ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ

ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ ИММЕРСИОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ИЗДЕЛИЙ

ГОСТ 23276–78

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Государственным комитетом СССР по стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

Б. М. Степанов, д-р физ-мат. наук, проф. (руководитель темы); **В. М. Гинзбург**, д-р. техн. наук; **В. И. Сачков**, канд. техн. наук; **Э. Г. Семенов**; **В. П. Сдобырев**, канд. техн. наук

ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам

Член Госстандарта **Б. Д. Робустов**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 20 сентября 1978 г. № 2537

УДК 620.179.11:006.354 Группа Т59

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ

Голографический иммерсионный метод контроля формы изделий

ГОСТ 23276—78

The undestructive control.
The holographic immersion method to control the form of the goods

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 20 сентября 1978 г. № 2537 срок введения установлен

с 01.07 1979 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт устанавливает голографический иммерсионный метод контроля формы изделий с диффузно-отражающими поверхностями и способ определения размеров этих поверхностей и их отдельных элементов, а также основные требования к применяемым средствам и порядку подбора иммерсионных жидкостей.

Применение метода должно предусматриваться в стандартах и технических условиях, устанавливающих технические требования к изделиям.

1. СУЩНОСТЬ МЕТОДА

1.1. Сущность голографического иммерсионного метода заключается в получении с помощью голографирования интерференционных топограмм внешней поверхности изделий. Метод состоит в регистрации на фотопластинке двух голограмм изделия, помещенного в кювету с плоским прозрачным окном, заполняемую последовательно двумя иммерсионными жидкостями с разными показателями преломления. Так как направление освещения и направление наблюдения при этом методе совпадают, на полученных голограммах просматривается топограмма всей обращенной к наблюдателю стороны изделия.

1.2. Голографический иммерсионный метод позволяет контролировать изделия произвольной формы с размерами, вписываю-

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

© Издательство стандартов, 1978

щимися в куб размером 100×100×100 мм, с поверхностями, параметр шероховатости Rz которых находится в пределах от 10 до 80 мкм или параметр шероховатости Ra — в пределах от 0,32 до 2,5 мкм по ГОСТ 2789—73.

1.3. При использовании рекомендуемых в стандарте иммерсионных жидкостей метод позволяет получить топограммы с шагом интерференционных плоскостей от 10 до 1000 мкм.

1.4. Погрешность метода при использовании рекомендуемой аппаратуры и материалов не превышает 1% и может быть рассчитана по формуле

$$\frac{\delta K}{K} = \frac{2\delta n \cdot K}{\lambda}, \qquad (1)$$

где δK — абсолютная погрешность рассчитанного шага интерференционных плоскостей, мкм;

λ — длина волны излучения применяемого лазера, мкм;

K — шаг интерференционных плоскостей, мкм, равный

$$K = \frac{\lambda}{2\Delta n}; \qquad (2)$$

Δn — разность показателей преломления применяемых иммерсионных жидкостей;

δn — абсолютная погрешность измерения показателя преломления (или разности показателей преломления) иммерсионных жидкостей.

1.5. Минимальная глубина (высота) дефекта, который может быть обнаружен данным методом, определяется задаваемым шагом интерференционных плоскостей K и составляет $1K$. Минимальный поперечный размер дефекта равен 1,5 мм.

1.6. Термины, используемые в настоящем стандарте, и их определения приведены в справочном приложении 1.

2. АППАРАТУРА, МАТЕРИАЛЫ, РЕАКТИВЫ

2.1. Для контроля должна применяться голографическая антивибрационная установка типа УИГ-2М или интерферометрический стол типа СИН-1.

Допускается применять другие установки, обеспечивающие получение качественных голограмм.

2.2. В качестве источника света на установке должен применяться одномодовый лазер непрерывного действия мощностью не менее 40 мВт, например, гелий-неоновый лазер типа ЛГ-36А или ЛГ-38.

Лазер должен соответствовать всем требованиям технической документации на него, утвержденной в установленном порядке.

