



**O R D I N**  
**П Р И К А З**

nr. 12 din “ 02 ” februarie 2016  
mun. Chișinău

Cu privire la aprobarea  
normei de metrologie legală

În temeiul art. 2, alin. (2), lit. d) și art. 3, alin. (1), (1<sup>2</sup>) ale Legii metrologiei nr. 647-XIII din 17 noiembrie 1995 (Republicată în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, ediție specială din 15 aprilie 2008) cu modificările și completările ulterioare, pentru asigurarea uniformității, legalității și exactității măsurărilor în domeniile de interes public pe teritoriul Republicii Moldova

**ORDON**

1. A aproba, conform anexei, în calitate de normă de metrologie legală NML 1-06:2016 „Receptoarele sistemului satelitar global de navigație GNSS. Procedura de verificare metrologică”.
2. A admite verificarea metrologică periodică și verificarea metrologică după reparare a aparatajului utilizat în geodezie la recepționarea semnalelor sistemelor cosmice de navigație, altele decât receptoarele sistemului satelitar global de navigație GNSS, timp de 10 ani, conform normei de metrologie legală „NM 1-02-2000 Aparatajul utilizat în geodezie la recepționarea semnalelor sistemelor cosmice de navigație. Procedura de verificare metrologică”, aprobată prin Hotărîrea Departamentului Standardizare și Metrologie nr. 847-M din 13 decembrie 2000.
3. A publica prezentul ordin pe pagina web a Ministerului Economiei precum și în Monitorul Oficial al Republicii Moldova.
4. Se pune în sarcină Institutului Național de Metrologie publicarea prezentului ordin în revista de specialitate „Metrologie” și plasarea acestuia pe pagina sa web.

**Viceprim – ministru,**  
**Ministru**

**Octavian CALMÎC**

## NORMĂ DE METROLOGIE LEGALĂ

### „RECEPTOARELE SISTEMULUI SATELITAR GLOBAL DE NAVIGAȚIE GNSS”.

#### Procedura de verificare metrologică.

#### I. Obiectul și domeniul de aplicare

Prezenta normă de metrologie legală se referă la mijloacele de măsurare, utilizate în geodezie pentru recepția semnalelor sistemelor satelitare globale de navigație GNSS, care realizează metode relative și diferențiale de determinări geodezice, și stabilește procedura de verificare metrologică inițială (la introducerea pe piață), periodică și după reparare, în regim static, cinematic, precum și în regim de timp real.

Prezenta normă de metrologie legală nu se aplică mijloacelor de măsurare, utilizate de mijloacele de transport terestru, naval și aerian.

Verificării metrologice se supune un set concret de mijloace de măsurare, compus din receptor de semnale ale sistemelor satelitare globale de navigație (GNSS) cu produsul program (software-ul) respectiv.

Perioada de verificare metrologică – în conformitate cu prevederile Listei Oficiale a mijloacelor de măsurare supuse controlului metrologic legal.

#### II. Referințe normative

RGML 12:2013 [„Sistemul național de metrologie. Verificarea metrologică a mijloacelor de măsurare legale. Organizarea și modul de efectuare”](#).

SMV ISO 17123-8:2011 Optica și aparate optice. Metode de încercare pe teren a aparatelor geodezice și topografice. Partea 8: Sisteme de măsurare pe teren GNSS în timp real cinematic (RTK).

ГОСТ 6359-75 Барографы метеорологические anerоидные. Технические условия.

#### III. Terminologie

**Produsul program (software-ul):** aplicațiile producătorului echipamentului supus verificării metrologice, care sunt confirmate prin licență și sunt destinate procesării rezultatelor măsurătorilor.

**Stație de referință:** stație GNSS aflată pe un punct inițial cu coordonate cunoscute, a cărei înregistrări a semnalelor GNSS sunt folosite pentru calcularea corecțiilor la punctele rover.

**Punct rover:** punct în care se află mijlocul de măsurare ce urmează a fi verificat metrologic și la care sunt aplicate corecțiile parvenite de la stația de referință pentru calcularea coordonatelor lui.

#### IV. Operațiuni de verificare metrologică:

1. Pentru mijloace de măsurare utilizate în calitate de stații permanente de referință verificarea metrologică se efectuează în conformitate cu tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. d/o	Denumirea operației	Nr. punctului din document	Obligativitatea efectuării operației
1.	Examinarea aspectului exterior	12.	da
2.	Încercarea	13.	da
3.	Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim static pentru stațiile permanente (de operare continuă)	16.	da

Pentru alte mijloace de măsurare GNSS verificarea metrologică se efectuează în conformitate cu tabelul 2.

Tabelul 2

Nr. d/o	Denumirea operației	Nr. punctului din document	Obligativitatea efectuării operației		
			după fabricare	după reparație	în procesul funcționării și la depozitare
1.	Examinarea aspectului exterior	12.	da	da	da
2.	Încercarea	13.	da	da	da
3.	Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim static	14.	da*	da*	da*
4.	Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim de timp real	15.	da*	da*	da*

\* – Dacă obligativitatea efectuării operației este prevăzută în documentația tehnică a echipamentului supus verificării metrologice.

