

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «16» августа 2023 г. № 1678

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ,
КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ
И ПЕРЕДАЧИ В КОАКСИАЛЬНЫХ ВОЛНОВОДАХ
В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 0 ДО 67 ГГц**

1. Область применения

Государственная поверочная схема для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц (далее – ГПС) распространяется на средства измерений волнового сопротивления (далее – ВС), комплексных коэффициентов отражения (далее – ККО) и комплексных коэффициентов передачи (далее – ККП) в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц, с измерительными соединителями отечественного и зарубежного производства типов II, VIII, N 75, III, N, IX; 3,5 мм, 2,92 мм, I, 2,4 мм, 1,85 мм и 1 мм и присоединительными размерами соответствующими ГОСТ 13317 и международному стандарту IEEE Std 287.1TM-2021, и устанавливает порядок передачи единиц ВС, ККО и ККП от государственного первичного эталона единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах (далее – ГПЭ) с помощью вторичных и рабочих эталонов средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки.

Допускается проводить передачу единиц эталонам и средствам измерений, соединители которых изготовлены по другим стандартам, но с требованиями к присоединительным размерам соединителей не ниже, чем требования, установленные в ГОСТ 13317 и IEEE Std 287.1TM-2021.

Допускается проводить передачу единиц эталонам и средствам измерений, не указанным в настоящем документе, при условии их прослеживаемости к ГПЭ.

Графическая часть ГПС представлена в приложении А.

Пояснения применяемых терминов и сокращений, используемых в данном документе, приведены в ГОСТ IEC 60027-2-2015 и ГОСТ Р МЭК 60027-3-2016.

2. Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы нормативные ссылки на следующие стандарты¹:

ГОСТ 8.381-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности»;

ГОСТ 13317-89 «Элементы соединения СВЧ трактов радиоизмерительных приборов. Присоединительные размеры»;

IEEE Std 287.1TM-2021 Стандарт института инженеров по электротехнике и электронике для прецизионных коаксиальных соединителей для радиочастот, микроволн и частоты миллиметровых волн. Часть 1: Общие требования, определения и подробные спецификации. [IEEE Std 287.1TM-2021 IEEE Standard for Precision Coaxial Connectors at RF, Microwave, and Millimeter-Wave Frequencies—Part 1: General Requirements, Definitions, and Detailed Specifications];

ГОСТ Р 8.875-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений угла

фазового сдвига между двумя электрическими сигналами в диапазоне частот от 0,1 МГц до 67 ГГц»;

ГОСТ IEC 60027-2-2015 «Обозначения буквенные, применяемые в электротехнике. Часть 2. Электросвязь и электроника»;

ГОСТ Р МЭК 60027-3-2016 «Государственная система обеспечения единства измерений. Обозначения буквенные, применяемые в электротехнике. Часть 3. Логарифмические и относительные величины и единицы измерений»;

Государственная поверочная схема для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденная приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3456;

Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденная приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2023 г. № 1520.

3. Эталоны

3.1. Государственный первичный эталон

3.1.1. ГПЭ состоит из:

средств воспроизведения единиц ВС и комплектов калибровочных мер для коаксиальных волноводов, поддерживаемых эталоном;

компаратора эталона – комплекса технических и программных средств, на базе векторного анализатора цепей, обеспечивающего процедуры передачи единиц ВС, ККО и ККП;

средств сравнения, для передачи единиц ВС, ККО и ККП вторичным эталонам и средствам измерений.

3.1.2. Номинальные значения ВС, воспроизводимые эталоном, составляют 50 и 75 Ом.

Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единиц ВС, ККО и ККП в коаксиальных волноводах с соединителями типов II, VIII, N 75, III, N, IX; 3,5 мм, 2,92 мм, I, 2,4 мм, 1,85 мм и 1 мм.

Метрологические характеристики воспроизведения единиц ВС приведены в таблице 1. Указанные в таблице 1 значения погрешностей и неопределенностей измерений представляют максимальные значения для всего диапазона частот применения коаксиального волновода. Наименование типов соединителей приведено в соответствии с ГОСТ 13317 и IEEE Std 287.1TM-2021.

