

ГОСТ 18986.19—73

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

---

# ВАРИКАПЫ

## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ

Издание официальное

БЗ 1—2001

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ  
Москва

---

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й     С Т А Н Д А Р Т**


---

**ВАРИКАПЫ****Метод измерения добротности**

Variable capacitance diodes.  
Method for measuring the quality factor.

**ГОСТ**  
**18986.19—73**

**Взамен**  
**ГОСТ 14094—68**

МКС 31.080.10

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 12 июля 1973 г. № 1693 дата введения установлена

**01.01.75**

Ограничение срока действия снято по протоколу № 2—92 Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 2—93)

Настоящий стандарт распространяется на варикапы емкостью более 4 пФ в диапазоне частот 0,25—1000 МГц и устанавливает два метода измерения добротности варикапов.

Второй метод допускается применять при аттестации контрольных образцов варикапов или мер емкостной добротности.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3199—81 в части метода измерения добротности.

Общие условия при измерении должны соответствовать требованиям ГОСТ 18986.0—74 и настоящего стандарта. Требования настоящего стандарта являются обязательными.

**(Измененная редакция, Изм. № 2, 3).**

**1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

1.1. **(Исключен, Изм. № 2).**

1.2. Измерение добротности варикапов проводится при фиксированной емкости либо при фиксированном напряжении смещения, значения которых указывают в технических условиях на варикапы конкретных видов.

**(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

1.3. **(Исключен, Изм. № 3).**

1.4. Измерение добротности проводят в режиме малого сигнала, если при измерении добротности постоянное напряжение на варикапе не более 4 В, переменное напряжение высокой частоты на варикапе не должно превышать 100 мВ<sub>эф</sub>; если при измерении добротности постоянное напряжение на варикапе более 4В, переменное напряжение высокой частоты на варикапе  $U_M$  в мВ<sub>эф</sub>

$$U_M = (70 \text{ мВ} + 0,015 U_c), \quad (1)$$

где  $U_c$  — напряжение смещения при измерении добротности варикапов измеряемого типа, установленное в ТУ.

**(Измененная редакция, Изм. № 3).**

1.5. При измерении добротности варикапов при фиксированном смещении напряжение смещения должно устанавливаться с погрешностью в пределах  $\pm 3 \%$ .

---

**Издание официальное**
**Перепечатка воспрещена**

★

Издание (май 2004 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в феврале 1979 г., июне 1982., феврале 1991 г. (ИУС 4—79, 9—82, 5—91).

© Издательство стандартов, 1973  
© ИПК Издательство стандартов, 2004

При измерении добротности варикапов при фиксированной емкости требования к погрешности установки напряжения смещения не нормируются. Нестабильность напряжения смещения за время измерения добротности варикапа и пульсация напряжения смещения не должны превышать 10 % амплитуды напряжения высокой частоты на варикапе.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

1.6. Добротность ненагруженного контура  $Q_c$  (резонансной системы), к которому подключаются измеряемый варикап, должна быть, по возможности, близка к значению добротности измеряемого варикапа  $Q_c$  или больше ее, при этом допускается применение схем компенсации потерь в контуре.

**(Измененная редакция, Изм. № 3).**

1.7, 1.8. **(Исключены, Изм. № 3).**

1.9. Значение индуктивности  $\Delta L$  выводов держателя варикапов до потенциальных контактов переменного конденсатора при измерении добротности методом, изложенным в разд. 2, должна удовлетворять условию

$$\Delta L < \frac{0,03}{(2\pi f)^2 C_v}, \quad (2)$$

где  $C_v$  — емкость варикапа.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.10. Погрешность градуировки шкалы отсчета емкости измерителя при измерении добротности методом, изложенным в разд. 2, должна быть не более 3 %.

1.11. Относительная погрешность отчета частоты при измерении добротности методом, изложенным в разд. 3, должно быть не более  $10^{-6}$  за время измерения.

1.12. Нестабильность частоты генератора измерителя добротности должна быть не более  $10^{-6}$  за время измерения. Погрешность установления частоты измерения должна быть в пределах  $\pm 1$  %.

