

СОГЛАСОВАНО

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



_____ А.Н. Щипунов
06 » 09 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Гидрофоны ГИ713

Методика поверки

МП МФРН.406231.046

2024 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки гидрофонов ГИ713 (далее - гидрофоны), используемых в качестве средства измерений в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведённые в таблице 1.1.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы звукового давления и колебательной скорости в водной среде в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 28.09.2018 г. № 2084, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 55-2017.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений.

Таблица 1.1

Наименование характеристики	Значение
Рабочий диапазон частот, Гц	от 100 до 800 000
Уровень чувствительности на частоте 100 кГц относительно 1 мкВ/Па, дБ, не менее	50
Неравномерность частотной характеристики чувствительности в диапазоне рабочих частот, дБ, не более	23
Неравномерность частотной характеристики чувствительности в частотном диапазоне от 100 до 500 кГц, дБ, не более	10
Неравномерность диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ на частоте 250 кГц, дБ, не более	4
Неравномерность диаграммы направленности в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 30^\circ$ относительно нормали к оси гидрофона на частоте 250 кГц, дБ, не более	6
Доверительные границы относительной погрешности измерения уровня чувствительности при доверительной вероятности 0,95, дБ, не более	$\pm 1,5$

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 2.1

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 средства измерений	да	да	8

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	да	да	9
Определение уровня чувствительности на частоте 100 кГц относительно 1 мкВ/Па	да	да	9.1
Определение диапазона рабочих частот, неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне рабочих частот и в частотном диапазоне от 100 до 500 кГц	да	да	9.2
Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ и в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 30^\circ$ относительно нормали к оси гидрофона на частоте 250 кГц	да	да	9.3
Определение доверительной границы относительной погрешности измерения уровня чувствительности при доверительной вероятности 0,95	да	да	9.4

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

При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 2.1 поверяемая установка бракуется и направляется в ремонт.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$ от 15 до 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 50 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) от 84 до 106,7 (от 630 до 800).

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

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

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

МП МФРН.406231.046 «ГСИ. Гидрофоны ГИ713. Методика поверки»
 гидроакустических средств измерений и ознакомленные с документом МФРН.406231.046РЭ
 «Гидрофон ГИ713. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При поверке должны быть применены средства, указанные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 10 °С до плюс 60 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,4$ °С.	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13.
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 95 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 3 %.	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13.
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 300 до 1200 кПа, с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 3 %.	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13.
п.10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Эталоны единицы колебательной скорости в водной среде, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.09.2018 г. № 2084, в диапазоне частот от 0,5 до 2000 Гц, доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) при доверительной вероятности 0,95 не более 0,7 дБ.	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-2
	Эталоны единицы колебательной скорости в водной среде, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.09.2018 г. № 2084, в диапазоне частот от 160 до 1000 кГц, доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) при доверительной	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

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	вероятности 0,95 не более 0,7 дБ.	
	Эталоны единицы колебательной скорости в водной среде, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.09.2018 г. № 2084, в диапазоне частот от 1 до 200 кГц, доверительная относительная погрешность градуировки (поверки) при доверительной вероятности 0,95 не более 1 дБ.	Рабочий эталон 2 разряда единицы звукового давления в водной среде «Измерительная установка УГГ1», рег. № 3.1.ZZT.0022.2013.
<i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

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

Таблица 5.2

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

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019-2017, «Технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

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

7 Внешний осмотр

7.1 При проведении внешнего осмотра установить:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- отсутствие механических и электрических повреждений корпуса и разъемов;
- четкость нанесения заводского номера.

7.2 Результат внешнего осмотра по пункту 7 считать положительным, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п.7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 На первичную поверку представляют гидрофоны с формуляром МФРН.406231.046ФО, руководством по эксплуатации МФРН.406231.046РЭ.

8.1.2 Во время подготовки к поверке поверитель должен ознакомиться с руководством по эксплуатации на поверяемую установку, подготовить все материалы и средства измерений, необходимые для проведения поверки, а также проверить выполнение условий поверки, установленных в разделе 3.

8.1.3 Перед погружением в воду провести опробование гидрофона.

