

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «⁰⁵» _____ февраля 2026 г. № _____ 205

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
И МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЕЙ И ТАНГЕНСА УГЛА
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ
В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 1 МГц ДО 40 ГГц**

1 Область применения

Настоящая государственная поверочная схема для средств измерений относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей и тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь в диапазоне частот от 1 МГц до 40 ГГц распространяется на средства измерений относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне значений от 1,2 до 4000, относительной магнитной проницаемости в диапазоне значений от 1,5 до 100, тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне значений от $5 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-1}$ и тангенса угла магнитных потерь в диапазоне значений от $1 \cdot 10^{-3}$ до 1 в диапазоне частот от 1 МГц до 40 ГГц и устанавливает порядок передачи единиц относительных диэлектрической, магнитной проницаемостей и тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь от Государственного первичного эталона единиц относительных диэлектрической, магнитной проницаемостей и тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь (ГЭТ 174-2026) средствам измерений с помощью рабочих эталонов с указанием погрешностей, неопределенностей и методов передачи.

Графическая часть государственной поверочной схемы для средств измерений относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей и тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь в диапазоне частот от 1 МГц до 40 ГГц представлена в приложении А.

2 Государственный первичный эталон

2.1 Государственный первичный эталон единиц относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей и тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь в диапазоне частот от 1 МГц до 40 ГГц (далее – Государственный первичный эталон) предназначен для воспроизведения, хранения единиц диэлектрической, магнитной проницаемостей и тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь в диапазоне частот от 1 МГц до 40 ГГц и передачи их рабочим эталонам и средствам измерений методом прямых измерений.

2.2 Государственный первичный эталон состоит из 9 (деяти) эталонных установок, каждая из которых в свою очередь состоит из соответствующего компаратора, набора эталонных мер (стандартных образцов) для воспроизведения единицы, контроля стабильности и передачи единиц, серийной аппаратуры генерации и измерения сигналов, а также системы сбора и обработки информации на базе персонального компьютера.

2.2.1 Эталонная установка ЭУ-1 предназначена для воспроизведения,

хранения и передачи единиц относительной магнитной проницаемости в диапазоне значений от 1,5 до 100 и тангенса угла магнитных потерь в диапазоне значений от $1 \cdot 10^{-3}$ до 1 изотропных материалов в диапазоне частот от 1 до 200 МГц посредством компаратора, выполненного по схеме двойного Т-образного моста.

2.2.2 Эталонная установка ЭУ-2 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единицы относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне значений от 1,5 до 10 изотропных материалов в диапазоне частот от 1 до 200 МГц посредством компаратора – измерителя диэлектрической проницаемости резонансного типа.

2.2.3 Эталонная установка ЭУ-3 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единиц относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне значений от 1 до 10, относительной магнитной проницаемости в диапазоне значений от 1 до 10, тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ и тангенса угла магнитных потерь в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ изотропных материалов в диапазоне частот от 600 МГц до 4 ГГц посредством компаратора на основе коаксиального резонатора переменной длины.

2.2.4 Эталонная установка ЭУ-4 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единиц относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне от 1,2 до 30 и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ изотропных материалов в диапазоне частот от 200 МГц до 2 ГГц посредством компаратора на основе тороидального резонатора с частичным заполнением измерительной ячейки, в который введен дополнительный измерительный коаксиальный конденсатор.

2.2.5 Эталонная установка ЭУ-5 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единиц относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне от 1,2 до 400,0 и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ изотропных материалов в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц посредством компаратора на основе электромагнитной системы, состоящей из волноводно-диэлектрического резонатора – радиального волновода и подвижных элементов возбуждения электромагнитных колебаний.

2.2.6 Эталонная установка ЭУ-6 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единиц относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне от 1,2 до 400,0 и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ изотропных материалов в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц посредством компаратора на основе электромагнитной системы, состоящей из волноводно-диэлектрического резонатора – отрезка

круглого волновода и подвижных элементов возбуждения осесимметричных электромагнитных колебаний.

2.2.7 Эталонная установка ЭУ-7 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единиц относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне от 2 до 20 и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ анизотропных материалов в диапазоне частот от 2 до 18 ГГц посредством компаратора на основе электромагнитной системы, состоящей из волноводно-диэлектрического резонатора – отрезка круглого волновода и подвижных элементов возбуждения осесимметричных электрических и магнитных волн различного типа.

2.2.8. Эталонная установка ЭУ-8 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единиц относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне значений от 400 до 4000, тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до $8 \cdot 10^{-1}$ сегнетоэлектриков в диапазоне частот от 500 МГц до 4 ГГц посредством компаратора на основе коаксиального резонатора переменной длины.