2.3. Для получения плоского волнового фронта должен использоваться коллиматор со световым диаметром не менее 130 мм, например, коллиматор от оптической скамьи типа ОСК-2.

2.4. Для измерения показателя преломления иммерсионных жидкостей (при задаваемом шаге интерференционных плоскостей K менее 100 мкм) должен применяться рефрактометр с погрешностью не более $5 \cdot 10^{-4}$, например, типа ИРФ-23.

Для измерения разности показателей преломления иммерсионных жидкостей (при задаваемом шаге интерференционных плоскостей K в диапазоне от 100 до 1000 мкм) должен применяться интерференционный рефрактометр типа ИТР с погрешностью не более $5 \cdot 10^{-6}$.

2.5. В качестве первой иммерсионной жидкости, заливаемой в кювету, применяют дистиллированную воду по ГОСТ 6709—72, имеющую показатель преломления для длины волны излучения гелий-неонового лазера и температуры 20°С $n_1 = 1{,}3337$.

2.6. В качестве второй иммерсионной жидкости применяют водный раствор NaCl, концентрацию которого подбирают экспериментально по показателю преломления n_2 в зависимости от задаваемого шага интерференционных плоскостей, секущих изделие.

Допускается применять другие иммерсионные жидкости, соответствующие требованиям, изложенным в справочном приложении 2.

2.7. Отклонения от плоскостности внутренней поверхности окна иммерсионной кюветы не должны превышать 0,1 мкм.

2.8. При получении голографических топограмм должны применяться фотопластинки размером 9×12 см, имеющие чувствительность не менее 0,01 ед. ГОСТ, сенсибилизированные к излучению применяемого лазера, с разрешением не менее 1000 линий на миллиметр, например, типа Микрат-ВРЛ.

2.9. Рекомендуемые к применению фотореактивы указаны в рекомендуемом приложении 3.

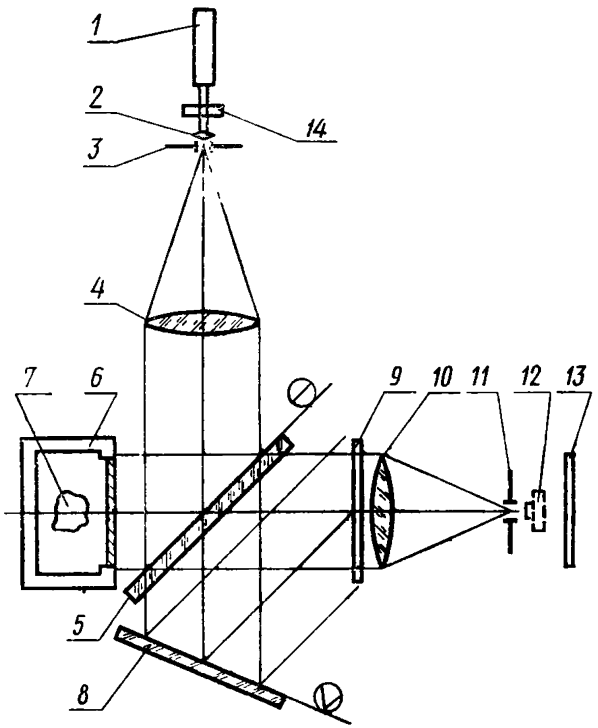
3. ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЮ

3.1. Перед голографическим контролем поверхность изделия должна быть очищена от загрязнений этиловым спиртом по ГОСТ 17299—71 и осушена хлопчатобумажной тканью.

3.2. Изделие закрепляют на оправе, изготовляемой для каждого конкретного изделия, и помещают с помощью приспособлений входящих в комплект установки, в иммерсионную кювету с плоскими окнами размером 100×100 мм.

Изделие закрепляют таким образом, чтобы поверхность, топограмма которой регистрируется, была обращена к освещенному

окну кюветы. При регистрации топограмм нескольких поверхностей изделия их поочередно устанавливают аналогичным образом.