¹ Примечание - при пользовании настоящим документом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим документом, следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

На постоянном токе воспроизведение единиц ВС, ККО и ККП осуществляется косвенным методом с помощью прослеживаемых к ГЭТ 13-2023 рабочим эталонам 3-го разряда и прослеживаемых к ГЭТ 14-2014 рабочим эталонам 4-го разряда.

В диапазоне рабочих частот воспроизведение единиц ККО и ККП осуществляется путём прослеживаемости к эталону ГЭТ 207-2013.

Характеристики в таблице 1 приведены в относительной форме. Характеристики погрешности измерений S_o и u_A определены при 5 наблюдениях.

Таблица 1 – Погрешности и неопределенности измерений при воспроизведении единиц ВС

Характеристика	Диаметры поперечного сечения коаксиального волновода, мм								
	16,0/ 6,95	16,0/ 4,58	7,0 /2,01	7,0/ 3,04	3,5/ 1,52	2,92/ 1,27	2,4/ 1,04	1,85/ 0,8	1,0/ 0,43 4
Верхняя граница диапазона частот, ГГц	7	3	3	18	33	40	50	67	67
Типы поддерживаемых соединителей	II	VIII	N 75	III, N	IX; 3,5 мм	2,92 м м	I, 2,4 мм	1,85 мм	1 мм
Неисключенная систематическая погрешность θ_o , не более	$10 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$25 \cdot 10^{-4}$	$25 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$12 \cdot 10^{-3}$	$12 \cdot 10^{-3}$	$24 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Среднее квадратическое отклонение результата измерений S_o , не более	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$	$20 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Стандартная неопределенность измерений, оцениваемая по типу A, u_A , не более	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$	$20 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Стандартная неопределенность измерений, оцениваемая по типу B, u_B , не более	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$11 \cdot 10^{-4}$	$11 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$	$1,75 \cdot 10^{-2}$
Суммарная стандартная неопределенность измерений не более	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$10,2 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
Нестабильность эталона за один год, v_o	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$

3.1.3. Эталон обеспечивает воспроизведение единиц ККО в диапазонах значений:

от 0 до 1 для модуля ККО;

от 0° до 360° для фазы ККО.

Эталон обеспечивает воспроизведение единиц ККП в диапазонах значений:

от 0,0032 до 1 для модуля ККП (от 0 до минус 50 дБ для модуля ККП в логарифмическом масштабе);

от 0° до 360° для фазы ККП.

Диапазоны значений расширенных неопределенностей при воспроизведении единиц ККО и ККП при 4 наблюдениях $U_{\text{ККО}}(0,95)$, $U_{\text{ККП}}(0,95)$ для мнимой и действительной частей, в зависимости от частоты и номинального значения, без учета знака, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расширенные неопределенности измерения при воспроизведении единиц ККО и ККП

Характеристика	Диаметры поперечного сечения коаксиального волновода, мм								
	16,0/ 6,95	16,0/ 4,58	7,0/ 2,01	7,0/ 3,04	3,5/ 1,52	2,92/ 1,27	2,4/ 1,04	1,85 /0,8	1,0/ 0,434
Верхняя граница диапазона частот, ГГц	7	3	3	18	33	40	50	67	67
Типы поддерживаемых соединителей	II	VIII	N 75	III, N	IX; 3,5 мм	2,92 мм	I, 2,4 мм	1,85 мм	1 мм
Расширенная неопределенность измерения единиц ККО (диапазон значений для мнимой и действительной частей ККО), $\pm U_{\text{ККО}}(0,95)$	0,002 – 0,025	0,002 – 0,025	0,003 – 0,026	0,003 – 0,026	0,004 – 0,03	0,006 – 0,032	0,006 – 0,032	0,01 – 0,05	0,01 – 0,06
Расширенная неопределенность измерения единиц ККП (диапазон значений мнимой и действительной частей ККП), $\pm U_{\text{ККП}}(0,95)$	$3 \cdot 10^{-5}$ – 0,007	$3 \cdot 10^{-5}$ – 0,007	$3 \cdot 10^{-5}$ – 0,007	$4 \cdot 10^{-5}$ – 0,007	$4 \cdot 10^{-5}$ – 0,01	$1 \cdot 10^{-4}$ – 0,017	$1 \cdot 10^{-4}$ – 0,017	$2 \cdot 10^{-4}$ – 0,02	$2 \cdot 10^{-4}$ – 0,03

3.1.4. Государственный первичный эталон применяют для передачи единиц ВС, ККО и ККП вторичным эталонам (установкам) методом сличения при помощи средств сравнения и вторичным эталонам в виде мер ККО, ККП методом прямых измерений, рабочим эталонам, средствам измерений методом сличения при помощи средств сравнения и средствам измерений в виде мер ВС, ККО и ККП (коаксиальным линиям, нагрузкам, аттенюаторам, переходам) методом прямых измерений.