1.10—1.12. **(Измененная редакция, Изм. № 3).**

1.13. Нестабильность амплитуды генератора высокой частоты должна быть не более 1 % между калибровками по пп. 2.3.1 или 2.3.2.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

## 2. МЕТОД 1

### 2.1а. Принцип измерения

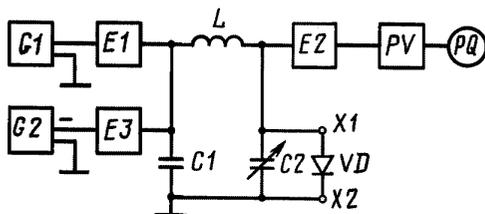
Метод основан на определении добротностей контура с варикапом и без него при настройке контура в резонанс путем изменения емкости контура или варикапа. Измерения проводят на фиксированной частоте, значение которой должно быть указано в стандартах или ТУ на варикапы конкретных типов.

**(Введен дополнительно, Изм. № 3).**

2.1. **(Исключен, Изм. № 1).**

2.2. **Подготовка к измерению**

2.2.1. Принципиальная электрическая схема измерения добротности должна соответствовать указанной на черт. 1.



$G1$  — генератор высокой частоты;  $G2$  — источник напряжения смещения;  $E1, E2$  — элементы связи;  $E3$  — элемент развязки;  $C1$  — конденсатор;  $L$  — индуктивность контура;  $C2$  — емкость контура;  $PV$  — селективный усилитель;  $PQ$  — измерительный прибор;  $VD$  — измеряемый варикап;  $X1, X2$  — контакты подключения варикапа, воздушного конденсатора или меры емкостной добротности

Черт. 1

2.2.2. Параметры элемента связи  $E1$  между генератором высокой частоты  $G1$  и контуром  $L$ ,  $C2$ ,  $C1$  должны быть такими, чтобы при уменьшении добротности контура в три раза напряжение на элементе связи изменялось не более 2 %.

2.2.3. Параметры элемента связи  $E2$  между контуром и селективным усилителем  $PV$  должны быть такими, чтобы при отключении элементов  $L$  и  $C2$  стрелка прибора  $PQ$  отклонилась не более чем на 1 % шкалы, а при удалении элемента связи  $E2$  напряжение на контуре не должно изменяться более чем на 2 %.

2.2.1—2.2.3. **(Измененная редакция, Изм. № 2, 3).**

2.2.4. Емкость конденсатора  $C1$  должна быть такой, чтобы выполнялось условие

$$C1 > 200 C2, \quad (3)$$

где  $C2$  — значение резонансной емкости контура при отключенном варикапе.

**(Измененная редакция, Изм. № 3).**

2.2.5. Параметры элемента развязки  $E3$  по высокой частоте должны быть такими, чтобы выполнялось условие

$$|Z| > \frac{100}{2\pi f C1}, \quad (4)$$

где  $|Z|$  — модуль выходного полного сопротивления со стороны контура  $L$ ,  $C2$ ,  $C1$ .

2.2.6. Элемент развязки  $E3$  должен пропускать обратный ток варикапа так, чтобы падение напряжения смещения на внутреннем сопротивлении  $E3$  составляло не более 0,5 % фиксированного напряжения смещения.

2.2.7. Параметры элементов связи  $E1$ ,  $E2$  по постоянному току должны быть такими, чтобы при изъятии варикапа из клемм  $X1$ ,  $X2$  напряжение смещения изменялось не более чем на 1 %.

2.2.5—2.2.7. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.2.8. Нелинейность амплитудной характеристики системы селективный усилитель — измерительный прибор должна быть в пределах  $\pm 2$  %.

2.2.9. Параметры контура: добротность  $Q_c$ , его полная резонансная и емкость  $C_c$  должны быть определены с погрешностью, соответствующей требованиям разд. 4.

