

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «13» октября 2025 г. № 2203

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 0,3 ДО 178,4 ГГц**

1 Область применения

Настоящая государственная поверочная схема для средств измерений плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц (далее – ГПС) устанавливает порядок передачи единицы плотности потока энергии электромагнитного поля - Ватт на квадратный метр (Вт/м^2) от государственного первичного эталона единицы плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц (далее - ГПЭ) эталонов, заимствованных из других поверочных схем, средствам измерений плотности потока энергии (далее – ППЭ), напряженности электрического поля (далее – НЭП) вольт на метр (В/м), генераторам электромагнитного поля и измерительным антеннам в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц при помощи рабочих эталонов с указанием погрешностей и основных методов передачи.

Настоящая ГПС распространяется также на измерительные антенны в диапазоне измерений коэффициента усиления от 0 до 30 дБ и эффективной площади от $2 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-1} \text{ м}^2$ в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц и устанавливает порядок передачи единиц коэффициента усиления децибел (дБ) и эффективной площади квадратный метр (м^2) этим средствам измерений при помощи рабочих эталонов с указанием показателей точности и методов передачи единиц величин.

Графическая часть ГПС представлена в приложении А.

2 Государственный первичный эталон

2.1 Государственный первичный эталон представляет собой комплекс, в состав которого входят следующие средства измерений и технические средства:

измерители плотности потока энергии в диапазоне частот от 0,3 до 37,5 ГГц;

измерители плотности потока энергии в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц;

установка для воспроизведения и передачи размера единицы ППЭ в диапазоне частот от 0,3 до 40,0 ГГц;

установка для воспроизведения и передачи размера единицы ППЭ в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц;

экстраполяционный полигон для калибровки эталонных антенн;

устройство управления, хранения и обработки измерительной информации.

2.2 Метрологические характеристики ГПЭ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики ГПЭ

Наименование метрологических характеристик	Значения метрологических характеристик	
Диапазон частот, ГГц	от 0,3 до	от 37,5 до

	37,5	178,4
Диапазон воспроизведения единицы ППЭ измерителями ППЭ, Вт/м ²	от $1 \cdot 10^{-2}$ до 100	от $1 \cdot 10^{-2}$ до 100
Диапазон воспроизведения ППЭ в установках для передачи единицы ППЭ, Вт/м ²	от $1 \cdot 10^{-2}$ до 100	от $1 \cdot 10^{-2}$ до 10
Неисключенная систематическая погрешность (далее-НСП) воспроизведения единицы ППЭ при доверительной вероятности $P=0,99$ (Θ_0)	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$4,9 \cdot 10^{-2}$
Среднее квадратическое отклонение (далее – СКО) при воспроизведении единицы ППЭ при 5 независимых наблюдениях (S_0)	$0,8 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$

Значения НСП и СКО выражены в относительных единицах.

2.3 Воспроизведение единицы ППЭ в эталоне осуществляется методом эталонной антенны. Значение ППЭ определяется с помощью измерителей ППЭ, обеспечивающих возможность измерения ППЭ в заданных частотном и динамическом диапазонах воспроизведения единицы.

ГПЭ применяют для передачи единицы ППЭ и НЭП рабочим эталонам и СИ методом сличения при помощи средств сравнения. В качестве средств сравнения используются установки для воспроизведения и передачи размера единицы ППЭ из состава ГПЭ. При передаче единиц эффективной площади и коэффициента усиления измерительных антенн применяют метод косвенных измерений с использованием заимствованного эталона мощности в условиях, приближенных к свободному пространству.

2.4 Средние квадратические отклонения результатов измерений при сличениях (S_{EO}) составляют от 2 % до 4 %.

3 Эталоны, заимствованные из других государственных поверочных схем

3.1 Для расширения динамического диапазона рабочих эталонов для поверки измерителей плотности потока энергии и напряженности электрического поля используют рабочие эталоны 1-го разряда единицы ослабления электромагнитных колебаний в виде аттенуаторов фиксированных, переменных и измерительных с диапазоном частот от 20 Гц до 178,4 ГГц, диапазоном ослаблений от 0 до 140 дБ, с доверительными границами относительной погрешности $\delta_0 = (0,01 - 2,5)$ дБ при доверительной

вероятности $P=0,95$, по государственной поверочной схеме для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц, приказ Росстандарта от 30.12.2019 № 3383.

Расширение диапазона измерений ППЭ на уровне рабочих средств измерений достигается путем использования аттенуаторов совместно с измерителями мощности из состава рабочих эталонов методом косвенных измерений.

3.2 Рабочие эталоны «Ваттметры поглощаемой мощности» из поверочных схем для средств измерений мощности электромагнитных колебаний используются для воспроизведения и передачи размера единиц эффективной площади и коэффициента усиления измерительных антенн. Диапазоны частот от 0,3 до 178,4 ГГц, доверительные границы относительной погрешности $\delta_0 = (1,2 \cdot 10^{-2} - 4 \cdot 10^{-2})$, рабочий эталон 1-го разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, приказ Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3461 и от 09.11.2022 г. № 2813. Ваттметры поглощаемой мощности используются совместно с ГПЭ для передачи размера единицы эффективной площади антенн рабочим эталонам единицы эффективной площади в соответствии с формулой 4.2 настоящего документа методом косвенных измерений.

