



ПРИКАЗ

№ 135 от “ 29 ” 06 2019

мун. Кишинэу

Об утверждении нормы законодательной метрологии NML 1-06:2019

На основании п. (3) ст. 5, п. (3) ст. 6, и п. (3) ст. 13 Закона о метрологии № 19/2016 г., для обеспечения единства, законности и точности измерений в областях общественного интереса на территории Республики Молдова,

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить норму законодательной метрологии NML 1-06:2019 «Приемники глобальной спутниковой навигационной системы GNSS. Методика поверки», согласно приложению.
2. Признать утратившими силу норму законодательной метрологии NML 01-02:2016 „Приемники глобальной спутниковой навигационной системы GNSS. Методика поверки”, утвержденной Приказом Экономики № 12 от 2 февраля 2016 г.
3. Опубликовать настоящий приказ в Мониторул официал Республики Молдова и на веб-сайте Министерства экономики и инфраструктуры.
4. ПУ «Национальный институт метрологии» разместить настоящий приказ на веб-сайте и опубликовать в специализированном журнале “Metrologie”.
5. Настоящий приказ вступают в силу в течение 2 месяцев со дня опубликования в Официальном мониторе Республики Молдова

Министр

Кирил ГАБУРИЧ

НОРМА ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ МЕТРОЛОГИИ

NML 1-06:2019 „Приемники спутниковой системы навигации GNSS. Методика поверки”

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Настоящая норма законодательной метрологии применяется к средствам измерения –GNSS-приемникам, используемым в геодезии для приема сигналов спутниковой системы навигации GNSS, осуществляющим относительные и дифференциальные методы геодезических определений, и устанавливает методику первичной, периодической и постремонтной метрологической поверки в статическом режиме и режиме реального времени.

Настоящая норма законодательной метрологии не применяется к средствам измерения, используемым средствами наземного, водного и воздушного транспорта.

Метрологической поверке подлежит средство измерения, состоящее из приемника сигналов спутниковой системы навигации (GNSS) и соответствующего программного обеспечения.

Межповерочный интервал устанавливается в соответствии с Постановлением Правительства № 1042 от 13.09.2016 «об утверждении Официального перечня средств измерения и измерений, подлежащих законодательному метрологическому контролю».

II. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Закон метрологии № 19 от 4 марта 2016 г.

SM ISO/IEC Ghid 99:2017 „Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и термины (VIM)”, утвержденный Постановлением ПУ «Молдавский институт стандартизации» № 263 от 10 ноября 2017 г.

RGML 12:2018 «Национальная система метрологии. Метрологическая маркировка и свидетельства о поверке» утвержденный Приказом Министерства экономики и инфраструктуры №170 от 29 марта 2018 г.

SM ISO 17123-8:2016 «Оптика и оптические аппараты. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 8: Полевые испытания GNSS-аппаратуры в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», утвержденный Постановлением ПУ «Молдавский институт стандартизации» № 141 от 9 июня 2016 г.

[SM SR EN 61010-1:2013](#) «Требования безопасности к электрическому оборудованию для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования», утвержденный Постановлением ПУ «Молдавский институт стандартизации» № 59 от 1 августа 2013 г.

III. ТЕРМИНОЛОГИЯ

2. Для правильного понимания настоящей нормы законодательной метрологии применяются термины в соответствии с законом о метрологии № 19/2016, SM ISO/IEC Ghid 99:2017 со следующими дополнениями:

Программное обеспечение - подтвержденные лицензией приложения производителя оборудования, подлежащего метрологической поверке, предназначенные для обработки результатов измерений.

Референтная базовая станция - станция GNSS, находящаяся в исходном пункте с известными координатами, записи сигналов GNSS которой используются для расчета поправок в пунктах ровер.

Пункт ровер - пункт, на котором находится подлежащее метрологической поверке средство измерения и к которому применяются поправки, полученные с референтной базовой станции для расчета его координат.

