



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР**

---

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ  
ИЗМЕРЕНИЙ  
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ПРОНИЦАЕМОСТИ  
И ТАНГЕНСА УГЛА  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ  
В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 0,2 ÷ 1 ГГц**

**ГОСТ 8.358-79**

**Издание официальное**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ  
Москва**

**РАЗРАБОТАН** Государственным комитетом СССР по стандартам

**ИСПОЛНИТЕЛИ**

Н. М. Карих, канд. техн. наук; Н. Л. Яцынина, канд. техн. наук

**ВНЕСЕН** Государственным комитетом СССР по стандартам

Член Госстандарта В. И. Кипаренко

**УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12 июня 1979 г. № 2112

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Государственная система обеспечения единства  
измерений

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ПРОНИЦАЕМОСТИ И ТАНГЕНСА УГЛА  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ДИАПАЗОНЕ  
ЧАСТОТ 0,2÷1 ГГц

ГОСТ  
8.358—79

State system for ensuring the uniformity  
of measurements  
Method of making measurements of relative  
permittivity and dielectric loss tangent in the  
frequency range of 0.2 to 1 GHz

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12 июня  
1979 г. № 2112 срок введения установлен

с 01.07.1980 г.

Настоящий стандарт распространяется на твердые диэлектрические материалы толщиной не менее 0,5 мм с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2 \div 20$  и тангенсом угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta = 1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-1}$  и устанавливает методы измерений  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  этих материалов в диапазоне частот 0,2÷1,0 ГГц.

В стандарте учтены рекомендации СЭВ по стандартизации РС 604—66, стандарты МЭК 377—2 и ИСО 6—77 в части методов и средств измерений.

## 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. Измерение относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  и тангенса угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  производят следующими методами:

резонансным методом, основанным на использовании измерителей добротности, тороидальных резонаторов и коаксиальных резонаторов постоянной и переменной длины;

методом измерения в линиях передач, основанным на использовании коаксиальных измерительных систем.

1.2. Погрешность измерения при доверительной вероятности 0,95 не должна быть более:

$\pm (1 \div 4) \%$  — для относительной диэлектрической проницаемости  $2 \div 20$ ;

$\pm (20 + 0,005/\operatorname{tg} \delta) \%$  — для тангенса угла диэлектрических потерь  $1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-1}$ .

## 2. ОТБОР ОБРАЗЦОВ

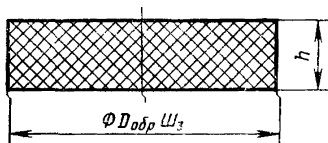
2.1. Порядок отбора образцов из партии и их подготовка к измерениям (увлажнение, сушка, выдержка) должны быть указаны в стандартах или технических условиях на материалы.

2.2. Число образцов для измерений указывают в стандартах или технических условиях на материалы конкретного вида. При отсутствии таких указаний число образцов должно быть не менее трех.

2.3. В зависимости от метода измерений образец должен быть выполнен:

в виде плоскопараллельного диска — при резонансном методе; плоской коаксиальной шайбы — при методе измерения в линиях передач и резонансном методе.

2.4. Образец в виде плоскопараллельного диска должен быть выполнен в соответствии с черт. 1.



Черт. 1

2.4.1. Толщина образца диэлектрика  $h$  при измерении посредством измерителей добротности зависит от значений тангенса угла диэлектрических потерь с учетом пределов измеряемых емкостей и должна быть не более 5 мм для  $\operatorname{tg} \delta = 1 \cdot 10^{-3}$  и 3 мм для  $\operatorname{tg} \delta = 1 \cdot 10^{-2} \div 1 \cdot 10^{-1}$ .

