

СОГЛАСОВАНО

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



*А.Н. Щипунов*  
А.Н. Щипунов

*августа*  
2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Гидрофоны измерительные ГИ21

Методика поверки

МП МГФК.406231.195

р.п. Менделеево

2023 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки гидрофонов измерительных ГИ21 (далее – гидрофоны) и устанавливает объем и методы первичной и периодических поверок.

1.2 При проведении поверки обеспечена прослеживаемость к ГЭТ 55-2017 по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утверждённой приказом Росстандарта от 28 сентября 2018 г. № 2084.

1.3 Для определения метрологических характеристик поверяемого гидрофона используется метод сравнения с эталонным гидрофоном.

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

Таблица 1 – Подтверждаемые метрологические требования

Наименование характеристики	Значения
Диапазон рабочих частот, Гц	от 1 до 250000
Уровень чувствительности на частоте 80 Гц, относительно 1 мкВ/Па, дБ, не менее	23
Неравномерность частотной характеристики чувствительности в диапазоне частот от 1 Гц до 80 кГц, дБ, не более	10
Неравномерность частотной характеристики чувствительности в диапазоне частот от 1 Гц до 250 кГц, дБ, не более	20
Неравномерность диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ на частоте 80 кГц, дБ, не более	4
Неравномерность диаграммы направленности в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 30^\circ$ относительно оси гидрофона на частоте 80 кГц, дБ, не более	6
Доверительные границы относительной погрешности измерения уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95, дБ	$\pm 1,5$

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, приведённые 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	да	да	7
Опробование	да	да	8
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям			9
Определение уровня чувствительности на частоте 80 Гц, относительно 1 мкВ/Па	да	да	9.1
Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне частот от 1 Гц до 80 кГц	да	да	9.2
Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне частот от 1 Гц до 250 кГц	да	да	9.3
Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ на частоте 80 кГц	да	да	9.4
Определение неравномерности диаграммы направленности в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 30^\circ$ относительно оси гидрофона на частоте 80 кГц	да	да	9.5

Продолжение таблицы 2

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
Определение доверительных границы относительной погрешности измерения уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95	да	да	9.6
Определение диапазона рабочих частот	да	да	9.7

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

3.2 Поверку гидрофона на эталоне по п.п. 9.1-9.4 проводить в пресной воде.

### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, ежегодно проходящие проверку знаний по технике безопасности и аттестованные в качестве поверителей в области гидроакустических измерений.

### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При поверке должны быть применены средства, указанные 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
9.1-9.5	Эталон единиц звукового давления и колебательной скорости в водной среде, соответствующий требованиям государственного первичного эталона в диапазоне частот от 0,1 до 1,0 МГц	Государственный первичный эталон единиц звукового давления и колебательной скорости в водной среде ГЭТ 55-2017, утверждён приказом Росстандарта № 562 от 17.03.2017 (далее ГЭТ 55-2017) (установка Э-5: диапазон частот от 0,1 до 1,0 МГц; доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) измерительных гидрофонов при доверительной вероятности 0,95 не более 0,5 дБ, установка Э-2: диапазон частот от 0,5 до 2000 Гц; доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) измерительных гидрофонов при доверительной вероятности 0,95 не более 0,5 дБ) Рабочий эталон 2 разряда единицы звукового давления в водной среде «Измерительная установка УГГ1», рег. № 3.1.ZZT.0022.2013 (далее – измерительная установка УГГ1); диапазон частот от 1 до 250 кГц, доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) измерительных гидрофонов при доверительной вероятности 0,95 не более 1 дБ.
8.3	Осциллографы цифровые запоминающие с полосой пропускания не менее 350 МГц	Осциллограф цифровой запоминающий С8-205/4, рег. № 64767-16
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин и поверенные средства измерений утверждённого типа, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5.2 Вспомогательные материалы, необходимые для проведения поверки и нормы их расхода на одну поверку, приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Вспомогательные материалы

Наименование материала	Нормы расхода, кг
Ветошь обтирочная ОСТ-63-46-84	0,2
Мыло хозяйственное СТ 13-368-85	0,1

## **6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки**

6.1 При выполнении операций поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019-2009, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.1.030-2010, действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации (далее – ЭД) на гидрофон и средства поверки.

## **7 Внешний осмотр средства измерений**

7.1 При внешнем осмотре гидрофона необходимо установить:

- отсутствие механических повреждений;
- чистоту контактов соединительной вилки;
- удовлетворительное состояние кабеля;
- чёткость нанесения типа и заводского номера гидрофона.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если гидрофон удовлетворяет требованиям п. 7.1. В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

8.1 На поверку представляют гидрофон с руководством по эксплуатации МГФК.406231.195 РЭ и паспортом МГФК.406231.195 ПС.

8.2 Перед проведением поверки поверитель должен:

- изучить руководство по эксплуатации поверяемого гидрофона;
- подготовить средства поверки и вспомогательное оборудование к работе в соответствии с их ЭД;

8.3 Перед погружением провести опробование гидрофона:

8.3.1 При опробовании гидрофона необходимо подключить его вилку к осциллографу. Создать воздействие на чувствительный элемент гидрофона путём лёгкого постукивания карандашом.