2.2.10. Отношение  $Q_c/C_c$  определяют по формуле

$$\frac{Q_c}{C_c} = 2\pi f R \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_2}, \quad (5)$$

где  $f$  — частота измерения, Гц;

$R$  — резистор, подключаемый к клеммам  $X1$  и  $X2$ . Сопротивление резистора должно быть измерено на частоте  $f$  с погрешностью в пределах  $\pm 5$  %;

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — максимальное показание прибора  $PQ$  при настройке контура в резонанс без резистора и с резистором соответственно.

Сопротивление резистора  $R$  подбирают так, чтобы соблюдалось условие  $\alpha_2 \cong 0,5 \alpha_1$ .

Допускаются другие способы определения параметров  $Q_c$  и  $C_c$ , например, при помощи мер емкостной добротности, подключаемой к контактам  $X1$  и  $X2$  вместо резистора  $R$ . При этом должна обеспечиваться погрешность результата измерения, удовлетворяющая требованиям разд. 4.

2.2.8—2.2.10. **(Измененная редакция, Изм. № 3).**

2.2.11. Погрешность измерительного прибора  $PQ$  должна находиться в пределах  $\pm 1$  %.

2.2.12. Напряжение смещения на диоде должно быть установлено с погрешностью в пределах  $\pm 3$  %.

2.2.13. Допускается иметь иные требования к погрешности элементов схемы, если погрешность результата измерения удовлетворяет требованиям разд. 4.

2.2.11—2.2.13. **(Введены дополнительно, Изм. № 3).**

### 2.3. Проведение измерения и обработка результатов

2.3.1. Перед измерением проводят калибровку прибора  $PQ$ . Для этого настраивают контур переменным конденсатором  $C2$  в резонанс по максимальному отклонению стрелки прибора  $PQ$ . Регулируя усиление усилителя, устанавливают стрелку прибора  $PQ$  на конец шкалы. К клеммам  $X1$ ,  $X2$  подключают варикап и подают на него заданное напряжение смещения. Конденсатором  $C2$  вновь настраивают контур  $L$ ,  $C2$ ,  $VD$  в резонанс, при этом записывают показание прибора  $PQ$  —  $\alpha$ , выраженный в долях от максимального значения, принимаемого за единицу.

**(Измененная редакция, Изм. № 2, 3).**

## С. 4 ГОСТ 18986.19—73

2.3.2. В случае измерения добротности варикапа при фиксированной емкости калибровку прибора  $PQ$  проводят следующим образом: настраивают переменным конденсатором  $C2$  контур в резонанс по максимальному показанию прибора  $PQ$ . Регулируя усиление селективного вольтметра, устанавливают показание прибора  $PQ$  на максимальное значение его шкалы. Устанавливают по шкале переменного конденсатора заданное значение емкости варикапа. Изменяя напряжение смещения на варикапе, настраивают контур  $L$ ,  $C2$ ,  $VD$  в резонанс, при этом отсчитывают показания прибора  $PQ$  —  $\alpha$ , выраженное в долях от максимального показания шкалы прибора  $PQ$ , принимаемого за единицу.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2.3.3. Добротность варикапа  $Q$  вычисляют по формуле

$$Q = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot \frac{Q_c}{C_0} \cdot C_B, \quad (6)$$

где  $C_B$  — емкость варикапа.

Допускается проводить вычисление добротности при помощи номограммы или других вычислительных средств измерений.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2, 3).

## 3. МЕТОД 2

### 3.1. Принцип измерения

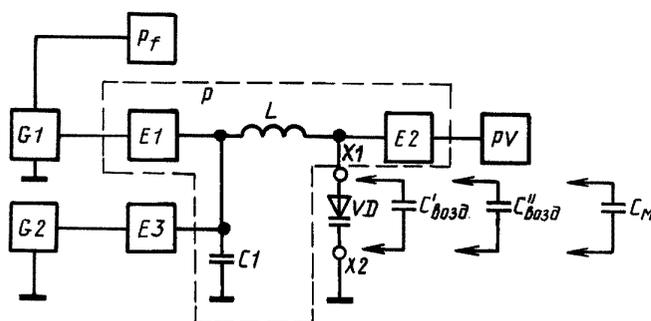
Метод основан на определении добротностей контура с варикапом и с высокодобротным конденсатором, емкость которого равна емкости варикапа, по резонансной частоте и полосе пропускания контура, путем измерения расстройки частоты сигнала, при которой ток в контуре (или напряжение на нем) уменьшается до уровня 0,707 своего резонансного значения. Измерение добротности варикапа осуществляется при фиксированном значении емкости варикапа, указанной в стандартах или ТУ на варикапы конкретных типов.

