

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
«29» мая 2025 г. № 1044

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ
И КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

1 Область применения

1.1 Настоящая Государственная поверочная схема (далее – ГПС) распространяется на средства измерений звукового давления в диапазоне от $5 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па и колебательной скорости в водной среде в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ м/с и устанавливает порядок передачи единицы звукового давления – паскаля, единицы колебательной скорости – метра в секунду, единицы фазового угла чувствительности – градуса от государственного первичного эталона единиц звукового давления и колебательной скорости в водной среде ГЭТ 55-2025 средствам измерений при помощи вторичных и рабочих эталонов с указанием показателей точности и методов передачи единиц величин.

1.2 Допускается проводить передачу единиц звукового давления, колебательной скорости в водной среде и фазового угла чувствительности средствам измерений (далее – СИ) с помощью вторичных и рабочих эталонов более высокой точности, чем предусмотрено в настоящей поверочной схеме, с учётом требуемых соотношений пределов допускаемой погрешности и методов передачи.

1.3 Передача единиц величин звукового давления и колебательной скорости в водной среде средству измерений осуществляется путём градуировки СИ при определении его коэффициента преобразования – чувствительности. При градуировке СИ – гидрофонов определяется как модуль чувствительности, так и фазовый угол, который является аргументом чувствительности и представляет собой разность фаз между выходным электрическим напряжением гидрофона и звуковым давлением в акустическом центре гидрофона.

1.4 Чертёж ГПС представлен в приложении А.

2 Государственный первичный эталон

2.1 Государственный первичный эталон (далее – ГПЭ) предназначен для воспроизведения, хранения и передачи единиц звукового давления, колебательной скорости в водной среде и фазового угла чувствительности.

2.2 В основу измерений звукового давления и колебательной скорости должны быть положены единицы, воспроизводимые указанным ГПЭ.

2.3 ГПЭ состоит из комплекса эталонных установок:

установка для воспроизведения и передачи единицы звукового давления в водной среде в диапазоне частот от 0,001 до 1 Гц УЭЗД-9 МФРН.411711.011;

установка для воспроизведения и передачи единицы звукового давления в водной среде в диапазоне частот от 0,1 Гц до 1 кГц УЭЗД-8 МФРН.411711.004;

установка Э-3 для воспроизведения единицы звукового давления в диапазоне от 20 до 50 Па в поле стоячей волны в диапазоне частот от 0,5 до $5,0 \cdot 10^2$ Гц при избыточном гидростатическом давлении от 0,2 до 50 МПа;

установка для воспроизведения и передачи единицы звукового давления в водной среде в диапазоне частот от 0,5 до 250 кГц (на непрерывной сетке частот) УЭЗД-2 МФРН.411711.007;

установка для воспроизведения и передачи единицы звукового давления в водной среде в диапазоне частот от 1 до 250 кГц (на третьоктавных частотах) УЭЗД-3 МФРН.411711.005;

установка для калибровки, поверки и измерения характеристики направленности высокоточных рабочих гидроакустических средств измерений УЭЗД-4 МФРН.411711.008;

установка для воспроизведения и передачи единицы звукового давления и проведения испытаний при избыточных гидростатических давлениях УЭЗД-7 МФРН.411711.010;

установка для измерения фазочастотных характеристик гидроакустических преобразователей УЭЗД-1 МФРН.411711.006;

установка для воспроизведения и передачи единицы звукового давления в водной среде в диапазоне частот от 0,1 до 1 МГц (на непрерывной сетке частот) УЭЗД-10 МФРН.411711.012;

установка для воспроизведения и передачи единицы колебательной скорости водной среды в диапазоне частот от 5 до 500 Гц УЭКС-2 МФРН.411711.017;

установка для воспроизведения и передачи единицы колебательной скорости водной среды в диапазоне частот от 500 Гц до 10 кГц УЭКС-1 МФРН.411711.016.

2.4 Диапазон значений амплитуды звукового давления в водной среде, воспроизводимый ГПЭ, составляет от $5 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па. Диапазон значений амплитуды колебательной скорости водной среды, воспроизводимый ГПЭ, составляет от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ м/с. Диапазон значений фазового угла чувствительности СИ, воспроизводимый ГПЭ, составляет от -360° до 360° .

2.5 ГПЭ обеспечивает воспроизведение единиц со следующими показателями точности:

2.5.1 ГПЭ обеспечивает воспроизведение единицы звукового давления в диапазоне от $5 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц со средним квадратическим отклонением среднего арифметического (далее – СКО) результата измерений S_0 , не превышающим $1,0 \cdot 10^{-2}$ при 12 независимых

измерениях. Неисключённая систематическая погрешность (далее – НСП) Θ_0 при доверительной вероятности 0,99 не превышает $\pm 4,0 \cdot 10^{-2}$;

2.5.2 ГПЭ обеспечивает воспроизведение единицы колебательной скорости в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ м/с в диапазоне частот от 5 до $1 \cdot 10^4$ Гц с СКО результата измерений S_0 , не превышающим $1,0 \cdot 10^{-2}$ при 12 независимых измерениях. НСП Θ_0 при доверительной вероятности 0,99 не превышает $\pm 5,0 \cdot 10^{-2}$.

