

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

19» декабря 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая LUKA

Методика поверки

МП-261-2023

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой LUKA (далее – аппаратура), применяемой в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
Модификация	LUKA Ultimate	LUKA Basic
Диапазон измерений длин базисов, м	от 0 до 30000	
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах*: - «Статика», мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$	
- «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L)$	
- «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры, мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,2 \cdot \alpha)$ $\pm 2 \cdot (15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,2 \cdot \alpha)$	- -
- «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)», мм: - в плане - по высоте	± 500 ± 1000	
Допускаемое среднее квадратическое отклонение измерений длин базисов в режимах, мм: - «Статика», мм: - в плане - по высоте	$2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$ $5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$	
- «Кинематика с постобработкой», мм: - в плане - по высоте	$8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$ $15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$	
- «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм: - в плане - по высоте	$8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$ $15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$	
- «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры, мм: - в плане - по высоте	$8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,2 \cdot \alpha$ $15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,2 \cdot \alpha$	- -
- «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)», мм: - в плане - по высоте	250 500	
* - При доверительной вероятности 0,95 α – угол наклона аппаратуры в градусах (не более 80 градусов) L – измеряемая длина в мм		

В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает

передачу единицы длины методом непосредственного сличения от рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2831, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному специальному эталону (далее – ГПСЭ): ГЭТ199-2018 - ГПСЭ единицы длины.

2. Перечень операций поверки средств измерений

При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			10
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Статика»	Да	Да	10.1
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Кинематика с постобработкой», «Кинематика в реальном времени (RTK)»	Да	Да	10.2
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»	Да	Да	10.3
Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры*	Да	Да	10.4
* - только для модификации LUKA Basic			

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от минус 45 до плюс 70;

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки (эталон) должны соответствовать требованиям, приведённым в их эксплуатационной документации.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений, средства поверки, и аттестованные в качестве поверителя средств измерений в установленном порядке. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 45 до плюс 70 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7М-Д (рег.№ 71394-18)
п. 10.1 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Статика»;	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «29» декабря 2018 г. № 2831 – фазовый светономер (дальномер, тахеометр), предел допускаемой абсолютной погрешности измерений длины не более $0,6+1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$ мм, где L – расстояние между пунктами в мм.	Тахеометры электронные Leica TS16, Leica MS60, Leica TS60 I (мод. Leica TS60 I) (рег. № 61950-15)
п. 10.2 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»		
п. 10.3 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»		
п. 10.4 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры		
Примечания: 1) Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в установленном порядке. 2) Допускается применение иных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

В случае проведения поверки одного образца аппаратуры геодезической спутниковой, допускается в качестве базовой станции использовать другое средство фазовых измерений приращений координат с метрологическими характеристиками не хуже, чем у поверяемого средства измерений.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, средства поверки, правилам по технике безопасности, которые действуют на месте проведения поверки.

7. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений приведенному описанию и изображению;
- маркировки требованиям описания типа;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, необходимая для проведения измерений, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

Перед проведением работ средство измерений и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 2 часов при постоянной температуре, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

При опробовании проверить:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединённых деталей и элементов;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов и узлов.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверка программного обеспечения LUKA Firmware.

Запустить программное обеспечение.

В главном окне ПО нажать кнопку «About». Версия программного обеспечения отобразится на экране.

9.2 Проверка программного обеспечения Nuwa App.

Запустить программное обеспечение.

В главном окне ПО нажать кнопку «Nuwa App». Версия программного обеспечения отобразится на экране. Также версия ПО отображается при запуске.

9.3 Проверка программного обеспечения TERSUS Geomatics Office

Запустить программное обеспечение.

В главном окне ПО нажать кнопку «About». Версия программного обеспечения отобразится на экране.

Результат проверки считают положительным, если:

- наименование ПО соответствует указанному в описании типа

- номер версии ПО не ниже указанного в описании типа.

Если перечисленные требования не выполняются, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Статика».

10.1.1 Абсолютная погрешность и среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) измерений длин базисов в режиме «Статика» определяются путем многократных измерений (не менее 5) эталонного базисного комплекса 2 разряда или контрольной длины базиса, определённого фазовым светодальномером (дальномером, тахеометром) 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, и действительное значение которого расположено в диапазоне от 0 до 1,5 км.