2.2.9. Эталонная установка ЭУ-9 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единиц относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне от 1,2 до 400,0 и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ изотропных материалов в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц посредством компаратора на основе электромагнитной системы, состоящей из волноводно-диэлектрического резонатора – отрезка круглого волновода и подвижных элементов возбуждения осесимметричных электромагнитных колебаний.

2.3 Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единиц относительных диэлектрической, магнитной проницаемостей и тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь со следующими метрологическими характеристиками.

2.3.1 Относительной диэлектрической проницаемости изотропных материалов (установки ЭУ-1, ЭУ-2, ЭУ-3, ЭУ-4, ЭУ-5, ЭУ-6, ЭУ-9) с относительным средним квадратическим отклонением (СКО) результатов измерений S_0 от $2 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-3}$ при 10 независимых измерениях, и относительной неисключенной систематической погрешности (НСП) Θ_0 от $6 \cdot 10^{-4}$ до $8 \cdot 10^{-3}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.2 Тангенса угла диэлектрических потерь изотропных материалов (установки ЭУ-1, ЭУ-2, ЭУ-3, ЭУ-4, ЭУ-5, ЭУ-6, ЭУ-9) с СКО результатов измерений S_0 от $1 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ при 10 независимых измерениях, и с доверительными границами НСП Θ_0 от $3 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.3 Неопределенности воспроизведения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь изотропных материалов в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Неопределенности воспроизведения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь изотропных материалов

Воспроизводимая единица	Относительная диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Стандартная неопределенность: - оцененная по типу А - оцененная по типу В	$2 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-3}$ $3 \cdot 10^{-4} - 3,3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$ $1 \cdot 10^{-2} - 4,2 \cdot 10^{-2}$
Суммарная стандартная неопределенность	$4 \cdot 10^{-4} - 5,2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2} - 6,5 \cdot 10^{-2}$
Расширенная неопределенность, при коэффициенте охвата $k=2$	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2} - 1,5 \cdot 10^{-1}$

2.3.4 Относительной магнитной проницаемости изотропных материалов (установки ЭУ-1, ЭУ-3) с СКО результатов измерений S_O от $2 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ при 10 независимых измерениях, и НСП Θ_O от $6 \cdot 10^{-4}$ до $6 \cdot 10^{-3}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.5 Тангенса угла магнитных потерь изотропных материалов (установки ЭУ-1, ЭУ-3) с СКО результатов измерений S_O от $1 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ при 10 независимых измерениях, и НСП Θ_O от $3 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.6 Неопределенности воспроизведения относительной магнитной проницаемости и тангенса угла магнитных потерь изотропных материалов в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Неопределенности воспроизведения относительной магнитной проницаемости и тангенса угла магнитных потерь изотропных материалов

Воспроизводимая единица	Относительная магнитная проницаемость	Тангенс угла магнитных потерь
Стандартная неопределенность: - оцененная по типу А - оцененная по типу В	$2 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-3}$ $3 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$ $1 \cdot 10^{-2} - 4 \cdot 10^{-2}$
Суммарная стандартная неопределенность	$4 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$
Расширенная неопределенность, при коэффициенте охвата $k=2$	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2} - 1,5 \cdot 10^{-1}$

2.3.7 Относительной диэлектрической проницаемости анизотропных материалов (установка ЭУ-7) с СКО результатов измерений S_O от $1 \cdot 10^{-4}$

до $1 \cdot 10^{-3}$ при 10 независимых измерениях, и НСП Θ_0 от $6 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.8 Тангенса угла диэлектрических потерь анизотропных материалов (установка ЭУ-7) с СКО результатов измерений S_0 от $1 \cdot 10^{-2}$ до $4 \cdot 10^{-2}$ при 10 независимых измерениях, и НСП Θ_0 от $3 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^{-1}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.9 Неопределенности воспроизведения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь анизотропных материалов в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Неопределенности воспроизведения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь анизотропных материалов

Воспроизводимая единица	Относительная диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Стандартная неопределенность: - оцененная по типу А - оцененная по типу В	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$ $1 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}$ $1,7 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$
Суммарная стандартная неопределенность	$1 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2} - 7 \cdot 10^{-2}$
Расширенная неопределенность, при коэффициенте охвата $k=2$	$1 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-1}$

2.3.10 Относительной диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков (установка ЭУ-8) с СКО результатов измерений S_0 не более $1 \cdot 10^{-2}$ при 10 независимых измерениях, и НСП Θ_0 не более $3 \cdot 10^{-2}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.11 Тангенса угла диэлектрических потерь сегнетоэлектриков (установка ЭУ-8) с СКО результатов измерений S_0 не более $1 \cdot 10^{-1}$ при 10 независимых измерениях, и НСП Θ_0 не более $7,5 \cdot 10^{-1}$ при доверительной вероятности 0,99.