4 Рабочие эталоны

4.1 В качестве рабочих эталонов применяют: рабочие эталоны и установки для поверки измерителей ППЭ и НЭП в диапазонах частот от 0,3 до 178,4 ГГц.

В этих эталонах единица напряженности электрического поля (E) (В/м) определяется через значение плотности потока энергии по формуле

$$E = \sqrt{120 \cdot \pi \cdot P},$$

где P - плотность потока энергии (Вт/м²).

В диапазоне частот от 0,3 до 40 ГГц динамический диапазон от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/м², от 0,61 до 614 В/м, доверительные границы относительной погрешности воспроизведения единицы ППЭ $\delta_0 = (8 - 12) \%$, доверительные границы относительной погрешности воспроизведения единицы НЭП $\delta_0 = (5 - 12) \%$ при доверительной вероятности $P=0,95$.

В диапазоне частот (37,5 – 178,4) ГГц динамический диапазон от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^2$ Вт/м², от 0,61 до 194 В/м, доверительные границы относительной погрешности воспроизведения единицы ППЭ $\delta_0 = (8 - 16) \%$, доверительные границы относительной погрешности воспроизведения единицы НЭП $\delta_0 = (6 - 12) \%$.

4.2 Воспроизведение единицы эффективной площади измерительных антенн в рабочих эталонах единицы эффективной площади измерительных антенн выполняется с применением метода косвенных измерений с применением эталонов, заимствованных из других поверочных схем - ваттметров поглощаемой мощности из поверочных схем для средств измерений

мощности электромагнитных колебаний. Единица эффективной площади измерительных антенн $S_{эфф}$ (м²) определяется в поле с установленным уровнем плотности потока энергии Π (Вт/м²) по формуле

$$S_{эфф} = \frac{P}{\Pi},$$

где P – мощность (Вт) на выходе поверяемой антенны.

Диапазон частот рабочих эталонов от 0,3 до 178,4 ГГц, значения $S_{эфф}$ от $2 \cdot 10^{-5}$ м² до $5 \cdot 10^{-1}$ м².

4.3 Доверительные границы относительной погрешности воспроизведения единицы эффективной площади измерительных антенн $\delta_o = (6 - 16) \%$ при доверительной вероятности $P=0,95$.

4.4 Рабочие эталоны и установки для поверки измерительных антенн используют единицу коэффициента усиления, определяемую по формуле

$$G_{лин} = \frac{4\pi S_{эфф}}{\lambda^2}$$

$S_{эфф}$ - эффективная площадь измерительных антенн (м²);

λ - длина волны на частоте измерений (м).

Коэффициент усиления выражается в децибелах по формуле

$$G = 10 \lg(G_{лин})$$

Диапазон коэффициентов усиления антенн в рабочих эталонах от 0 до 28 дБ, в зависимости от диапазонов частот рабочих эталонов.

Доверительные границы абсолютной погрешности воспроизведения единицы коэффициента усиления $\delta = (0,25 - 1,0)$ дБ при доверительной вероятности $P=0,95$

4.5 Средние квадратические отклонения результатов измерений (S_{EO}) при применении метода сличения при помощи средств сличения составляют от 4 % до 8 %.

5. Средства измерений

5.1 В качестве средств измерений плотности потока энергии и напряженности электромагнитного поля применяются как широкополосные, так и селективные измерители ППЭ и НЭП. Диапазон измерений рабочих средств измерений расширяется за счет применения заимствованного эталона «Аттенюаторы фиксированные, переменные и измерительные». Применением этого эталона достигается масштабное преобразование диапазона измерений от ГПЭ к рабочим эталонам и далее к средствам измерений.

Диапазон измерений ППЭ средств измерений $3 \cdot 10^{-3}$ до 614000 мкВт/см².

Диапазон измерений НЭП средств измерений от 0,1 до 1500 В/м.

Пределы допускаемых относительных погрешностей средств измерений ППЭ и НЭП составляют от 0,8 до 3,2 дБ.

5.2 Средства измерений для формирования электромагнитного поля представляют из себя генераторы электромагнитного поля в различных диапазонах частот в диапазоне от 0,3 до 178,4 ГГц с нормированной

максимальной напряженностью поля до 200 В/м на расстоянии 1 м от излучателя и до 60 В/м на расстоянии 3 м от излучателя. Пределы допускаемых относительных погрешностей воспроизведения НЭП от 1,2 до 2,5 дБ.

5.3 Измерительные антенны различных типов с коэффициентом усиления от 0 до 30 дБ с пределами допускаемой абсолютной погрешности коэффициента усиления от 0,5 до 3,0 дБ и эффективной площадью от $2 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-1}$ м² с пределами допускаемой относительной погрешности от 12 % до 40 %.

Приложение А
 Государственная поверочная схема для средств измерений
 плотности потока энергии электромагнитного поля в диапазоне частот от 0,3 до 178,4 ГГц

