

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель
генерального директора –
заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

« 26 » 06 2024 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Комплексы программно-аппаратные «СМАРТ-ШЛЮЗ М1»

**Методика поверки
МП 651-24-016**

г.п. Менделеево
2024 г.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Настоящая методика применяется для поверки комплексов программно-аппаратных «СМАРТ-ШЛЮЗ М1» (далее - комплексов) используемых в качестве рабочих средств измерений и устанавливает объем и методы первичной и периодических поверок.

1.2 При проведении поверки обеспечена прослеживаемость к ГЭТ 1-2022 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, ГЭТ 218-2022 по государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374 и ГЭТ 19-2018 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал, утвержденной приказом Росстандарта от 30.11.2018 № 2537.

1.3 Для определения метрологических характеристик поверяемого комплекса используется метод непосредственного сравнения результата измерения поверяемого комплекса со значением, определенным эталоном.

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

Таблица 1 – Подтверждаемые метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени комплексов с национальной шкалой времени UTC(SU), с	± 1
Допускаемые доверительные границы абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,95) определения координат местоположения комплексов в плане*, м	± 3
Диапазон измерений уровня звукового давления, дБ	от 30 до 80
Пределы относительной погрешности измерений уровня звукового давления, дБ	$\pm 20,0$
Рабочий диапазон частот уровня звукового давления, Гц	от 60 до 16000
где * - метрологическая характеристика нормирована для значений геометрического фактора PDOP расположения спутников GPS и ГЛОНАСС, сигналы которых принимаются одновременно, не превышающих 3	

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Для поверки комплексов программно-аппаратных «СМАРТ-ШЛЮЗ М1» должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операций	Номер пункта методики	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			
- определение абсолютной погрешности синхронизации внутренней шкалы времени	10.1	да	да

Наименование операций	Номер пункта методики	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
комплексов с национальной шкалой времени UTC(SU)			
- определение абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения комплексов в плане	10.2	да	да
- определение диапазона и относительной погрешности измерений уровня звукового давления (далее - УЗД)	10.3	да	да
- определение рабочего диапазона частот УЗД	10.4	да	да
Оформление результатов поверки	11	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов поверки по любому пункту таблицы 2 комплекс признается непригодным к применению и направляется в ремонт.

2.3 Предусматривается возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин. Объем поверки определяется эксплуатирующей организацией в зависимости от применения комплекса. Определение метрологических характеристик по пп. 10.1, 10.2 обязательно для всех комплексов.

2.4 Поверка может проводиться как на месте эксплуатации, так и в лабораторных условиях. При проведении поверки на месте эксплуатации, демонтаж комплексов не требуется.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Средства поверки комплекса должны быть подготовлены к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации.

3.2 Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям эксплуатационной документации поверяемого средства измерений, требованиям правил содержания и применения применяемых для поверки эталонов и требованиям эксплуатационных документов применяемых для поверки средств измерений и вспомогательных технических средств.

3.3 Поверка производится аккредитованными организациями в установленном порядке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей в области радиотехнических средств измерений и изучившие настоящую методику, документацию на комплекс и эксплуатационную документацию на используемые средства поверки.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Для поверки применять средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10 Определение метрологических характеристик	<p>Средства измерений, применяемые в качестве рабочих эталонов 5-ого разряда по ГПС для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360, с абсолютной погрешностью синхронизации шкалы времени выходного сигнала частотой 1 Гц (1 PPS) относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS не более $\pm 0,3$ с;</p> <p>Средства измерений, применяемые в качестве рабочих эталонов 2-го разряда по ГПС для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374, абсолютная погрешность определения координат (при доверительной вероятности не менее 0,997) не более 1,5 м;</p> <p>Средства измерений, применяемые в качестве рабочих эталонов по ГПС для средств измерений звукового давления в воздушной среде и аудиометрических шкал, утвержденной приказом Росстандарта от 30.11.2018 № 2537, с относительной погрешностью измерений УЗД не более ± 13 дБ;</p> <p>Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 125 до 20000 Гц с пределом допускаемой относительной погрешности по частоте не более $\pm 1 \cdot 10^{-4}$</p>	<p>Источники первичного точного времени УКУС-ПИ 02ДМ, рег. № 60738-15</p> <p>Комплекс эталонный формирования и измерения радионавигационных параметров ЭФИР, рег. № 82567-21</p> <p>Государственный вторичный эталон единицы звукового давления в воздушной среде в диапазоне значений от 0,2 до 31,6 Па в диапазоне частот от 2 Гц до 100 кГц, рег. № 2.1.ZZT.0009.2015</p> <p>Генераторы сигналов сложной формы со сверхнизким уровнем искажений DS360, рег. № 45344-10</p>
Вспомогательные средства поверки		
п. 3 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от -50 до +60 °С, абсолютная погрешность не более 1 °С;	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12;