## V. Mijloace de verificare metrologică

2. Mijloacele de verificare metrologică utilizate în procesul verificării metrologice sunt în conformitate cu tabelul 3.

Mijloacele de măsurare trebuie să fie etalonate și să dețină certificate de etalonare.

Tabelul 3

Nr. punctului din document	Denumirea etalonului de lucru sau a unui mijloc de măsurare auxiliar, numărul documentului ce reglementează cerințele tehnice, și (sau) principalele caracteristici tehnice și metrologice
14., 15.	Tahimetru electronic cu eroarea de măsurare a distanței (2 mm +2 ppm)
14., 15.	Barometru-aneroid meteorologic de tip БАММ-1, ГОСТ 6359-75
14., 15.	Psihrometru cu aspirație (electric) М-34, ТУ 25 1607 054-85

Se permite utilizarea altor mijloace de măsurare ce satisfac cerințele punctului 1., a căror caracteristici tehnice și metrologice nu sunt inferioare celor specificate în tabelul 3, iar abaterea medie pătratică a măsurării liniilor nu depășește  $\pm (2 \text{ mm} + 2\text{ppm})$ .

## VI. Cerințe de calificare a verifcătorilor metrologi

3. La executarea verificării metrologice a receptoarelor de semnale ale sistemelor satelitare globale de navigație GNSS și prelucrării rezultatelor măsurătorilor se admit persoane care posedă calificarea de verifcători metrologi în domeniu, competenți pentru îndeplinirea lucrărilor respective.

## VII. Cerințe de securitate

4. La executarea lucrărilor metrologice se vor respecta cerințele stipulate în următoarele documente normative:

- „Инструкция по технике безопасности, топографо-геодезические работы” № 34, Институт „INGEOCAD”, 2005 г.
- Capitolul „Tehnica securității” din documentația tehnică a mijlocului de măsurare utilizat la efectuarea verificărilor metrologice.

## VIII. Condiții de verificare metrologică și pregătire către verificare metrologică

5. Verificarea metrologică se va executa în condiții climatice corespunzătoare diapazonului de funcționare a mijlocului de măsurare supus verificării metrologice, indicate în documentația tehnică a acestuia.

6. Alimentarea mijlocului de măsurare se va efectua de la setul de acumatoare stabilit. Pe punctul fix, alimentarea poate fi efectuată de la rețeaua de curent alternativ cu frecvența  $(50 \pm 0,5)\text{Hz}$

și tensiunea  $(220 \pm 5)V$  prin intermediul surselor de curent continuu ce corespund cerințelor tehnice de alimentare pentru tipul concret de mijloc de măsurare.

7. Verificatorul metrolog, înainte de inițierea verificării metrologice, va examina documentația tehnică a mijlocului de măsurare supus verificării metrologice, tehnologia de executare a măsurătorilor geodezice recomandată de producător și va verifica funcționalitatea software-ului de procesare a măsurătorilor, după caz. În caz de necesitate în procedură se operează ajustările necesare care nu afectează calitatea măsurătorilor efectuate.

8. Executarea verificării metrologice se va planifica din timp, ținând cont de prognoza vizibilității sateliților GNSS în zona de măsurători, totodată poziția lor relativă (constelația) trebuie să corespundă limitelor factorului geometric recomandat de producătorul mijlocului de măsurare supus verificării metrologice.

9. Procesarea observațiilor GNSS se permite numai cu utilizarea software-ului licențiat, elaborat pentru mijloacele de măsurare supuse verificării metrologice.

10. Stația permanentă de referință de operare continuă este permisă spre verificare metrologică numai în cazul dacă verificatorului metrolog i-au fost prezentate observațiile GNSS timp de 24 ore de la această stație și de la stațiile inițiale. Datele se prezintă în format RINEX, cu înscrierea datelor nu mai rar de o dată la fiecare 30 de secunde și durata observațiilor fiecărui fișier RINEX de o oră. Totodată, verificatorului metrolog i se prezintă valorile nominale ale coordonatelor stației supuse verificării metrologice și a stațiilor inițiale, în sistemul de coordonate național. Observațiile GNSS prezentate verificatorului metrolog se vor efectua cu cel mult 3 zile înainte de verificare metrologică.

11. Operatorii vor coordona acțiunile sale cu ajutorul semnalelor convenite în prealabil, transmise cu ajutorul semnalelor radio sau vizual.

## **IX. Determinarea (controlul) caracteristicilor metrologice**

### 12. Examinarea aspectului exterior

Examinarea aspectului exterior include verificarea:

- stării și performanței, switch-urilor și tastaturii;
- existenței și stării inscripțiilor explicative;
- integrității izolației cablurilor și conectorilor;
- integrității și curățeniei contactelor în conectori.

Existența tuturor componentelor se verifică conform listei din documentația tehnică.