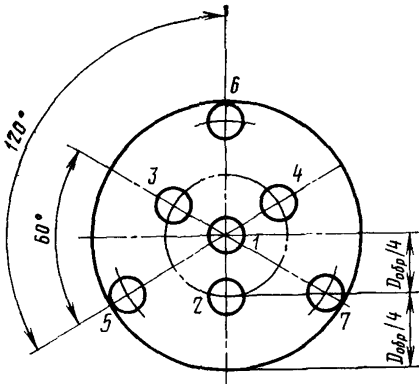
2.4.2. Толщину образца диэлектрика  $h$  при измерении в тороидальном резонаторе выбирают любой в пределах от 0,5 до 2 мм независимо от значения тангенса угла диэлектрических потерь.

2.4.3. Толщину образца измеряют в семи точках, обозначенных на черт. 2.

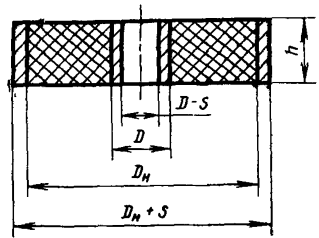
При расчете берут среднее арифметическое значение всех измерений. Погрешность измерения толщин от 0,5 до 1 мм не должна превышать  $\pm 0,001$  мм, свыше 1 мм —  $\pm 0,01$  мм.

2.5. Образец в виде плоской коаксиальной шайбы должен быть выполнен в соответствии с черт. 3.

Размеры образцов для испытаний в коаксиальных трактах выбирают в соответствии с сечением тракта. Испытуемый образец запрессовывают в контактные кольца толщиной  $S$  для ликвидации погрешности за счет зазора между образцом и резонатором и для фиксации образца в максимуме электрического поля.



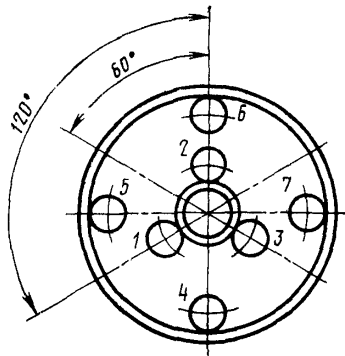
Черт. 2



Черт. 3

2.5.1. Толщина образца диэлектрика должна быть от 1 до 10 мм.

2.5.2. Толщину образца измеряют в семи точках, обозначенных на черт. 4, с погрешностью не более  $\pm 0,01$  мм. При расчете берут среднее арифметическое значение всех измерений.



Черт. 4

2.6. Качества точности, классы шероховатости поверхности, степени отклонения от параллельности, цилиндричности, соосности при обработке неорганических и органических материалов выбирают из таблицы.

| Наименование параметра                        | Материалы      |              |
|---|----------------|--------------|
|   | неорганические | органические |
| Квалитет точности по СТ СЭВ 145—75            | 3              | 7            |
| Класс шероховатости по ГОСТ 2789—73           | 11             | 7            |
| Отклонение от параллельности по ГОСТ 10356—63 | III            | VI           |
| Отклонение от плоскостности по ГОСТ 10356—63  | III            | VII          |
| Отклонение от цилиндричности по ГОСТ 10356—63 | IV             | VII          |
| Отклонение от соосности по ГОСТ 10356—63      | III            | VI           |

2.7. Наносить маркировку на поверхность образцов не допускается.

### 3. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Средства измерений, используемые для определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, и их основные технические характеристики приведены в справочном приложении 1.

Допускается применять другие средства измерений, работающие в диапазоне частот 0,2—1 ГГц и удовлетворяющие требованиям п. 1.2 и техническим характеристикам, приведенным в справочном приложении 1.

