-0,23

2. Eroarea presiunii generate de MPG este determinată de următorii factori de bază:

- Pragul de reacție la modificarea maselor greutăților și stabilitatea valorii ariei efective a ansamblului piston-cilindru;
- Eroarea estimării ariei efective a ansamblului piston cilindru;
- Deviația masei reale ale pistonului și greutăților de la valorile nominale;
- Eroarea estimării înălțimii coloane hidrostatice din sistem.

Defectul cel mai des întâlnit la MPG noi constă în prezența pe suprafața pistonului și a cilindrului a rămășițelor de abraziv tehnic, utilizat la faza finală de producție. Dimensiunile acestor rămășițe este prea mic ca să fie depistat la microscop, dar prezența lor poate fi determinată în procesul unor comparații directe cu un MPG cu o clasă de precizie mai înaltă prin estimarea pragului de reacție și după echilibrarea greutăților modificând direcția de rotire a MPG și mișcării sale pe verticală. Într-un proces de exploatare normal abrazivul va dispărea după o sută de ore de lucru, dar e posibil ca în proces să fie substanțial modificată aria efectivă a pistonului.

Aria efectivă, la o anumită presiune, se calculează cu relația [1]:

$$A_i = \frac{\sum_j m_{ij} \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_{ai}}{\rho_j}\right) + m_f \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_{ai}}{\rho_f}\right) + \gamma \cdot C}{p_{ri} + (\rho_f - \rho_a) \cdot g \cdot \Delta h} \cdot [1 - (t_i - t_r) \cdot a] \quad (1)$$

în care

m_{ij} – sunt masele greutăților așezate pe piston, inclusiv masa acestuia, a talerului și a altor eventuale anexe, atunci când echilibrul are loc la presiunea p_i ;

m_f – este masa fluidului care contribuie la sarcină;

g – este accelerația locală a gravitației;

ρ_{ai} – este densitatea aerului în momentul realizării echilibrului i ;

ρ_j – sunt densitățile greutăților cu masele m_{ij} ;

ρ_f – este densitatea fluidului manometric;

γ – este tensiunea superficială a lichidului manometric;

C – este circumferința pistonului;

p_{ri} – este presiunea de referință, reprodusă de etalon, extrasă din certificatul de etalonare al acestuia sau calculată în conformitate cu formula indicată în certificat;

a – este coeficientul de temperatură al ansamblului piston-cilindru al manometrului etalonat;

t_i – este temperatura ansamblului piston-cilindru al manometrului etalonat, în momentul realizării echilibrului i ;

t_r – este temperatura de referință (20 °C);

Δh – este diferența de nivel între planurile de referință ale celor două manometre.

3. Aerul în sistema hidraulică de comparare a MPG-lor poate să introducă eronări semnificative în citirea corectă a valorii rezultatelor echilibrării maselor (uneori pînă la o unitate de g!), dacă bulele de aer au pătruns în conductele ce unesc MPG-ile comparate. Așa precum dimensiunile bulei de aer se modifică semnificativ, odată cu modificarea presiunii, respectiv se modifică și presiunea coloanei hidrostatice dintre două curse de lucru ale MPG, ce efectiv înseamnă modificarea echilibrului hidrostatic al maselor greutăților al unui piston. Ca rezultat verificatorul metrolog va alege o masă adăugătoare ce nu va reflecta caracteristicile metrologice ale MPG-ului verificat.

În documentația tehnică [2] avem doar indicația că aerul trebuie eliminat din hidrosistemă, fără să se descrie modalitatea. În realitatea procedura e destul de complicată, mai ales că ea nu este prevăzută la proiectarea bazelor ce intră în componența MPG, se recurge la rotirea multiplă a bazei în spațiu.

4. Verificarea metrologică a MPG conform documentației normative prevede stabilirea unui echilibru hidrostatic ale ansamblurilor piston-cilindru ce se află sub presiunea maselor greutăților, prin adăugarea pe unul dintre MPG a greutăților adăugătoare [3], indiferent de clasa de precizie a MPG-ilor. Condiția dată este din start imposibilă aprioric, la fel cum e imposibil de măsurat cu o eroare nulă o mărime fizică. În cazul dat obținerii unui echilibru perfect încurcă următorii factori:

- Diferența vitezelor proprii de coborîre ale pistoanelor MPG-urilor;
- Prezența elementelor perturbatoare în procesul de trecere de la un punct de verificare la altul;
- Timpul de apreciere a unui punct de verificare uneori poate să depășească timpul normal de rotire al unui ansamblu piston-cilindru cu greutate;
- Lichidul ce se scurge din ansamblu piston-cilindru se acumulează pe suprafața ariei efective a pistonului, modificînd încărcătura reală ce-i revine.

În realitate e de ajuns de îndeplinit verificarea metrologică nu cu o eroare nulă, dar o eroare prescrisă, determinată ulterior în dependență de clasa de precizie a mijlocului de măsurare verificat.

4. Concluzii:

Este indispensabilă cunoașterea procesului de măsurare a presiunii cu ajutorul manometrului cu piston și greutate și calculul cât mai precis a erorii acestuia de măsurare, ca să putem asigura corectitudinea măsurărilor, trasabilitatea unității de măsură a presiunii și garantarea serviciilor competente.

Trebuie de calculat g_1 , de estimat cu o incertitudine înaltă de măsurare masele reale ale greutăților, talgerului pistonului, aria efectivă a ansamblului piston-cilindru, de efectuat măsurările numai după niște pregătiri adecvate.

5. Bibliografie:

1. "Procedură de lucru. Etalonarea manometrelor cu piston și greutate" 3.4/PL-02
2. ГОСТ 8291–83 Манометры избыточного давления грузопоршневые. Общие технические требования
3. OIML R 110:1994 Manometre cu piston