### 13. Încercarea funcționării

Mijlocul de măsurare se conectează la o sursă de alimentare și se verifică funcționalitatea acestuia în conformitate cu prevederile documentației tehnice. Se verifică funcționarea încărcătoarelor de baterii și, după caz, se execută un ciclu de încărcare-descărcare a bateriilor.

Se va verifica conexiunea la stația de referință și obținerea corecțiilor în timp real cinematic, în cazul în care se verifică acest regim.

Echipamentele cu defecte și (sau) incomplete sunt respinse și nu se admit spre verificare metrologică ulterioară.

### 14. Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim static

#### 1) Conceptul de verificare metrologică

Mijlocul de măsurare supus verificării metrologice este permis spre verificarea metrologică numai în cazul dacă verificatorului metrolog i s-a acordat software-ul licențiat destinat procesării măsurătorilor mijlocului de măsurare supus verificării metrologice.

În procesul verificării metrologice se utilizează un punct al stației de referință și două puncte rover. Distanța minimă dintre punctele rover este de 2 m și maximă de 20 m.

Distanța orizontală și diferența de nivel între punctele rover se determină prin alte metode geodezice decât observațiile GNSS, cu precizia de până la 3 mm. Aceste valori sunt luate ca nominale și sunt utilizate pentru măsurători la verificarea metrologică preliminară. Distanțele orizontale și diferențele de nivel, calculate din coordonatele măsurate cu mijlocul de măsurare supus verificării

metrologice în fiecare serie de măsurători sunt comparate cu aceste valori pentru a se asigura că măsurătorile nu conțin valori aberante sau valori evident eronate.

Fiecare set de măsurători constă din măsurători succesive în punctele rover 1 și 2.

Durata observațiilor va fi de cel puțin 20 minute + 1 minut pentru fiecare kilometru de distanță până la stația de referință care depășește 10 12km.

Întrucât ciclul de schimb tipic de efect multi-canal este de aproximativ 20 min, procedura de măsurare acoperă perioada de influență a acestui factor.

Intervalul de timp între începutul măsurătorilor pentru seturi consecutive va fi de cel puțin 45 minute. Astfel, mai multe seturi de măsurători reflectă impactul schimbărilor în constelația satelitară, cât și a schimbărilor survenite în condițiile ionosferei și troposferei.

Abaterea medie pătratică calculată pentru toate măsurătorile, este o măsură cantitativă de precizie, inclusiv majoritatea factorilor de influență în poziționare prin satelit.

## 2) Măsurători

Pentru procedurile de verificare metrologică sunt utilizate 6 seturi de măsurători. Începuturile seriilor consecutive de măsurători se efectuează la intervale de timp de cel puțin 45 minute. Secvența de măsurători este prezentată în tabelul 4, în care rubrica „Nr. sec.” indică secvența măsurătorilor.

Tabelul 4

Nr. sec.	Set, $j$	Punct rover, $k$	Măsurătoare		
			$x$	$y$	$h$
1	1	1	$x_{1,1}$	$y_{1,1}$	$h_{1,1}$
2	1	2	$x_{1,2}$	$y_{1,2}$	$h_{1,2}$
3	2	1	$x_{2,1}$	$y_{2,1}$	$h_{2,1}$
4	2	2	$x_{2,2}$	$y_{2,2}$	$h_{2,2}$
5	3	1	$x_{3,1}$	$y_{3,1}$	$h_{3,1}$
6	3	2	$x_{3,2}$	$y_{3,2}$	$h_{3,2}$
7	4	1	$x_{4,1}$	$y_{4,1}$	$h_{4,1}$
8	4	2	$x_{4,2}$	$y_{4,2}$	$h_{4,2}$
9	5	1	$x_{5,1}$	$y_{5,1}$	$h_{5,1}$
10	5	2	$x_{5,2}$	$y_{5,2}$	$h_{5,2}$
11	6	1	$x_{6,1}$	$y_{6,1}$	$h_{6,1}$
12	6	2	$x_{6,2}$	$y_{6,2}$	$h_{6,2}$

Setul specific de măsurători se notează cu  $x_{j,k}$ ,  $y_{j,k}$  și  $h_{j,k}$  unde  $x$ ,  $y$ ,  $h$  – coordonatele în sistemului local de coordonate. Indicele  $j$  – numărul setului,  $k$  – numărul punctului rover. De exemplu,  $x_{3,2}$  – componenta  $x$  a celui de-al treilea set de măsurători în al doilea punct rover.

## 3) Verificarea metrologică preliminară

Verificarea metrologică preliminară de măsurători vizează doar identificarea valorilor aberante sau valorilor evident eronate și nu include evaluare statistică.

Măsurătorile sunt comparate direct cu valorile nominale existente pentru determinarea măsurătorilor cu erori grave.

