

СОГЛАСОВАНО

**Первый заместитель генерального директора -
заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»**

_____ **А.Н. Щипунов**

« 02 » февраля 2024 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Аппаратура спутниковой навигации АвтоГРАФ-АСН

Методика поверки

МП 8501-24-09

**р. п. Менделеево
2024 г.**

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки аппаратуры спутниковой навигации АвтоГРАФ-АСН (далее – аппаратура), изготовленной обществом с ограниченной ответственностью НПО «ТехноКом» (ООО НПО «ТехноКом»), г. Челябинск, применяемой в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику ее первичной и периодической поверки.

1.2 Реализация данной методики поверки обеспечивает прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022, Государственному первичному специальному эталону координат местоположения ГЭТ 218-2022, 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.

1.3 Реализация данной методики поверки обеспечивается применением прямого метода измерений.

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

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Доверительные границы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения в плане при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3, м	$\pm 2,5$
Доверительные границы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения высоты при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3, м	$\pm 4,25$
Доверительные границы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения скорости при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3, м/с	$\pm 0,1$
Доверительные границы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU), мкс	± 1

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции поверки	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
Подготовка и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения	да	да	9

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	-	-	10
Определение абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения в плане и высоты при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3	да	да	10.1
Определение абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения скорости при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3	да	да	10.2
Определение абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU)	да	да	10.3

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и аппаратура бракуется.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Поверка проводится в условиях эксплуатации поверяемой аппаратуры и используемых средств поверки.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки аппаратуры допускается инженерно-технический персонал со средним или высшим техническим образованием, ознакомленный с эксплуатационной документацией на поверяемую аппаратуру и средства поверки, имеющий право на поверку (аттестованными в качестве поверителей).

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374: предел допускаемой погрешности формирования координат местоположения потребителя ГНСС в системе координат WGS-84 $\leq 1,2$ м, скорости потребителя ГНСС $\leq 0,05$ м/с	Комплекс эталонный формирования и измерения радионавигационных параметров ЭФИР, рег.№ 82567-21
	Рабочий эталон 4-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360 (заимствованный рабочий эталон в государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07 июня 2024 г. № 1374): допускаемая абсолютная погрешность измерения интервалов времени $\Delta t \pm 100$ нс	Частотомер универсальный CNT-91R, рег.№ 41567-09

5.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

5.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены или аттестованы в соответствии с действующим законодательством.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

6.2 При проведении поверки необходимо принять меры защиты от статического напряжения, использовать антистатические заземленные браслеты и заземлённую оснастку.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений и ослабления элементов, четкость фиксации их положения;
- чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд, наличие и целостность печатей и пломб;
- наличие маркировки согласно требованиям эксплуатационной документации.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если выполняются требования п. 7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить операции, оговоренные в руководстве по эксплуатации поверяемой аппаратуры по подготовке ее к работе;
- выполнить операции, оговоренные в руководствах по эксплуатации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить прогрев приборов для установления их рабочих режимов.

8.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1, подключив аппаратуру к ПЭВМ с помощью интерфейсного кабеля. Исключить радиовидимость реальных сигналов навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС и GPS в верхней полусфере.



Рисунок 1 – Схема для проведения измерений при опробовании, определения инструментальных погрешностей определения координат местоположения и скорости аппаратуры.

8.3 Запустить на имитаторе сигналов сценарий (моделируются сигналы спутниковых группировок ГЛОНАСС L1OF и GPS L1C/A).

8.4 На ПЭВМ запустить программное обеспечение «Terminal».

8.5 В появившемся окне программного обеспечения «Terminal» выбрать COM Port поверяемой аппаратуры и нажать клавишу Connect.

8.6 В окне программного обеспечения «Terminal» начнется вывод навигационных сообщений, содержащих в том числе строки следующего вида:

\$GNGGA,002641.00,5459.99991,N,04041.95348,E,1,18,0.61,99.9,M,,*64

Убедиться, что поля широты и долготы содержат значения, отличные от нуля.