8.3.2 Результаты опробования считать положительными, если при воздействии на чувствительный элемент гидрофона лёгким постукиванием карандашом гидрофон отвечает на это воздействие – на экране осциллографа появляется переменный сигнал.

8.4 Перед погружением гидрофон должен быть обезжирен мыльным раствором.

8.5 Перед поверкой гидрофон должен находиться в воде в течение не менее 3 ч.

8.6 Используемые средства поверки должны быть заземлены.

8.7 Поверяемый гидрофон и используемые средства поверки необходимо выдержать во включённом состоянии не менее 20 мин перед проведением поверки.

## 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение уровня чувствительности на частоте 80 Гц, относительно 1 мкВ/Па

9.1.1 Определение уровня чувствительности гидрофона  $M$  на частоте 80 Гц проводить на эталонной установке Э-2.

9.1.2 Измерение чувствительности гидрофона на частоте 80 Гц проводить в соответствии с руководством по эксплуатации эталонной установки, при этом число измерений  $n$  должно быть не менее 4.

9.1.3 Вычислить значение чувствительности в [мкВ/Па] как среднее арифметическое значение по формуле (1):

$$M_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i. \quad (1)$$

9.1.4 Вычислить уровень чувствительности на частоте 80 Гц в [дБ] относительно 1 мкВ/Па по формуле (2):

$$M = 20 \cdot \lg(M_{\text{ср}}). \quad (2)$$

9.1.5 Вычислить относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) оценки результата измерений чувствительности по формуле (3):

$$S_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - M_{\text{ср}})^2}{n \cdot (n-1)}} \cdot \frac{100\%}{M_{\text{ср}}}. \quad (3)$$

9.1.6 Результаты поверки считать положительными, если значение уровня чувствительности на частоте 80 Гц не менее 23 дБ относительно 1 мкВ/Па.

9.2 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне частот от 1 Гц до 80 кГц

9.2.1 Определение чувствительности гидрофона проводить на всех частотах  $f$  ряда 13 октавы по ГОСТ 12090-80 «Частоты для акустических измерений. Предпочтительные ряды» в диапазоне частот от 1 Гц до 80 кГц рабочего диапазона в соответствии с руководством по эксплуатации установки Э-2 и измерительной установки УГГ1, при этом число наблюдений на каждой частоте  $n$  должно быть не менее 4. Допускается в соответствии с п. 18 Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815 при периодической поверке выполнять измерение чувствительности не на всех частотах рабочего диапазона гидрофона.

9.2.2 На каждой частоте  $f_k$  вычислить среднее арифметическое значение чувствительности в [мкВ/Па] по формуле (1).

9.2.3 На каждой частоте  $f_k$  вычислить уровень чувствительности в [дБ] относительно 1 мкВ/Па по формуле (2).

9.2.4 Для каждой частоты  $f_k$  вычислить относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) оценки результата измерений чувствительности по формуле (3).

9.2.5 Максимальную неравномерность  $\theta_{\text{ЧХ}}$  чувствительности в рабочем диапазоне частот в [дБ] следует определять как абсолютное значение разности минимального уровня  $M(f_k)_{\text{min}}$  чувствительности и максимального уровня  $M(f_k)_{\text{max}}$  чувствительности, полученных при проведении операций поверки по формуле (4):

$$\theta_{\text{ЧХ}} = |M(f_k)_{\text{min}} - M(f_k)_{\text{max}}|. \quad (4)$$

9.2.6 Результаты поверки считать положительными, если значение неравномерности частотной характеристики чувствительности не превышает 10 дБ в частотном диапазоне от 1 Гц до 200 кГц.

9.3 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне частот от 1 Гц до 250 кГц

9.3.1 Определение чувствительности гидрофона проводить на всех частотах  $f$  ряда 1/3 октавы по ГОСТ 12090-80 «Частоты для акустических измерений. Предпочтительные ряды» в диапазоне частот от 1 Гц до 250 кГц рабочего диапазона в соответствии с руководством по эксплуатации измерительной установки УГГ1 и установки Э-5, при этом число наблюдений на каждой частоте  $n$  должно быть не менее 4. Допускается в соответствии с п. 18 Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815 при периодической поверке выполнять измерение чувствительности не на всех частотах рабочего диапазона гидрофона.

9.3.2 Для диапазона частот от 1 Гц до 80 кГц использовать значения полученные в п.п. 9.2.2-9.2.4.

9.3.2 На каждой частоте  $f_k$  вычислить среднее арифметическое значение чувствительности в [мкВ/Па] по формуле (1).

9.3.3 На каждой частоте  $f_k$  вычислить уровень чувствительности в [дБ] относительно 1 мкВ/Па по формуле (2).

9.3.4 Для каждой частоты  $f_k$  вычислить относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) оценки результата измерений чувствительности по формуле (3).