Pentru fiecare set ( $j= 1, \dots, 6$ ) se calculează distanța și diferența de nivel între două puncte rover. Ulterior, se calculează abaterile de la valorile nominale.

$$D_j = \sqrt{(x_{j,2} - x_{j,1})^2 + (y_{j,2} - y_{j,1})^2}$$

$$\Delta h_j = h_{j,2} - h_{j,1}$$

$$\varepsilon_{D_j} = D_j - D^* \tag{1}$$

$$\varepsilon_{h_j} = h_j - h^*$$

$$j=1, \dots, 6$$

unde:

$x_{j,k}, y_{j,k}, h_{j,k}$  valorile măsurate  $x, y$  și  $h$  respectiv în setul  $j$  în punctul rover  $k$ ;

$D_j, \Delta h_j$  distanța și diferența de nivel calculate în setul  $j$ ;

$D^*, \Delta h^*$  valorile nominale ale distanței și diferenței de nivel;

$\varepsilon_{D_j}, \varepsilon_{h_j}$  abaterile de la distanța și diferența de nivel.

Dacă o abatere nu satisface una din condițiile ecuațiilor (2), acest fapt indică că există valori vădit eronate sau străine și verificarea metrologică preliminară trebuie să fie repetată.

$$|\varepsilon_{D_j}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_{xy} \quad (2)$$

$$|\varepsilon_{h_j}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_h$$

unde  $s_{xy}$  și  $s_h$  sunt abaterile medii pătratice, calculate în conformitate cu formulele (12) și (13), sau valorile specificate de producător.

#### 4) Calculul valorilor statistice

Prin metoda celor mai mici pătrate sunt calculate valorile medii  $x, y, h$  în toate seturile pentru fiecare punct rover ( $k=1, 2$ ), după cum urmează:

$$\begin{aligned} \bar{x}_k &= \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 x_{i,j,k} \\ \bar{y}_k &= \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 y_{i,j,k} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\bar{h}_k = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 h_{i,j,k}$$

$$k=1, 2$$

Reziduurile  $x, y, h$ , pentru toate măsurătorile din toate seriile sunt calculate conform următoarelor ecuații:

$$\begin{aligned} r_{x_{j,k}} &= \bar{x}_k - x_{j,k} \\ r_{y_{j,k}} &= \bar{y}_k - y_{j,k} \end{aligned} \quad (4)$$

$$r_{h_{j,k}} = \bar{h}_k - h_{j,k}$$

$$k=1, 2 \quad j=1, \dots, 6$$

Aceste reziduuri sunt ridicate la pătrat și sumate, inclusiv măsurătorile pentru toate punctele cu indicele  $k = 1$  și  $k = 2$  separat pentru  $x, y, h$

$$\begin{aligned} \sum r_x^2 &= \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^2 r_{x_{j,k}}^2 \\ \sum r_y^2 &= \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^2 r_{y_{j,k}}^2 \\ \sum r_h^2 &= \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^2 r_{h_{j,k}}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Gradele de libertate pentru  $x, y, h$  sunt identice și se calculează astfel:

$$v_x = v_y = v_h = (n-1) \times p = (6-1) \times 2 = 10 \quad (6)$$

unde:

$n$  – numărul seturilor = 6;

$p$  – numărul punctelor rover = 2.

În continuare se calculează abaterea medie pătratică a unei măsurători  $x$ ,  $y$ ,  $h$ , după următoarele formule:

$$\begin{aligned} s_x &= \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{10}} \\ s_y &= \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{10}} \\ s_h &= \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}} = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{10}} \end{aligned} \quad (7)$$

acestea sunt legate cu devierile standard ISO

$$s_{ISO-GNSS_{xy}} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad (8)$$

$$s_{ISO-GNSS_h} = s_h \quad (9)$$

unde:

$s_{ISO-GNSS_{xy}}$  – abaterea medie pătratică experimentală de poziție ( $x$ ,  $y$ );

$s_{ISO-GNSS_h}$  – abaterea medie pătratică experimentală de altitudine ( $h$ ).

Mijlocul de măsurare este considerat utilizabil, în cazul în care abaterile medii pătratice ale măsurătorilor în plan și înălțime nu depășesc valorile calculate după formulele (10) și (11).

$$\hat{\text{În plan}} = \sigma_{xy} \times 1,25 \quad (10)$$

unde  $\sigma_{xy}$  – valoarea abaterii mediei pătratice de determinare a poziției în plan, specificată în documentația tehnică a mijlocului de măsurare.

$$\text{După înălțime} = \sigma_h \times 1,35 \quad (11)$$

unde  $\sigma_h$  – valoarea abaterii mediei pătratice de determinare a poziției după înălțime, specificată în documentația tehnică a mijlocului de măsurare.

Dacă limitele abaterilor medii pătratice nu sunt specificate în documentația tehnică a mijlocului de măsurare:

$$\sigma_{xy} = 5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm} \quad (12)$$

(5 mm + 0,5 mm pe fiecare kilometru de distanță din punctul inițial)

$$\sigma_h = 10 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm} \quad (13)$$

(10 mm + 0,5 mm pe fiecare kilometru de distanță din punctul inițial).

## 15. Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în timp real

### 1) Conceptul de verificare metrologică

În procesul verificării metrologice se utilizează un punct al stației de referință și două puncte rover. Distanța minimă dintre punctele rover este de 2 m și maximă de 20 m.