В коаксиальном волноводе 1,0/0,434 мм с соединителем типа 1 мм передача единиц осуществляется только средствами измерений.

3.2. Вторичные эталоны

3.2.1. В качестве вторичных эталонов используют установки для измерения ККО и ККП, состоящие из компаратора и калибровочных мер ККО, а также меры ВС, ККО и ККП в виде коаксиальных волноводов с воздушным заполнением, коаксиальных нагрузок и аттенюаторов.

Диапазон рабочих частот вторичных эталонов от 0 до 67 ГГц.

3.2.2. Эталоны обеспечивают передачу единиц ККО в диапазонах значений:

от 0 до 1 для модуля ККО;

от 0° до 360° для фазы ККО.

Эталонные обеспечивают передачу единиц ККП в диапазонах значений:

от 0 до минус 50 дБ для модуля ККП в логарифмическом масштабе;

от 0° до 360° - для фазы ККП.

3.2.3. Доверительные границы суммарной погрешности измерения установок для измерения ККО $\delta_{|ККО|}$ и $\delta_{\phi ККО}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения, частоты и типа коаксиального тракта составляют:

$\delta_{|ККО|} = \pm(5 - 50) \cdot 10^{-3}$ - по модулю ККО; $\delta_{\phi ККО} = \pm(0,8^\circ - 5,0^\circ)$ - по фазе ККО².

3.2.4. Доверительные границы суммарной погрешности измерения установок для измерения ККП $\delta_{|ККП|}$ и $\delta_{\phi ККП}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения, частоты и типа коаксиального тракта составляют:

$\delta_{|ККП|} = \pm(0,03 - 0,25)$ дБ по модулю ККП; $\delta_{\phi ККП} = \pm(0,5^\circ - 5,0^\circ)$ по фазе ККП.

3.2.5. Доверительные границы суммарной погрешности мер ККО $\delta_{|ККО|}$ и $\delta_{\phi ККО}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения и частоты составляют:

$\delta_{|ККО|} = \pm(2 - 50) \cdot 10^{-3}$ - по модулю ККО; $\delta_{\phi ККО} = \pm(0,5^\circ - 5,0^\circ)$ - по фазе ККО.

3.2.6. Доверительные границы суммарной погрешности мер ККП $\delta_{|ККП|}$ и $\delta_{\phi ККП}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения и частоты составляют:

$\delta_{|ККП|} = \pm(0,02 - 0,15)$ дБ по модулю ККП; $\delta_{\phi ККП} = \pm(0,3^\circ - 5,0^\circ)$ по фазе ККП.

3.2.7. Номинальные значения ВС, измеряемого вторичными эталонами составляют 50 и 75 Ом. Доверительные границы суммарной погрешности измерения волнового сопротивления мер ККП в виде коаксиальных волноводов с воздушным заполнением при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях составляют $\Delta_Z = \pm(0,5 - 5,0)$ Ом. Доверительные границы суммарной погрешности мер волнового сопротивления в виде коаксиальных волноводов с воздушным заполнением при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях составляют $\Delta_Z = \pm(0,2 - 5,0)$ Ом.

3.2.8. Матрицы погрешностей вторичного эталона для мер ККО и ККП, в зависимости от номинальных значений и диапазонов частот приведены в приложении Б.

3.2.9. Нестабильность вторичных эталонов за межповерочный интервал не должна превышать доверительных границ суммарной погрешности измерения.

² Здесь и далее погрешности измерения фазы ККО приведены для модуля ККО более 0,1.

3.2.10. Вторичные эталоны применяют для поверки рабочих эталонов, скалярных и векторных анализаторов цепей, нагрузок коаксиальных, аттенюаторов и переходов методом прямых измерений. При поверке средств измерений по ККП менее минус 50 дБ использовать для воспроизведения единицы КПП каскадное соединение мер КПП.