IV. ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

3. Приемники спутниковой системы навигации должны соответствовать требованиям SM ISO 17123-8:2016.

V. МЕТОДЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

4. Для средств измерения, используемых в качестве референтных базовых станций, метрологическая поверка осуществляется в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Наименование операции	Операция/№ пункта из 11 главы) „Проведение проверки”	Обязательность проведения операции			
		Утверждение типа	Метрологическая поверка		
			первичная	периодическая	после ремонтная
Внешний осмотр	18	нет	да	да	да
Опробование	19	нет	да	да	да
Определение погрешности измерения координат в статическом режиме для референтных базовых станций	20	нет	да	да	да

5. Для прочих средств измерения GNSS метрологическая поверка осуществляется в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Наименование операции	Операция/№ пункта из 11 главы) „Проведение проверки”	Обязательность проведения операции			
		Утверждение типа	Метрологическая поверка		
			первичная	периодическая	после ремонтная
Внешний осмотр	18	нет	да	да	да
Опробование	19	нет	да	да	да
Определение погрешности измерения координат в статическом режиме	20	нет	да*	да*	да*
Определение погрешности измерения координат в режиме реального времени	21	нет	да*	да*	да*

* – Если обязательность проведения операции предусмотрена технической документацией оборудования, подлежащего поверке.

6. Операции поверки проводятся аккредитованными и уполномоченными лабораториями в данной области в соответствии с Законом о метрологии № 19 от 04.03.2016 г.

7. В случае если спутниковый приемник не соответствует какому-либо требованию настоящей нормы, метрологическая поверка прерывается и считается, что средство измерения не соответствует требованиям нормативного документа и не может быть использовано в областях общественного интереса.

8. Межповерочный интервал устанавливается в соответствии с «Официальным перечнем средств измерения и измерений, подлежащих государственному метрологическому контролю».

VI. ЭТАЛОНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

9. При проведении метрологической поверки должны применяться средства измерения, указанные в таблице 3.

10. Средства измерения должны быть эталонированными и располагать сертификатами калибровки.

№ пункта из 11 главы) „Проведение поверки”	Наименование рабочего эталона или вспомогательного измерительного прибора:	Основные метрологические и технические характеристики	Нормативный документ, регламентирующий технические требования
20, 21	Тахеометр	Погрешность измерения расстояния (2 мм + 2 ppm)	
20, 0	Средства мониторинга условий окружающей среды: Температура Влажность Атмосферное давление	- 20 ÷ + 40 °С Цена деления - 1 °С 10 ÷ 90 % Цена деления - 1 % 806 ÷ 1060 hPa Цена деления – 0, 1 hPa	

11. Допускается применение иных рабочих эталонов, метрологические и технические характеристики которых аналогичны или превосходят характеристики, указанные в таблице 3, которые были откалиброваны в установленном порядке и обеспечивают прослеживаемость результатов измерений.

VII. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

12. К проведению метрологической поверки допускаются лица с подтвержденной квалификацией в данной области измерений.

VIII. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

13. При метрологической поверке необходимо соблюдать требования следующих нормативных документов: [SM SR EN 61010-1:2013](#) «Требования безопасности к электрическому оборудованию для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования».

IX. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

14. Метрологическая поверка должна производиться при климатических условиях, соответствующих диапазону функционирования, подлежащего поверке измерительного прибора, указанному в технической документации прибора.

X. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

15. Питание средства измерения осуществляется от установленного комплекта аккумуляторов. В пункте повер, питание может осуществляться от сети переменного тока с частотой (50 ± 0,5) Гц и напряжением (220 ± 5) В посредством источников постоянного тока, соответствующих техническим требованиям к электропитанию определенного средства измерения.

16. До начала метрологической поверки поверитель изучает техническую документацию подлежащего поверке средства измерения, рекомендованную изготовителем технологию выполнения геодезических измерений, и, при необходимости, проверяет функциональность программного обеспечения по обработке измерений. При необходимости возможно выполнение необходимых настроек, не влияющих на качество выполненных измерений.