2.5.3 ГПЭ обеспечивает воспроизведение единицы звукового давления:

в диапазоне от 20 до 50 Па в диапазоне частот от 0,5 до $5 \cdot 10^2$ Гц при избыточном гидростатическом давлении $p_{ст}$ от 0,2 до 50 МПа;

в диапазоне от 1 до 200 Па в диапазоне частот от $2 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ Гц при избыточном гидростатическом давлении $p_{ст}$ от 0 до 15 МПа и температуре воды T от 4 °С до 35 °С.

СКО результата измерений S_0 не превышает $1,0 \cdot 10^{-2}$ при 12 независимых измерениях. НСП Θ_0 при доверительной вероятности 0,99 не превышает $\pm 4,0 \cdot 10^{-2}$.

2.6 ГПЭ обеспечивает воспроизведение фазового угла чувствительности СИ в диапазоне от -360° до 360° в диапазоне частот от $5,0 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^5$ Гц с СКО результата измерений S , не превышающим $11,0^\circ$ при 12 независимых измерениях. НСП Θ при доверительной вероятности 0,99 не превышает $\pm 7,0^\circ$.

2.7 ГПЭ применяют для передачи единиц звукового давления, колебательной скорости в водной среде и фазового угла чувствительности вторичным эталонам методом сличения, рабочим эталонам 1 и 3 разряда и СИ методами прямых измерений.

3 Вторичные эталоны

3.1 В качестве вторичных эталонов применяют:

измерительные установки для воспроизведения и передачи единицы звукового давления в диапазоне от $5 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц, а также установки при избыточном гидростатическом давлении $p_{ст}$ от 0 до 60 МПа и температуре воды T от 4 °С до 35 °С, с суммарным СКО результата измерений $S_{\Sigma 0}$, не превышающим $4,0 \cdot 10^{-2}$ при 12 независимых измерениях, с доверительными границами суммарной погрешности δ_0 при доверительной вероятности 0,95, не превышающими $\pm 6,0 \cdot 10^{-2}$;

измерительные установки для воспроизведения и передачи единицы колебательной скорости в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ м/с в диапазоне частот от 5 до $1 \cdot 10^4$ Гц с суммарным СКО результата измерений $S_{\Sigma 0}$, не превышающим $5,0 \cdot 10^{-2}$ при 12 независимых измерениях, с доверительными границами

суммарной погрешности δ_0 при доверительной вероятности 0,95, не превышающими $\pm 6,5 \cdot 10^{-2}$;

измерительные установки для воспроизведения и передачи единицы фазового угла чувствительности СИ в диапазоне от -360° до 360° в диапазоне частот от $5,0 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^5$ Гц с суммарным СКО результата измерений S_Σ , не превышающим $17,0^\circ$ при 12 независимых измерениях, с доверительными границами суммарной погрешности δ при доверительной вероятности 0,95, не превышающими $\pm 9,0^\circ$.

3.2 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц звукового давления, колебательной скорости в водной среде и фазового угла чувствительности рабочим эталонам 1 разряда методами прямых измерений.

4 Рабочие эталоны

4.1 Рабочие эталоны 1 разряда

4.1.1 В качестве рабочих эталонов 1 разряда применяют:

излучатели в диапазоне звукового давления от $5 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^6$ Гц;

гидрофоны в диапазоне звукового давления от $5 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц;

приёмники колебательной скорости (градиента давления) в диапазоне колебательной скорости от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ м/с в диапазоне частот от 5 до $1 \cdot 10^4$ Гц.

4.1.2 Доверительные границы допускаемой относительной погрешности δ_0 при доверительной вероятности 0,95 должны находиться в диапазоне:

от $\pm 0,5$ дБ до $\pm 1,5$ дБ для излучателей и гидрофонов;

от $\pm 0,7$ дБ до $\pm 1,5$ дБ для приёмников колебательной скорости.

4.1.3 Доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности δ фазового угла чувствительности гидрофонов в диапазоне частот от $5,0 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^5$ Гц при доверительной вероятности 0,95 не должны превышать $\pm 12,0^\circ$.

4.1.4 В случае, если пригодность рабочего эталона 1 разряда к применению определяют по нормам стабильности, допускаемая нестабильность его чувствительности v_0 за интервал между поверками не должна превышать $0,8\delta_0$, допускаемая нестабильность фазового угла чувствительности v не должна превышать $0,8\delta$.

4.1.5 Рабочие эталоны 1 разряда применяют для передачи единиц звукового давления, колебательной скорости в водной среде и фазового угла чувствительности рабочим эталонам 2 разряда и СИ методами прямых и косвенных измерений.

4.1.6 Соотношение значений доверительных границ допускаемых относительных и абсолютных погрешностей рабочего эталона 1 разряда и рабочего эталона 2 разряда должно быть не более 1/1,25.