2.3.12 Неопределенности воспроизведения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь сегнетоэлектриков в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Неопределенности воспроизведения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь сегнетоэлектриков

Воспроизводимая единица	Относительная диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Стандартная неопределенность: - оцененная по типу А - оцененная по типу В	не более $1 \cdot 10^{-2}$ не более $1,3 \cdot 10^{-2}$	не более $1 \cdot 10^{-1}$ не более $3,1 \cdot 10^{-1}$
Суммарная стандартная неопределенность	не более $1,6 \cdot 10^{-2}$	не более $3,3 \cdot 10^{-1}$
Расширенная неопределенность, при коэффициенте охвата $k=2$	не более $3,2 \cdot 10^{-2}$	не более $6,6 \cdot 10^{-1}$

2.4 Для обеспечения воспроизведения единиц относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей, тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь с указанной точностью должны быть соблюдены правила хранения и применения Государственного первичного эталона, утвержденные в установленном порядке.

3 Рабочие эталоны

3.1 В качестве рабочих эталонов единиц относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей используют:

3.1.1 Измерители комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне частот от 1 МГц до 40 ГГц с значениями относительной диэлектрической проницаемости от 1,2 до 4000 и тангенса угла диэлектрических потерь от $5 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-1}$; измерители комплексной магнитной проницаемости в диапазоне частот от 1 МГц до 4 ГГц с значениями относительной магнитной проницаемости от 1,5 до 100,0 и тангенса угла магнитных потерь от $1 \cdot 10^{-3}$ до 1.

3.1.2 Меры комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне частот от 1 МГц до 40 ГГц с значениями диэлектрической проницаемости от 1,2 до 4000 и тангенса угла диэлектрических потерь от $5 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-1}$; меры комплексной магнитной проницаемости в диапазоне частот от 1 МГц до 4 ГГц с значениями относительной магнитной проницаемости от 1,5 до 100,0 и тангенса угла магнитных потерь от $1 \cdot 10^{-3}$ до 1.

3.2 Предел допускаемых значений доверительных границ относительной погрешности δ_0 рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 составляют:

$\delta_{0\epsilon, \mu}$ от 0,3 до 3 % для относительной диэлектрической и относительной магнитной проницаемостей;

$\delta_{0tg\delta}$ от 10 до 15 % для тангенса угла диэлектрических и магнитных

потерь.

3.3 Рабочие эталоны комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей применяют для передачи единиц средствам измерений методом прямых измерений.

3.4 Соотношение предела допускаемых значений доверительных границ относительной погрешности рабочих эталонов и предела допускаемой относительной погрешности средств измерений должно быть не более 1:2.

4 Средства измерений

4.1 В качестве средств измерений используют измерители параметров диэлектрических и магнитных материалов, измерители параметров диэлектрических и магнитных пленок, резонаторы волноводно-диэлектрические, меры.

4.2 Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений составляет:

для измерителей магнитных параметров изотропных материалов, мер в диапазоне частот от 0,2 до 2,0 МГц: от 3 до 10 % для относительной магнитной проницаемости, от 10 до 40 % для тангенса угла магнитных потерь;

для измерителей диэлектрических параметров изотропных материалов, мер в диапазоне частот от 1 до 200 МГц: от 3 до 5 % для относительной диэлектрической проницаемости;

для измерителей бикомплексной проницаемости изотропных материалов, мер в диапазоне частот от 0,6 до 4,0 ГГц: от 3 до 10 % для относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей, от 20 до 40 % для тангенса угла диэлектрических и магнитных потерь;

для измерителей диэлектрических параметров изотропных материалов, мер в диапазоне частот от 0,2 до 2,0 ГГц: от 3 до 10 % для относительной диэлектрической проницаемости, от 20 до 40 % для тангенса угла диэлектрических потерь;

для измерителей диэлектрических параметров изотропных материалов, мер в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц: от 1 до 10 % для относительной диэлектрической проницаемости, от 20 до 30 % для тангенса угла диэлектрических потерь;

для измерителей диэлектрических параметров анизотропных материалов, мер в диапазоне частот от 2 до 18 ГГц: от 1 до 10 % для относительной диэлектрической проницаемости, от 20 до 40 % для тангенса угла диэлектрических потерь;

для измерителей диэлектрических параметров сегнетоэлектриков, мер в диапазоне частот от 0,5 до 4,0 ГГц: от 3 до 10 % для относительной диэлектрической проницаемости, от 20 до 40 % для тангенса угла диэлектрических потерь.