

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



Б.А. Лапшинов

«05» ноября 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура геодезическая спутниковая EFIX F8

Методика поверки

МП-265-2023

г. Чехов
2024 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры геодезической спутниковой EFIX F8 (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
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	$\pm 2 \cdot (8 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
«Кинематика в реальном времени (RTK)» ** с учётом наклона аппаратуры, мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (13 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L + 0,7 \cdot \alpha)$ $\pm 2 \cdot (15 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
«Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» **, мм: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (250 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$ $\pm 2 \cdot (500 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L)$
<p>* При доверительной вероятности 0,95 ** При работе аппаратуры в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)», «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппарата, «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)» необходима базовая станция, метрологические характеристики которой должны быть не хуже, чем метрологические характеристики аппаратуры где L – измеряемая длина в мм, α – угол наклона аппарата в градусах (не более 60 градусов)</p>	

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 3-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному специальному эталону: ГЭТ199-2024 - Государственный первичный специальный эталон единицы длины.

2. Перечень операций поверки средства 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 (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Статика»	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»	Да	Да	10.2
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» с учётом наклона аппаратуры	Да	Да	10.4

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от минус 40 до плюс 65

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки (эталонов) 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. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требованиям 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
8 - 10	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 40 °C до плюс 65 °C с абсолютной погрешностью не более $\pm 1^{\circ}\text{C}$;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 (рег.№ 71394-18)
10	<p>Рабочий эталон 3-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374 – Базис эталонный, пространственный полигон или комплекс базисный эталонный, (0 – 30) км, ПГ не более $\pm(1+1\cdot10^{-6}\cdot L)$ мм, где L – измеряемая длина в мм;</p> <p>Вспомогательное оборудование:</p> <p>Средство измерений длины в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1\cdot10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 – рулетка измерительная, КТЗ по ГОСТ 7502-98;</p> <p>Аппаратура потребителя геодезическая в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374 с метрологическими характеристиками не хуже, чем у поверяемого средства измерений в соответствующем режиме</p>	<p>Полигон пространственный эталонный «Центральный», рег. № 81551-21;</p> <p>Эталон единицы длины 3 разряда 3.7.АЖЬ.0004.2024</p> <p>Рулетки измерительные металлические торговой марки "Калиброн", рег. № 71665-18</p> <p>Аппаратура геодезическая спутниковая 4 EFIX, рег. № 88787-23</p>
10.4	Средство измерений углов наклона в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утверждённой приказом Росстандарта от 26.11.2018 г. №2482 - Квадрант оптический КО, диапазон измерений не менее 60° , предел допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,1^{\circ}$;	Квадранты оптические КО (рег. № 26905-15)
<p>Примечание: Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p>		

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 в описании типа 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

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 МПО.

Для идентификации МПО, установленного в аппаратуру, необходимо подключиться к аппаратуре, используя ПО «eField» перейти во вкладку "Подключение" из основного меню и выбрать пункт «Инфо». Номер версии отобразится в строке «МПО».

9.2 Проверка программного обеспечения «eField»

Для идентификации ПО «eField», установленного на контроллер, следует запустить ПО, нажать на кнопку «≡» бокового меню, выбрать пункт «О программе». Номер версии отобразится в строке «eField».

9.3 Проверка программного обеспечения «eOffice».

Для идентификации ПО «eOffice», установленного на ПК, необходимо запустить ПО, в главном экране выбрать вкладку «Поддержка», затем выбрать пункт «О программе».

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 абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Статика»

10.1.1 Абсолютная погрешность измерений длин базисов в режиме «Статика» определяется с использованием базисных линий, входящих в состав базиса эталонного, пространственного полигона или комплекса базисного эталонного в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений.

10.1.2 Необходимо провести измерения не менее трёх базисных линий (далее – базисов), действительные значения длин которых расположены в заявляемом диапазоне измерений аппаратуры, при этом длина минимального определяемого базиса должна быть от 10 до 100 м, длина максимального определяемого базиса должна быть от 27 до 30 км. Длину каждого базиса измерить не менее 5 раз.

10.1.3 Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий и привести их спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

10.1.4 Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

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

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

10.1.7 Запустить ПО eField перейти во вкладку **«Режим работы»** - в соответствии с моделью оборудования выбрать устройство и тип антенн, произвести поиск приёмника по BT или Wi-Fi, после этого нажать **«подключение»**. Затем перейти в раздел **«Подключение»** - **«Статика»** и установить ползунок **«Вкл.»** в правое положение, затем выставить настройки для записи статических измерений, установить версию формата записи измерений HCN версии 1.0, так же можно выставить запись формата RINEX 3.0x. Выставить требуемый интервал записи и установить **«Сеанс»** (Время измерения на точке, в минутах) в соответствии с таблицей 3, задать имя точки (латиницей), установить высоту антennы, наклонная - измеряется до пластиинки измерения, которая идет в комплекте и устанавливается сразу под приёмником, вертикальная – до низа крепления приёмника с вехой. Далее выставить угол возвышения (рекомендованное – 10 градусов). После того, как выставили все настройки, необходимо нажать кнопку **«Установить»**, после этого начнут записываться статические измерения (Записываются в память приёмника). После того, как записали статические измерения, необходимо переместить ползунок **«Включить»** в левое положение и снизу нажать **«установить»**.