17. Проведение метрологической поверки планируется заранее с учетом прогноза видимости спутников GNSS в районе измерений, кроме того, относительное положение спутников (созвездие) должно соответствовать пределам геометрического фактора, рекомендованным производителем подлежащего поверке средства измерения.

18. Обработка GNSS-наблюдений допускается только с использованием лицензионного программного обеспечения, разработанного для подлежащих поверке средств измерения.

19. Референтная базовая станция постоянного действия допускается к метрологической поверке только в случае, если поверителю были представлены суточные GNSS-наблюдения с поверяемой станции и с референтных базовых станций. Данные предоставляются в формате RINEX, с записью данных не реже одного раза в каждые 30 секунд и длительностью наблюдений каждого файла RINEX равной одному часу. Кроме того, поверителю предоставляются номинальные значения координат станции, подлежащей поверке, и референтных базовых станций, в национальной системе координат. GNSS-наблюдения, предоставляемые поверителю должны быть выполнены не более, чем за 3 дня до проведения метрологической поверки.

20. Операторы будут координировать свои действия, используя предварительно согласованные сигналы, передаваемые с помощью радиосигналов или визуальными сигналами.

XI. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

21. Внешний осмотр включает проверку:

- 1) состояния, работоспособности переключателей и клавиатуры;
- 2) наличия и состояния объяснительных надписей;
- 3) целостности изоляции кабелей и переключателей;
- 4) целостности и чистоты контактов переключателей.

Наличие всех компонентов проверяется по списку из технической документации.

22. Опробование.

Средство измерения подключается к источнику питания и проверяется его функциональность в соответствии с положениями технической документации. Проверяется функциональность зарядных устройств батарей и, при необходимости, выполняется цикл заряда-разряда батарей.

Проверяется подключение к референтной базовой станции и получение поправок в реальном времени, при проверке данного режима.

Неисправное и (или) неукомплектованное оборудование отклоняется и не принимается к последующей метрологической поверке.

23. Определение погрешности измерения координат в статическом режиме.

1) Концепция метрологической поверки.

Подлежащее метрологической поверке средство измерения допускается к поверке только в случае, если поверителю было предоставлено лицензионное программное обеспечение, предназначенное для обработки измерений данного средства измерения.

В процессе поверки используется один пункт референтной базовой станции и два пункта ровер. Минимальное расстояние между пунктами ровер составляет 2 м, максимальное – 20 м.

Горизонтальное расстояние и разница высот между пунктами ровер определяется иными геодезическими методами, чем GNSS-наблюдения, с точностью до 3 мм. Данные значения принимаются за номинальные и используются для измерений при первичной метрологической поверке. Горизонтальные расстояния и разницы высот, рассчитанные от координат, измеренных подлежащим поверке средством измерения в каждой серии измерений сравниваются с данными значениями чтобы убедиться, что измерения не содержат выбросов или явно ошибочных значений.

Каждая серия измерений состоит из последовательных измерений в пунктах ровер 1 и 2.

Продолжительность наблюдений должна составлять, по меньшей мере 20 мин. + 1 мин. На каждый километр расстояния до референтной базовой станции, превышающий 10 км.

Так как цикл изменчивости влияния типичного многолучевого распространения составляет приблизительно 20 мин., процедура поверки покрывает весь период влияния данного фактора.

Временной интервал между началом измерения для последовательных наборов должен составлять не менее 45 мин. Таким образом, большее количество наборов измерений отражает влияние изменений в созвездии спутников, а также изменений в условиях ионосферы и тропосферы.

Среднеквадратическое отклонение для всех измерений представляет собой количественную погрешность измерений, учитывающую большинство факторов влияния в спутниковом позиционировании.

2) Измерения

В процессе метрологической поверки используются 6 наборов измерений. Интервал между началами последовательных наборов составляет не менее 45 мин. Последовательность наборов представлена в таблице 4, в которой рубрика „№ посл.” обозначает последовательность измерений.