1—лазер; *2*—короткофокусный объектив коллиматора; *3*—диафрагма; *4*—длиннофокусный объектив коллиматора; *5*—50%-ное клиновидное светоделительное зеркало; *6*—иммерсионная кювета; *7*—изделие; *8*—зеркало; *9*—голограмма в держателе; *10*—линза; *11*—фильтрующая ирисовая диафрагма; *12*—фотоаппарат; *13*—фотопластинка; *14*—затвор

3.3. Подготавливают оптическую схему в соответствии с чертежом и утвержденной в установленном порядке документацией на применяемую голографическую установку.

Схема должна быть выполнена таким образом, чтобы оптические длины сигнального и опорного лучей были равны.

Измерение длин сигнального и опорного лучей необходимо производить от металлизированной (отмеченной на чертеже знаком ⊖) поверхности светоделительного клиновидного зеркала *5*.

Примечание. Сигнальный луч состоит из отрезков от светоделительного зеркала *5* до лицевой стороны изделия *7* и от лицевой стороны изделия до голограммы *9*; опорный — из отрезков от светоделительного зеркала *5* до зеркала *8* и от зеркала *8* до голограммы *9*.

3.4. Минимальный допустимый шаг интерференционных плоскостей для данного изделия определяется углом наклона $\alpha_{пр}$ его поверхности к плоскости окна кюветы и предельным разрешением интерференционных полос на контролируемой поверхности. Так как визуально может быть разрешено не более двух полос на миллиметр, то минимальный шаг (K_{min}) в миллиметрах вычисляют по формуле

$$K_{min} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{пр}}{2}. \quad (3)$$

3.5. Если поверхность контролируемого изделия состоит из участков с различным углом наклона α, то каждая из них целесообразно контролировать при минимальном для данного участка шаге.

3.6. Показатель преломления жидкости (n_2) вычисляют по формуле

$$n_2 = n_1 + \Delta n = n_1 + \frac{\lambda}{2K}, \quad (4)$$

где n_1 — показатель преломления жидкости при первой экспозиции;

λ — длина волны излучения применяемого лазера, мкм;

K — задаваемый шаг интерференционных плоскостей, мкм.

Рекомендуемые рабочие растворы при применении гелий-неонового лазера с длиной волны излучения $\lambda = 0{,}6328$ мкм приведены в справочном приложении 2.

3.7. Иммерсионные жидкости должны быть выдержаны в одном помещении с изделием в течение 2 ч для принятия температуры окружающей среды.

3.8. Контроль изделия проводят в затемненном помещении при температуре окружающего воздуха 20±5°С.

Изменение температуры иммерсионных жидкостей и окружающего воздуха в интервале между экспозициями не должно превышать 0,1°С.

4. ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЯ

4.1. Голографический иммерсионный контроль изделия необходимо проводить по схеме, приведенной на чертеже, в следующем порядке:

в кювету с изделием с помощью резинового шланга заливают из заливочного бачка дистиллированную воду;

устанавливают в держатель фотопластинку и с помощью затвора, перекрывающего луч лазера (вручную или дистанционно), производят первую экспозицию; время экспозиции при мощности лазера 40 мВт, чувствительности фотопластинки 0,1 ед. ГОСТ и

размере контролируемой металлической детали 100×100 мм составляет 10—30 с;

сливают дистиллированную воду и заливают в кювету вторую иммерсионную жидкость с показателем преломления, подобранным по требуемому шагу интерференционных плоскостей (промежуточная сушка кюветы и изделия не требуется);

производят вторую экспозицию, продолжительность которой равна первой;

промывают водой иммерсионную кювету;

обрабатывают фотопластинку в реактивах, рекомендуемых для примененного типа фотоматериала. Обработка может производиться как на месте экспонирования, так и в ванночке.