Distanța orizontală și diferența de nivel între punctele rover se determină prin alte metode decât cele RTK cu precizia de până la 3 mm. Aceste valori sunt luate ca nominale și sunt utilizate pentru măsurători pre-test. Distanțele orizontale și diferențele de nivel, calculate de la coordonatele măsurate în fiecare serie de măsurători sunt comparate cu aceste valori pentru a se asigura că măsurătorile nu

conțin valori aberante sau valori evident eronate. Trebuie remarcat faptul că valorile nominale nu sunt utilizate pentru verificarea metrologică statistică.

O serie de măsurători este compusă din cinci seturi de măsurători. Fiecare set de măsurători constă din măsurători succesive în punctele rover 1 și 2.

Întârzierea (reținerea) în timp între două seturi de măsurători succesive va fi de aproximativ 5 minute. Astfel, o serie de măsurători durează circa 25 de minute. Cinci seturi de măsurători pe cele două stații mobile trebuie să fie uniform distribuite în acel interval de timp. Întrucât ciclul de schimb tipic de efect multi-canal este de aproximativ 20 min, procedura de măsurare acoperă perioada de influență a acestui factor.

Intervalul de timp între începutul măsurătorilor pentru serii consecutive va fi de cel puțin 90 minute. Astfel, mai multe serii de măsurători reflectă impactul schimbărilor în constelația satelitară, cât și a schimbărilor survenite în condițiile ionosferei și troposferei.

Procedura de verificare metrologică „pre-test” constă numai dintr-o serie de măsurători și, prin urmare, este destinată numai pentru identificarea valorilor aberante sau valorilor evident eronate, exclusiv evaluare statistică. Procedura de verificare metrologică completă, în schimb, este formată din trei seturi de măsurători și permite de a estima abaterea medie pătratică și evaluarea statistică.

Procedura de verificarea metrologică completă se folosește pentru determinarea celui mai înalt nivel de precizie a echipamentului.

## 2) Verificarea metrologică „pre-test”

### a) Măsurători

În procesul verificării metrologice preliminare se utilizează o serie de măsurători, în care executantul urmează să obțină cinci seturi de măsurători în cele două puncte rover. Secvența măsurătorilor este prezentată în tabelul 5, unde rubrica „Nr. sec.” indică secvența de măsurare.

Tabelul 5

Nr. sec.	Seria <i>i</i>	Set <i>j</i>	Punct rover, <i>k</i>	Măsurătoare		
				<i>x</i>	<i>y</i>	<i>h</i>
1	1	1	1	$x_{1,1,1}$	$y_{1,1,1}$	$h_{1,1,1}$
2	1	1	2	$x_{1,1,2}$	$y_{1,1,2}$	$h_{1,1,2}$
3	1	2	1	$x_{1,2,1}$	$y_{1,2,1}$	$h_{1,2,1}$
4	1	2	2	$x_{1,2,2}$	$y_{1,2,2}$	$h_{1,2,2}$
5	1	3	1	$x_{1,3,1}$	$y_{1,3,1}$	$h_{1,3,1}$
6	1	3	2	$x_{1,3,2}$	$y_{1,3,2}$	$h_{1,3,2}$
7	1	4	1	$x_{1,4,1}$	$y_{1,4,1}$	$h_{1,4,1}$
8	1	4	2	$x_{1,4,2}$	$y_{1,4,2}$	$h_{1,4,2}$
9	1	5	1	$x_{1,5,1}$	$y_{1,5,1}$	$h_{1,5,1}$
10	1	5	2	$x_{1,5,2}$	$y_{1,5,2}$	$h_{1,5,2}$

Un set de măsurători se notează cu  $x_{i,j,k}$ ,  $y_{i,j,k}$  și  $h_{i,j,k}$ , unde  $x$ ,  $y$ ,  $h$  – coordonatele în sistemul local de coordonate. Indexul  $i$  reprezintă numărul seriei, indexul  $j$  – numărul setului,  $k$  – numărul punctului rover. De exemplu,  $x_{1,3,2}$  – componenta  $x$  a celui de-al treilea set de măsurători în al doilea punct rover, în prima serie.

Pentru verificarea metrologică completă, secvența de măsurători corespunde valorilor din Tabelul 5.

### b) Calcul

Măsurătorile sunt comparate direct cu valorile nominale existente pentru determinarea măsurătorilor cu erori grave.