Tabelul 4

№ посл.	Набор, j	Пункт ровер, k	Измерение		
			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	$x_{6,2}$	$y_{6,2}$	$h_{6,2}$

Определенный набор измерений обозначается $x_{j,k}$, $y_{j,k}$ и $h_{j,k}$ где x , y , h – координаты в местной системе координат. Обозначение j – номер набора, k – номер пункта ровер. Например, $x_{3,2}$ – компонента x третьего набора измерений во втором пункте ровер.

3) Первичная метрологическая поверка

Первичная метрологическая поверка проводится с целью выявления выбросов или явно ошибочных значение и не включает в себя статистическую оценку.

Измерения сравниваются с существующими номинальными значениями для определения измерений с грубыми ошибками.

Для каждого набора ($j= 1, \dots 6$) рассчитывается расстояние и разность высот между двумя пунктами ровер. Далее рассчитываются отклонения от номинальных значений.

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

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

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

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

$$j=1, \dots 6$$

где:

$x_{j,k}$, $y_{j,k}$, $h_{j,k}$ измеренные значения x , y и h соответственно в наборе j на пункте ровер k ;

D_j , Δh_j расстояние и разница высот, рассчитанные в наборе j ;

D^* , h^* номинальные значения расстояния и разницы высот;

ε_{D_j} , ε_{h_j} отклонения от расстояний и разницы высот.

Если отклонение не удовлетворяет одному из условий уравнения (2), значит существуют явно ошибочные значения, и первичная метрологическая поверка должна быть повторена.

$$|\varepsilon_{D_j}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times \sigma_{xy} \tag{2}$$

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

где σ_{xy} и σ_h среднеквадратические отклонения, рассчитанные в соответствии с формулами (12) и (13), или значения, указанные производителем.

4) Расчет статистических значений

Методом наименьших квадратов рассчитываются средние значения x , y , h для всех наборов в каждом пункте ровер ($k=1, 2$), следующим образом:

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

$$k=1, 2$$

Остатки (разности) x , y , h , для всех измерений во всех наборах рассчитаны по следующим уравнениям:

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

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

Полученные остатки возводятся в квадрат и складываются, включая измерения для всех пунктов с обозначением $k = 1$ и $k = 2$ отдельно для x , y , h

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

Степени свободы для x , y , h равны и рассчитываются следующим образом:

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

где:

n – количество наборов = 6;

p – количество пунктов ровер = 2.

Далее рассчитывается среднеквадратическое отклонение единичного измерения x , y , h , по следующим формулам:

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

они связаны со стандартными отклонениями ISO

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

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

где:

$S_{ISO-GNSS_{xy}}$ – экспериментальное среднеквадратическое отклонение положения (x, y);

$S_{ISO-GNSS_h}$ – экспериментальное среднеквадратическое отклонение высоты (h).

Средство измерения признается годным к использованию в случае, если среднеквадратические отклонения измерений в плане и по высоте не превышают значений, рассчитанных по формулам (10) и (11).

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

где σ_{xy} – значение среднеквадратического отклонения определения положения в плане, указанное в технической документации средства измерения.

$$\text{По высоте} = \sigma_h \times 1,35 \quad (11)$$

где σ_h – значение среднеквадратического отклонения определения положения по высоте, указанное в технической документации средства измерения.

Если пределы среднеквадратических отклонений не указаны в технической документации средства измерения, тогда считается:

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

(5 mm + 0,5 mm на каждый километр расстояния от исходного пункта)б

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

(10 mm + 0,5 mm на каждый километр расстояния от исходного пункта).

24. Определение погрешности измерения координат в реальном времени

1) Концепция метрологической поверки

В процессе метрологической поверки используется один пункт референтной базовой станции и два пункта ровер. Минимальное расстояние между пунктами ровер составляет 2 м, а максимальное – 20 м.