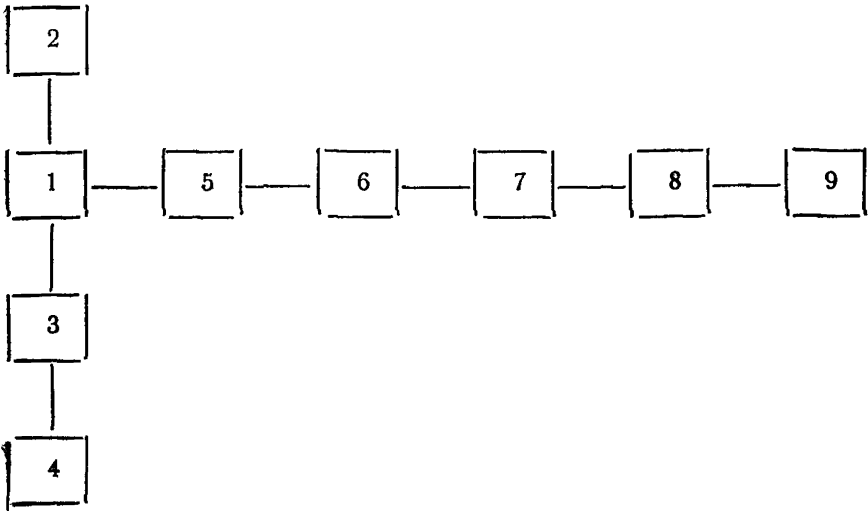
3.2. Поверку средств измерений осуществляют стандартными образцами, аттестованными метрологическими органами Госстандарта в соответствии с ГОСТ 8.274—78.

3.3. Вспомогательные средства измерений и их основные технические характеристики приведены в справочном приложении 2.

### 4. ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ

4.1. При проведении измерений измерителем добротности типа ВМ 409G (ВМ 409Е) в комплекте с приставкой ВР 4090 присоединяют их друг к другу в соответствии с требованиями нормативно-технической документации

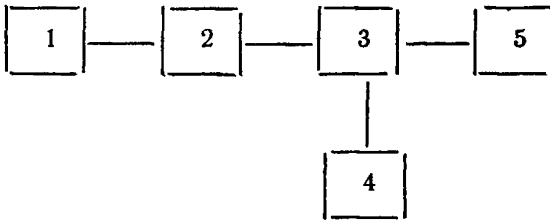
4.2. При проведении измерений приборами типов Ш2-4, ИПДП и КР-500 собирают установку, электрическая структурная схема которой приведена на черт. 5.



1—генератор стандартных сигналов; 2—стабилизатор; 3—предельный аттенюатор; 4—частотомер; 5—развязывающее устройство (аттенюатор); 6—фильтр нижних частот; 7—резонатор; 8—кристаллический детектор; 9—измерительный усилитель.

Черт. 5

4.3. При проведении измерений на измерительной линии собирают установку, электрическая структурная схема которой приведена на черт. 6.



1—генератор сигналов; 2—развязывающее устройство (аттенюатор, вентиль); 3—измерительная линия; 4—индикаторный прибор; 5—измерительная ячейка ДП.

Черт. 6

4.4. Подготавливают к работе основные и вспомогательные средства измерений.

4.5. При проведении измерений соблюдают нормальные условия по ГОСТ 22261—76.

4.6. Перед проведением измерений на приборе типа ИПДП проводят его частотную градуировку.

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Относительную диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  и тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  резонансным методом измеряют при помощи измерителя добротности, а также приборов типов ИПДП, КР-500 и Ш2-4.

5.1.1. Измерения при помощи измерителя добротности выполняют в последовательности, приведенной ниже:

устанавливают рабочую частоту измерителя добротности;

помещают образец диэлектрика в измерительную ячейку приставки ВР 4090;

настраивают прибор в резонанс по максимальному отклонению стрелки индикатора;

снимают показания по отсчетному устройству приставки  $d_1$ , по шкале измерительного конденсатора  $C$  и по шкале измерителя добротности  $Q_1$ ;

вынимают образец и настраивают прибор в резонанс изменением положения подвижного электрода измерительной ячейки;

снимают показания по отсчетному устройству измерительной ячейки  $d_2$  и по шкале измерителя добротности  $Q_2$ .