8.7 Результаты поверки считать положительными, если выполняются требования п. 8.6.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

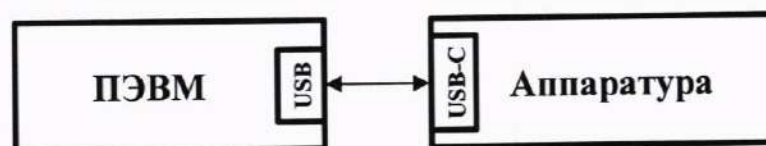


Рисунок 2 – Схема при проверке программного обеспечения аппаратуры

9.2 На ПЭВМ запустить программное обеспечение AutoGraph GSMConf.

9.3 Версия программного обеспечения будет указана в левом нижнем углу интерфейса программного обеспечения AutoGraph GSMConf в формате «ATXX-xx.xx-ax», где ATXX – идентификационное наименование программного обеспечения аппаратуры, xx.xx – номер версии программного обеспечения аппаратуры.

9.4 Результаты поверки считать положительными, если идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения аппаратуры соответствуют данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ATGX
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 13.30

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения в плане и высоты при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3

10.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

10.1.2 Подготовить сценарий имитации с параметрами, приведенными в таблице 5, при этом контролировать, чтобы значение геометрического фактора ухудшения точности PDOP не превышало 3.

Таблица 5

Наименование параметра	Значение параметра
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС L1OF GPS L1C/A
Продолжительность	не менее 50 минут
Параметры среды распространения навигационных сигналов	тропосфера присутствует (модель STANAG) ионосфера присутствует (модель SUMMER)
Формируемые параметры движения (система координат WGS-84)	Стоянка в течение 5 мин (широта – произвольно, долгота – произвольно, высота – произвольно). Изменение скорости: от 0 до 200 м/с за 3 мин. Прямолинейное движение со скоростью 200 м/с
Расхождение системных и координированных шкал времени	не моделируется (равно нулю)

10.1.3 Осуществить запись не менее тысячи строк измерительной информации (координаты местоположения и скорость) на ПЭВМ при значении геометрического фактора PDOP, рассчитываемым аппаратурой, не более 3.

10.1.4 Определить систематическую составляющую инструментальной погрешности определения координат местоположения по формулам (1) и (2) для координаты В (широты):

$$\Delta B(j) = B(j) - B_{\text{действ}}(j), \quad (1)$$

$$dB = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta B(j), \quad (2)$$

где $B_{\text{действ}}(j)$ – действительное значение координаты В (широты), секунда единицы плоского угла в j-й момент времени (далее – секунда);

$B(j)$ – значение координаты В в j-й момент времени, секунда;

N – количество измерений.

Аналогичным образом определить систематическую составляющую инструментальной погрешности определения координат L (долготы) и H (высоты).

10.1.5 Определить среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) случайной составляющей инструментальной погрешности определения координаты В (широта) по формуле (3):

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta B(j) - dB)^2}{N-1}} \quad (3)$$

Аналогичным образом определить СКО случайной составляющей инструментальной погрешности определения координат L (долгота) и H (высота).

10.1.6 Перевести значения погрешностей определения координат в плане (широты и долготы) из угловых секунд в метры по формулам (4) и (5):

- для широты:

$$\Delta B(м) = \text{arc}1'' \cdot \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta B(\text{секунда}) \quad (4)$$

- для долготы:

$$\Delta L(м) = \text{arc}1'' \cdot \frac{a(1-e^2) \cos B}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta L(\text{секунда}) \quad (5)$$

где a – большая полуось эллипсоида ($a = 6378137$ м);

e – первый эксцентриситет эллипсоида ($e^2 = 6,69437999014 \cdot 10^{-3}$);

$1'' = 0,000004848136811095359933$ радиан ($\text{arc}1''$).

