

СОГЛАСОВАНО
Заместитель генерального директора,
Руководитель Метрологического центра
ООО «Автопрогресс-М»


В.Н. Абрамов
«14» ноября 2022 г.

МП АПМ 24-22

«ГСИ. Аппаратура геодезическая спутниковая GEOBOX FORA.
Методика поверки»

г. Москва
2022 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой GEOBOX FORA (далее – аппаратуры), производства ООО «ГЕОПРИБОР», г. Санкт-Петербург, используемых в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений координат, км	от 0 до 30
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений приращений координат (при доверительной вероятности 0,95), мм, в режимах: - «Статика»: - в плане - по высоте - «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»: - в плане - по высоте - Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS): - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (8 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (250 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (500 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений приращений координат в режимах: - «Статика»: - в плане - по высоте - «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»: - в плане - по высоте - Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS): - в плане - по высоте	$2,5 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$ $5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$ $8 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ $15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ $250 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ $500 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D$
Примечание D – длина линии, вычисленная по измеренным приращениям координат, в мм	

1.2 Аппаратура до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежит первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

1.3 Первичной поверке подвергается каждый экземпляр аппаратуры.

1.4 Периодической поверке подвергается каждый экземпляр аппаратуры, находящегося в эксплуатации, через межповерочные интервалы.

1.5 Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к следующим государственным первичным эталонам:

ГЭТ 199-2018 – государственный первичный специальный эталон единицы длины.

1.6 В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод прямых измерений.

1.7 В случае применения аппаратуры для работ, не требующих использования всех режимов измерений, при проведении поверки по письменному заявлению владельца СИ допускается поверка отдельных режимов, с обязательной передачей в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений информации об объеме проведенной поверки.

2 Перечень операций поверки средств измерений

Для поверки аппаратуры должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции 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	Да	Да	8 - 9
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик	-	-	10
Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Статика»	Да	Да	10.1
Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Кинематика»	Да	Да	10.2
Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»	Да	Да	10.3
Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»	Да	Да	10.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25.

Полевые измерения (измерения на открытом воздухе) должны проводиться при отсутствии осадков и порывов ветра при температуре от -45 до +80 °С.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются специалисты организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющие необходимую квалификацию, ознакомленные с руководством по эксплуатации и настоящей методикой поверки.

4.2 Для проведения поверки аппаратуры 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
Основные средства поверки		
10.1-10.4	Рабочие эталоны 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г., № 2831 – фазовый светодальномер (тахеометр), эталонный базисный комплекс	Тахеометр электронный Leica TS30 (рег. № 82995-21)
Вспомогательное оборудование		
10.1-10.4	Средство измерений длины по Государственной поверочной схеме для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от «29» декабря 2018 г. – рулетка измерительная металлическая	Рулетка измерительная металлическая UM5M (рег. № 22003-07)
8, 9, 10.1-10.4	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от -45 до +80 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °С	Термогигрометр ИВА-6, рег. № 46434-11
Примечание – допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на аппаратуру и средства поверки, правилам по технике безопасности, действующим на месте проведения поверки, а также правилам по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ ПТБ-88 (Утверждены коллегией ГУГК при СМ СССР 09.02.1989 г., № 2/21).

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие аппаратуры следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида аппаратуры описанию типа средств измерений;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.

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

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие действующих свидетельств о поверке на средства поверки;
- аппаратуру и средства поверки привести в рабочее состояние в соответствии с их эксплуатационной документацией и выдержать при условиях, указанных в п.3 не менее 4 ч.;
- аппаратура и средства поверки должны быть установлены в условиях, обеспечивающих отсутствия механических воздействий (вибрация, деформация, сдвиги).

8.2 При опробовании должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

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

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

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Идентификация программного обеспечения (далее – ПО) выполняется в следующем порядке:

- для идентификации МПО необходимо подключиться к приёмнику, используя устройство, имеющее канал связи Wi-Fi в соответствии с алгоритмом, указанном в разделе «Подключение к Wi-Fi и WEB интерфейсу» «Руководство по эксплуатации. Аппаратура геодезическая спутниковая GEOBOX FORA, модификации ONE, LUX, SMART», выбрать в меню WEB интерфейса пункт «Hardware», номер версии МПО будет указан в строке «EXT CORE».