Pentru fiecare set ( $j= 1, \dots, 5$ ) din seria ( $i= 1$ ) se calculează distanța și diferența de nivel între două puncte rover. Ulterior se calculează abaterile de la valorile nominale.



$$\begin{aligned}
D_{i,j} &= \sqrt{(x_{i,j,2} - x_{i,j,1})^2 + (y_{i,j,2} - y_{i,j,1})^2} \\
\Delta h_{i,j} &= h_{i,j,2} - h_{i,j,1} \\
\varepsilon_{D_{i,j}} &= D_{i,j} - D^* \\
\varepsilon_{h_{i,j}} &= h_{i,j} - h^* \\
i &= 1, j = 1, \dots, 5
\end{aligned} \tag{14}$$

unde:

$x_{i,j,k}, y_{i,j,k}, h_{i,j,k}$  măsurători  $x, y$  și  $h$  respectiv în setul  $j$  în punctul rover  $k$  din seria  $i$ ;  
 $D_{i,j}, \Delta h_{i,j}$  distanța și diferența de nivel calculate în setul  $j$  din seria  $i$ ;  
 $D^*, \Delta h^*$  valorile nominale ale distanței și diferenței de nivel;  
 $\varepsilon_{D_{i,j}}, \varepsilon_{h_{i,j}}$  abaterile de la distanța și diferența de nivel.

Dacă o abatere nu satisface una din condițiile ecuațiilor (15), acest fapt indică că există valori vădit eronate sau străine și verificarea metrologică trebuie să fie repetată.

$$\begin{aligned}
|\varepsilon_{D_{i,j}}| &\leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_{xy} \\
|\varepsilon_{h_{i,j}}| &\leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_h
\end{aligned} \tag{15}$$

unde  $s_{xy}$  și  $s_h$  sunt abaterile medii pătratice, calculate în conformitate cu formulele (25) și (26), sau valorile specificate de producător.

### 3) Procedura de verificarea metrologică completă

Pentru procedura de verificarea metrologică completă se vor utiliza 3 serii de măsurători identice cu cele din procedura verificării metrologice „pre-test”. Începuturile seriilor consecutive de măsurători vor fi divizate în timp cu intervalul de minimum 90 minute.

Calculul se efectuează în două etape. În prima etapă măsurătorile sunt comparate direct cu valorile nominale pentru determinarea măsurătorilor cu erorile grave. Valorile statistice sunt calculate în a doua etapă.

#### a) Procedura de verificarea metrologică preliminară

Calculul deja descrise în procedura verificării metrologice „pre-test” (pct. 2), art.15.) se aplică la fiecare din cele 3 serii de măsurători.

#### b) Calculul valorilor statistice

În primul rând, prin metoda celor mai mici pătrate sunt calculate valorile medii  $x, y, h$  în toate seriile de măsurători pentru fiecare punct rover ( $k=1, 2$ ), în modul următor:

$$\begin{aligned}
\bar{x}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{i,j,k} \\
\bar{y}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 y_{i,j,k} \\
\bar{h}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k}
\end{aligned} \tag{16}$$

$k=1, 2$

Reziduurile  $x$ ,  $y$ ,  $h$ , pentru toate măsurătorile din toate seriile sunt calculate conform următoarelor formule:

$$\begin{aligned} r_{x_{i,j,k}} &= \bar{x}_k - x_{i,j,k} \\ r_{y_{i,j,k}} &= \bar{y}_k - y_{i,j,k} \\ r_{h_{i,j,k}} &= \bar{h}_k - h_{i,j,k} \end{aligned} \quad (17)$$

$$k=1, 2 \quad j=1, \dots, 5 \quad i=1, 2, 3$$

Aceste reziduuri sunt ridicate la pătrat și însumate, inclusiv măsurătorile pentru toate punctele de indicele  $k = 1$  și  $k = 2$  separat pentru  $x$ ,  $y$ ,  $h$

$$\begin{aligned} \sum r_x^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{x_{i,j,k}}^2 \\ \sum r_y^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{y_{i,j,k}}^2 \\ \sum r_h^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{h_{i,j,k}}^2 \end{aligned} \quad (18)$$

Gradele de libertate pentru  $x$ ,  $y$ ,  $h$  sunt identice și se calculează după cum urmează:

$$v_x = v_y = v_h = (m \times n - 1) \times p = (3 \times 5 - 1) \times 2 = 28 \quad (19)$$

unde:

$m$  – numărul seriilor =3;

$n$  – numărul seturilor într-o serie =5;

$p$  – numărul punctelor rover =2.

Se calculează abaterea medie pătratică a unei măsurători  $x$ ,  $y$ ,  $h$ , conform formulei:

$$\begin{aligned} s_x &= \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{28}} \\ s_y &= \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{28}} \\ s_h &= \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}} = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{28}} \end{aligned} \quad (20)$$

care sunt legate cu devierile standard ISO

$$s_{ISO-GNSS-RTK_{xy}} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad (21)$$

$$s_{ISO-GNSS-RTK_h} = s_h \quad (22)$$

unde:

$s_{ISO-GNSS-RTK_{xy}}$  – abaterea medie pătratică experimentală de poziție ( $x$ ,  $y$ );

$s_{ISO-GNSS-RTK_h}$  – abaterea medie pătratică experimentală de altitudine ( $h$ ).

Mijlocul de măsurare este considerat utilizabil, în cazul în care abaterile medii pătratice ale măsurătorilor în plan și înălțime nu depășesc valorile calculate conform formulelor (23) și (24).

$$\text{În plan} = \sigma_{xy} \times 1,15 \quad (23)$$

unde  $\sigma_{xy}$  – valoarea abaterii mediei pătratice de determinare a poziției în plan, specificată în documentația tehnică a mijlocului de măsurare.

$$\text{După înălțime} = \sigma_h \times 1,22 \quad (24)$$

unde  $\sigma_h$  – valoarea abaterii mediei pătratice de determinare a poziției după înălțime, specificată în documentația tehnică a mijlocului de măsurare.

Dacă limitele abaterilor medii pătratice nu sunt specificate în documentația tehnică a mijlocului de măsurare:

$$\sigma_{xy} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \quad (25)$$

(10 mm + 1 mm pentru fiecare kilometru de distanță din punctul inițial)

$$\sigma_h = 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \quad (26)$$

(20 mm + 1 mm pentru fiecare kilometru de distanță din punctul inițial)

## 16. Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim static pentru stații permanente (de operare continuă)

### 1) Conceptul de verificare metrologică

Prin metoda dată, mijlocul de măsurare supus verificării metrologice, utilizat în calitate de stație permanentă de referință, de operare continuă nu trebuie să fie demontat și verificarea metrologică a mijlocului de măsurare se execută la distanță.

Având în vedere particularitățile verificării metrologice (stația verificată nu trebuie să fie demontată), stațiile permanente de referință ale sistemului național de poziționare se utilizează în calitate de puncte inițiale (de referință), deoarece numai de la ele se pot obține toate observațiile necesare pentru orice moment. Distanța dintre stația de referință, de la care se execută calcularea coordonatelor, până la stația verificată metrologic nu va depăși 75 km.

Dacă nu este posibil de a face măsurători de verificare metrologică în regimul static pentru stațiile de operare continuă, verificarea metrologică se execută în conformitate cu pct. 14., care presupune demontarea stației permanente. De exemplu, dacă observațiile GNSS nu au fost prezentate verificatorului metrolog sau nu există posibilitatea obținerii datelor de la stațiile sistemului național de poziționare.

### 2) Măsurători

Determinarea coordonatelor se efectuează prin procesarea fișierelor RINEX prezentate și a fișierelor RINEX pentru aceeași perioadă de observații de la stațiile permanente de referință ale sistemului național de poziționare.

Pentru fiecare stație verificată metrologic se folosesc în calitate de puncte inițiale oricare două stații permanente de referință ale sistemului național de poziționare, care se află la o distanță de maxim 75 km de la stația supusă verificării metrologice.

Secvența de calcul este prezentată în tabelul 6, unde rubrica „Nr. sec.” indică secvența de măsurare.

Tabela 6

Nr. sec.	Fișierul RINEX, <i>j</i>	Punct inițial, <i>k</i>	Măsurătoare		
			<i>x</i>	<i>y</i>	<i>h</i>
1	1	1	$x_{1,1}$	$y_{1,1}$	$h_{1,1}$
2	1	2	$x_{1,2}$	$y_{1,2}$	$h_{1,2}$
3	2	1	$x_{2,1}$	$y_{2,1}$	$h_{2,1}$
4	2	2	$x_{2,2}$	$y_{2,2}$	$h_{2,2}$
5	3	1	$x_{3,1}$	$y_{3,1}$	$h_{3,1}$
6	3	2	$x_{3,2}$	$y_{3,2}$	$h_{3,2}$
7	4	1	$x_{4,1}$	$y_{4,1}$	$h_{4,1}$
8	4	2	$x_{4,2}$	$y_{4,2}$	$h_{4,2}$
...	...	...	...	...	...
47	24	1	$x_{24,1}$	$y_{24,1}$	$h_{24,1}$
48	24	2	$x_{24,2}$	$y_{24,2}$	$h_{24,2}$

Un set de măsurători se notează cu  $x_{j,k}$ ,  $y_{j,k}$  și  $h_{j,k}$ , unde  $x$ ,  $y$ ,  $h$  – coordonatele în sistemul local de coordonate. Indicele  $j$  – numărul fișierului RINEX,  $k$  – numărul punctului inițial. De exemplu,  $x_{3,2}$  – componenta  $x$  a celui de-al treilea fișier RINEX calculat de la al doilea punct inițial.

### 3) Verificarea metrologică „pre-test”

Pentru fiecare fișier RINEX ( $j= 1, \dots, 24$ ), de la fiecare din cele două puncte inițiale ( $k= 1, 2$ ) se calculează  $x, y, h$ . Apoi se calculează devierile de la valorile nominale.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{D_{j,k}} &= \sqrt{(x_{j,k} - x^*)^2 + (y_{j,k} - y^*)^2} \\ \varepsilon_{h_{j,k}} &= h_{j,k} - h^*\end{aligned}\quad (27)$$

unde:

- $x^*, y^*, h^*$  valorile nominale  $x, y, h$ ;
- $x_{j,k}, y_{j,k}, h_{j,k}$  măsurători  $x, y$  și  $h$  respective în fișierul RINEX  $j$  din punctul inițial  $k$ ;
- $\varepsilon_{D_{j,k}}, \varepsilon_{h_{j,k}}$  abaterile de distanță și diferență de nivel.