### 3.2. Требования к аппаратуре

Аппаратура — в соответствии с требованиями разд. 1.

### 3.3. Подготовка к измерению

3.3.1. Принципиальная электрическая схема измерения добротности должна соответствовать указанной на черт. 2.



$G_1$  — генератор с перестраиваемой частотой;  $E_1$ ,  $E_2$  — элементы связи по высокой частоте;  $Pf$  — частотомер;  $G_2$  — источник постоянного напряжения;  $L$  — индуктивность контура;  $X_1$ ,  $X_2$  — контакты для подключения варикапа  $VD$ , воздушных конденсаторов  $C'_{\text{возд}}$ ,  $C''_{\text{возд}}$  или меры емкостной добротности  $C_M$ ;  $PV$  — высокочастотный вольтметр;  $P$  — резонатор

Черт. 2

3.3.2. Измерительный контур образуется индуктивностью  $L$ , емкостью варикапа  $C_B$  или емкостью воздушного конденсатора  $C_{\text{возд}}$ , или емкостью меры  $C_M$ . Контур может быть выполнен в виде резонатора и его резонансная частота  $f_p$  совместно с варикапом или подключаемыми конденсаторами  $C_{\text{возд}}$  должна соответствовать частоте, при которой измеряют добротность варикапов, указанной в НТД на варикапы, с погрешностью  $\pm 1\%$ .

При измерении добротности меры источник напряжения  $G2$ , элемент  $E3$  и конденсатор  $C1$  могут отсутствовать.

3.3.3. Требования к параметрам элементов связи  $E1$  и  $E2$  аналогичны требованиям пп. 2.2.2, 2.2.3 и 2.2.7.

3.3.4. Емкость конденсатора  $C1$  должна быть такой, чтобы выполнялось условие

$$C1 > 200 C_c, \quad (7)$$

где  $C_c$  — полная емкость контура, с которой индуктивность образует резонанс на заданной частоте при подключении варикапа.

3.3.5. Модуль полного сопротивления элемента развязки  $E3$  на резонансной частоте контура должен удовлетворять требованию:

$$|Z| \geq \frac{100}{2\pi f C1}. \quad (8)$$

Элемент развязки  $E3$  должен пропускать обратный ток варикапа так, чтобы падение напряжения на сопротивлении элемента  $E3$  составляло не более 20 % напряжения смещения на варикапе.

3.3.6. Нелинейность амплитудной характеристики усилителя в диапазоне измерений от 1 до уровня 0,707 должна быть не более 1 %. Допускается использование цепей фиксации уровня 0,707 и компаратора для отсчета полосы частот с повышенной точностью.

3.3.7. Емкость воздушного конденсатора  $C_{\text{возд}}$  и меры  $C_m$  не должна отличаться от заданной емкости варикапа  $C_v$ , при которой измеряется его добротность, более чем на 1 %. Емкостная добротность воздушного конденсатора должна быть существенно выше добротности варикапа.

3.3.8. Конденсатор  $C''_{\text{возд}}$  должен иметь емкость, отличающуюся от емкости конденсатора  $C'_{\text{возд}}$  на 20 %—25 %. Емкость конденсатора  $C''_{\text{возд}}$  должна быть предварительно измерена с погрешностью в пределах  $\pm 1$  %.

3.3.9. Частотомер  $Pf$  должен обеспечивать возможность измерения частоты генератора  $G1$  с относительной погрешностью не более  $10^{-6}$ .

3.3.10. Измерение параметров контура  $Q_c$  и  $C_c$  должно быть выполнено следующим образом.