5.1.2. Измерение при помощи прибора типа ИПДП выполняют в последовательности, приведенной ниже:

устанавливают рабочую частоту генератора при помощи частотомера;

помещают образец диэлектрика в резонатор и настраивают его на рабочую частоту по максимальному отклонению стрелки индикатора;

по отсчетным устройствам снимают показания, соответствующие положению максимума  $d_1$  и ширине резонансной кривой  $I_1—I_2$  на уровне  $1/2$  от показания индикатора при резонансе. Положение максимума определяют методом «вилки»;

вынимают образец и настраивают резонатор по максимальному отклонению стрелки индикатора;

по отсчетным устройствам снимают показания, соответствующие положению максимума  $d_1$  и ширине резонансной кривой  $I_1—I_2$  на уровне  $1/2$  от показания индикатора при резонансе. Положение максимума определяют методом «вилки».

5.1.3. Измерение при помощи прибора типа КР-500 выполняют в последовательности, приведенной ниже:

настраивают прибор в резонанс по максимальному отклонению стрелки индикатора изменением частоты генератора и снимают показания частотомера, соответствующие максимальному отклонению стрелки индикатора  $f_{2\text{рез}}$  и ширине резонансной кривой на уровне  $1/5$  от показания индикатора при резонансе  $\Delta f_2$ ;

помещают в резонатор образец, повторяют операции, перечисленные выше, снимают показания  $f_{1\text{рез}}$  и  $\Delta f_1$ .



5.1.4. Измерение при помощи прибора типа Ш2-4 выполняют в последовательности, приведенной ниже:

определяют электрическую длину  $L$ , добротность резонатора  $Q_{2x}$ , положение максимума  $\alpha_2$  и ширину  $\Delta I_2$  резонансной кривой пустого резонатора;

помещают образец диэлектрика в резонатор и снимают показания, соответствующие положению максимума  $\alpha_1$  и ширине  $\Delta I_1$  резонансной кривой на уровне  $1/2$  от показания индикатора при резонансе.

5.2. Относительную диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  и тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  методом измерений в линиях передач определяют в последовательности, приведенной ниже:

помещают образец диэлектрика в измерительную ячейку ДП и присоединяют ее к измерительной линии;

определяют значение коэффициента стоячей волны запряжения и смещение минимума кривой распределения напряжения  $X_K$ ; помещают образец диэлектрика в измерительную ячейку ДП на расстоянии  $\lambda/4$  от короткозамыкателя и присоединяют ячейку к измерительной линии;

определяют значение коэффициента стоячей волны напряжения  $K_{свК}$  и смещение минимума кривой распределения напряжения вдоль линии  $X_x$ .

## 6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Измерение при помощи измерителя добротности

6.1.1. Диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  для образцов диаметром, равным диаметру электродов, определяют по формуле

$$\epsilon = \frac{h}{(h-d_1+d_2) - \eta d_2(d_1-h)} (1 + \eta d_2), \quad (1)$$

$$\eta = \frac{1}{\pi r} \left( \ln \frac{d_1^2(0,5+d_2)}{d_2^2(0,5+d_1)} - \frac{0,5}{d_2} \ln \frac{0,5+d_2}{0,5} - \frac{0,5}{d_1} \ln \frac{0,5+d_1}{0,5} \right),$$

где  $h$  — толщина образца диэлектрика, см;

$r$  — радиус образца, см;

$d_1, d_2$  — расстояние между электродами измерительной ячейки с образцом и без него, см.

6.1.2. Тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  для образцов, равных по диаметру электродам, вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{(Q_2 - Q_1)(C + 1,3)bd_2}{17,36Q_1 \cdot Q_2}, \quad (2)$$

где

$$b = (1 - \omega^2 L_{cd} C)^2$$

$Q_1, Q_2$  — добротность резонансной системы с образцом и без него,  
 $C$  — резонансное значение емкости, считываемое по шкале измерителя добротности, пФ,

$\omega$  — круговая частота, Гц,

$L_{cd}$  — индуктивность электродов конденсатора, Гн.