10.1.7 Определить абсолютную инструментальную погрешность (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения в плане и высоты при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3 по формулам (6) и (7):

$$\Pi_{\text{план}} = \pm \left(\sqrt{dB^2 + dL^2} + 2\sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_L^2} \right) \quad (6)$$

$$\Pi_H = \pm (|dH| + 2\sigma_H) \quad (7)$$

10.1.8 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения в плане и высоты при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3 находятся в доверительных границах: в плане $\pm 2,5$ м, высоты $\pm 4,25$ м.

10.2 Определение абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения скорости при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3

10.2.1 Используя измерительную информацию о скорости (п. 10.1.3), вычислить систематическую и случайную составляющие инструментальной погрешности определения скорости аппаратурой по формулам (8) – (10):

$$\Delta V(j) = V(j) - V_{действ}(j) \quad , \quad (8)$$

$$dV = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta V(j) \quad , \quad (9)$$

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta V(j) - dV)^2}{N-1}} \quad , \quad (10)$$

где $V_{действ}(j)$ – действительное значение скорости в j -ый момент времени, м/с;
 $V(j)$ – измеренное значение скорости в j -й момент времени, м/с;
 N – количество измерений.

10.2.2 Определить абсолютную инструментальную погрешность (при доверительной вероятности 0,95) определения скорости при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3 по формуле (11):

$$\Pi_V = \pm(|dV| + 2\sigma_V) \quad . \quad (11)$$

10.2.3 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения скорости при работе по сигналам L1OF ГНСС ГЛОНАСС и L1C/A ГНСС GPS при скорости движения от 0 до 200 м/с и геометрическом факторе PDOP не более 3 находятся в доверительных границах $\pm 0,1$ м/с.

10.3 Определение абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU)

10.3.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 3. Исключить радиовидимость реальных сигналов навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС и GPS в верхней полусфере. Воспроизвести сценарий имитации, параметры которого указаны в таблице 5. На имитаторе сигналов отключить воспроизведение спутниковых навигационных сигналов GPS.



Рисунок 3 – Схема определения инструментальной погрешности синхронизации шкалы времени аппаратуры

10.3.2 На вход «В» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц аппаратуры, на вход «А» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц имитатора.

10.3.3 В соответствии с руководством по эксплуатации на частотомер установить частотомер в режим измерений интервалов времени.

10.3.4 Списать с табло частотомера не менее 100 значений расхождений шкал времени аппаратуры и имитатора сигналов, учесть задержки сигналов в соединительных кабелях.

10.3.5 Определить систематическую составляющую инструментальной погрешности синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU) по формулам (12) и (13):

$$\Delta T(j) = T(j) - T_{действ}(j) \quad , \quad (12)$$

$$dT = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta T(j) \quad , \quad (13)$$

где $T_{действ}(j)$ – действительное значение национальной шкалы координированного времени UTC(SU) в j-ый момент времени, с;

$T(j)$ – измеренное аппаратурой значение национальной шкалы координированного времени UTC(SU) в j-ый момент времени, с.

10.3.6 Определить среднее квадратическое отклонение случайной составляющей инструментальной погрешности синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU) по формуле (14):

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta T(j) - dT)^2}{N - 1}} \quad . \quad (14)$$

10.3.7 Определить абсолютную инструментальную погрешность (при доверительной вероятности 0,95) синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU) по формуле (15):

$$P_T = \pm(|dT| + 2\sigma_T) \quad . \quad (15)$$

10.3.8 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU) находятся в доверительных границах ± 1 мкс.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки аппаратуры передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона № 102-ФЗ.


11.2 По заявлению владельца аппаратуры выдают свидетельство о поверке по установленной форме, соответствующей действующему законодательству.

11.3 По заявлению владельца аппаратуры или лица, представившего их на поверку, в случае отрицательных результатов поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Начальник отделения НИО-8 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник отдела 850 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Ведущий инженер лаборатории 862 ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.М. Каверин

А.А. Фролов

А.А. Макаров