

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «15» августа 2025 г.1694

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ МОЩНОСТИ, ИНТЕНСИВНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ
УЛЬТРАЗВУКА В ВОДЕ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 0,5 ДО 20 МГц**

1 Область применения

1.1 Настоящая Государственная поверочная схема распространяется на средства измерений мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц, и устанавливает порядок передачи единиц мощности (Вт), интенсивности (Вт/м^2) и давления (Па) ультразвука в воде от Государственного первичного эталона единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде ГЭТ 169-2025 рабочим эталонам и средствам измерений с указанием показателей точности и методов передачи единицы величины.

1.2 Соотношение доверительных границ относительной погрешности первичного эталона и доверительных границ относительной погрешности рабочих эталонов не должно превышать 1:1,5.

1.3 Соотношение доверительных границ относительной погрешности первичного эталона и предела допускаемой относительной погрешности средств измерений не должно превышать 1:1,5.

1.4 Чертеж Государственной поверочной схемы для средств измерений мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц представлен в приложении А.

2 Обозначения

S_0 – относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений;

δ_0 – доверительные границы относительной погрешности при соответствующей доверительной вероятности $P = 0,95$;

Θ_0 – относительная неисключенная систематическая погрешность;

U_0 – расширенная неопределенность результата измерения при коэффициенте охвата $k = 2$;

u_{0B} – относительная стандартная неопределенность, оцененная по типу В;

u_{0A} – относительная стандартная неопределенность, оцененная по типу А;

u_{0C} – относительная суммарная стандартная неопределенность;

Δ_0 – предел допускаемой относительной погрешности;

Δ – предел допускаемой абсолютной погрешности;

δ – доверительные границы абсолютной погрешности при соответствующей доверительной вероятности $P = 0,95$.

3 Государственный первичный эталон

3.1 Государственный первичный эталон единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде ГЭТ 169-2025.

3.1.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 169-2025 состоит из комплекса следующих средств:

эталонные установки ЭИМУ-1, ЭИМУ-2, ЭИМУ-3, ЭИМУ-4, реализующие различные методы измерения мощности ультразвука в воде в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61161-2019¹;

установки растрового сканирования УИИ и УЭВЧ-1 обеспечивающие хранение, воспроизведение и передачу единицы интенсивности в соответствии с ГОСТ ИЕС 62127-1-2015²;

установка УЭВЧ-2, обеспечивающая возможность калибровки высокочастотных гидрофонов в соответствии с ГОСТ Р МЭК 62127-2-2009³;

комплект высокочастотных излучателей;

комплект измерительных приборов;

комплект вспомогательного оборудования.

3.1.2 Государственный первичный эталон предназначен для хранения, воспроизведения и передачи единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц, а также их передачи рабочим эталонам и средствам измерений методом прямых измерений.

3.1.3 В основу измерений единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц, выполняемых в Российской Федерации, должны быть положены единицы, воспроизводимые указанным государственным первичным эталоном.

3.1.4 Диапазоны значений величин, воспроизводимых эталоном, относительное СКО S_0 при 10 независимых измерениях, неисключенные систематические погрешности Θ_0 , стандартные неопределенности, оцененные по типу А u_{0A} , стандартные неопределенности, оцененные по типу В u_{0B} , а также суммарные стандартные неопределенности u_{0C} и расширенные неопределенности U_0 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование физической величины	Частота, МГц	Диапазон значений	S_0 , %	Θ_0 , %	u_{0A} , %	u_{0B} , %	u_{0C} , %	U_0 , %
Мощность ультразвука	0,5 – 5	(10 – 200) Вт	0,9	7,5	0,9	3,1	3,2	6,4
	0,5 – 20	(0,001 – 10) Вт	1,0	6,8	1,0	2,6	2,8	5,7
Интенсивность ультразвука	0,5 – 5	(3 – 1000) Вт/см ²	1,1	6,9	1,1	3,0	3,2	6,4
	0,5 – 10	(0,05 – 3) Вт/см ²						
Давление ультразвука	0,5 – 20	(0,1 – 3) МПа	1,0	6,3	1,0	2,8	2,9	5,8

¹ ГОСТ Р МЭК 61161-2019 Мощность ультразвука в жидкостях. Общие требования к выполнению измерений методом уравнивания радиационной силы

² ГОСТ ИЕС 62127-1-2015 Параметры ультразвуковых полей. Общие требования к методам измерений и способам описания полей в частотном диапазоне от 0,5 до 40 МГц

³ ГОСТ Р МЭК 62127 2 2009 Гидрофоны. Общие требования к методикам калибровки в частотном диапазоне до 40 МГц

3.1.5 Для обеспечения воспроизведения единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука с указанной точностью должны быть соблюдены правила хранения и применения эталона, утвержденные в установленном порядке.

3.1.6 Показатели точности метода прямых измерений не превышают 15 % от значений показателей точности эталона.