8.2 Опробование средства измерений

8.2.1 При опробовании гидрофона необходимо подключить его вилку к осциллографу через блок питания и коммутации согласно РЭ. Создать воздействие на чувствительный элемент гидрофона путём лёгкого постукивания карандашом.

8.2.2 Результаты опробования по пункту 8 считать положительными, если при воздействии на чувствительный элемент гидрофона лёгким постукиванием карандашом гидрофон отвечает на это воздействие – на экране осциллографа появляется переменный сигнал.

8.3 Перед погружением гидрофон должен быть обезжирен мыльным раствором.

8.4 Перед поверкой гидрофон должен находиться в воде в течение не менее 2 ч.

8.5 Используемые средства поверки должны быть заземлены.

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

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение и уровни чувствительности на частоте 100 кГц относительно 1 мкВ/Па

9.1.1 Определение уровня чувствительности гидрофона M на частоте 100 кГц проводить на эталонной установке УГГ1.

9.1.2 Измерение чувствительности гидрофона на частоте 100 кГц 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:

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

9.1.4 Вычислить уровень чувствительности на частоте 100 кГц в [дБ] относительно 1 мкВ/Па по формуле:

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

9.1.5 Результаты поверки по пункту 9.1 считать положительными, если значение уровня чувствительности на частоте 100 кГц не менее 50 дБ относительно 1 мкВ/Па.

9.2 Определение диапазона рабочих частот, неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне рабочих частот и в частотном диапазоне от 100 до 500 кГц

9.2.1 Рабочий диапазон частот гидрофона подтверждается положительными результатами поверки неравномерности частотной характеристики чувствительности в диапазоне рабочих частот от 100 до 800 000 Гц.

9.2.2 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 100 Гц до 800 кГц рабочего диапазона в соответствии с руководством по эксплуатации установок Э-2, Э-5 и 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 третьоктавных частотах рабочего диапазона гидрофона. При этом частоты измерений должны совпадать с частотным рядом предыдущей поверки.

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

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

9.2.5 Для каждой частоты f_k вычислить относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) оценки результата измерений чувствительности по формуле:

$$S_0(f) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M(f)_i - M(f)_{cp})^2}{n(n-1)}} \frac{100 \% }{M(f)_{cp}}. \quad (3)$$

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

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

9.2.7 Результаты поверки по пункту 9.2 считать положительными, если значение неравномерности частотной характеристики чувствительности не превышает 23 дБ в диапазоне рабочих частот от 100 Гц до 800 кГц и не превышает 10 дБ в частотном диапазоне от 100 до 500 кГц.

9.3 Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ и в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 30^\circ$ относительно нормали к оси гидрофона на частоте 250 кГц

9.3.1 Неравномерности диаграмм направленности гидрофона в горизонтальной и вертикальной плоскостях следует определять на установке Э-5 на частоте 250 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 и $\pm 30^\circ$ в вертикальной плоскости.

9.3.2 Результаты поверки по пункту 9.3 считать положительными, если значение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ на частоте 250 кГц не превышает 4 дБ и в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 30^\circ$ относительно нормали к оси гидрофона на частоте 250 кГц не превышает 6 дБ.

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

9.4.1 При расчётах использовать значения, полученные по п.п. 9.1-9.3.

9.4.2 Определение относительной погрешности при доверительной вероятности 0,95 выполнять при первичной 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».

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

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (5)$$

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

Значения S_{Σ} и K вычислить по формулам (6) и (7), соответственно:

$$K = \frac{t_{(n-1,P)} \cdot S_0 + \theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\theta}}, \quad (6)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_0^2}, \quad (7)$$

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

Среднее квадратическое отклонение НСП S_{θ} вычислить по формуле:

$$S_{\theta} = \frac{\theta_{\Sigma}}{k \cdot \sqrt{3}}, \quad (8)$$

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

9.4.4 Результаты поверки по пункту 9.4 считать положительными, если полученные значения относительной погрешности измерений уровня чувствительности при доверительной вероятности 0,95 находятся в доверительных границах $\pm 1,5$ дБ.

10 Оформление результатов поверки

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

Результаты поверки оформляются в соответствии с установленным порядком.

Начальник НИО-5
ФГУП «ВНИИФТРИ»



В.Н. Некрасов

Инженер НИО-5
ФГУП «ВНИИФТРИ»



М.С. Евграфов