4.2. Для восстановления изображения производят фильтрацию пространственного спектра с помощью фильтрующей ирисовой диафрагмы с максимальным диаметром 12 мм, в центре которой укреплен непрозрачный экран диаметром 1 мм, отсекающий отраженный стеклом кюветы свет. При этом, если фотопластинка обрабатывалась в ванночке, голограмма должна быть помещена на место экспонирования с погрешностью не более ±1 мм по смещению и не более ±1° по повороту.

4.3. Восстановленное изображение проектируется на матовое стекло. Для получения фотонегатива на место матового стекла устанавливают фотопластинку и производят ее экспонирование. При экспонировании также используют затвор установки, перекрывающий луч лазера. Контрастность и глубина резкости снимка определяются диаметром фильтрующей ирисовой диафрагмы.

При необходимости съемка топограмм может быть произведена зеркальным фотоаппаратом *12*, устанавливаемым после фильтрующей диафрагмы *11* (см. чертеж).

5. ОБРАБОТКА И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Обработка результатов контроля производится сравнением голографической топограммы изделия с голографической топограммой образца, полученной при том же шаге K и той же температуре, или с вычерченной расчетной топограммой изделия.

Сравнение может производиться различными методами, например, методом наложения двух топограмм на экране проектора.

5.2. Размеры отдельных элементов поверхности изделия могут быть определены по топограмме с погрешностью ±1% непосредственным подсчетом интерференционных полос и умножением этого числа на заданный при голографировании шаг K.

5.3. Основным документом при оформлении результатов контроля служит прилагаемая к изделию фотография топограммы. На оборотной стороне фотографии (или на специальном бланке) должны быть указаны:

расчетная величина шага интерференционных плоскостей K;

результат сравнения полученной топограммы с топограммой образца или расчетной топограммой (перечисление обнаруженных дефектов и заключение о годности изделия);

должность лица, производившего контроль, и его подпись, заверенная печатью (штампом).

5.4. Пример расчета размеров элементов поверхности изделия приведен в справочном приложении 2.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При проведении контроля изделий следует руководствоваться правилами техники безопасности, изложенными в утвержденной в установленном порядке документации на применяемую голографическую установку.

6.2. Для уменьшения влияния излучения лазера на сетчатку глаз оператора сборку и настройку оптической схемы контроля необходимо производить в освещенном помещении, в защитных очках, стекла которых должны пропускать не более 10% излучения используемого лазера.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНОВ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В СТАНДАРТЕ

Термин	Определение
1. **Топограмма**	Изображение поверхности объекта с нанесенными на нее линиями равного уровня
2. **Расчетная топограмма**	Топограмма, полученная графическим или аналитическим методом
3. **Интерференционная голографическая топограмма**	Топограмма, полученная методом голографической интерферометрии
4. **Интерференционные плоскости**	Система поверхностей, являющихся геометрическими местами интерференционных максимумов (минимумов) и расположенных параллельно внутренней поверхности стекла кюветы
5. **Шаг интерференционных плоскостей**	Расстояние между интерференционными плоскостями по нормали
6. **Интерференционная полоса**	Линия сечения поверхности изделия интерференционной плоскостью
7. **Шаг интерференционных полос**	Расстояние между интерференционными полосами, локализованными на поверхности изделия

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕРЫ ПОДБОРА РАБОЧЕГО РАСТВОРА И РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЯ ПО ТОПОГРАММЕ

1. Требования к иммерсионной жидкости

1.1. При подборе иммерсионной жидкости следует исходить из следующих требований к ней:

жидкость не должна быть токсичной;

жидкость не должна вызывать коррозию исследуемых объектов (сталь, алюминий, латунь), иммерсионной кюветы (никелированная сталь) и разрушения резинового шланга, по которому осуществляется заливка кюветы;

жидкость должна полностью удаляться из кюветы;

жидкость должна хорошо смешиваться с водой или спиртом — для возможности регулирования величины ее показателя преломления;

имея ввиду перспективу промышленного использования метода, жидкость должна быть дешевой;

для получения шага интерференционных плоскостей $K=10$ мкм показатель преломления жидкости должен отличаться от показателя преломления воды (спирта) не менее чем на $3{,}165 \cdot 10^{-2}$.