4 Эталоны, заимствованные из других поверочных схем

4.1 Заимствованными эталонами единицы длины являются измерители линейных перемещений лазерные, соответствующие требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Росстандарта № 2840 от 29.12.2018 г.

4.2 В качестве заимствованного эталона единицы длины применяют средства измерений, позволяющие измерять перемещения в диапазоне от 0,01 до 1200 мм с доверительными границами абсолютной погрешности δ при доверительной вероятности 0,99, не превышающей значений, полученных по формуле:

$$\delta = (0,02 + 0,5 \cdot L) \text{ мкм}$$

где L – длина, м

4.3 Передача единицы длины рабочим эталонам и средствам измерений осуществляется методом прямых измерений.

4.4 Показатели точности метода прямых измерений не превышают 15 % от значений показателей точности эталона.

5 Рабочие эталоны

В качестве рабочих эталонов единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде применяют:

5.1 Установки эталонные, обеспечивающие:

5.1.1 Хранение, воспроизведение и передачу единицы мощности ультразвука в воде в диапазоне от 0,01 до 10 Вт в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц с δ_0 , составляющей 12 %.

5.1.2 Хранение, воспроизведение и передачу единицы мощности ультразвука в воде в диапазоне от 10 до 200 Вт в диапазоне частот от 0,5 до 5 МГц с δ_0 , составляющей 12 %.

5.2 Установки эталонные измерительные, обеспечивающие:

5.2.1 Хранение, воспроизведение и передачу единицы интенсивности ультразвука в воде в диапазоне от 0,05 до 3 Вт/см² в диапазоне частот от 0,5 до 10 МГц с δ_0 , составляющей 11 %.

5.2.2 Хранение, воспроизведение и передачу единицы интенсивности ультразвука в воде в диапазоне от 3 до 1000 Вт/см² в диапазоне частот от 0,5 до 5 МГц с δ_0 , составляющей 11 %.

5.2.3 Хранение, воспроизведение и передачу единицы мощности ультразвука в воде в диапазоне от 0,001 до 200 Вт в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц с δ_0 , составляющей 13 %.

5.2.4 Хранение, воспроизведение и передачу единицы давления ультразвука в воде в диапазоне от 0,01 до 3 МПа в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц с δ_0 , составляющей 10 %.

Расширение диапазона воспроизводимых давлений ультразвука в воде осуществляется за счет линейности характеристики чувствительности гидрофона, в требуемом диапазоне давлений, который ограничен уровнем собственных шумов гидрофона.

5.2.5 Хранение, воспроизведение и передачу единицы длины в диапазоне от 0,01 до 1200 мм с δ составляющей от 2 до 20 мкм.

5.3 Рабочие эталоны единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде применяют для передачи единиц средствам измерений методом прямых измерений и методом сличения с помощью средств сравнения.

5.3.1 Установки эталонные применяют для передачи единицы мощности ультразвука в воде средствам измерений – измерителям мощности ультразвукового излучения и измерителям параметров ультразвукового пучка методом прямых измерений.

Показатели точности метода прямых измерений не превышают 15 % от значений показателей точности рабочего эталона.

5.3.2 Установки эталонные измерительные применяют для передачи единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде средствам измерений – измерителям параметров ультразвукового пучка и гидрофонам методом сличения с помощью средств сравнения.

Средствами сравнения при передаче единиц являются ультразвуковые излучатели с рабочим диапазоном частот от 0,5 до 20 МГц, обеспечивающие ультразвуковое воздействие в требуемом диапазоне мощности, интенсивности и давления. Относительная нестабильность средств сравнения не должна превышать 1 % в день.

δ_0 метода сличения с помощью средств сравнения составляет от 5 до 11 %.

6 Средства измерений

В качестве средств измерений единиц мощности, интенсивности и давления ультразвука в воде применяют:

6.1 Измерители мощности ультразвукового излучения с диапазоном измерений мощности от 0,01 до 200 Вт в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц.

Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 измерителей мощности ультразвука в воде составляет от 10 до 20 %.

6.2 Измерители параметров ультразвукового пучка

6.2.1 Измерение интенсивности ультразвука в воде в диапазоне от 0,05 до 1000 Вт/см² в диапазоне частот от 0,5 до 10 МГц.

Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 измерений интенсивности ультразвука в воде составляет от 11 до 25 %.

6.2.2 Измерение мощности ультразвука в воде в диапазоне от 0,001 до 200 Вт в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц.

Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 измерений мощности ультразвука в воде составляет от 13 до 25 %.

6.2.3 Измерение давления ультразвука в воде в диапазоне от 0,01 до 3 МПа в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц.

Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 измерений давления ультразвука в воде составляет от 10 до 25 %.

6.2.4 Измерение длины в диапазоне от 0,01 до 1200 мм

Предел допускаемой абсолютной погрешности Δ измерений длины составляет от 2 до 30 мкм.

6.3 Гидрофоны с диапазоном измерений давления ультразвука в воде от 0,01 до 3 МПа в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц.

Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 измерений давления ультразвука в воде составляет от 10 до 25 %.