

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

_____  А.Н. Щипунов

« 23 » _____ 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
Модули приема сигналов СНС ГЛОНАСС и GPS (NAVSTAR) КСД/Н02
Методика поверки
8501-21-01 МП

р.п. Менделеево
2021 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на модули приема сигналов СНС ГЛОНАСС и GPS (NAVSTAR) КСД/Н02 (далее – модули), изготавливаемые АО «Элистех», г. Жуковский Московской обл., и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 5 лет.

2 Перечень операций поверки

2.1 При поверке модулей выполнить работы в объеме, указанном в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Проверка программного обеспечения (ПО)	8	да	да
3 Подготовка к поверке и опробование	9	да	да
4 Определение метрологических характеристик	10		
4.1 Определение абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения по каждой координатной оси в диапазоне высот от 0 до 18 км, диапазоне скоростей от 0 до 500 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 40 м/с ² при работе по сигнала ГЛОНАСС (L1, код СТ) и GPS (L1, код C/A) при геометрическом факторе PDOP не более 3	10.1	да	да
4.3 Определение абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости в диапазоне высот от 0 до 18 км, диапазоне скоростей от 0 до 500 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 40 м/с ² при работе по сигнала ГЛОНАСС (L1, код СТ) и GPS (L1, код C/A) при геометрическом факторе PDOP не более 3	10.2	да	да
4.3 Определение абсолютной погрешности синхронизации внутренней шкалы времени модуля с национальной шкалой координированного времени UTC(SU) при работе по сигналам ГЛОНАСС/GPS	10.3	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, указанных в таблице 1, поверка прекращается и модуль бракуется.

2.3 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов.

3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

3.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательные средства, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
10.1, 10.2	Рабочий эталон единиц координат местоположения 2 разряда: предел допускаемой погрешности формирования координат местоположения потребителя ГНСС в системе координат WGS-84 не более 4 м
10.3	Приемник опорный синхронизирующий ОСП-2 ТСЮИ.461531.037: пределы допускаемой абсолютной погрешности синхронизации формируемой шкалы времени со шкалой времени UTC(SU) в режиме «Нормальная работа» ± 20 нс
10.3	Частотомер универсальный CNT-90XL: предел допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов 200 нс
Вспомогательные средства	
10.1 - 10.3	Комплекс сбора данных «Базис»
10.1 - 10.3	Кабель антенный SMA-C58P (1 шт), TNC-C58P (1 шт)
10.3	Жгут технологический контроллера КСЛ1 П-685692.17.00
10.1, 10.2	Пункт геодезический (только при первичной поверке)

3.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается использование других средств измерений, обеспечивающих определение метрологических характеристик модулей с требуемой точностью.

3.3 Применяемые для поверки средства измерений должны быть утвержденного типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке (знаки поверки).

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки модулей допускается инженерно-технический персонал со средним или высшим техническим образованием, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке, имеющие право на проведение поверки.

5 Требования к условиям проведения поверки

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

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

6 Требования к условиям проведения поверки

Поверка проводится в рабочих условиях эксплуатации поверяемых модулей и используемых средств поверки.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, четкость фиксации их положения;
- четкость обозначений, чистоту и исправность разъемов 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 Проверка программного обеспечения (ПО)

8.1 Выполнить запуск утилиты «Novatel Connect», выполнить соединение с модулем, выбрать вкладку Receiver Info, в открывшемся окне появиться информация о ПО модуля OM7MR0703RN0000. Убедиться, что имеющиеся на открывшейся странице в строке SW Version идентификационные данные (признаки) ПО соответствуют указанным в таблице 3.

8.2 Запустить ПО «КСД Принт». Выбрать пункт меню «Справка -> О КСД Принт». Убедиться, что имеющиеся на открывшейся странице идентификационные данные (признаки) ПО соответствуют указанным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование ПО	OM7MR0703RN0000	КСД Принт
Номер версии (идентификационный номер ПО)	v 7.07.03 и выше	v 1.0.0.0
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	-	d41d8cd98f00b204e9800998ecf8427e
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	-	MD5

8.3 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют данным, указанным в таблице 3.

9 Подготовка к поверке и опробование

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить операции, оговоренные в РЭ поверяемого модуля по подготовке его к работе;
- выполнить операции, оговоренные в РЭ на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить прогрев приборов для установления их рабочих режимов.