- для идентификации ПО «Geobox Express 2.2», на вкладке «Проект» нажать кнопку «Настройки программного обеспечения», в открывшемся меню выбрать пункт «О программе». Версия ПО отобразится в верхней части экрана;

- для идентификации ПО «Surpad 4.2», на вкладке «Project» нажать кнопку «About software», в открывшемся меню выбрать пункт «О программе». Версия ПО отобразится в верхней части экрана;

- для идентификации ПО «GEOSolution», в верхней части экрана нажать кнопку «Help», в появившемся списке выбрать пункт «About». Номер версии ПО отобразится в нижней части появившегося диалогового окна.

Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать данным, приведённым в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение			
	МПО	Surpad 4.2	Geobox Express 2.2	GEOSolution
Идентификационное наименование ПО				
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	1.00	1.0-20220690	1.7.20221104	1.190726.103126

Если перечисленные требования не выполняются, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производятся.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Статика»

Диапазон, абсолютная погрешность и средняя квадратическая погрешность измерений приращений координат в режиме «Статика» определяется путем многократных измерений (не менее 5) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённых фазовым светодальномером (тахеометром), 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительные значения которых расположены в диапазоне от 0 до 30,0 км.

Установить поверяемую аппаратуру на пункте при помощи адаптера для закрепления на штативе таким образом, чтобы ось внешней ГНСС-антенны была вертикальной и находилась над центром пункта.

В качестве базовой станции использовать средство фазовых измерений приращения координат по сигналам ГНСС в диапазоне от 0 до 30,0 км, значения метрологических характеристик которого не превышают значения, указанные в таблице 1.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

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

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 5 настоящей методики поверки.

Таблица 5

Режим измерений	Количество спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
«Статика»	≥ 6	от 20,0 до 60,0	1
«Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»		от 0,05 до 0,20*	
Измерения проводятся при устойчивом закреплении поверяемой аппаратуры, открытом небосводе, отсутствии электромагнитных помех и многолучевого распространения сигнала спутников, а также при хорошей конфигурации спутниковых группировок.			
* – после выполнения инициализации или достижения сходимости			

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру. В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, необходимо повторить съёмку аппаратурой заново.

Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

Абсолютная погрешность измерений приращений координат для больших длин определяется в режиме «Статика» по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3 км до 30 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих

треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

10.2 Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Кинематика»

Диапазон, абсолютная погрешность и средняя квадратическая погрешность измерений приращений координат в режиме «Кинематика» определяется путем многократных измерений (не менее 10) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённых фазовым светодальномером (тахеометром), 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительные значения которых расположены в диапазоне от 0 до 30,0 км.

Установить поверяемую аппаратуру на пункте при помощи адаптера для закрепления на штативе таким образом, чтобы ось внешней ГНСС-антенны была вертикальной и находилась над центром пункта.

В качестве базовой станции использовать средство фазовых измерений приращения координат по сигналам ГНСС в диапазоне от 0 до 30,0 км, значения метрологических характеристик которого не превышают значения, указанные в таблице 1.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

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

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 5 настоящей методики поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру. В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, необходимо повторить съёмку аппаратурой заново.

Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

Абсолютная погрешность измерений приращения координат для больших длин определяется в режиме «Кинематика» по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3 км до 30 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

10.3 Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»

Диапазон, абсолютная погрешность и средняя квадратическая погрешность измерений приращений координат в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяется путем многократных измерений (не менее 10) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённых фазовым светодальномером (тахеометром), 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительные значения которых расположены в диапазоне от 0 до 30,0 км.

Установить поверяемую аппаратуру на пункте при помощи адаптера для закрепления на

штативе таким образом, чтобы ось внешней ГНСС-антенны была вертикальной и находилась над центром пункта.

