



Ministerul Economiei
și Infrastructurii
al Republicii Moldova

ORDIN

Nr. 135 din "29" 06 2019

mun. Chișinău

Cu privire la aprobarea normei de metrologie legală NML 1-06:2019

În temeiul prevederilor art. 5 alin. (3), art. 6 alin. (3), art. 13 alin. (3) din Legea metrologiei nr. 19/2016, pentru asigurarea uniformității și exactității măsurărilor în domeniile de interes public pe teritoriul Republicii Moldova,

ORDON:

1. Se aprobă norma de metrologie legală NML 1-06:2019 „Receptoare ale sistemului satelitar de navigație globală GNSS. Procedura de verificare metrologică”, conform Anexei.
2. Se abrogă Norma de metrologie legală NML 1-06:2016 „Receptoarele sistemului satelitar global de navigație GNSS. Procedura de verificare metrologică”, aprobată prin Ordinul nr. 12 din 2 februarie 2016 al Ministerului Economiei.
3. Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al Republicii Moldova și se plasează pe pagina web a Ministerului Economiei și Infrastructurii.
4. Se pune în sarcina I.P. ”Institutul Național de Metrologie” plasarea pe pagina sa web a prezentului ordin și publicarea acestuia în revista de specialitate “Metrologie”.
5. Prezentul ordin intră în vigoare la expirarea a 2 luni de la data publicării în Monitorul Oficial al Republicii Moldova.

Ministru

Ghiril GABURICI

NORMĂ DE METROLOGIE LEGALĂ

NML 1-06:2019 „Receptoare ale sistemului satelitar de navigație globală GNSS”. Procedura de verificare metrologică.

I. OBIECTUL ȘI DOMENIUL DE APLICARE

1. Prezenta normă de metrologie legală se referă la mijloacele de măsurare – receptoare ale GNSS (sistem satelitar de navigație globală), utilizate în geodezie pentru recepția semnalelor sistemelor satelitare de navigație globală GNSS, care realizează metode relative și diferențiale de determinări geodezice, și stabilește procedura de verificare metrologică inițială, 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 mijlocul de măsurare, compus din receptor de semnale ale sistemelor satelitare de navigație globală (GNSS) și soft-ul respectiv.

Perioada de verificare metrologică – în conformitate cu prevederile Hotărârii Guvernului nr. 1042 din 13 septembrie 2016 ”Cu privire la aprobarea Listei oficiale a mijloacelor de măsurare și a măsurărilor supuse controlului metrologic legal”.

II. REFERINȚE NORMATIVE

Legea metrologiei nr.19 din 4 martie 2016.

SM ISO/IEC Ghid 99:2017 „Vocabular internațional de metrologie. Concepte fundamentale și generale și termeni asociați (VIM)”, aprobat prin Hotărârea Institutului de Standardizare din Moldova nr.263 din 10 noiembrie 2017.

RGML 12:2018 „[Sistemul național de metrologie](#). Marcaje și buletine de verificare metrologică” aprobat prin Ordinul Ministerului Economiei și Infrastructurii nr. 170 din 29 martie 2018.

SM ISO 17123-8:2016 ”Optică 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)”, aprobat prin Hotărârea IP ”Institutul Național de Standardizare” nr. 141 din 9 iunie 2016.

[SM SR EN 61010-1:2013](#) „Reguli de securitate pentru echipamente electrice de măsurare, de control și de laborator. Partea 1: Cerințe generale”, aprobat prin Hotărârea IP ”Institutul Național de Standardizare” nr. 59 din 1 august 2013.

III. TERMINOLOGIE

2. Pentru interpretarea corectă a prezentei norme de metrologie legală se aplică termenii conform Legii metrologiei nr.19/2016 și SM ISO/IEC Ghid 99:2017 cu următoarele completări:

Soft-ul: aplicațiile producătorului echipamentului supus verificării metrologice, care sunt confirmate prin licență și sunt destinate procesării rezultatelor măsurărilor.