10.1.2 Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

10.1.3 Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

10.1.4 Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям эксплуатационной документации.

10.1.5 Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

10.1.6 Провести измерения на поверяемой аппаратуре при условиях, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Условия проведения измерений.

Таблица 4 – Условия проведения измерений.			
Режим измерений	Кол-во спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
Статика	≥ 6	от 20 до 60	1
Кинематика, Кинематика в реальном времени (RTK)		от 0,1 до 1,0	
Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»			
Поверка проводится при устойчивом закреплении поверяемой аппаратуры, открытом небосводе, отсутствии электромагнитных помех и многолучевого распространения сигнала спутников, а также при хорошей конфигурации спутниковых группировок. Значение геометрического фактора PDOP не должно превышать 3			

10.1.7 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.1.8 При использовании контрольных длин базиса, ещё раз измерить эталонным дальномером их значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_0 , полученного до начала измерений аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному дальномеру. В случае, если измеренная длина отличается от значения L_0 , полученного до начала измерений аппаратурой, на большую величину, необходимо повторить измерения аппаратурой заново.

10.1.9 Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

10.1.10 СКО измерений вычисляется по формуле:

$$\delta_{Li} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_{ij} - \bar{L}_i)^2}{n - 1}} \quad (1)$$

где δ_{Li} – СКО измерений i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{ij} – измеренное испытываемым средством измерений значение i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;

$\overline{L_i}$ – среднее арифметическое из n измеренных значений длины базиса в плане/по высоте, мм;

n – число измерений.

10.1.11 Систематическая погрешность измерений вычисляется по формуле:

$$D_{Li} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{ij}}{n} - L_{0j}, \quad (2)$$

где D_{Li} – систематическая погрешность измерений i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;
 L_{ij} – измеренное испытываемым средством измерений значение i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;
 L_{0j} – эталонное значение i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;
 n – число измерений.

10.1.12 Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) длин базисов вычисляется как сумма систематической и случайной погрешности и определяется по формуле:

$$\Delta_{Li} = \pm(|D_{Li}| + 2 \cdot \delta_{Li}), \quad (3)$$

где Δ_{Li} – абсолютная погрешность измерений i -й длины базиса в плане/по высоте, мм. Знак абсолютной погрешности принимают тот же, что и при вычислении систематической погрешности измерений;
 D_{Li} – систематическая погрешность измерений i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;
 δ_{Li} – СКО измерений i -й длины базиса в плане/по высоте, мм;

Значения среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

10.2 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»

10.2.1 СКО и абсолютная погрешность измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяются путем многократных измерений (не менее 10) эталонного базисного комплекса 2 разряда или контрольной длины базиса, определённого фазовым светодальномером (дальномером, тахеометром) 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, и действительное значение которого расположено в диапазоне от 0 до 1,5 км.

10.2.2 Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

10.2.3 Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

10.2.4 Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям эксплуатационной документации.

10.2.5 Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

10.2.6 Провести измерения на поверяемой аппаратуре при условиях, указанных в таблице 3.

10.2.7 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.2.8 При использовании контрольных длин базиса, ещё раз измерить эталонным дальномером их значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_0 , полученного

до начала измерений аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному дальномеру. В случае, если измеренная длина отличается от значения L_0 , полученного до начала измерений аппаратурой, на большую величину, необходимо повторить измерения аппаратурой заново.

10.2.9 Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

10.2.10 СКО измерений длин базиса σ_L определяется по формуле (1).

10.2.11 Абсолютная погрешность измерений длины базиса определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле (3).

Значения среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

10.3 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»

10.3.1 Определение СКО и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» осуществляется аналогично определению СКО и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», настроив работу аппаратуры в соответствующем режиме.

Значения среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

10.4 Определение среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры

10.4.1 Определение СКО и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры осуществляется аналогично определению СКО и абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)».

10.4.2 Измерения необходимо проводить при трёх значениях угла наклона, равномерно расположенных в диапазоне от 0 до 80 градусов.

10.4.3 Повторить действия по предыдущему пункту ещё не менее двух раз, поворачивая аппаратуру на 120 градусов в горизонтальной плоскости.

Значения среднего квадратического отклонения и абсолютной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

11. Оформление результатов поверки

Сведения о результате и объёме поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению.

Выдача свидетельства о поверке средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению.

Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством.