

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Гидрофоны ТС4035

Методика поверки

5.511.23-001 МП

2023 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки гидрофонов ТС4035 (далее – гидрофоны), используемых в качестве рабочих эталонов 1 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утверждённой приказом Росстандарта от 28 сентября 2018 г. № 2084 (далее – ГПС).

1.2 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы звукового давления в водной среде в соответствии с ГПС, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 55-2017.

1.3 Интервал между поверками – один год.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 Для поверки гидрофонов должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

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	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование	да	да	8
Определение метрологических характеристик			9
Определение значения уровня чувствительности по напряжению на частоте 250 кГц	да	да	9.1
Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне рабочих частот	да	да	9.2
Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ на частоте 250 кГц	да	да	9.3
Определение относительной погрешности уровня чувствительности при доверительной вероятности 0,95	да	да	9.4
Определение долговременной нестабильности уровня чувствительности	нет	да	9.5
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

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

### 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 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.п. 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 (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)
8.2	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.

## **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 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки поверитель должен:

- изучить документ 55254153.406231.002 РЭ «Гидрофон ТС4035. Руководство по эксплуатации»;
- проверить исправность кабеля гидрофона;
- подготовить средства поверки и вспомогательное оборудование к работе в соответствии с их ЭД;

– в случае периодической поверки убедиться в наличии свидетельства о предыдущей поверке гидрофона.

8.1.2 Перед началом поверки гидрофон должен находиться в воде в течение не менее 12 ч.

8.1.3 Непосредственно перед поверкой гидрофон должен быть обезжирен мыльным раствором.

8.1.4 При проведении операций по п.п. 9.2-9.3 ориентировать гидрофон опорным направлением на излучатель. За опорное направление принять выгравированный на корпусе заводской номер гидрофона.

8.1.5 Используемые средства поверки должны быть заземлены.

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

## 8.2 Опробование

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

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

## 9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение значения уровня чувствительности по напряжению на частоте 250 кГц

9.1.1 Определение значения уровня чувствительности гидрофона проводить с помощью эталона.

9.1.2 Измерение чувствительности гидрофона по напряжению на частоте 250 кГц проводить в соответствии с руководством по эксплуатации эталона, при этом число наблюдений  $n$  должно быть не менее 4.

9.1.3 Вычислить значение чувствительности  $M_{\text{ср}}$  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 250 кГц в [дБ относительно 1 мкВ/Па] по формуле (2):

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

9.1.5 Результаты поверки считать положительными, если уровень чувствительности по напряжению на частоте 250 кГц не менее 23 дБ относительно 1 мкВ/Па.

9.2 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне рабочих частот

9.2.1 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности гидрофона в диапазоне рабочих частот проводить с помощью эталона.

9.2.2 Измерение чувствительности гидрофона проводить на частотах третьоктавного ряда его рабочего диапазона в соответствии с руководством по эксплуатации эталона, при этом число наблюдений на каждой частоте  $n$  должно быть не менее 4.

9.2.3 На каждой частоте  $f$  вычислить среднее арифметическое значение чувствительности  $M(f)_{\text{cp}}$  в [мкВ/Па] по формуле (3):

$$M(f)_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M(f)_i. \quad (3)$$

9.2.4 Для каждой частоты  $f$  вычислить относительное среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) оценки результата измерений чувствительности по формуле (4):

$$S_0(f) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M(f)_i - M(f)_{\text{cp}})^2}{n(n-1)}} \frac{100\%}{M(f)_{\text{cp}}}. \quad (4)$$

9.2.5 На каждой частоте  $f$  вычислить уровень чувствительности в [дБ относительно 1 мкВ/Па] по формуле (5):

$$M(f) = 20 \lg(M(f)_{\text{cp}}), \quad (5)$$

определить в рабочем диапазоне частот максимальный  $M_{\text{max}}$  и  $M_{\text{min}}$  минимальный уровни чувствительности в [дБ относительно 1 мкВ/Па].

9.2.6 Определить неравномерность частотной характеристики чувствительности как разность максимального и минимального значений уровня чувствительности, выраженных в децибелах, по формуле (6):

$$\Theta = M_{\text{max}} - M_{\text{min}}, \quad (6)$$

где  $M_{\text{max}}$  и  $M_{\text{min}}$  – максимальный и минимальный уровни чувствительности в [дБ относительно 1 мкВ/Па], определённые в п. 9.2.5.

9.2.7 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне рабочих частот:

- неравномерность частотной характеристики чувствительности  $\Theta$  не превышает 20 дБ;
- СКО результата измерений чувствительности гидрофона на каждой частоте не превышает 3,0 %.

9.3 Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе  $\pm 180^\circ$  на частоте 250 кГц

9.3.1 Определение неравномерности диаграммы направленности гидрофона проводить с помощью эталона.

9.3.2 Выполнить измерение диаграммы направленности в горизонтальной плоскости на частоте 250 кГц в рабочем угловом секторе  $\pm 180^\circ$  относительно опорного направления в соответствии с руководством по эксплуатации эталона.

9.3.3 Результаты поверки считать положительными, если значение неравномерности диаграммы направленности гидрофона в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе  $\pm 180^\circ$  относительно опорного направления на частоте 250 кГц находится в пределах  $\pm 4,0$  дБ.

9.4 Определение относительной погрешности уровня чувствительности при доверительной вероятности 0,95

9.4.1 Определение относительной погрешности уровня чувствительности при доверительной вероятности 0,95 выполнять при первичной поверке гидрофона в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения».

9.4.2 Относительную погрешность уровня чувствительности гидрофона (без учёта знака) вычислить по формуле (7):

$$\delta = K S_{\Sigma}, \quad (7)$$

где  $S_{\Sigma}$  – суммарное СКО оценки результата измерения чувствительности,  $K$  – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисключённой систематической погрешности (далее – НСП) эталона, применяемого при первичной поверке.

9.4.3 Значения  $S_{\Sigma}$  и  $K$  вычислить по формулам (8) и (9), соответственно:

$$K = \frac{t_{(n-1,P)} S_0 + \Theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (8)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (9)$$

где  $t_{(n-1,P)}$  – квантиль распределения Стьюдента при  $(n - 1)$  степени свободы и доверительной вероятности  $P$ ;  $S_0$  – относительное СКО оценки результата измерений, определённое по формуле (4);  $\Theta_{\Sigma}$  – доверительная относительная погрешность эталона, применяемого при первичной поверке;  $n$  – число независимых измерений.

9.4.4 СКО НСП эталона  $S_{\Theta}$  вычислить по формуле (10):

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{k\sqrt{3}}, \quad (10)$$

где  $k$  – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью  $P$  эталона.

9.4.5 Результаты поверки считать положительными, если полученные значения относительной погрешности уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95 находятся в доверительных границах  $\pm 0,7$  дБ.

9.5 Определение долговременной нестабильности уровня чувствительности

9.5.1 Нестабильность уровня чувствительности гидрофона за интервал между поверками определять после очередной периодической поверки.

9.5.2 Нестабильность уровня чувствительности  $\Theta_T(f)$  в [дБ] определять на частоте 250 кГц по формуле (11):

$$\Theta_T = |M_0 - M_T|, \quad (11)$$

где  $M_0$  и  $M_T$  – уровни чувствительности гидрофона в [дБ относительно 1 мкВ/Па] на частоте 250 кГц, полученные при предыдущей и при текущей поверках, соответственно.

9.5.3 Результаты поверки считать положительными, если долговременная нестабильность уровня чувствительности гидрофона частоте 250 кГц за интервал между поверками не превышает 0,5 дБ.

## **10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

10.1 Результаты поверки считаются положительными при одновременном выполнении пп. 9.1-9.5 в результате поверки гидрофона (метрологические характеристики гидрофона соответствуют установленным при утверждении типа средства измерений и обязательным метрологическим требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 1 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утверждённой приказом Росстандарта № 2084 от 28 сентября 2018 г.).

10.2 При получении отрицательных результатов в одном из пп. 9.1-9.5 результаты поверки считаются отрицательными, а гидрофон бракуется.

## **11 Оформление результатов поверки**

11.1 Результаты поверки гидрофона оформить в виде протокола произвольной формы.

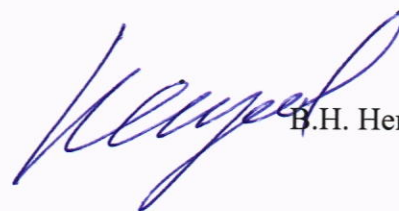
11.2 Результаты поверки гидрофона подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включёнными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.


11.3 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.

11.4 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