2. Подбор иммерсионной жидкости

2.1. В качестве примера приведена методика расчета показателя преломления иммерсионной жидкости для конуса с углом при вершине 120°, ось которого направлена перпендикулярно к поверхности окна кюветы.

Так как угол образующей конуса с поверхностью окна кюветы в этом случае составляет 30°, то минимальный шаг вычисляют по формуле (3) настоящего стандарта

$$K_{\min} = \frac{\operatorname{tg} 30^\circ}{2} = 0{,}2887 \text{ мм}$$

или, округляя для удобства до большей величины, $K=300$ мкм.

Разность показателей преломления первой и второй иммерсионных жидкостей при использовании гелий-неонового лазера

$$\Delta n = \frac{\lambda}{2K} = \frac{0{,}6328 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0{,}3} = 1{,}055 \cdot 10^{-3}.$$

Показатель преломления второй иммерсионной жидкости (рабочего раствора) при использовании в качестве первой жидкости дистиллированной воды равен:

$$n_2 = n_1 + \Delta n = 1{,}3337 + 0{,}001055 = 1{,}334755.$$

В этом случае следует определять величину Δn на рефрактометре типа ИТР.

2.2. Для конуса с углом при вершине 177° при тех же условиях получим:

$$K_{\min} = 0{,}0262 \text{ мм};$$

$$K = 30 \text{ мкм};$$

$$\Delta n = 10{,}55 \cdot 10^{-3};$$

$$n_2 = 1{,}34425.$$

В этом случае следует определять величину n_2 на рефрактометре типа ИРФ-23.

2.3. При использовании гелий-неонового лазера и дистиллированной воды с $n_1=1{,}3337$ в качестве первой иммерсионной жидкости в качестве второй иммерсионной жидкости могут быть рекомендованы рабочие растворы, указанные в таблице.

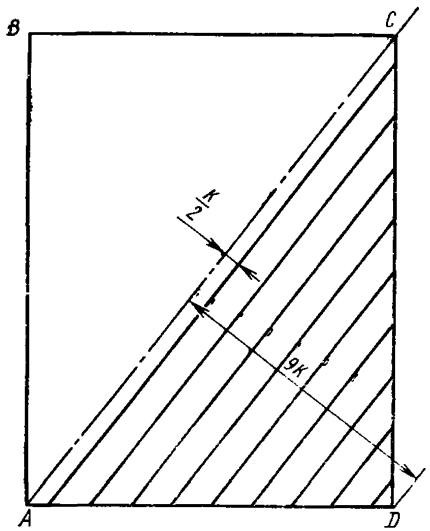
Шаг интерференционных плоскостей K, мкм	Показатель преломления второго раствора n_2	Разность показателей преломления $\Delta n \cdot 10^3$
1000	—	0,3164
750	—	0,4218
500	—	0,6328
250	—	1,2656
100	1,3369	3,164
75	1,3379	4,218
50	1,3400	6,328
25	1,3464	12,656
10	1,3653	31,64

Примечание. При шаге $K>100$ мкм для измерения Δn применяют интерферометр типа ИТР.

3. Пример расчета размеров элементов поверхности изделия по топограмме

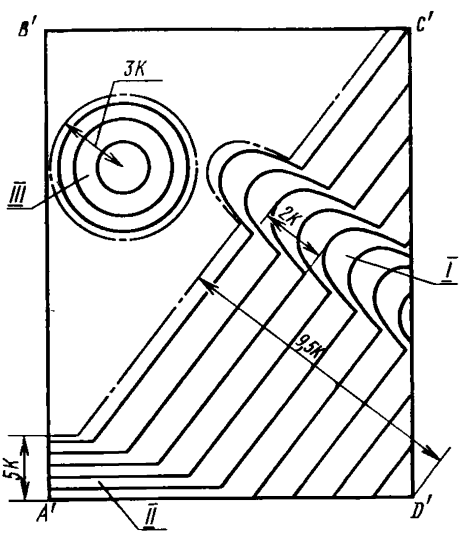
3.1. На черт. 1 и 2 приведены схематические топограммы образцовой и контролируемой деталей.