9.3.5 Максимальную неравномерность  $\theta_{\text{чх}}$  чувствительности в рабочем диапазоне частот в [дБ] следует определять как абсолютное значение разности минимального уровня  $M(f_k)_{\text{min}}$  чувствительности и максимального уровня  $M(f_k)_{\text{max}}$  чувствительности, полученных при проведении операций поверки по формуле (4):

$$\theta_{\text{чх}} = |M(f_k)_{\text{min}} - M(f_k)_{\text{max}}|. \quad (4)$$

9.3.6 Результаты поверки считать положительными, если значение неравномерности частотной характеристики чувствительности не превышает 20 дБ в частотном диапазоне от 1 Гц до 200 кГц.

9.4 Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе  $\pm 180^\circ$  на частоте 80 кГц

9.4.1 Неравномерности диаграмм направленности гидрофона в горизонтальной и вертикальной плоскостях следует определять на измерительной установке УГГ1 на частоте 80 кГц. Неравномерность диаграммы направленности определяется как разность, в децибелах, между максимальным и минимальным уровнями сигнала гидрофона в рабочем угловом секторе  $\pm 180^\circ$  в горизонтальной плоскости.

9.4.2 Результаты поверки считать положительными, если значение неравномерности диаграммы направленности  $\epsilon$  в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе  $\pm 180^\circ$  на частоте 80 кГц не превышает 4 дБ.

9.5 Определение неравномерности диаграммы направленности в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе  $\pm 30^\circ$  относительно оси гидрофона на частоте 80 кГц

9.5.1 Неравномерности диаграмм направленности гидрофона в горизонтальной и вертикальной плоскостях следует определять на измерительной установке УГГ1 на частоте 80 кГц. Неравномерность диаграммы направленности определяется как разность, в децибелах, между максимальным и минимальным уровнями сигнала гидрофона в рабочем угловом секторе  $\pm 30^\circ$  в вертикальной плоскости.

9.5.2 Результаты поверки считать положительными, если значение неравномерности диаграммы направленности в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе  $\pm 30^\circ$  на частоте 80 кГц не превышает 6 дБ.

9.6 Определение доверительных границы относительной погрешности измерения уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95

9.6.1 При расчётах использовать значения полученные по п.п. 9.1-9.3.

9.6.2 Определение доверительных границы относительной погрешности измерения уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95 выполнять при первичной и периодической поверке гидрофона в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения».

9.6.3 Относительную погрешность уровня чувствительности гидрофона (без учёта знака) вычислить по формуле (9):

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (9)$$

где  $S_{\Sigma}$  – суммарное среднее квадратическое отклонение оценки результата измерения чувствительности,  $K$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисклѳённой систематической погрешности (НСП).

Значения  $S_{\Sigma}$  и  $K$  вычислить по формулам (10) и (11), соответственно:

$$K = \frac{t_{(n-1,P)} \cdot S_0 + \theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\theta}}, \quad (10)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_0^2}, \quad (11)$$

где  $t_{(n-1,P)}$  – квантиль распределения Стъюдента при  $(n - 1)$  степени свободы и доверительной вероятности 0,95;  $S_0$  – относительное среднее квадратическое отклонение оценки результата измерений, определённое по формуле (3);  $\theta_{\Sigma}$  – доверительная относительная погрешность эталона, применяемого при первичной поверке;  $n$  – число независимых измерений.

Среднее квадратическое отклонение НСП  $S_{\theta}$  вычислить по формуле (12):

$$S_{\theta} = \frac{\theta_{\Sigma}}{k \cdot \sqrt{3}}, \quad (12)$$

где  $k$  – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью 0,95.

9.6.4 Результаты считать положительными, если полученные значения относительной погрешности измерения уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95 находятся в доверительных границах  $\pm 1,5$  дБ.

9.7 Определение диапазона рабочих частот

9.7.1 Рабочий диапазон частот определяется диапазоном частот, в котором характеристики гидрофонов удовлетворяют требованиям технической документации и метрологически обеспечены в эксплуатации.

9.7.2 Определить диапазон рабочих частот от 1 до 250000 Гц, при положительном результате проверок по п.п. 9.1-9.6.

**10 Оформление результатов поверки**

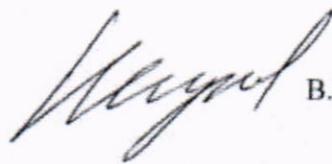
10.1 Результаты поверки гидрофона оформить в виде протокола произвольной формы.

10.2 Результаты поверки гидрофона подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включёнными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца гидрофона или лица, предъявившего его на поверку, выдаётся свидетельство о поверке средства измерений, в паспорт гидрофона вносится запись о проведённой поверке, заверяемая подписью поверителя, с указанием даты поверки.

10.4 При отрицательных результатах поверки гидрофон признают непригодным к применению, и, по заявлению владельца гидрофона или лица, предъявившего его на поверку, выписывается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Начальник НИО-5  
ФГУП «ВНИИФТРИ»  
Начальник отдела 51  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

 В.Н. Некрасов  
 А.Н. Матвеев