

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Щипунов

2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Гидрофон Reson TC 4034-3

Методика поверки

НРСТ.406231.002 МП

2021 г.

Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки	3
3	Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5	Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	5
6	Требования к условиям проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр	5
8	Подготовка к поверке и опробование	5
9	Определение метрологических характеристик.....	6
10	Оформление результатов поверки	10

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на гидрофон Reson TC 4034-3, зав. № 3119063 (далее – гидрофон), изготовленный фирмой «Teledyne Reson A/S», Дания, и устанавливает порядок проведения его первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками – один год.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
1 Внешний осмотр	7	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик	9		
3.1 Определение уровня чувствительности по напряжению на опорной частоте 250 Гц	9.1	Да	Да
3.2 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности в рабочем диапазоне частот относительно опорной частоты	9.2	Да	Да
3.3 Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости на частоте 100 кГц	9.3	Да	Нет
3.4 Определение неравномерности диаграммы направленности в вертикальной плоскости на частоте 300 кГц	9.4	Да	Нет
3.5 Определение уровня чувствительности по напряжению на излучение на частоте 100 кГц	9.5	Да	Нет
3.6 Определение долговременной нестабильности уровня чувствительности	9.6	Нет	Да
3.7 Определение электрической ёмкости	9.7	Да	Да
3.8 Определение относительной погрешности уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95	9.8	Да	Нет

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

2.3 Не допускается проведение поверки на меньшем числе третьоктавных частот рабочего диапазона гидрофона.

3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

3.1 При поверке должны быть применены средства, указанные в таблице 2.

3.2 Все средства поверки должны быть исправны, применяемые средства измерений должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке с не истёкшим сроком действия на время проведения поверки.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики	Наименование и тип основного и вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
Основные средства поверки	
9.1 – 9.5	Рабочий эталон единицы звукового давления в водной среде 2 разряда (далее – эталон) по государственной поверочной схеме для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде, утверждённой приказом Росстандарта от 28 сентября 2018 г. № 2084: диапазон частот от 1 Гц до 470 кГц, доверительные границы относительной погрешности $\pm 1,0$ дБ при доверительной вероятности 0,95
9.7	Измеритель иммитанса LCR-816: диапазон измерений ёмкости от 10^{-12} до 10^{-3} Ф, пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 0,1$ %
Вспомогательные средства поверки	
8.2	Осциллограф цифровой С8-203/2: полоса пропускания не менее 350 МГц

3.3 Допускается применение других средств измерений, удовлетворяющих требованиям настоящей методики и обеспечивающих измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

3.4 Вспомогательные материалы, необходимые для проведения поверки, и нормы их расхода на одну поверку, указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Вспомогательные материалы

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

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, ежегодно проходящие проверку знаний по технике безопасности и аттестованные в качестве поверителей в области гидроакустических измерений.

5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 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.

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

6 Требования к условиям проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться 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.).

6.2 Поверку гидрофона на эталоне по п.п. 9.1-9.5 проводить в пресной воде.

7 Внешний осмотр

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

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки поверитель должен:

- изучить документ НРСТ.406231.002 РЭ «Гидрофон ТС 4034-3. Руководство по эксплуатации»;
- 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.

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. 9.2-9.5 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 выдержать во включённом состоянии не менее 20 мин перед проведением поверки.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании гидрофона необходимо подключить его BNC-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

9.1 Определение уровня чувствительности по напряжению на опорной частоте 250 Гц

9.1.1 Определение уровня чувствительности гидрофона на опорной частоте проводить с помощью эталона.

9.1.2 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.

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 опорной частоте в [дБ] относительно 1 В/мкПа по формуле (2):

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

9.1.5 Результаты поверки считать положительными, если уровень чувствительности по напряжению на опорной частоте 250 Гц находится в пределах от минус 224 до минус 218 дБ относительно 1 В/мкПа.

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

9.2.1 Определение неравномерности частотной характеристики чувствительности гидрофона относительно опорной частоты в рабочем диапазоне частот от 1 Гц до 470 кГц 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 $M(f)_{cp}$ в [мкВ/Па] по формуле (3):

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

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

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

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

$$M(f) = 20 \lg(M(f)_{cp} 10^{-12}), \quad (5)$$

определить в рабочем диапазоне частот максимальный M_{max} и M_{min} минимальный уровни чувствительности в [дБ] относительно 1 В/мкПа.

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

$$\Theta_1 = M_{max} - M_{ном}, \quad (6)$$

где $M_{ном}$ – уровень чувствительности на опорной частоте в [дБ] относительно 1 В/мкПа, определённый в п. 9.1; M_{max} – максимальный уровень чувствительности в [дБ] относительно 1 В/мкПа, определённый в п. 9.2.5.

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

$$\Theta_2 = M_{min} - M_{ном}, \quad (7)$$

где M_{min} – минимальный уровень чувствительности в [дБ] относительно 1 В/мкПа, определённый в п. 9.2.5.

9.2.8 Результаты поверки считать положительными, если:

- в рабочем диапазоне частот от 1 Гц до 250 кГц: $\Theta_1 \leq 2$ дБ, $\Theta_2 \geq -4$ дБ;
- в рабочем 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 %.

9.3 Определение неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости на частоте 100 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 100 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 в горизонтальной плоскости в рабочем угловом секторе $\pm 180^\circ$ относительно опорного направления на частоте 100 кГц находится в пределах $\pm 2,0$ дБ.

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

9.4.1 Определение неравномерности диаграммы направленности гидрофона проводить с помощью эталона.

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

9.4.3 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.

9.4.4 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.

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

9.5.1 Определение уровня чувствительности гидрофона на излучение проводить с помощью эталона.

9.5.2 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.

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

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

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

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

9.5.5 Результаты поверки считать положительными, если значение уровня чувствительности гидрофона на излучение на 1 м находится в пределах от 116 до 122 дБ относительно 1 мкПа/В.

9.6 Определение долговременной нестабильности уровня чувствительности

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

9.6.2 Нестабильность уровня чувствительности $\Theta_T(f)$ в [дБ] определять на каждой частоте f , заданной в п. 9.2, по формуле (10):

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

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

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

9.7 Определение электрической ёмкости

9.7.1 Определение электрической ёмкости выполнять между контактами вилки типа BNC кабеля гидрофона с помощью измерителя иммитанса.

9.7.2 Результаты поверки считать положительными, если значение электрической ёмкости гидрофона с кабелем 20 м составляет не менее 3,5 нФ.

9.8 Определение относительной погрешности уровня чувствительности гидрофона при доверительной вероятности 0,95

9.8.1 Определение относительной погрешности 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».

9.8.2 Относительную погрешность уровня чувствительности гидрофона (без учёта знака) вычислить по формуле (11):

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

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

9.8.3 Значения S_{Σ} и K вычислить по формулам (12) и (13), соответственно:

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

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

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

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

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

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

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

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 проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, 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 лаборатории 511
ФГУП «ВНИИФТРИ»




В.Н. Некрасов

А.Н. Матвеев