Образец



Черт. 1

Контролируемая деталь



Черт. 2

Контролируемая поверхность представляет собой прямоугольник размером 45×60 мм, половина которого (справа от диагонали AC) имеет наклон, достигающий к точке D 450 мкм.

На плоской поверхности детали, установленной параллельно окну иммерсионной кюветы, наблюдается поле полос бесконечной ширины, т. е. по всей плоскости ABC будет наблюдаться интерференционный максимум (вся плоскость светлая), либо интерференционный минимум (вся плоскость темная), либо промежуточная яркость.

Линиями на топограммах обозначены минимумы интерференционных полос.

Шаг интерференционных плоскостей $K=50$ мкм.

3.2. Рассмотрим топограмму образца (см. черт. 1) для случая, когда на плоскости ABC наблюдается интерференционный максимум.

На плоскости ACD наблюдается система интерференционных полос, параллельных диагонали AC. Отсчет полос ведется от штрих-пунктирной линии, соответствующей границе интерференционного максимума, до угла D и составляет 9 интерференционных периодов (450 мкм).

3.3. Для контролируемой детали (см. черт. 2) на топограмме видны следующие дефекты:

величина наклона в точке D' составляет 9,5 K (475 мкм);

на поверхности $A'C'D'$ имеется цилиндрическая выемка I глубиной 2 K (100 мкм);

нижний край детали имеет риску II глубиной 5 K (250 мкм);

на плоскости $A'B'C'$ имеется выемка III глубиной 3 K (150 мкм).

3.4. Заключение о пригодности контролируемой детали делают в зависимости от технических требований, указанных в конструкторской документации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕЦЕПТЫ ФОТОРЕАКТИВОВ

1. Проявитель (Д-19)

1.1. Состав:

метол	2 г
сульфит натрия безводный	96 г
гидрохинон	9 г
сода безводная	48 г
бромистый калий	5 г
вода	до 1000 мл.

1.2. Режим обработки — проявлять фотопластинки в течение 5—7 мин.

2. Фиксаж кислый

2.1. Состав:

тиосульфат натрия (гипосульфит)	250 г
метабисульфит калия	15 г
вода	до 1000 мл.

2.2. Режим обработки — фиксировать фотопластинки в течение 10 мин.

3. Отбелизатель I

3.1. Состав

В состав отбеливателя I входят раствор А, раствор Б и вода, смешиваемые в равных объемах.

Состав раствора А:

двухромовокислый калий	10 г
серная кислота концентрированная	7 мл
вода	до 500 мл.

Состав раствора Б:

натрий хлористый	22 г
вода	до 500 мл.

3.2. Режим обработки — фотопластинки обрабатывать в течение 5 мин.

4. Отбеливатель II

4.1. Состав

Отбеливатель II состоит из двух растворов:

1-й раствор — пятипроцентный водный раствор хлорной меди;

2-й раствор состоит из 1 части раствора В и 10 частей раствора Г и приготовляется непосредственно перед отбеливанием.

Состав раствора В: 0,5-ный водный раствор марганцевокислого калия.

Состав раствора Г:

концентрированная серная кислота	10 мл
бромистый калий	40 г
вода	до 1000 мл.

4.2. Режим обработки — фотопластинки обрабатывать в течение 10 мин в 1-ом растворе и в течение 2 мин — во 2-ом растворе.

5. Применяется один из рекомендуемых отбеливателей (I или II).

Редактор *Н. Е. Шестакова*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *М. Н. Гринвальд*

Сдано в набор 28.09.78 Подп. в печ. 20.11.78 0,75 п. *л.* 0,49 уч. -**изд. л.** **Тир.** 12000 Цена 3 **коп.**

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. Москва, Д-557, Новопресненский пер., 3
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 3022

gost.e-ecolog.ru