Горизонтальное расстояние и разница высот между пунктами ровер определяется иными методами, чем RTK с точностью до 3 мм. Данные значения принимаются за номинальные и используются для измерений „pre-test”. Горизонтальные расстояния и разницы высот, рассчитанные от координат, измеренных в каждом наборе измерений сравниваются с данными значениями чтобы убедиться, что измерения не содержат выбросов или явно ошибочных значений. Необходимо отметить, что номинальные значения не используются для статистической метрологической поверки.

Серия измерений состоит из 5 наборов измерений. Каждый набор измерений состоит из последовательных измерений на пунктах ровер 1 и 2.

Задержка во времени между двумя наборами последовательных измерений составляет приблизительно 5 минут. Таким образом, серия измерений длится около 25 минут. Пять наборов измерений на двух пунктах ровер должны быть равномерно распределены в данном интервале времени. Так как цикл изменчивости влияния типичного многолучевого распространения составляет приблизительно 20 мин., процедура измерения покрывает весь период влияния данного фактора.

Временной интервал между началом измерения для последовательных серий должен быть не менее 90 минут. Таким образом, большее количество серий измерений отражает влияние изменений в созвездии спутников, а также изменений в условиях ионосферы и тропосферы.

Процедура метрологической поверки „pre-test” состоит только из единичной серии измерений и, следовательно, предназначена только для выявления выбросов или явно ошибочных значений, не включая статистическую оценку.

Процедура полной метрологической поверки используется для определения самого высокого уровня точности оборудования.

2) Метрологическая поверка „pre-test”

а) Измерения

В процессе первичной метрологической поверки используется серия измерений, в которой исполнитель должен получить пять наборов измерений на двух пунктах ровер. Последовательность измерений представлена в таблице 5, где рубрика „№ посл.” указывает последовательность измерений.

Таблица 5

№ посл.	серия <i>i</i>	набор <i>j</i>	Пункт ровер, <i>k</i>	Измерение		
				<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	$x_{1,5,2}$	$y_{1,5,2}$	$h_{1,5,2}$

Набор измерений обозначается $x_{i,j,k}$, $y_{i,j,k}$ и $h_{i,j,k}$, где x , y , h – координаты в местной системе координат. Обозначение i указывает номер серии, обозначение j – номер набора, k – номер пункта ровер. Например, $x_{1,3,2}$ – компонента x третьего набора измерений на втором пункте ровер, в первой серии.

Для полной метрологической поверки последовательность измерений соответствует значениям Таблицы 5.

б) Расчет.

Измерения сравниваются с существующими номинальными значениями для определения измерений с грубыми ошибками.

Для каждого набора ($j= 1, \dots, 5$) из серии ($i= 1$) рассчитывается расстояние и разность высот между двумя пунктами ровер. Далее рассчитываются отклонения от номинальных значений.

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

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

$$\varepsilon_{D_{i,j}} = D_{i,j} - D^*$$

(14)

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

$$i=1, j=1, \dots, 5$$

где:

$x_{i,j,k}$, $y_{i,j,k}$, $h_{i,j,k}$ измерения x , y и h соответственно в наборе j на пункте ровер k серии i ;

$D_{i,j}$, $\Delta h_{i,j}$ расстояние и разность высот, рассчитанные в наборе j серии i ;

D^* , h^* номинальные значения расстояния и разности высот;

$\varepsilon_{D_{i,j}}$, $\varepsilon_{h_{i,j}}$ отклонения от расстояния и разности высот.

Если отклонение не удовлетворяет одно из условий уравнений (15), это означает, что существуют явно ошибочные значения и метрологическую поверку следует повторить.

$$|\varepsilon_{D,i,j}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times \sigma_{xy} \quad (15)$$

$$|\varepsilon_{h,i,j}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times \sigma_h$$

где σ_{xy} и σ_h – среднеквадратические отклонения, рассчитанные в соответствии с формулами (25) и (26), или значения, указанные производителем.