### 6.2. Измерение при помощи прибора типа ИПДП

6.2.1. Диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  для образцов, равных по диаметру электродам, в случае выполнения условия квазистационарности  $\beta r \sqrt{\epsilon} < 0,24$  определяют по формуле (1). При несоблюдении условия квазистационарности  $\beta r \sqrt{\epsilon} > 0,24$  диэлектрическую проницаемость определяют по формуле

$$\epsilon = \frac{4}{(\beta r)^2} \left[ 1 + \frac{\beta r h J_1(\beta r)}{2J_0(\beta r)(h-d_1+d_2)} - \sqrt{1 + \left( \frac{\beta r h J_1(\beta r)}{2J_0(\beta r)(h-d_1+d_2)} \right)^2} \right], \quad (3)$$

где  $\beta$  — фазовая постоянная, рад/см,

$J_0(\beta r)$ ,  $J_1(\beta r)$  — функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядков.

6.2.2. Тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \left( 1 + \epsilon \frac{d_1 - h}{h} \right) \frac{\Delta f_1 - \Delta f_2}{f_{\text{рез}}}, \quad (4)$$

где  $f_{\text{рез}}$  — резонансная частота резонатора с образцом, Гц.

$\Delta f_1 = f_1 - f_2$ ,  $\Delta f_2 = f_1' - f_2'$  — ширина резонансной кривой резонатора с образцом и без него, Гц.

Значения  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_1'$  и  $f_2'$  определяют по измеренным значениям  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_1'$ ,  $l_2'$  при помощи градуировочных таблиц.

### 6.3. Измерение при помощи прибора типа КР-500

6.3.1. Диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  для образцов диаметром, равным диаметру стержня резонатора, вычисляют по формуле

$$\epsilon = \frac{1}{2\pi f_{\text{рез}} \rho C_0 \operatorname{tg} \tau_{01}} - \frac{C_n}{C_0}, \quad (5)$$

где

$$\rho = 138 \lg D_n / D,$$

$$C_0 = 1,11 D^2 / 16h; \quad C_n = \frac{1}{2\pi f_{\text{рез}} \rho \operatorname{tg} \tau_{02}} - C_0,$$

$$\tau_{01} = \frac{\pi f_{\text{рез}} L}{1,5 \cdot 10^{10}}, \quad \tau_{02} = \frac{\pi f_{\text{рез}} L}{1,5 \cdot 10^{10}}.$$

$D$ ,  $D_n$  — диаметры внутреннего и внешнего электродов резонатора, см,

$L$  — длина резонатора, см,

$f_{\text{рез}}$  — резонансная частота пустого резонатора, Гц,

6.3.2. Тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \phi \chi \left( \frac{1}{Q_1} - \frac{1}{Q_2} \right), \quad (6)$$

где

$$\psi = \frac{2\pi f_{1\text{рез}} \frac{\tau_{01}}{2} \left( 1 + \frac{\sin 2\tau_{01}}{2\tau_{01}} \right) \rho}{\cos^2 \tau_{01}},$$

$$\chi = \frac{(\varepsilon C_0 + C_n)^2}{\varepsilon C_0},$$

$$Q_1 = \frac{2f_{1\text{рез}}}{\Delta f_1}, \quad Q_2 = \frac{2f_{2\text{рез}}}{\Delta f_2},$$

$\Delta f_1$ ,  $\Delta f_2$  — ширина резонансной кривой резонатора с образцом и без него, измеренная частотомером, Гц.

6.4. При использовании образцов диаметром, меньшим диаметра электродов или стержня резонатора, диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon$  и тангенс угла диэлектрических потерь  $\text{tg} \delta$  вычисляют по формулам

$$\varepsilon = 1 + \left( \frac{D}{D_{\text{обр}}} \right)^2 (\varepsilon_1 - 1). \quad (7)$$

$$\text{tg} \delta = \text{tg} \delta_1 + \frac{\text{tg} \delta_1}{\varepsilon} \left[ \left( \frac{D}{D_{\text{обр}}} \right)^2 - 1 \right], \quad (8)$$

где  $\varepsilon_1$ ,  $\text{tg} \delta_1$  — значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, рассчитанные по формулам (1), (3) и (5) исходя из предположения, что диаметр образца равен диаметру электродов или стержня резонатора.