В качестве базовой станции использовать средство фазовых измерений приращения координат по сигналам ГНСС в диапазоне от 0 до 30,0 км, значения метрологических характеристик которого не превышают значения, указанные в таблице 1.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

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

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 5 настоящей методики поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру. В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, необходимо повторить съёмку аппаратурой заново.

Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

Абсолютная погрешность измерений приращений координат для больших длин определяется в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3 км до 30 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

10.4 Определение диапазона, абсолютной и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»

Диапазон, абсолютная погрешность и средняя квадратическая погрешность измерений приращений координат в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» определяется путем многократных измерений (не менее 10) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённых фазовым светодальномером (тахеометром), 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительные значения которых расположены в диапазоне от 0 до 30,0 км.

Установить поверяемую аппаратуру на пункте при помощи адаптера для закрепления на штативе таким образом, чтобы ось внешней ГНСС-антенны была вертикальной и находилась над центром пункта.

В качестве базовой станции использовать средство фазовых измерений приращения координат по сигналам ГНСС в диапазоне от 0 до 30,0 км, значения метрологических характеристик которого не превышают значения, указанные в таблице 1.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

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

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 5

настоящей методики поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру. В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, необходимо повторить съёмку аппаратурой заново.

Провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

Абсолютная погрешность измерений приращений координат для больших длин определяется в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3 км до 30 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Абсолютная погрешность (при доверительной вероятности 0,95) измерений приращений координат в режимах «Статика», «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» определяется по формуле:

$$\Delta L_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_{ji}}{n_j} - L_{j_0} \right) \pm 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_{ji} - \frac{\sum_{i=1}^n L_{ji}}{n_j})^2}{n_j - 1}}, \text{ где}$$

ΔL_j – погрешность измерений j приращения координат в плане/по высоте, мм;

L_{j_0} – эталонное значение j приращения координат в плане/по высоте, мм;

L_{ji} – измеренное испытываемой аппаратурой значение j приращения координат i измерением в плане/по высоте, мм;

n_j – число измерений j приращения координат.

За абсолютную погрешность измерений принять максимальное значение абсолютной погрешности.

Средняя квадратическая погрешность измерений приращений координат в режимах «Статика», «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» вычисляется по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (L_{ji} - L_{j_0})^2}{n_j}}$$

где m – средняя квадратическая погрешность измерений приращений координат;
 L_{ji} – измеренное испытываемой аппаратурой значение j приращения координат i измерением в плане/по высоте, мм;
 L_{j_0} – эталонное значение j приращения координат в плане/по высоте, мм;
 n_j – число измерений j приращения координат.

Абсолютная погрешность измерений приращений координат для больших длин

определяется в режимах «Статика», «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника).

Сумма приращений координат (невязка координат) не должна превышать значений, вычисленных по формуле:

$$W_{X,Y,Z} = \sqrt{(\Delta_{1X,Y,Z})^2 + (\Delta_{2X,Y,Z})^2 + (\Delta_{3X,Y,Z})^2},$$

где $W_{X,Y,Z}$ - невязка координат в плане/по высоте, мм;

$\Delta_{iX,Y,Z}$ - допустимые значения погрешности приращений координат для i стороны треугольника в плане/по высоте, мм, приведенных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Значения диапазона, абсолютной (при доверительной вероятности 0,95) и средней квадратической погрешностей измерений приращений координат в режиме «Статика», «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

Если требования данного пункта не выполняются, аппаратуру признают непригодной к применению.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту разделов 7 - 11 настоящей методики поверки.

12.2 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 При положительных результатах поверки аппаратура признается пригодной к применению и по заявлению владельца средств измерений или лица, представляющего средства измерений на поверку, выдается свидетельство о поверке установленной формы. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки, аппаратура признается непригодной к применению и по заявлению владельца средств измерений или лица, представляющего средства измерений на поверку, выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием основных причин.

Инженер 2 категории
ООО «Автопрогресс – М»



С.К. Нагорнов