3.3.10.1. Для определения добротности контура между контактами  $X1$  и  $X2$  устанавливают конденсатор  $C'_{\text{возд}}$ , настраивают изменением частоты генератора  $G1$  контур в резонанс по максимуму показаний прибора  $PV$  и отсчитывают это показание  $\alpha_1$ , которое (для стрелочного прибора) должно быть, по возможности, ближе к концу шкалы. Изменением частоты генератора  $G1$  определяют нижнее и верхнее значения частот  $f_1$  и  $f_2$ , при которых показания прибора  $PV$  соответствуют значению  $0,707\alpha_1$ , значения  $f_1$  и  $f_2$  отсчитывают по частотомеру  $Pf$ .

Добротность контура  $Q_c$  определяют по формуле

$$Q_c = \frac{f_p}{f_2 - f_1}, \quad (9)$$

3.3.10.2. Для определения емкости контура  $C_c$  между контактами  $X1$  и  $X2$  включается конденсатор  $C''_{\text{возд}}$  (при отключенном конденсаторе  $C'_{\text{возд}}$ ) и изменением частоты генератора  $G1$  контур настраивают в резонанс. Резонансная частота  $f_3$  отсчитывается по частотомеру  $Pf$ .

Емкость контура  $C_c$  на резонансной частоте  $f_p$  определяют по формуле

$$C_c = \frac{C'_{\text{возд}} - C''_{\text{возд}}}{\left(\frac{f_p}{f_3}\right)^2 - 1}. \quad (10)$$

Емкость контура можно определять и другим способом. Между контактами  $X1$  и  $X2$  включают варикап  $VD$ , для которого известны два значения емкости с соответствующими значениями напряжения смещения. На варикапе устанавливают сначала первое значение емкости  $C'_v$  и изменением частоты генератора настраивают контур в резонанс на частоту  $f'_1$ , а затем устанавливают второе значение емкости варикапа  $C''_v$  и настраивают контур в резонанс на частоту  $f'_2$ .

Емкость контура  $C_c$  на резонансной частоте  $f_p$  определяют по формуле

$$C_c = \frac{C'_B - C''_B}{\left(\frac{f'_1}{f'_2}\right)^2 - 1}. \quad (11)$$

### 3.4. Проведение измерений и обработка результатов

3.4.1. К контактам  $X1$  и  $X2$  подключают измеряемый варикап или меру добротности. На выходе генератора  $G1$  по частотомеру  $Pf$  устанавливают частоту  $f_{п1}$ . Изменением напряжения источника смещения  $G2$  контур настраивают в резонанс по максимуму показаний прибора  $PV \alpha_2$ . Изменением частоты генератора  $G1$  определяют по частотомеру  $Pf$  значения нижней и верхней частот  $f''_1, f''_2$ , при которых показание прибора  $PV$  соответствует значению  $0,707 \alpha_2$ .

3.4.2. Добротность варикапа или меры добротности определяют по формуле

$$Q_B = Q_c \frac{C_B}{C_c} \cdot \frac{1}{\frac{Q_c (f''_2 - f''_1)}{f_p} - 1}. \quad (12)$$

Разд. 3. (Введен дополнительно, Изм. № 3).

## 4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Погрешность измерения добротности варикапов по методу 1 должна быть в пределах  $\pm 15 \%$  с установленной вероятностью  $P = 0,95$ .

4.2. Погрешность измерения добротности варикапов по методу 2 должна быть в пределах  $\pm 10 \%$  с установленной вероятностью  $P = 0,95$ .

4.3. Погрешность измерения контрольных образцов варикапов и мер емкостной добротности оценивается индивидуально при их метрологической аттестации.

Пример расчета погрешности измерения приведен в приложении.

Разд. 4. (Введен дополнительно, Изм. № 3).

