

УТВЕРЖДАЮ

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



[Handwritten signature]
08

А.Н. Щипунов

2017 г.

ИНСТРУКЦИЯ

ГИДРОФОНЫ RESON TC 4034-3

Методика поверки
НРСТ.406231.001 МП

2017 г.

Введение

Настоящая методика поверки распространяется на гидрофоны Reson TC 4034-3, зав. №№ 4216135, 4216106 (далее – гидрофоны), изготовленные фирмой «Teledyne Reson A/S», Дания, и устанавливает порядок проведения их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – один год.

1 Операции поверки

1.1 При проведении первичной и периодической поверок гидрофона должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Определение уровня чувствительности по напряжению на опорной частоте 250 Гц	7.2	да	да
Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в рабочем диапазоне частот относительно опорной частоты	7.3	да	да
Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости на частоте 100 кГц	7.4	да	нет
Определение неравномерности диаграммы направленности в вертикальной плоскости на частоте 300 кГц	7.5	да	нет
Определение уровня чувствительности по напряжению на излучение на частоте 100 кГц	7.6	да	нет
Определение долговременной нестабильности уровня чувствительности	7.7	нет	да
Определение электрической ёмкости	7.8	да	да
Определение относительной погрешности градуировки гидрофонов при доверительной вероятности 0,95	7.9	да	нет

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют средства измерений и оборудование, приведённые в таблице 2.

2.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик устройства с требуемой точностью.

2.3 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.2 – 7.7	Рабочий эталон единицы звукового давления в водной среде 2 разряда по ГОСТ Р 8.727-2010: диапазон частот от 1 Гц до 470 кГц, доверительные границы относительной погрешности $\pm 1,0$ дБ при доверительной вероятности 0,95
7.8	Измеритель LCR-816: диапазон измерений ёмкости от 10^{-12} до 10^{-3} Ф, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 0,1$ %

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению поверки допускаются лица, квалифицированные в качестве поверителей в области гидроакустических измерений.

4 Требования безопасности

4.1 При выполнении операций поверки должны быть соблюдены требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.030-2010 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», требования действующих норм пожарной безопасности.

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

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт. ст.).

5.2 Поверку гидрофонов на эталоне по п.п. 7.2-7.7 проводить в пресной воде.

6 Подготовка к проведению поверки

6.1 Перед проведением поверки поверитель должен:

- изучить руководство по эксплуатации поверяемого гидрофона (Гидрофон ТС 4034-3. Руководство по эксплуатации. НРСТ.406231.001 РЭ);
- проверить исправность соединительных кабелей;
- 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.

6.2 Перед поверкой гидрофон должен находиться в воде в течение не менее 12 ч.

6.3 Непосредственно перед поверкой гидрофон должен быть обезжирен мыльным раствором.

6.4 При поверке ориентировать гидрофон опорным направлением на излучатель. За опорное направление принять выгравированный на корпусе заводской номер гидрофона.

6.5 Используемые средства поверки должны быть заземлены.

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

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- отсутствие механических повреждений;
- чистоту гнезд и штекеров разъёмных соединений;
- удовлетворительное состояние соединительного кабеля.

7.1.2 Результаты поверки считать положительными, если гидрофон удовлетворяет требованиям п. 7.1.1.

7.2 Определение уровня чувствительности по напряжению на опорной частоте 250 Гц

7.2.1 Определение уровня чувствительности гидрофона на опорной частоте проводить на рабочем эталоне единицы звукового давления в водной среде 2 разряда (далее – эталон).

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

7.2.3 Вычислить значение чувствительности M_{cp} в [мкВ/Па] как среднее арифметическое значение по формуле (1):

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

7.2.4 Вычислить уровень чувствительности на опорной частоте в [дБ] относительно 1 В/мкПа по формуле (2):

$$M_{\text{ном}} = 20 \cdot \lg(M_{\text{cp}} \cdot 10^{-12}). \quad (2)$$

7.2.5 Результаты поверки считать положительными, если уровень чувствительности по напряжению на опорной частоте 250 Гц составляет $-(221 \pm 3)$ дБ относительно 1 В/мкПа.

7.3 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в рабочем диапазоне частот относительно опорной частоты

7.3.1 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности относительно опорной частоты в рабочем диапазоне частот от 1 Гц до 470 кГц проводить на эталоне.

7.3.2 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. 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.

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

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

7.3.4 Для каждой частоты f_k вычислить относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) оценки результата измерений чувствительности по формуле (4):

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

7.3.5 На каждой частоте f_k вычислить уровень чувствительности в [дБ] относительно 1 В/мкПа по формуле (5):

$$M(f) = 20 \cdot \lg(M(f_k)_{\text{cp}} \cdot 10^{-12}). \quad (5)$$

7.3.6 Определить отклонение Θ_1 максимального уровня чувствительности от номинального уровня чувствительности (неравномерность частотной характеристики для максимального уровня чувствительности) по формуле (6):

$$\Theta_1 = M(f)_{\text{max}} - M_{\text{ном}}, \quad (6)$$

где $M_{\text{ном}}$ – уровень чувствительности на опорной частоте в [дБ] относительно 1 В/мкПа, определённый в п. 7.2; $M(f)_{\text{max}}$ – максимальный уровень чувствительности в [дБ] относительно 1 В/мкПа, определённый в п. 7.3.5.

7.3.7 Определить отклонение Θ_2 минимального уровня чувствительности от уровня чувствительности на опорной частоте (неравномерность частотной характеристики для минимального уровня чувствительности) по формуле (7):

$$\Theta_2 = M(f)_{\text{min}} - M_{\text{ном}}, \quad (7)$$

где $M(f)_{\text{min}}$ – минимальный уровень чувствительности в [дБ] относительно 1 В/мкПа, определённый в п. 7.3.5.