Dacă o abatere nu satisface măcar una din condițiile ecuațiilor (28), aceasta indică că există valori vădit eronate sau străine și verificarea metrologică trebuie să fie repetată cu utilizarea altor observații și/sau după controlul valorilor nominale ale coordonatelor stației supuse verificării metrologice.

$$\begin{aligned}|\varepsilon_{D_{j,k}}| &\leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_{xy} \\ |\varepsilon_{h_{j,k}}| &\leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_h\end{aligned}\quad (28)$$

Unde  $s_{xy}$  și  $s_h$  sunt abaterile medii pătratice, calculate în conformitate cu formulele (38) și (39), sau valorile specificate de producător.

### 4) Calculul valorilor statistice

În primul rând, prin metoda celor mai mici pătrate sunt calculate valorile medii  $x, y, h$  în toate seriile de măsurători pentru fiecare punct inițial ( $k=1, 2$ ), se calculează după cum urmează:

$$\begin{aligned}\bar{x}_k &= \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^2 x_{j,k} \\ \bar{y}_k &= \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^2 y_{j,k} \\ \bar{h}_k &= \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^2 h_{j,k}\end{aligned}\quad (29)$$

unde:

$n$  – cantitatea totală de fișiere RINEX.

Reziduurile  $x, y, h$ , pentru toate măsurătorile a tuturor fișierelor RINEX sunt calculate după cum urmează:

$$\begin{aligned}r_{x_{j,k}} &= \bar{x}_k - x_{j,k} \\ r_{y_{j,k}} &= \bar{y}_k - y_{j,k} \\ r_{h_{j,k}} &= \bar{h}_k - h_{j,k}\end{aligned}\quad (30)$$

Aceste reziduuri sunt ridicate la pătrat și însumate separat pentru  $x, y, h$

$$\begin{aligned}\sum r_x^2 &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^2 r_{x_{j,k}}^2 \\ \sum r_y^2 &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^2 r_{y_{j,k}}^2 \\ \sum r_h^2 &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^2 r_{h_{j,k}}^2\end{aligned}\quad (31)$$

Gradele de libertate pentru  $x, y, h$  sunt identice și se calculează conform formulei:

$$v_x = v_y = v_h = (n-1) \times p \quad (32)$$

unde:

$n$  – numărul fișierelor RINEX;

$p$  – numărul punctelor inițiale.

Se calculează abaterile medii pătratice a unei măsurători  $x, y, h$  după cum urmează:

$$\begin{aligned}s_x &= \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} \\ s_y &= \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} \\ s_h &= \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}}\end{aligned}\quad (33)$$

care sunt legate cu devierile standard ISO

$$s_{ISO-GNSS_{xy}} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad (34)$$

$$s_{ISO-GNSS_h} = s_h \quad (35)$$

unde:

$s_{ISO-GNSS_{xy}}$  – abaterea medie pătratică experimentală de poziție ( $x, y$ );

$s_{ISO-GNSS_h}$  – abaterea medie pătratică experimentală de altitudine ( $h$ ).

Mijlocul de măsurare este considerat utilizabil în cazul în care abaterile medii pătratice ale măsurătorilor în plan și înălțime-nu depășesc valorile calculate după formulele (36) și (37).

$$\hat{\text{În plan}} = \sigma_{xy} \times 1,12 \quad (36)$$

unde  $\sigma_{xy}$  – valoarea abaterii mediei pătratice de determinare a poziției în plan, specificată în documentația tehnică a mijlocului de măsurare.

$$\text{După înălțime} = \sigma_h \times 1,17 \quad (37)$$

unde  $\sigma_h$  – valoarea abaterii mediei pătratice de determinare a poziției după înălțime, specificată în documentația tehnică a mijlocului de măsurare.

Dacă limitele abaterilor medii pătratice nu sunt specificate în documentația tehnică a mijlocului de măsurare:

$$\sigma_{xy} = 5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm} \quad (38)$$

(5 mm + 0,5 mm pentru fiecare kilometru de distanță din punctul inițial)

$$\sigma_h = 10 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm} \quad (39)$$

(10 mm + 0,5 mm pentru fiecare kilometru de distanță din punctul inițial)

## **X.      Prezentarea rezultatelor verificării metrologice**

17. Dacă mijlocul de măsurare, în baza rezultatelor verificărilor metrologice inițiale, periodice sau după reparare, este recunoscut ca utilizabil, pe el și în documentația tehnică se aplică marcajul metrologic de verificare și se eliberează buletin de verificare metrologică de strictă evidență conform anexei A, al RGML 12:2013.

18. Dacă mijlocul de măsurare, în baza rezultatelor verificărilor metrologice inițiale, periodice sau după reparare, este recunoscut ca inutilizabil, se eliberează un buletin de inutilizabilitate, conform anexei B, al RGML 12:2013.