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. CERINȚE TEHNICE ȘI METROLOGICE

3. Receptoarele sistemului satelitar de navigație globală trebuie să corespundă cerințelor SM ISO 17123-8:2016.

V. MODALITĂȚI DE CONTROL METROLOGIC LEGAL

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

Tabelul 1

Denumirea operației	Operația/numărul punctului din capitolul 11) „Efectuarea verificării”	Modalități de control metrologic legal			
		Aprobare de model	Verificarea metrologică		
			Inițială	periodică	După reparare
Examinarea aspectului exterior	18	nu	da	da	da
Încercarea	19	nu	da	da	da
Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim static pentru stațiile permanente (de operare continuă)	20	nu	da	da	da

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

Tabelul 2

Denumirea operației	operația/numărul punctului din capitolul 11) „Efectuarea verificării”	Aprobare de model	Obligativitatea efectuării operației		
			Inițială	periodică	După reparare
Examinarea aspectului exterior	18	nu	da	da	da
Încercarea	19	nu	da	da	da
Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim static	20	nu	da*	da*	da*
Determinarea erorii de măsurare a coordonatelor în regim de timp real	21	nu	da*	da*	da*

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

6. Operațiile de verificare metrologică se efectuează de către laboratoarele desemnate pentru domeniul respectiv, conform Legii metrologiei nr. 19/2016.

7. În cazul în care receptoarele satelitare nu au corespuns măcar uneia din cerințele conform prezentei norme, verificarea metrologică se întrerupe și se consideră că mijlocul de măsurare nu a corespuns prevederilor documentului normativ și nu poate fi utilizată în domeniul de interes public.

8. Perioada de verificare metrologică – în conformitate cu prevederile Hotărîrii Guvernului nr. 1042/2016.

VI. ETALOANE ȘI ECHIPAMENTE

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

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

Tabelul 3

Numărul punctului din capitolul 11) „Efectuarea verificării”	Denumirea etalonului de lucru sau dispozitivul auxiliar de măsurare:	Caracteristicile metrologice și tehnice de bază	Indicativul documentului, care reglementează cerințele tehnice
20, 21	Tahimetru electronic	eroarea de măsurare a distanței (2 mm +2 ppm)	
20, 0	Mijloace de monitorizare a condițiilor de mediu: Temperatura Umiditatea Presiune atmosferică	- 20 ÷ + 40 °C Valoarea diviziunii - 1 °C 10 ÷ 90 % Valoarea diviziunii - 1 % 806 ÷ 1060 hPa Valoarea diviziunii – 0, 1 hPa	

11. Se admite utilizarea altor etaloane de lucru ale căror caracteristicile tehnice și metrologice, sunt analogice sau mai performante decât cele menționate în tabelul 3, care au fost supuse etalonării în modul stabilit și asigură trasabilitatea metrologică.

VII. CERINȚE PRIVIND CALIFICAREA VERIFICATORILOR METROLOGI

12. La efectuarea lucrărilor de verificare metrologică se admit persoane cu competența demonstrată pentru domeniul dat de măsurări.

VIII. CERINȚE PRIVIND SECURITATEA

13. La executarea lucrărilor metrologice se vor respecta cerințele stipulate în următoarele documente normative: [SM SR EN 61010-1:2013](#) „Reguli de securitate pentru echipamente electrice de măsurare, de control și de laborator. Partea 1: Cerințe generale”

IX. CONDIȚII DE VERIFICARE

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

X. PREGĂTIREA PENTRU VERIFICARE

15. Alimentarea mijlocului de măsurare se va efectua de la setul de acumulatori stabilit. Pe punctul fix, alimentarea poate fi efectuată de la rețeaua de curent alternativ cu frecvența (50 ± 0,5)Hz și tensiunea (220 ± 5)V prin intermediul surselor de curent continuu ce corespund cerințelor tehnice de alimentare pentru tipul concret de mijloc de măsurare.

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

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

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

19. 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.