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
пп. 8 - 10	<p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 0 до 98 % с погрешностью не более 2 %;</p> <p>Индикатор времени с точностью отображения времени до 0,1 с;</p> <p>Средства измерений расстояний в диапазоне до 1000 мм, абсолютная погрешность не более $\pm 0,5$ мм;</p> <p>Компьютер (далее - ПК);</p> <p>Устройство с фотокамерой;</p> <p>Заглушенная акустическая камера, соответствующая ГОСТ Р ИСО 26101;</p> <p>Усилитель мощности, полоса пропускания не менее от 100 до 10000 Гц, максимальный выходной уровень не менее 200 В (пик-пик);</p> <p>Излучатель звука, диапазон частот от 60 до 16000 Гц</p>	<p>Индикатор времени «ИВ-1»;</p> <p>Линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75;</p> <p>Переносной компьютер типа «Ноутбук»;</p> <p>Смартфон;</p> <p>Заглушенная акустическая камера</p> <p>Широкополосный усилитель мощности Tabor 9100;</p> <p>Излучатель звука</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.		

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в эксплуатационной документации (далее - ЭД) на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре комплекса установить:

- комплектность комплекса и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сличения с ЭД на комплекс, наличие поясняющих надписей;
- целостность разъемов и внешних соединительных кабелей;
- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики.

7.2 Результаты поверки по п. 7 считать положительными, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовить комплекс к работе в соответствии с Руководством по эксплуатации (далее - РЭ).

8.2 Проверить включение электропитания комплекса. Включить и выполнить операции по запуску программного обеспечения комплекса согласно РЭ.

8.3 Результаты поверки по п. 8 считать положительными, если комплекс удовлетворяет выше перечисленным требованиям.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Привести в рабочее состояние комплекс и перевести в режим поверки согласно РЭ. На экране модуля отображения проверить наличие фиксации объектов и сопутствующие данные. Перейти в вкладку «Идентификационные данные», в появившемся окне сверить идентификационные признаки ПО с приведенными в таблице 4.

9.2 Результаты поверки по п. 9 считаются положительными, если идентификационные признаки ПО соответствуют приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	СМАРТ-ШЛЮЗ М1
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже v1.0
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	-

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение абсолютной погрешности синхронизации внутренней шкалы времени комплексов с национальной шкалой времени UTC(SU)

10.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 – Схема проведения измерений

10.1.2 Обеспечить максимальную радиовидимость сигналов навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС в небесной полусфере. В соответствии с ЭД на комплекс и УКУС-ПИ 02ДМ подготовить их к работе. Убедиться, что комплекс и УКУС-ПИ 02ДМ готовы к проведению измерений.

10.1.3 С помощью устройства с фотокамерой сделать 5 фотографий, на которых отображены показания комплексов и индикатора времени ИБ-1.