9.1.2 Измерить координаты пункта геодезического в системе координат WGS-84 в соответствии с «Методикой измерений координат пункта геодезического» (аттестат методики выполнения измерений № 236-01.00294-2010/2015) (только при первичной поверке).

Примечание- Интервал времени между датой протокола результатов измерения координат пункта геодезического и датой поверки модуля не должен превышать интервала между поверками сети геодезической, с использованием которой осуществлялось измерение координат пункта геодезического.

9.2 Опробование

9.2.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 - Схема для проведения измерений при проверке опробования

9.2.2 Подать питание на комплекс сбора данных, на рабочем эталоне воспроизвести сценарий для неподвижного объекта (уровень мощности сигналов навигационных космических аппаратов плюс 35 дБ к номинальным значениям).

9.2.3 Убедиться, что после решения модулем навигационной задачи, количество повторяющихся миганий индикаторов видимости навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС и GPS не менее пяти по каждой группировке (соответствует отслеживанию не менее пяти навигационных космических аппаратов).

9.2.4 Результаты опробования считать положительными, если выполняются требования п.п. 9.2.1- 9.2.3.

10 Определение метрологических характеристик

10.1 Определение абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения по каждой координатной оси в диапазоне высот от 0 до 18 км, диапазоне скоростей от 0 до 500 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 40 м/с² при работе по сигналам ГЛОНАСС (L1, код СТ) и GPS (L1, код C/A) при геометрическом факторе PDOP не более 3

При первичной поверке

10.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

10.1.2 Подготовить сценарий имитации с параметрами, приведенными в таблице 4, при этом контролировать, чтобы значение геометрического фактора ухудшения точности не превышало 3.

Таблица 4

Наименование параметра	Значение параметра
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1 (код СТ), GPS (код C/A без SA) в частотном диапазоне L1
Продолжительность	30 минут
Количество каналов:	
- ГЛОНАСС	12
- GPS	12
Начальные координаты местоположения	55° 00' 00" 37° 00' 00" 17990 м
Формируемые параметры движения	Движение по окружности радиусом 5 км со скоростью 500 м/с

10.1.3 В соответствии с п. 2.3.3 РФМГ.464349.002РЭ настроить модуль на запись файла с измерительной информацией в формате NOVATELX.

10.1.4 Через 15 мин после начала воспроизведения сценария, осуществить запись не менее 200 секунд измерительной информации на ПЭВМ при значении геометрического фактора PDOP, рассчитываемым модулем, не более 3. В соответствии с п. 2.4.4 РФМГ.464349.002РЭ получить измеренные значения координат местоположения и составляющих вектора скорости в текстовом виде.

10.1.5 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2 – Схема для проведения измерений при определении погрешности определения координат местоположения на пункте геодезическом

10.1.6 Выполнить действия п.п. 10.1.3 – 10.1.4.

10.1.7 Используя измерительную информацию о координатах местоположения, определить систематическую составляющую погрешности определения координат по формулам (1) и (2), например, для координаты В (широта):

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

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

где $B_{\text{действ}}(j)$ – действительное значение координаты В в j -ый момент времени, секунды;

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

N – количество измерений.

П р и м е ч а н и е - Здесь и далее по тексту: секунда – единица измерений плоского угла.

Аналогичным образом определить систематическую составляющую погрешности определения координат L (долгота) и H (высота).

10.1.8 Определить среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности определения координат по формуле (3), например, для координаты В (широта):

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

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

10.1.9 Перевести значения погрешностей определения координат в плане (широты и долготы) из угловых секунд в метры по формулам (4) - (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, м;

e – первый эксцентриситет эллипсоида;

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

10.1.10 Определить погрешность (по уровню вероятности 0,95) определения координат (например для координаты H (высоты)) (6):

$$P_H = \pm(|dH| + 2 \cdot \sigma_H), \quad (6)$$

Аналогичным образом определить погрешность (при доверительной вероятности 0,95) определения координаты B (широта) и L (долгота).

При периодической поверке

10.1.11 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

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

Таблица 5

Наименование параметра	Значение параметра
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1 (код СТ), GPS (код C/A без SA) в частотном диапазоне L1
Продолжительность	30 минут
Количество каналов:	
- ГЛОНАСС	12
- GPS	12
Начальные координаты местоположения	55° 00' 00" 37° 00' 00" 17985 м
Формируемые параметры движения	статика

10.1.13 Выполнить действия п.п. 10.1.3., 10.1.4, 10.1.7 – 10.1.10.