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

XI. EFECTUAREA VERIFICĂRII

21. Examinarea aspectului include verificarea:

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

Existența tuturor componentelor se verifică conform listei din documentația tehnică.

22. 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.

23. 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 măsurărilor 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 măsurări 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 măsurări sunt comparate cu aceste valori pentru a se asigura că măsurările nu conțin valori aberante sau valori evident eronate.

Fiecare set de măsurări constă din măsurări 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 km.

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 măsurărilor pentru seturi consecutive va fi de cel puțin 45 minute. Astfel, mai multe seturi de măsurări reflectă impactul schimbărilor în constelația satelitară, cât și a schimbărilor survenite în condițiile ionosferei și troposferei.

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

2) Măsurări

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

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 măsurări 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 setului, k – numărul punctului rover. De exemplu, $x_{3,2}$ – componenta x a celui de-al treilea set de măsurări în al doilea punct rover.

3) Verificarea metrologică preliminară

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

Măsurările sunt comparate direct cu valorile nominale existente pentru determinarea măsurărilor 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.

$$\begin{aligned}
 D_j &= \sqrt{(x_{j,2} - x_{j,1})^2 + (y_{j,2} - y_{j,1})^2} \\
 \Delta h_j &= h_{j,2} - h_{j,1} \\
 \varepsilon_{D_j} &= D_j - D^* \\
 \varepsilon_{h_j} &= h_j - h^* \\
 j &= 1, \dots, 6
 \end{aligned} \tag{1}$$

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 , Δh_j distanța și diferența de nivel calculate în setul j ;

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

ε_{D_j} , ε_{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.

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

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

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 pentru toate seturile în fiecare punct rover ($k=1, 2$), după cum urmează:

$$\begin{aligned} \overline{x_k} &= \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 x_{i,j,k} \\ \overline{y_k} &= \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 y_{i,j,k} \\ \overline{h_k} &= \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 h_{i,j,k} \end{aligned} \quad (3)$$

Reziduurile x , y , h , pentru toate măsurările din toate seturile sunt calculate conform următoarelor ecuații:

$$\begin{aligned} r_{x_{j,k}} &= \overline{x_k} - x_{j,k} \\ r_{y_{j,k}} &= \overline{y_k} - y_{j,k} \\ r_{h_{j,k}} &= \overline{h_k} - h_{j,k} \end{aligned} \quad (4)$$

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

Aceste reziduuri sunt ridicate la pătrat și adunate, inclusiv măsurările 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:

$$\nu_x = \nu_y = \nu_h = (n-1) \times p = (6-1) \times 2 = 10 \quad (6)$$

unde:

n – numărul seturilor = 6;

p – numărul punctelor rover = 2.

În continuare se calculează abaterea medie pătratică a unei măsurări 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 măsurărilor în plan și înălțime nu depășesc valorile calculate după formulele (10) și (11).

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

unde σ_{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 σ_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, atunci se consideră:

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

(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).

24. 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 măsurări pre-test. Distanțele orizontale și diferențele de nivel, calculate de la coordonatele măsurate în fiecare set de măsurări sunt comparate cu aceste valori pentru a se asigura că măsurările nu conțin valori aberante sau valori evident eronate. Trebuie remarcat faptul că valorile nominale nu sunt utilizate pentru verificarea metrologică statistică.

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

Întârzierea (reținerea) în timp între două seturi de măsurări succesive va fi de aproximativ 5 minute. Astfel, o serie de măsurări durează circa 25 de minute. Cinci seturi de măsurări pe cele două puncte rover 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 măsurărilor pentru seriile consecutive va fi de cel puțin 90 minute. Astfel, mai multe serii de măsurări 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 măsurări 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 serii de măsurări 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) Măsurări

În procesul verificării metrologice preliminare se utilizează o serie de măsurări, în care executantul urmează să obțină cinci seturi de măsurări în cele două puncte rover. Secvența măsurărilor 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 măsurări 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 măsurări în al doilea punct rover, în prima serie.

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

b) Calcul.