4.1.7 Соотношение значений доверительных границ допускаемых относительных и абсолютных погрешностей рабочего эталона 1 разряда и СИ должно быть не более 1/1,25.

4.2 Рабочие эталоны 2 разряда

4.2.1 В качестве рабочих эталонов 2 разряда применяют:

измерительные установки звукового давления в диапазоне от $5 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц;

измерительные установки звукового давления в диапазоне от $5 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $5 \cdot 10^5$ Гц при избыточном гидростатическом давлении $p_{ст}$ от 0 до 60 МПа и температуре воды T от 4 °С до 35 °С;

измерительные установки колебательной скорости в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ м/с в диапазоне частот от 5 до $1 \cdot 10^4$ Гц;

установки для измерения фазового угла чувствительности СИ в диапазоне от -360° до 360° в диапазоне частот от $5,0 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^5$ Гц.

4.2.2 Доверительные границы допускаемой относительной погрешности δ_o при доверительной вероятности 0,95 должны находиться в диапазоне:

для измерительных установок звукового давления от $\pm 0,7$ дБ до $\pm 1,7$ дБ;

для измерительных установок колебательной скорости от $\pm 1,0$ дБ до $\pm 3,0$ дБ.

4.2.3 Доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности δ измерений фазового угла чувствительности СИ при доверительной вероятности 0,95 не должны превышать $\pm 15,0^\circ$.

4.2.4 Рабочие эталоны 2 разряда применяют для передачи единиц звукового давления, колебательной скорости в водной среде и фазового угла чувствительности рабочим эталонам 3 разряда и средствам измерений методом прямых измерений.

4.2.5 Соотношение значений доверительных границ допускаемых относительных погрешностей рабочего эталона 2 разряда и рабочего эталона 3 разряда не должно быть более 1/1,25.

4.2.6 Соотношение значений доверительных границ допускаемых относительных погрешностей рабочего эталона 2 разряда и СИ не должно быть более 1/1,25.

4.3 Рабочие эталоны 3 разряда

4.3.1 В качестве рабочих эталонов 3 разряда применяют гидрофоны в диапазоне звукового давления от $5 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц.

4.3.2 Доверительные границы допускаемой относительной погрешности δ_0 при доверительной вероятности 0,95 должны находиться в диапазоне от $\pm 0,9$ дБ до $\pm 1,5$ дБ.

4.3.3 В случае, если пригодность рабочего эталона 3 разряда к применению определяют по нормам стабильности, допускаемая нестабильность его чувствительности v_0 за интервал между поверками не должна превышать $0,8\delta_0$.

4.3.4 Рабочие эталоны 3 разряда применяют для передачи единицы звукового давления средствам измерений методом прямых измерений.

4.3.5 Соотношение значений доверительных границ допускаемых относительных погрешностей рабочего эталона 3 разряда и СИ не должно быть более 1/1,25.

5 Средства измерений

5.1 В качестве СИ звукового давления в диапазоне от $5 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^3$ Па в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц применяют:

гидрофоны (высокоточные гидрофоны, измерительные гидрофоны, гидрофоны со встроенными средствами калибровки);

измерители звукового давления (в т.ч. цифровые гидроакустические приёмники – приёмники, интегрированные с цифровой системой сбора данных);

излучатели;

гидроакустические антенны;

измерительные установки.

5.2 В качестве СИ колебательной скорости в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ м/с в диапазоне частот от 5 до $1 \cdot 10^4$ Гц применяют измерительные преобразователи (приёмники колебательной скорости, ускорения, градиента давления).

5.3 Доверительные границы допускаемой относительной погрешности δ_0 (при доверительной вероятности 0,95) должны находиться в диапазоне:

для гидрофонов от $\pm 0,5$ дБ до $\pm 2,0$ дБ;

для измерительных преобразователей от $\pm 1,5$ дБ до $\pm 4,0$ дБ;

для измерителей звукового давления от $\pm 1,0$ дБ до $\pm 3,0$ дБ;

для излучателей от $\pm 1,0$ дБ до $\pm 3,0$ дБ;

для гидроакустических антенн от $\pm 1,5$ дБ до $\pm 3,0$ дБ;

для измерительных установок от $\pm 1,5$ дБ до $\pm 2,0$ дБ.

5.4 Доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности δ измерения фазового угла чувствительности гидрофонов в диапазоне от -360° до 360° в диапазоне частот от $5,0 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^5$ Гц при доверительной вероятности 0,95 не должны превышать $\pm 20,0^\circ$.

5.5 В случае, если пригодность СИ к применению определяют по нормам стабильности, допускаемая нестабильность его чувствительности v_0 за интервал между поверками не должна превышать $0,8\delta_0$, допускаемая нестабильность фазового угла чувствительности v – не должна превышать $0,8\delta$.

Государственная поверочная схема для средств измерений звукового давления и колебательной скорости в водной среде