3) Процедура полной метрологической поверки

Для полной метрологической поверки используются 3 серии измерений, идентичные используемым в процедуре метрологической поверки „pre-test”. Интервал между началами последовательных серий измерений должен составлять минимум 90 минут.

Расчеты проводятся в два этапа. На первом этапе измерения сравниваются с номинальными значениями для определения измерений с грубыми ошибками. Статистические значения рассчитываются на втором этапе.

б) Процедура первичной метрологической поверки

Расчеты, описанные в процедуре метрологической поверки „pre-test” (п. 2), ст.15.) применяются к каждой из 3 серий измерений.

с) Расчет статистических значений

В первую очередь, методом наименьших квадратов рассчитываются средние значения x , y , h во всех сериях измерений для каждого пункта повер ($k=1, 2$), следующим образом:

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

$$k=1, 2$$

Остатки (разницы) x , y , h , для всех измерений из всех серий рассчитываются по следующей формуле:

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

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

Полученные остатки возводятся в квадрат и складываются, включая измерения для всех пунктов с обозначениями $k = 1$ и $k = 2$ отдельно для x , y , h

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

Степени свободы для x , y , h одинаковы и рассчитываются по следующей формуле:

$$\nu_x = \nu_y = \nu_h = (m \times n - 1) \times p = (3 \times 5 - 1) \times 2 = 28 \quad (19)$$

где:

m – количество серий =3;
 n – количество наборов в серии =5;
 p – количество пунктов повер =2.

Среднеквадратическая погрешность измерения x , y , h , рассчитывается по формуле:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{28}}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{28}} \quad (20)$$

$$s_h = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}} = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{28}}$$

которые связаны со стандартными отклонениями ISO

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

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

где:

$s_{ISO-GNSS-RTK_{xy}}$ – экспериментальное среднеквадратическое отклонение положения (x , y);

$s_{ISO-GNSS-RTK_h}$ – экспериментальное среднеквадратическое отклонение высоты (h).

Средство измерения признается годным к использованию в случае, если среднеквадратические отклонения измерений в плане и по высоте не превышают значения, рассчитанные по формулам (23) и (24).

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

где σ_{xy} – значение среднеквадратического отклонения определения положения в плане, указанное в технической документации средства измерения.

$$\text{По высоте} = \sigma_h \times 1,22 \quad (24)$$

где σ_h – значение среднеквадратического отклонения определения положения по высоте, указанное в технической документации средства измерения.

Если пределы среднеквадратических отклонений не указаны в технической документации средства измерения, то считается:

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

(10 mm + 1 mm на каждый километр расстояния от исходного пункта)

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

(20 mm + 1 mm на каждый километр расстояния от исходного пункта)

25. Определение погрешности измерения координат в статическом режиме для референтных базовых станций

1) Концепция метрологической поверки

Данным методом подлежащее поверке средство измерения, используемое в качестве референтной базовой станции, не требуется демонтировать, и метрологическая поверка производится на расстоянии.

Учитывая особенности метрологической поверки (проверяемая станция не демонтируется), референтные базовые станции национальной системы позиционирования используются в качестве исходных пунктов, так как только от них могут быть получены все необходимые наблюдения для

каждого момента. Расстояние от референтной базовой станции, от которой производится расчет координат, до проверяемой станции не должно превышать 75 км.

Если нет возможности провести измерения в процессе метрологической поверки в статическом режиме, для станций непрерывного действия, метрологическая поверка производится в соответствии с п. 20, предусматривающим демонтаж референтной базовой станции. Например, если GNSS-наблюдения не были представлены поверителю-метрологу или нет возможности получения данных от национальной системы позиционирования.

2) Измерения.

Определение координат осуществляется обработкой представленных файлов RINEX, и файлов RINEX для того же периода наблюдений от референтных базовых станций национальной системы позиционирования.

Для каждой проверяемой станции в качестве исходных пунктов используются любые две референтные базовые станции национальной системы позиционирования, находящиеся на расстоянии максимум 75 км от проверяемой станции.