10.1.14 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения по каждой координатной оси в диапазоне высот от 0 до 18 км, диапазоне скоростей от 0 до 500 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 40 м/с² при работе по сигналам ГЛОНАСС (L1, код СТ) и GPS (L1, код C/A) при геометрическом факторе PDOP не более 3 находятся в пределах ±10 м.

10.2 Определение абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости в диапазоне скоростей от 0 до 500 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 40 м/с² при работе по сигналам ГЛОНАСС (L1, код СТ) и GPS

(L1, код C/A) при геометрическом факторе PDOP не более 3

При первичной поверке

10.2.1 Используя измерительную информацию о составляющих вектора скорости (п. 10.1.4, п. 10.1.6), определить систематическую составляющую погрешности определения составляющей вектора скорости V_N (составляющая вектора скорости, направленная на север) по формулам (7) и (8):

$$\Delta V_N(j) = V(j)_N - V_{\text{действ}N}(j), \quad (7)$$

$$dV_N = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta V(j)_N, \quad (8)$$

где $V_{\text{действ}N}(j)$ – действительное значение составляющей вектора скорости в j -ый момент времени, м/с;

$V(j)_N$ – измеренное значение составляющей вектора скорости в j -ый момент времени, м/с;

N – количество измерений.

Аналогичным образом определить систематические составляющие погрешности определения составляющих вектора скорости V_E (составляющая вектора скорости, направленная на восток) и V_H (составляющая вектора скорости, направленная вверх).

10.2.2 Определить СКО случайной составляющей погрешности определения составляющей вектора скорости V_N по формуле (9):

$$\sigma_{VN} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\Delta V(j)_N - dV_N)^2}{N-1}}. \quad (9)$$

Аналогичным образом определить СКО составляющих вектора скорости V_E и V_H .

10.2.3 Определить погрешность (по уровню вероятности 0,95) определения составляющей вектора скорости V_N (10):

$$P_{VN} = \pm(|dV_N| + 2 \cdot \sigma_{VN}), \quad (10)$$

Аналогичным образом определить погрешность (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющей вектора скорости V_L и V_H .

При периодической поверке

10.2.4 Используя измерительную информацию о составляющих вектора скорости (п. 10.1.13), определить абсолютные погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости по формулам (7) – (10).

10.2.5 Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения составляющих вектора скорости в диапазоне скоростей от 0 до 500 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 40 м/с² при работе по сигналам ГЛОНАСС (L1, код СТ) и GPS (L1, код C/A) при геометрическом факторе PDOP не более 3 находятся в пределах $\pm 0,2$ м/с.

10.3 Определение абсолютной погрешности синхронизации внутренней шкалы времени модуля с национальной шкалой координированного времени UTC(SU)

10.3.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 3. Для подключения измерителя к частотомеру использовать жгут технологический контроллера КСЛ1 П-685692.17.00 из комплекта комплекса сбора данных «Базис» (подключается к разъему X2 бортового твердотельного накопителя ТНЗ). Предварительно определить задержки сигналов в антенном и соединительных кабелях.



Рисунок 3 – Схема для проведения измерений при определении абсолютной погрешности синхронизации внутренней шкалы времени модуля с национальной шкалой координированного времени UTC(SU)

10.3.2 Обеспечить радиовидимость сигналов навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС и GPS в верхней полусфере. В соответствии с эксплуатационной документацией на модуль частотомер CNT-90XL и ОСП-2 подготовить их к работе.

10.3.3 Списать с табло частотомера CNT-90XL не менее 30 значений расхождений шкал времени модуля и ОСП-2.

10.3.4 Убедиться, что каждое значение разности шкал времени не превышает ± 1 мкс (с учетом задержек в антенном и соединительных кабелях).

10.3.5 Результаты поверки считать положительными, если выполняются требования п. 10.3.4.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки модуля подтверждаются сведениями о результатах поверки, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 По заявлению владельца модуля или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт модуля вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

11.3 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Заместитель генерального
директора–начальник НИО-8 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Денисенко

Начальник лаборатории 8501 ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.А. Фролов