10.1.8 Провести измерения при условиях, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Условия проведения измерений.

Режим измерений	Количество спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
«Статика»	≥ 6	от 20 до 60	1
«Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»			
«Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»			
«Кинематика в реальном времени (RTK)» с учетом наклона аппаратуры		от 0,1 до 1,0	
«Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»			
Измерения проводятся 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			

10.1.9 После того, как статические измерения будут записаны, необходимо подключить аппаратуру к ПК кабелем USB, или по Wi-Fi (FTP- сервер), и скачать статические измерения на ПК, они будут храниться в папке **record_1** в отдельной папке, наименование которой соответствует дате наблюдений.

10.1.10 Провести обработку данных сырых измерений с использованием ПО eOffice:

- создать **Новый проект**
- произвести импорт «сырых» измерений в виде файлов формата HCN или RINEX
- перейти во вкладку **PP – Импорт – Указать путь к файлу**
- указать модель ГНСС-антенны, высоту и способ ее измерения
- во вкладке **PP-обработка** произвести расчет базовой линии

10.1.11 При успешном расчете базовой линии переходим во вкладку **GNSS-базовые линии**, выбираем вычисленную базовую линию в таблице, находим столбик с наименованием **расстояние**. За измеренное значение длины базиса принимается рассчитанное в ПО значение **Базовой линии**.

10.1.12 Среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) измерений длин базисов δ_L определяется по формуле

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

где δ_{Li} – СКО измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 L_{ij} – измеренное аппаратурой значение i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 $\bar{L}_i = \frac{\sum_{j=1}^n L_{ij}}{n}$ – среднее арифметическое из n измеренных значений длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 j – номер измерения;
 n – число измерений

10.1.13 Систематическая погрешность измерений вычисляется по формуле

$$D_{Li} = \frac{\sum_{j=1}^n (L_{ij} - L_{i0})}{n} \quad (2)$$

где D_{Li} – систематическая погрешность измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 L_{ij} – измеренное аппаратурой значение i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 L_{i0} – эталонное значение i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм;
 j – номер измерения;
 n – число измерений

10.1.14 Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) длин базисов вычисляется как сумма систематической и случайной (СКО) погрешностей и определяется по формуле

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

где Δ_{Li} – абсолютная погрешность измерений i -й длины базисной линии 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 базисной линии в плане/по

высоте, мм;

δ_{L_i} – СКО измерений i -й длины базисной линии в плане/по высоте, мм

Значения полученных абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

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

10.2.1 Абсолютная погрешность измерений длин базисов в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяется с использованием базисных линий, входящих в состав базиса эталонного, пространственного полигона или комплекса базисного эталонного в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений.

10.2.2 Необходимо провести многократно, не менее 10 раз, измерения не менее 3 длин базисных линий (базисов), действительные значения длин которых расположены в заявляемом диапазоне измерений аппаратуры.

10.2.3 Установить аппаратуру над центрами пунктов, расположенных на концах базисных линий и привести их спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

10.2.4 Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

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

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

10.2.7 Используя ПО eField подключиться к базовому приёмнику по УКВ/NTRIP/APIS. Во вкладке «Подключение» выбираем «Ровер» - нажимаем использовать настроенный стиль подключения. После успешного подключения появится фиксированное решение.

10.2.8 Далее необходимо отснять точку, перейдя во вкладку «Работа» - «Работа»

10.2.9 Провести измерения при условиях, указанных в таблице 3.

10.2.10 Для определения расстояния длины базиса, необходимо перейти в боковое меню и нажать «Дополнительно» «Задачи» - выбираем «ОГЗ» и нажимаем на + рядом со значком, далее в боковом меню открывает «ОГЗ» выбираем две точки. Точку «Base» и отснятую точку на определяемом пункте, получаем расстояние между ними.

10.2.11 Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

10.2.12 Абсолютная погрешность измерений длин базисов определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле (3).

Значения полученных абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений длин базисов в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (dGNSS)»

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

Значения полученных абсолютных погрешностей измерений не должны превышать значений, указанных в п.1 настоящей методики поверки.

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

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

10.4.2 Измерения необходимо проводить при трёх значениях угла наклона аппаратуры, равномерно расположенных в диапазоне от 0 до 60 градусов. Задаваемый угол наклона контролировать с помощью квадранта.

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

Значения полученных абсолютных погрешностей 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.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

К.А. Ревин