$D_{\text{обр}}$  — диаметр образца, см

$D$  — диаметр электродов измерительной ячейки и внутреннего электрода тороидального и коаксиального резонаторов, см.

6.5. Измерение при помощи прибора типа Ш2-4

6.5.1. Если образец электрически тонкий, т. е. выполняется условие  $\beta h \sqrt{\varepsilon} < 0,3$ , то диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon$  определяют по формуле

$$\varepsilon = \Delta L_x / h + 1, \quad (9)$$

а тангенс угла диэлектрических потерь  $\text{tg} \delta$  по формуле

$$\text{tg} \delta = \frac{L_x}{2he} \left( \frac{1}{Q_{1x}} - \frac{1}{Q_{2x}} \right). \quad (10)$$

где  $L_x$  — длина резонатора в режиме холостого хода, см,

$\Delta L_x = a_2 - a_1$  — смещение максимума резонансной кривой в режиме холостого хода, см,

$a_1$ ,  $a_2$  — положение максимума резонансной кривой в резонаторе с образцом и без него, см,

$Q_{1x}$ ,  $Q_{2x}$  — добротность резонатора с образцом и без него в режиме холостого хода.

6.5.2. Если электрическую толщину образца определяют при условии  $\beta h \sqrt{\varepsilon} > 0,3$ , то параметры образца материала определяют из выражения

$$\beta h \sqrt{\varepsilon} \text{tg} \beta h \sqrt{\varepsilon} = \beta h \text{tg} \beta (\Delta L_x + h), \quad (11)$$

Левую часть выражения рассматривают как табличную функцию  $x \operatorname{tg} x$ . Зная правую часть выражения (12), по таблицам функций находят  $x = \beta h \sqrt{\epsilon}$ .

Диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  определяют по формуле

$$\epsilon = (x/\beta h)^2, \quad (12)$$

а тангенс угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta l_1 - \Delta l_2}{2h\epsilon} \quad (13)$$

где  $\Delta l_1, \Delta l_2$  — ширина резонансной кривой резонатора с образцом и без него, см.

6.6. Измерение при помощи измерительной линии

6.6.1. Диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  вычисляют по формуле

$$\epsilon = \frac{(K_{ckVx}^2 - 1)(K_{ckVk}^2 - 1) \operatorname{tg} \beta X_x \operatorname{tg} \beta X_k + K_{ckVk} K_{ckVx} (1 + (1 + K_{ckVx}^2 \operatorname{tg}^2 \beta X_x)(1 + \operatorname{tg}^2 \beta X_k)(1 + \operatorname{tg}^2 \beta X_k) + K_{ckVk}^2 \operatorname{tg}^2 \beta X_k)}{+ K_{ckVk}^2 \operatorname{tg}^2 \beta X_k} \quad (14)$$

где  $K_{ckVk}, K_{ckVx}$  — коэффициент стоячей волны напряжения в режиме короткого замыкания и холостого хода,

$X_k, X_x$  — смещение максимума кривой напряжения в режиме короткого замыкания и холостого хода, см.

6.6.2. Тангенс угла диэлектрических потерь вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1(K_{ckVx}^2 - 1) \operatorname{tg} \beta X_x (1 + \operatorname{tg}^2 \beta X_k) K_{ckVk} + (K_{ckVk}^2 - 1) \operatorname{tg} \beta X_k (1 + \operatorname{tg}^2 \beta X_x) K_{ckVx}}{\epsilon (1 - K_{ckVx}^2 \operatorname{tg}^2 \beta X_x) (1 - \operatorname{tg}^2 \beta X_k) K_{ckVx} - K_{ckVk}^2 \operatorname{tg}^2 \beta X_k} \quad (15)$$

6.7. Диэлектрическую проницаемость и тангенс угла потерь исследуемых образцов определяют как среднее арифметическое результатов трех измерений.