7.3.8 Результаты поверки считать положительными, если в рабочем диапазоне частот:

- в диапазоне частот от 1 Гц до 250 кГц: $\Theta_1 \leq 2$ дБ, $\Theta_2 \geq -4$ дБ;
- в диапазоне частот от 1 Гц до 470 кГц: $\Theta_1 \leq 5$ дБ, $\Theta_2 \geq -12$ дБ;
- СКО результата измерений чувствительности на каждой частоте не превышает 2,0 %.

7.4 Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости на частоте 100 кГц

7.4.1 Определение неравномерности диаграммы направленности гидрофона проводить на эталоне.

7.4.2 Выполнить измерение диаграммы направленности в горизонтальной плоскости на частоте 100 кГц в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ относительно опорного направления в соответствии с руководством по эксплуатации эталона.

7.4.3 Результаты поверки считать положительными, если значение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ относительно опорного направления на частоте 100 кГц находится в пределах $\pm 2,0$ дБ.

7.5 Определение неравномерности диаграммы направленности в вертикальной плоскости на частоте 300 кГц

7.5.1 Определение неравномерности диаграммы направленности гидрофона проводить на эталоне.

7.5.2 Сориентировать гидрофон опорным направлением, совпадающим с осью симметрии гидрофона на излучатель.

7.5.3 Выполнить измерение диаграммы направленности в вертикальной плоскости на частоте 300 кГц в рабочем угловом секторе $\pm 135^\circ$ относительно опорного направления в соответствии с руководством по эксплуатации эталона.

7.5.4 Результаты поверки считать положительными, если значение неравномерности диаграммы направленности в вертикальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 135^\circ$ относительно опорного направления на частоте 300 кГц находится в пределах $\pm 3,0$ дБ.

7.6 Определение уровня чувствительности на излучение по напряжению на частоте 100 кГц

7.6.1 Определение уровня чувствительности гидрофона на излучение проводить на эталоне.

7.6.2 Выполнить измерение чувствительности на излучение $S(f)$ на частоте 100 кГц в соответствии с руководством по эксплуатации эталона, подключив гидрофон как обратимый преобразователь, при этом число наблюдений n должно быть не менее 4.

7.6.3 Вычислить среднее арифметическое значение чувствительности $S(f)_{\text{cp}}$ в [мкПа/В] по формуле (8):

$$S(f)_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S(f)_i. \quad (8)$$

7.6.4 Вычислить уровень чувствительности на излучение по напряжению в [дБ] относительно 1 мкПа/В по формуле (9):

$$S = 20 \cdot \lg(S(f)_{\text{cp}}). \quad (9)$$

7.6.5 Результаты испытаний считать положительными, если значение уровня чувствительности гидрофона на излучение на 1 м находится в пределах (119 ± 3) дБ относительно 1 мкПа/В.

7.7 Определение долговременной нестабильности уровня чувствительности

7.7.1 Нестабильность уровня чувствительности гидрофона за период между поверками определять после очередной периодической поверки.

7.7.2 Нестабильность уровня чувствительности $\Theta_T(f_k)$ в [дБ] определять на каждой частоте f_k , заданной в п. 7.3, по формуле (10):

$$\Theta_T(f_k) = |M_0(f_k) - M_T(f_k)|, \quad (10)$$

где $M_0(f_k)$ и $M_T(f_k)$ – уровни чувствительности на частоте f_k , полученные при предыдущей и при текущей поверках, соответственно.

7.7.3 Результаты поверки считать положительными, если долговременная нестабильность уровня чувствительности гидрофона на каждой частоте за период между поверками не превышает 1,0 дБ.

7.8 Определение электрической ёмкости

7.8.1 Определение электрической ёмкости выполнять на вилке типа BNC кабеля гидрофона с помощью измерителя иммитанса.

7.8.2 Результаты испытаний считать положительными, если значение электрической ёмкости гидрофона с кабелем 20 м не менее 3,5 нФ.

7.9 Определение относительной погрешности градуировки гидрофонов при доверительной вероятности 0,95

7.9.1 Определение относительной погрешности при доверительной вероятности 0,95 выполнять при первичной поверке гидрофона в соответствии с ГОСТ Р 8.727-2010 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений звукового давления в водной среде в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц».

7.9.2 Относительную погрешность градуировки гидрофонов вычислить по формуле (11):

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (11)$$

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 (12) и (13), соответственно:

$$K = \frac{t_{(n-1, P)} \cdot S_0 + \Theta_3}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (12)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (13)$$

где $t_{(n-1, P)}$ – квантиль распределения Стьюдента при $(n - 1)$ степени свободы и доверительной вероятности; S_0 – относительное среднее квадратическое отклонение оценки результата измерений, определённое по формуле (4); Θ_3 – доверительная относительная погрешность эталона, применяемого при первичной поверке; n – число независимых измерений.

Среднее квадратическое отклонение НСП S_{Θ} вычислить по формуле (14):

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_3}{k \cdot \sqrt{3}}, \quad (14)$$

где k – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью.

7.9.3 Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения относительной погрешности градуировки гидрофонов при доверительной вероятности 0,95 находятся в доверительных границах $\pm 1,5$ дБ.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты измерений при поверке гидрофона оформить в виде протоколов произвольной формы.

8.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке по установленной форме.

8.3 При отрицательных результатах поверки гидрофон к применению не допускается, предыдущее свидетельство о поверке аннулируется, оформляется извещение о непригодности с указанием причин бракования.

Старший научный сотрудник лаборатории № 31
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Матвеев