10.1.4 Для каждой из фотографий сравнить значение шкалы времени комплекса $T_{фк}$, значение шкалы времени UTC(SU) T_z (времени, установленного на «ИБ-1»). Определить абсолютную погрешность синхронизации внутренней шкалы времени комплексов с национальной шкалой времени UTC(SU) ΔT как разницу между значениями шкал по формуле (с учетом поясного времени):

$$\Delta T = T_{фк} - T_z$$

10.1.5 Результаты поверки по п. 10.1 считать положительными, если значения абсолютной погрешности синхронизации внутренней шкалы времени комплексов с национальной шкалой времени UTC(SU) для всех измерений находится в пределах ± 1 с.

10.2 Определение абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения комплексов в плане

10.2.1 Обеспечить максимальную радиовидимость сигналов навигационных космических аппаратов в небесной полусфере. Перед проведением измерений не менее чем на 30 мин запустить комплекс и приемник сигналов глобальных навигационных спутниковых сигналов, входящий в состав комплекса эталонного формирования и измерения радионавигационных параметров ЭФИР (далее – ЭФИР).

10.2.2 С помощью приемника сигналов ГНСС определить действительные значения широты B_0 и долготы L_0 координат места расположения комплекса в плане.

10.2.3 С помощью интерфейса ПО комплекса произвести не менее 200 измерений координат местоположения комплекса. (NMEA сообщений).

10.2.4 Определить абсолютную погрешность определения координаты B (широта) для строк, в которых значение $PDOP \leq 3$, по формуле:

$$\Delta B(i) = B(i) - B_{\text{действ}},$$

где $B_{\text{действ}}$ – действительное значение широты, секунда единицы плоского угла (далее – секунда);

$B(i)$ – измеренное значение широты в i -й момент времени, секунда.

10.2.5 Аналогичным образом погрешность определения координаты L (долгота) для строк, в которых значение $PDOP \leq 3$.

10.2.6 Перевести полученные значения погрешности определения широты и долготы в метры по формулам соответственно:

- для широты:

$$\Delta B(m) = \text{arcl}'' \cdot \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta B(\text{секунда});$$

- для долготы:

$$\Delta L(m) = \text{arcl}'' \cdot \frac{a(1-e^2) \cos B}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}} \cdot \Delta L(\text{секунда}),$$

где a – большая полуось эллипсоида, м;

e – первый эксцентриситет эллипсоида;

$1'' = 0,000004848136811095359933$ радиан (arcl'').

B – значение широты, соответствующее $\Delta B(\text{секунда})$, $\Delta L(\text{секунда})$, радиан.

10.2.7 Рассчитать математическое ожидание погрешности определения широты и долготы по формулам соответственно:

$$M_B = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta B_i;$$

$$M_L = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta L_i,$$

где N — количество измерений.

10.2.8 Рассчитать СКО погрешности определения широты и долготы по формулам соответственно:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta B_i - M_B)^2}{N-1}};$$

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta L_i - M_L)^2}{N-1}}.$$

10.2.9 Определить абсолютную погрешность (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения комплекса в плане по формуле:

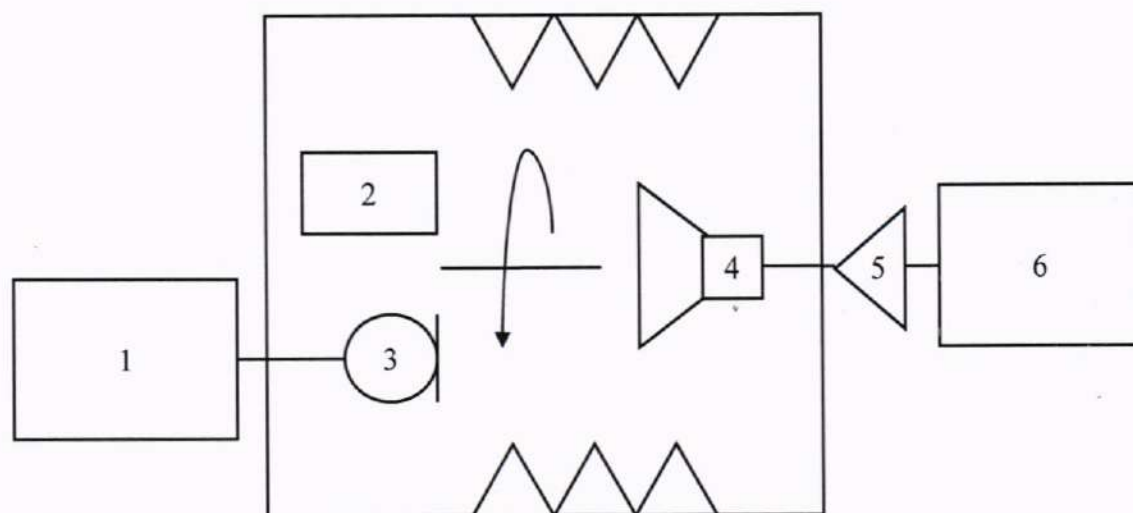
$$\Pi_p = \pm \left(\sqrt{M_B^2 + M_L^2} + 2 \cdot \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_L^2} \right)$$