3.3. Рабочие эталоны

3.3.1. В качестве рабочих эталонов используют установки для измерения ККО и ККП, состоящие из компаратора и калибровочных мер ККО, а также меры ВС, ККО и ККП в виде коаксиальных линий, коаксиальных нагрузок и аттенюаторов.

Диапазон рабочих частот рабочих эталонов – от 0 до 67 ГГц.

3.3.2. Эталоны обеспечивают передачу единиц ККО в диапазонах значений:

от 0 до 1 для модуля ККО;

от 0° до 360° для фазы ККО.

Эталоны обеспечивают передачу единиц ККП в диапазонах значений:

от 0 до минус 50 дБ для модуля ККП в логарифмическом масштабе;

от 0° до 360° - для фазы ККП.

3.3.3. Доверительные границы суммарной погрешности измерения установок для измерения ККО $\delta_{|ККО|}$ и $\delta_{\phi ККО}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения, частоты и типа коаксиального тракта составляют:

$\delta_{|ККО|} = \pm(5 - 50) \cdot 10^{-3}$ - по модулю ККО; $\delta_{\phi ККО} = \pm(1^\circ - 7^\circ)$ - по фазе ККО.

3.3.4. Доверительные границы суммарной погрешности измерения установок для измерения ККП $\delta_{|ККП|}$ и $\delta_{\phi ККП}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения, частоты и типа коаксиального тракта составляют:

$\delta_{|ККП|} = \pm(0,05 - 0,5)$ дБ по модулю ККП; и $\delta_{\phi ККП} = \pm(1^\circ - 10^\circ)$ по фазе ККП;

3.3.5. Доверительные границы суммарной погрешности мер ККО $\delta_{|ККО|}$ и $\delta_{\phi ККО}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения, частоты и типа коаксиального тракта составляют:

$\delta_{|ККО|} = \pm(5 - 50) \cdot 10^{-3}$ - по модулю ККО; $\delta_{\phi ККО} = \pm(1^\circ - 7^\circ)$ - по фазе ККО.

3.3.6. Доверительные границы суммарной погрешности мер ККП $\delta_{|ККП|}$ и $\delta_{\phi ККП}$ при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения и частоты составляют:

$\delta_{|ККП|} = \pm(0,08 - 0,50)$ дБ по модулю ККП; и $\delta_{\phi ККП} = \pm(1^\circ - 10^\circ)$ по фазе ККП;

3.3.7. Номинальные значения ВС, измеряемого рабочими эталонами 50 и 75 Ом. Доверительные границы суммарной погрешности измерения волнового сопротивления мер ККП в виде коаксиальных волноводов

с воздушным заполнением при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях составляют $\Delta_Z = \pm(0,5 - 5,0)$ Ом. Доверительные границы суммарной погрешности мер волнового сопротивления в виде коаксиальных волноводов с воздушным заполнением при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях составляют

$$\Delta_Z = \pm(0,5 - 5,0) \text{ Ом.}$$

3.3.8. Нестабильность рабочих эталонов за межповерочный интервал не должна превышать доверительных границ суммарной погрешности измерения.

3.3.9. Рабочие эталоны применяют для поверки средств измерений методом прямых измерений. Соотношение погрешностей рабочих эталонов и средств измерений - $\frac{1}{2}$.

4. Средства измерений

4.1. В качестве средств измерений применяют скалярные и векторные анализаторы цепей, измерительные линии, измерители параметров неоднородностей в коаксиальных волноводах коаксиальные нагрузки, аттенюаторы и переходы.

Диапазон рабочих частот средств измерений – от 0 до 67 ГГц.

Диапазон значений ККО:

от 0 до 1 - для модуля ККО;

от 0° до 360° - для фазы ККО.

Диапазон значений ККП:

от 0 до минус 130 дБ для модуля ККП в логарифмическом масштабе;

от 0° до 360° - для фазы ККП.

4.2. Пределы допускаемых погрешностей скалярных и векторных анализаторов цепей, измерительных линий, измерителей параметров неоднородностей в коаксиальных волноводах:

$\Delta_{|ККО|} = \pm(0,7 - 30) \cdot 10^{-2}$ - по модулю ККО; $\Delta_{\varphi ККО} = \pm(0,5^\circ - 20^\circ)$ - по фазе ККО;

$\Delta_{|ККП|} = \pm(0,05 - 0,5)$ дБ - по модулю ККП; $\Delta_{\varphi ККП} = \pm(0,5^\circ - 20^\circ)$ - по фазе ККП.