Последовательность расчетов представлена в таблице 6, где рубрика „№ посл.” Указывает последовательность измерения.

Таблица 6

№ посл.	Файл RINEX, <i>j</i>	Исходный пункт, <i>k</i>	Измерение		
			<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	$x_{24,2}$	$y_{24,2}$	$h_{24,2}$

Набор измерений обозначается $x_{j,k}$, $y_{j,k}$ și $h_{j,k}$, где x , y , h – координаты в местной системе координат. Обозначение j – номер файла RINEX, k – номер исходного пункта. Например, $x_{3,2}$ – компонента x третьего файла RINEX, рассчитанного от второго исходного пункта.

3) Метрологическая поверка „pre-test”.

Для каждого файла RINEX ($j= 1, \dots, 24$), от каждого из двух исходных пунктов ($k= 1, 2$) рассчитывается x , y , h . Далее рассчитываются отклонения от номинальных значений.

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

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

где:

x^* , y^* , h^* номинальные значения x , y , h ;

$x_{j,k}$, $y_{j,k}$, $h_{j,k}$ соответствующие измерения x , y și h в файле RINEX j от исходного пункта k ;

$\varepsilon_{D_{j,k}}$, $\varepsilon_{h_{j,k}}$ отклонения расстояния и разности высот.

Если отклонение не соответствует одному из условий уравнений (28), это указывает на то, что существуют явно ошибочные значения, и метрологическая поверка должна быть повторена с использованием других наблюдений и/или после проверки номинальных значений координат станции подлежащей метрологической поверке.

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

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

Где σ_{xy} и σ_h – среднеквадратические отклонения, рассчитанные в соответствии с формулами (38) и (39), или значения, указанные производителем.

4) Расчет статистических значений.

В первую очередь, методом наименьших квадратов рассчитываются средние значения x , y , h во всех наборах измерений для каждого исходного пункта ($k=1, 2$), следующим образом:

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

где:

n – общее количество файлов RINEX.

Остатки (разницы) x , y , h , для всех измерений всех файлов RINEX рассчитываются следующим образом:

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

Полученные остатки возводятся в квадрат и складываются отдельно для x , y , h

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

Степени свободы для x , y , h одинаковы и рассчитываются по формуле:

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

где:

n – количество файлов RINEX;

p – количество исходных пунктов.

Рассчитываются среднеквадратические отклонения измерения x , y , h следующим образом:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} \quad (33)$$

$$s_h = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}}$$

связанные со стандартными отклонениями ISO

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

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

где:

$s_{ISO-GNSS_{xy}}$ – экспериментальное среднеквадратическое отклонение положения (x, y);

$s_{ISO-GNSS_h}$ – экспериментальное среднеквадратическое отклонение высоты (h).

Средство измерения признается годным к использованию в случае, если среднеквадратические отклонения измерений в плане и по высоте не превышают значения, рассчитанные по формулам (36) и (37).

$$\text{В плане} = \sigma_{xy} \times 1,12 \quad (36)$$

где σ_{xy} – значение среднеквадратического отклонения определения положения в плане, указанное в технической документации средства измерения.

$$\text{По высоте} = \sigma_h \times 1,17 \quad (37)$$

где σ_h – значение среднеквадратического отклонения определения положения по высоте, указанное в технической документации средства измерения.

Если пределы среднеквадратических отклонений не указаны в технической документации средства измерения, считается:

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

(5 mm + 0,5 mm на каждый километр расстояния от исходного пункта)

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

(10 mm + 0,5 mm на каждый километр расстояния от исходного пункта)

ХII. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

26. В случае признания средства измерения годным к использованию, выдается свидетельство о метрологической поверке в соответствии с Постановлением Правительства № 1042/2016 г., Приложение 2.

27. В случае признания средства измерения непригодным к использованию выдается свидетельство о непригодности в соответствии с Постановлением Правительства № 1042/2016 г., Приложение 2.