**РАСЧЕТ**  
**погрешности измерения добротности**  
**по методу 1**

Интервал, в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерений, определяют по формуле

$$\delta Q_B = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta Q_C}{K_H}\right)^2 + \left(1 + \frac{Q_B^2 Q_C^2}{Q_C^2 C_B^2}\right) \left(\frac{\delta A}{K_P}\right)^2 + 2n \left(\frac{\delta C_B}{K_H}\right)^2 + \left(\frac{\delta C_C}{K_H}\right)^2},$$

где  $\delta Q_C$  — составляющая погрешности определения добротности контура;

$\delta C_B$  — составляющая погрешности определения емкости варикапа;

$\delta C_C$  — составляющая погрешности определения емкости контура;

$\delta A$  — составляющая погрешности определения отношения эквивалентной добротности контура с варикапом к добротности измерительного контура;

$n$  — коэффициент влияния напряжения смещения на определение емкости варикапа.

Так как суммарная погрешность измерения складывается из большого числа составляющих, а доминирующая составляющая погрешности  $\delta Q_C$  распределена по нормальному закону, принимаем распределение суммарной погрешности нормальным.

Подставляем в формулу значения  $\delta Q_C = 7\%$ ,  $\delta A = 2,5\%$ ,  $\delta C_C = 3\%$ ,  $\delta C_B = 3\%$  для условий  $Q_B/Q_C = 1,2$ ,  $C_C/C_B = 2,5$ ,  $K_H = 3$ ,  $K_P = 1,73$ ,  $K = 1,96$ , получаем:

$$\delta Q_B = \pm 1,96 \sqrt{\left(\frac{7}{3}\right)^2 + (1 + 1,2^2 + 2,5^2) \left(\frac{2,5}{1,73}\right)^2 + 2 \cdot \frac{3}{2} \left(\frac{3}{3}\right)^2 + \left(\frac{3}{3}\right)^2} = \pm 11\% .$$

**РАСЧЕТ**  
**погрешности измерения добротности по методу 2**

Интервал, в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерений, определяют по формуле

$$\delta Q_B = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta f_p}{K_H}\right)^2 + a \left(\frac{\delta \alpha_2}{K_p}\right)^2 \cdot \left(1 + 2 \frac{Q_B}{Q_c} \cdot \frac{C_c}{C_B} + 2 \frac{Q_B^2 C_c^2}{Q_c^2 C_B^2}\right) + \left(\frac{\delta C_B}{K_H}\right)^2 + \frac{C_1^2 + C_2^2}{(C_1 - C_2)^2} \left(\frac{\delta C_c}{K_H}\right)^2},$$

где  $\delta f_p$  — составляющая погрешности определения резонансной частоты;

$\delta \alpha_2$  — погрешность отсчета уровня 0,707 от максимального напряжения на контуре при его настройке в резонанс.

Так как суммарная погрешность измерения складывается из большого числа составляющих, то принимаем распределение суммарной погрешности нормальным.

Подставляем в формулу значения  $\delta f_p = 1\%$ ,  $\delta \alpha_2 = 2\%$ ,  $\delta C_B = 1\%$ ,  $\delta C_c = 1\%$ ,  $Q_B/Q_c = 1,2$ ,  $C_c/C_B = 2,5$ ,  $a = \frac{1}{4}$ , получаем:

$$\delta Q_B = \pm 1,96 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{2}{1,73}\right)^2 (1 + 2 \cdot 1,2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 1,2^2 \cdot 2,5^2) + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \frac{1,2 + 1}{(1,2 - 1)^2} \left(\frac{1}{3}\right)^2} = \pm 7,8\%.$$

**ПРИЛОЖЕНИЕ. (Введено дополнительно, Изм. № 3).**

Редактор *В.Н. Копысов*  
Технический редактор *Н.С. Гришанова*  
Корректор *В.С. Черная*  
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 07.06.2004. Подписано в печать 08.07.2004. Усл.печ.л. 1,40. Уч.-изд.л. 0,75.  
Тираж 152 экз. С 2865. Зак. 626.

---

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.  
<http://www.standards.ru> e-mail: [info@standards.ru](mailto:info@standards.ru)

Набрано в Издательстве на ПЭВМ

Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.  
Плр № 080102