4.3. Доверительные границы погрешности оценки измерений величин ККО $\delta_{ККО}$ и $\delta_{\varphi ККО}$ и ККП $\delta_{ККП}$ и $\delta_{\varphi ККП}$ нагрузок коаксиальных, аттенюаторов и переходов при доверительной вероятности 0,95 и 4 наблюдениях, в зависимости от номинального значения и частоты составляют:

$\delta_{|ККО|} = \pm(2 - 10) \cdot 10^{-2}$ - по модулю ККО; $\delta_{\varphi ККО} = \pm(2^\circ - 15^\circ)$ - по фазе ККО;

$\delta_{|ККП|} = \pm(0,1 - 1,0)$ дБ - по модулю ККП; $\delta_{\varphi ККП} = \pm(2^\circ - 10^\circ)$ - по фазе ККП.

Приложение Б (рекомендуемое)

Таблица Б1. Матрица доверительных границ суммарной погрешности мер ККО разряда вторичного эталона (без учета знака) при доверительной вероятности 0,95 при 4 наблюдениях - модуль ККО $\delta_{\text{ККО}}$.

Тип соединителя	Модуль ККО	Диапазон частот, ГГц							
		от 0 до 3	св. 3 до 7	от 0 до 8	св. 8 до 18	св. 18 до 33	св. 33 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 67
VIII, N 75	от 0 до 0,1	0,002	-	-	-	-	-	-	-
	св. 0,1 до 0,2	0,003	-	-	-	-	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	0,005	-	-	-	-	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	0,007	-	-	-	-	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	0,025	-	-	-	-	-	-	-
II	от 0 до 0,1	0,002	0,002	-	-	-	-	-	-
	св. 0,1 до 0,2	0,003	0,003	-	-	-	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	0,005	0,005	-	-	-	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	0,007	0,007	-	-	-	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	0,025	0,025	-	-	-	-	-	-
III, N	от 0 до 0,1	-	-	0,005	0,007	-	-	-	-
	св. 0,1 до 0,2	-	-	0,005	0,007	-	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	0,005	0,008	-	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	0,006	0,009	-	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,008	0,010	-	-	-	-
IX, 3,5 мм	от 0 до 0,1	-	-	0,005	0,006	0,007	-	-	-
	св. 0,1 до 0,2	-	-	0,005	0,007	0,008	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	0,006	0,008	0,010	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	0,007	0,009	0,012	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,008	0,010	0,014	-	-	-
2,9 мм	от 0 до 0,1	-	-	0,005	0,008	0,010	0,012	-	-
	св. 0,1 до 0,2	-	-	0,008	0,010	0,012	0,013	-	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	0,009	0,011	0,015	0,018	-	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	0,009	0,012	0,018	0,022	-	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,008	0,010	0,015	0,025	-	-
I, 2,4 мм	от 0 до 0,1	-	-	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	-
	св. 0,1 до 0,2	-	-	0,005	0,007	0,008	0,009	0,012	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	0,006	0,008	0,010	0,012	0,014	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	0,007	0,009	0,012	0,014	0,018	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,008	0,010	0,014	0,016	0,020	-
1,85 мм	от 0 до 0,1	-	-	0,010	0,010	0,013	0,015	0,018	0,020
	св. 0,1 до 0,2	-	-	0,010	0,012	0,014	0,017	0,020	0,025
	св. 0,2 до 0,5	-	-	0,010	0,013	0,016	0,020	0,025	0,030
	св. 0,5 до 0,7	-	-	0,010	0,014	0,020	0,025	0,030	0,035
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,010	0,010	0,025	0,030	0,037	0,040

Таблица Б2. Матрица доверительных границ суммарной погрешности мер ККО разряда вторичного эталона (без учета знака) при доверительной вероятности 0,95 при 4 наблюдениях - фаза ККО $\delta_{\text{фККО}}$, градусы.