6.8. Результаты измерений оформляют протоколом, в котором указывают, полученные значения диэлектрических параметров образцов, доверительные погрешности определения результатов, геометрические размеры образцов, используемые средства измерений и их технические характеристики.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
Справочное

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ,  
ИСПОЛЗУЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ПРОНИЦАЕМОСТИ И ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

| Средства измерений   | Диапазон рабочих частот, ГГц | Пределы измерений |  | Доверительная погрешность не более, % |   |
|--|------------------------------|-------------------|--|---------------------------------------|---|
|  |                              | $\epsilon$        | $\operatorname{tg} \delta$             | $\delta\epsilon$                      | $\delta\operatorname{tg}\delta$                                       |
| Измеритель параметров диэлектриков типа Ш2-4   | 0,2÷1                        | 2÷20              | $5 \cdot 10^{-4} \div 1$               | $\pm(2\div 4)$                        | $\left(10 + \frac{0,05}{\operatorname{tg}\delta}\right)$<br>$P=0,99$  |
| Измеритель параметров диэлектрических материалов типа ИПДП                             | 0,2÷1                        | 2÷20              | $1 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-2}$ | $\pm(1\div 2)$                        | $\left(20 + \frac{0,005}{\operatorname{tg}\delta}\right)$<br>$P=0,98$ |
| Измерительный четвертьволновый коаксиальный резонатор типа КР-500                      | 0,4÷0,55                     | 1÷4               | $1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-2}$ | $\pm 2$                               | $\left(15 + \frac{0,005}{\operatorname{tg}\delta}\right)$             |
| Измеритель добротности типов ВМ 409G, ВМ 409E с приставкой типа ВР 4090                | 0,02÷0,3                     | 1÷40              | $1 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-1}$ | $\pm 4$                               | $10\% + 1,5 \cdot 10^{-4}$  |
| Измерительная линия типов Р1—17, РА—5А, Р1—6А с измерительной ячейкой ДП (Д 5.187.004) | 0,5÷3                        | 2÷10              | $1 \cdot 10^{-3} \div 1$               | $\pm 3$                               | $15 + \frac{0,005}{\operatorname{tg}\delta}$                          |

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

|   |  |
|---|--|
| Генератор стандартных сигналов типов Г4—76А, Г4—107А: | $f=0,4 \div 1,2$ ГГц, $f=0,125 \div 0,4$ ГГц<br>мощность генератора не менее 0,5 Вт, нестабильность выходной мощности не более $4 \cdot 10^{-5}$ ; |
| Микровольтметр типа Ф116/1,2:                         | пределы измерения по току: $0,015 \div 7,5$ мкА, по напряжению $1,5 \div 750$ мкВ;   |
| Частотомер типа ЧЗ—54 с блоком ЯЗЧ—72                 | $f=0,1 \div 1$ ГГц, нестабильность частоты не хуже $2 \cdot 10^{-7}$ ;   |
| Фильтр нижних частот типа ФНЧ (ЕЭ0.206.003)           | $f=0,28; 0,55; 0,83; 1,25$ ГГц максимальный вносимый $K_{скVк}$ не более 1,5;  |
| Аттенюатор типа Д2-13                                 | $f=0,1 \div 1$ ГГц пределы измерений ослабления 1,5—30 дБ;   |
| Детекторные диоды СВЧ ДК-В1, ДК-В4                    | чувствительность по току не хуже 0,8 А/Вт;   |
| Вертикальный проекционный оптиметр типа ИВК-3         | цена деления шкалы 0,001 мм погрешность показаний на любом участке шкалы свыше $\pm 0,06$ мм $\pm 0,0003$ мм                                       |