Măsurările sunt comparate direct cu valorile nominale existente pentru determinarea măsurărilor cu erori grave.

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

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

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

unde:

$x_{i,j,k}, y_{i,j,k}, h_{i,j,k}$	măsurări 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 măsurări identice cu cele din procedura verificării metrologice „pre-test”. Începuturile seriilor consecutive de măsurări vor fi divizate în timp cu intervalul de minimum 90 minute.

Calculul se efectuează în două etape. În prima etapă măsurările sunt comparate direct cu valorile nominale pentru determinarea măsurărilor 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 măsurări.

b) Calculul valorilor statistice

În primul rând, prin metoda celor mai mici pătrate sunt calculate valorile medii x, y, h în toate seriile de măsurări 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 măsurările din toate seriile sunt calculate conform următoarelor formule:

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

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

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

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

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

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

unde:

m – numărul seriilor = 3;

n – numărul seturilor într-o serie = 5;

p – numărul punctelor rover = 2.

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

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

care sunt legate cu devierile standard ISO

$$S_{ISO-GNSS-RTK_{xy}} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \tag{21}$$

$$S_{ISO-GNSS-RTK_h} = s_h \tag{22}$$

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 măsurărilor în plan și înălțime nu depășesc valorile calculate conform formulelor (23) și (24).

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

unde σ_{xy} – valoarea abaterii mediei pătrătice 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 σ_h – valoarea abaterii mediei pătrătice de determinare a poziției după înălțime, specificată în documentația tehnică a mijlocului de măsurare.

Dacă limitele abaterilor medii pătrătice nu sunt specificate în documentația tehnică a mijlocului de măsurare, atunci se consideră:

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

(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)

25. 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 măsurări în procesul de verificare metrologică în regimul static pentru stațiile de operare continuă, verificarea metrologică se execută în conformitate cu pct. 20, care presupune demontarea stației permanente. De exemplu, dacă observațiile GNSS nu au fost prezentate verficatorului metrolog sau nu există posibilitatea obținerii datelor de la stațiile sistemului național de poziționare.

2) Măsurări.

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	$x_{4,1}$	$y_{4,1}$	$h_{4,1}$

Nr. sec.	Fișierul	Punct inițial, k	Măsurătoare		
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 măsurări 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 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.

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

$$\varepsilon_{h_{j,k}} = h_{j,k} - h^*$$

unde:

x^*, y^*, h^* valorile nominale x , y , h ;
 $x_{j,k}, y_{j,k}, h_{j,k}$ măsurări 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.

$$|\varepsilon_{D_{j,k}}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_{xy} \quad (28)$$

$$|\varepsilon_{h_{j,k}}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_h$$

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 seturile de măsurări 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 măsurările a tuturor fișierelor RINEX sunt calculate după cum urmează:

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

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

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

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

$$v_x = v_y = v_h = (n-1) \times p \tag{32}$$

unde:

n – numărul fișierelor RINEX;

p – numărul punctelor inițiale.

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

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

care sunt legate cu devierile standard ISO

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

$$s_{ISO-GNSS_h} = s_h \tag{35}$$

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 $s_{ISO-GNSS_{xy}}$, $s_{ISO-GNSS_h}$ ale măsurărilor în plan și înălțime-nu depășesc valorile calculate după formulele (36) și (37).

$$\text{În plan} = \sigma_{xy} \times 1,12 \tag{36}$$

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

$$\text{După înălțime} = \sigma_h \times 1,17 \tag{37}$$

unde σ_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, atunci se consideră:

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

(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)

XII. ÎNTOCMIREA REZULTATELOR CONTROLULUI METROLOGIC LEGAL

26. În cazul, când mijlocul de măsurare este recunoscut ca utilizabil, se eliberează buletin de verificare metrologică conform Hotărârii Guvernului nr. 1042/2016, Anexa 2.

27. În cazul când mijlocul de măsurare este recunoscut ca inutilizabil se eliberează buletin de inutilizabilitate conform Hotărârii Guvernului nr. 1042/2016, Anexa 2.