10.2.10 Результаты поверки по п. 10.2 считать положительными, если значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) определения координат местоположения комплексов в плане находятся в пределах ± 3 м.

10.3 Определение диапазона и относительной погрешности измерений уровня звукового давления (далее - УЗД)

10.3.1 Измерения проводить в заглушенной камере по схеме рисунка 2.

Опорный микрофон из состава Государственного вторичного эталона единицы звукового давления в воздушной среде в диапазоне значений от 0,2 до 31,6 Па в диапазоне частот от 2 Гц до 100 кГц (далее – ВЭ) поместить в точку измерений на расстоянии от источника звука 1,0 м. Звуковые волны должны приходить на микрофон с того направления, для которого микрофон был отградуирован.



1 – ВЭ; 2 – комплекс; 3 – опорный микрофон из состава ВЭ; 4 – источник звука; 5 – усилитель; 6 – генератор DS-360

Рисунок 2 - Схема проведения измерений

10.3.2 Подать с генератора DS-360 гармонический сигнал на частоте 60 Гц. Уровень выходного сигнала генератора регулировать по показаниям L_{ref} ВЭ в третьоктавных полосах частот и поддерживать в диапазоне $60 \pm 0,1$ дБ (исх. 20 мкПа).

УЗД $L_{фон}$ (дБ (исх. 20 мкПа)) в третьоктавных полосах частот при выключенном источнике звука должен быть, как минимум, на 15 дБ ниже соответствующего L_{ref} .

10.3.3 Не изменяя режим излучения, заместить опорный микрофон на микрофон из состава комплекса, при этом плоскость приёмной части микрофона из состава комплекса должна быть перпендикулярна направлению на источник звука, а её центр – в точке измерений.

На комплексе зафиксировать результат измерений УЗД L_k (дБ (исх. 20 мкПа)).

Рассчитать относительную погрешность δ_f (дБ) при измерениях УЗД по формуле:

$$\delta_f = L_k - L_{ref}$$

10.3.4 Выполнить операции по пунктам 10.3.1 - 10.3.3 для опорных УЗД равных 30 и 80 дБ (исх. 20 мкПа), соответствующих нижней и верхней границе диапазона измерений УЗД, соответственно.

10.3.5 Результаты поверки по п. 10.3 считать положительными, если значения относительной погрешности УЗД для всех измерений находятся в пределах ± 20 дБ.

10.4 Определение рабочего диапазона частот УЗД

10.4.1 Выполнить операции поверки по пунктам 10.3.1 - 10.3.3 для всех частот 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 и 16000 Гц.

10.4.2 Результаты поверки по п. 10.4 считать положительными, если значения относительной погрешности измерений УЗД на всем рабочем диапазоне частот для всех измерений находятся в пределах ± 20 дБ.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки комплекса подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца комплекса или лица, представившего его на поверку, и (или) выдается свидетельство о поверке и (или) в формуляр комплекса вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.2 Результаты поверки оформить по установленной форме.

Начальник НИО-6
ФГУП «ВНИИФТРИ»



В.И. Добровольский