Редактор *А. Л. Владимиров*  
Технический редактор *В. Ю. Смирнова*  
Корректор *О. В. Тучанская*

---

Сдано в набор 03.07.79 Подп. в печ. 18.09.79 1,0 п. л. 0,85 уч.-изд. л. Доп. тираж 15000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, Новопресненский пер., 3  
Калужская типография стандартов, ул. Московская 256. Зак. 1805

### ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ

| Величина                         | Единица      |             |               |
|----------------------------------|--------------|-------------|---------------|
|                                  | Наименование | Обозначение |               |
|                                  |              | русское     | международное |
| ДЛИНА                            | метр         | м           | m             |
| МАССА                            | килограмм    | кг          | kg            |
| ВРЕМЯ                            | секунда      | с           | s             |
| СИЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА         | ампер        | А           | A             |
| ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ<br>ТЕМПЕРАТУРА | кельвин      | К           | K             |
| КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА              | моль         | моль        | mol           |
| СИЛА СВЕТА                       | кандела      | кд          | cd            |
| <b>ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ</b> |              |             |               |
| Плоский угол                     | радиан       | рад         | rad           |
| Телесный угол                    | стерадиан    | ср          | sr            |

### ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ, ИМЕЮЩИЕ СОБСТВЕННЫЕ НАИМЕНОВАНИЯ

| Величина   | Единица      |             | Выражение производной единицы |  |
|--|--------------|-------------|-------------------------------|--|
|  | наименование | обозначение | через другие единицы СИ       | через основные единицы СИ                  |
| Частота  | герц         | Гц          | —                             | $c^{-1}$                                   |
| Сила   | ньютон       | Н           | —                             | $м \cdot кг \cdot c^{-2}$                  |
| Давление   | паскаль      | Па          | $Н / м^2$                     | $м^{-1} \cdot кг \cdot c^{-2}$             |
| Энергия, работа, количество теплоты                  | джоуль       | Дж          | $Н \cdot м$                   | $м^2 \cdot кг \cdot c^{-2}$                |
| Мощность, поток энергии                              | ватт         | Вт          | $Дж / с$                      | $м^2 \cdot кг \cdot c^{-3}$                |
| Количество электричества,<br>электрический заряд     | кулон        | Кл          | $А \cdot c$                   | $c \cdot А$                                |
| Электрическое напряжение,<br>электрический потенциал | вольт        | В           | $Вт / А$                      | $м^2 \cdot кг \cdot c^{-3} \cdot А^{-1}$   |
| Электрическая емкость                                | фарада       | Ф           | $Кл / В$                      | $м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot c^4 \cdot А^2$ |
| Электрическое сопротивление                          | ом           | Ом          | $В / А$                       | $м^2 \cdot кг \cdot c^{-3} \cdot А^{-2}$   |
| Электрическая проводимость                           | сименс       | См          | $А / В$                       | $м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot c^3 \cdot А^2$ |
| Поток магнитной индукции                             | вебер        | Вб          | $В \cdot c$                   | $м^2 \cdot кг \cdot c^{-2} \cdot А^{-1}$   |
| Магнитная индукция                                   | тесла        | Тл          | $Вб / м^2$                    | $кг \cdot c^{-2} \cdot А^{-1}$             |
| Индуктивность  | генри        | Гн          | $Вб / А$                      | $м^2 \cdot кг \cdot c^{-2} \cdot А^{-2}$   |
| Световой поток                                       | люмен        | лм          | —                             | кд · ср                                    |
| Освещенность   | люкс         | лк          | —                             | $м^{-2} \cdot кд \cdot ср$                 |
| Активность нуклида                                   | беккерель    | Бк          | —                             | $c^{-1}$                                   |
| Доза излучения                                       | грэй         | Гр          | —                             | $м^2 \cdot c^{-2}$                         |

\* В эти два выражения входит, наравне с основными единицами СИ, дополнительная единица—стерадиан