Тип соединителя	Модуль ККО	Диапазон частот, ГГц							
		от 0 до 3	св. 3 до 7	от 0 до 8	св. 8 до 18	св. 18 до 33	св. 33 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 67
VIII, N 75	св. 0,1 до 0,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	1,3	-	-	-	-	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	0,7	-	-	-	-	-	-	-
II	св. 0,1 до 0,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	1,0	1,3	-	-	-	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	0,6	0,8	-	-	-	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	0,5	0,7	-	-	-	-	-	-
III, N	св. 0,1 до 0,2	-	-	3,0	4,0	-	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	1,8	2,0	-	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	1,0	1,2	-	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,8	0,8	-	-	-	-
IX, 3,5 мм	св. 0,1 до 0,2	-	-	3,0	3,5	4,0	-	-	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	1,0	1,5	2,0	-	-	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	1,2	1,3	2,0	-	-	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,7	0,8	1,5	-	-	-
2,9 мм	св. 0,1 до 0,2	-	-	3,0	3,5	3,8	4,0	-	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	1,8	2,0	2,3	2,5	-	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	1,2	1,5	2,0	2,3	-	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	1,0	1,0	1,5	2,0	-	-
I, 2,4 мм	св. 0,1 до 0,2	-	-	3,0	3,5	3,7	3,8	4,0	-
	св. 0,2 до 0,5	-	-	1,2	1,5	2,0	2,3	2,5	-
	св. 0,5 до 0,7	-	-	1,0	1,5	1,8	2,0	2,3	-
	св. 0,7 до 1,0	-	-	0,8	1,5	1,7	1,8	2,0	-
1,85 мм	св. 0,1 до 0,2	-	-	3,0	3,3	3,5	3,5	4,0	5,0
	св. 0,2 до 0,5	-	-	2,0	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5
	св. 0,5 до 0,7	-	-	1,5	2,0	2,5	2,8	3,0	3,3
	св. 0,7 до 1,0	-	-	1,0	1,5	2,0	2,5	2,8	3,0

Таблица Б3. Матрица доверительных границ суммарной погрешности мер ККП разряда вторичного эталона (без учета знака) при доверительной вероятности 0,95 при 4 наблюдениях – модуль ККП $\delta_{\text{ККП}}$, дБ.

Тип соединителя	Модуль ККП, дБ	Диапазон частот, ГГц							
		от 0 до 3	св. 3 до 7	от 0 до 8	св. 8 до 18	св. 18 до 33	св. 33 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 67
VIII, N 75	от 0 до 10	0,02	-	-	-	-	-	-	-
	св. 10 до 20	0,03	-	-	-	-	-	-	-
	св. 20 до 30	0,03	-	-	-	-	-	-	-
	св. 30 до 40	0,04	-	-	-	-	-	-	-
	св. 40 до 50	0,05	-	-	-	-	-	-	-
II	от 0 до 10	0,02	0,03	-	-	-	-	-	-
	св. 10 до 20	0,03	0,04	-	-	-	-	-	-
	св. 20 до 30	0,03	0,04	-	-	-	-	-	-
	св. 30 до 40	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-
	св. 40 до 50	0,05	0,06	-	-	-	-	-	-
III, N	от 0 до 10	-	-	0,05	0,08	-	-	-	-
	св. 10 до 20	-	-	0,05	0,08	-	-	-	-
	св. 20 до 30	-	-	0,06	0,09	-	-	-	-
	св. 30 до 40	-	-	0,07	0,10	-	-	-	-
	св. 40 до 50	-	-	0,08	0,10	-	-	-	-
IX, 3,5 мм	от 0 до 10	-	-	0,05	0,05	0,08	-	-	-
	св. 10 до 20	-	-	0,05	0,05	0,08	-	-	-
	св. 20 до 30	-	-	0,05	0,06	0,09	-	-	-
	св. 30 до 40	-	-	0,06	0,08	0,10	-	-	-
	св. 40 до 50	-	-	0,06	0,08	0,10	-	-	-
2,9 мм	от 0 до 10	-	-	0,05	0,05	0,08	0,10	-	-
	св. 10 до 20	-	-	0,05	0,05	0,08	0,10	-	-
	св. 20 до 30	-	-	0,05	0,05	0,08	0,10	-	-
	св. 30 до 40	-	-	0,05	0,05	0,09	0,12	-	-
	св. 40 до 50	-	-	0,06	0,08	0,10	0,15	-	-
I, 2,4 мм	от 0 до 10	-	-	0,05	0,05	0,08	0,09	0,09	-
	св. 10 до 20	-	-	0,05	0,05	0,08	0,09	0,09	-
	св. 20 до 30	-	-	0,05	0,06	0,09	0,08	0,10	-
	св. 30 до 40	-	-	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	-
	св. 40 до 50	-	-	0,07	0,08	0,10	0,10	0,15	-
1,85 мм	от 0 до 10	-	-	0,05	0,05	0,10	0,10	0,11	0,12
	св. 10 до 20	-	-	0,05	0,05	0,10	0,10	0,11	0,12
	св. 20 до 30	-	-	0,05	0,05	0,10	0,12	0,15	0,13
	св. 30 до 40	-	-	0,08	0,08	0,10	0,12	0,15	0,15
	св. 40 до 50	-	-	0,08	0,08	0,10	0,12	0,15	0,15

Таблица Б4. Матрица доверительных границ суммарной погрешности мер ККП разряда вторичного эталона (без учета знака) при доверительной вероятности 0,95 при 4 наблюдениях - фаза ККП $\delta_{\text{фККП}}$, градусы.

Тип соединителя	Модуль ККП, дБ	Диапазон частот, ГГц							
		от 0 до 3	св. 3 до 7	от 0 до 8	св. 8 до 18	св. 18 до 33	св. 33 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 67
VIII, N 75	от 0 до 10	0,5	-	-	-	-	-	-	-
	св. 10 до 20	0,5	-	-	-	-	-	-	-
	св. 20 до 30	0,6	-	-	-	-	-	-	-
	св. 30 до 40	0,7	-	-	-	-	-	-	-
	св. 40 до 50	0,8	-	-	-	-	-	-	-
II	от 0 до 10	0,5	0,6	-	-	-	-	-	-
	св. 10 до 20	0,5	0,7	-	-	-	-	-	-
	св. 20 до 30	0,6	0,8	-	-	-	-	-	-
	св. 30 до 40	0,7	0,9	-	-	-	-	-	-
	св. 40 до 50	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-
III, N	от 0 до 10	-	-	0,6	1,0	-	-	-	-
	св. 10 до 20	-	-	0,6	1,2	-	-	-	-
	св. 20 до 30	-	-	0,8	1,4	-	-	-	-
	св. 30 до 40	-	-	1,0	1,5	-	-	-	-
	св. 40 до 50	-	-	1,2	1,5	-	-	-	-
IX, 3,5 мм	от 0 до 10	-	-	0,5	0,8	1,5	-	-	-
	св. 10 до 20	-	-	0,6	0,8	1,5	-	-	-
	св. 20 до 30	-	-	0,8	0,8	1,5	-	-	-
	св. 30 до 40	-	-	1,0	1,0	1,8	-	-	-
	св. 40 до 50	-	-	1,0	1,0	2,0	-	-	-
2,9 мм	от 0 до 10	-	-	0,5	0,5	1,5	2,0	-	-
	св. 10 до 20	-	-	0,6	0,8	1,5	2,0	-	-
	св. 20 до 30	-	-	0,6	0,8	1,5	2,0	-	-
	св. 30 до 40	-	-	0,7	0,9	1,7	2,3	-	-
	св. 40 до 50	-	-	0,8	1,0	1,8	2,5	-	-
I, 2,4 мм	от 0 до 10	-	-	0,5	0,6	1,2	1,3	1,5	-
	св. 10 до 20	-	-	0,6	0,6	1,2	1,3	1,5	-
	св. 20 до 30	-	-	0,8	0,8	1,4	1,7	2,0	-
	св. 30 до 40	-	-	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	-
	св. 40 до 50	-	-	1,0	1,0	1,8	2,0	2,5	-
1,85 мм	от 0 до 10	-	-	0,6	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5
	св. 10 до 20	-	-	0,7	0,8	1,2	1,6	2,1	2,7
	св. 20 до 30	-	-	0,8	0,9	1,3	1,7	2,2	2,8
	св. 30 до 40	-	-	1,0	1,0	1,4	1,8	2,5	3,0
	св. 40 до 50	-	-	1,0	1,1	1,5	2,0	2,5	3,2