ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53568— 2009

Контроль неразрушающий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТ УПРУГОСТИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Общие требования

Издание официальное

БЗ 8—2009/411

Москва
Стандартинформ
2010

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Нижегородским филиалом Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (Нф ИМАШ РАН), Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 132 «Техническая диагностика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 861-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2010

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Обозначения 2
4 Общие положения 2
5 Требования безопасности 3
6 Требования к средствам измерений 3
7 Требования к испытательным образцам 3
8 Подготовка к выполнению измерений 3
9 Порядок выполнения измерений 4
10 Обработка результатов измерений 4
11 Оформление результатов измерений 6
Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола измерений 7
Библиография 9

Введение

Объективная оценка работоспособности и безопасности эксплуатирующихся ответственных технических объектов в большинстве практически важных случаев невозможна без оценки напряженного состояния, в котором находится их материал.

Среди современных неразрушающих методов измерения механических напряжений акустические методы относятся к числу наиболее перспективных и все шире применяемых в мировой практике.

В основе акустических методов определения напряженного состояния лежит упругоакустический эффект — линейная зависимость скорости продольных и сдвиговых упругих волн от напряжений в материале, надежное экспериментальное определение которой стало возможным с появлением современной ультразвуковой и радиоэлектронной измерительной техники.

Важнейшими характеристиками материала, позволяющими оценить его напряженное состояние, являются его коэффициенты акустоупругой связи [1], определяемые константами упругости второго и третьего порядков. Если процедура определения констант упругости второго порядка методически давно отработана, то особенности определения констант упругости третьего порядка ничем, кроме [2], не регламентированы. В этой связи представляется актуальной разработка стандарта, отвечающего современным требованиям нормативного обеспечения развивающихся методов неразрушающего контроля.

Кроме определения напряженного состояния твердых тел на основе явления акустоупругости, знание констант нелинейной упругости важно при определении напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек, при изучении эффектов взаимодействия полей упругих деформаций с полями иной природы (электрических, магнитных и т.п.).

Настоящий стандарт является методической основой для определения констант упругости третьего порядка при применении акустического метода контроля механических напряжений по ГОСТ Р 52731, а также может быть использован для других практических приложений нелинейной теории упругости, в частности, при аналитических и численных расчетах напряженно-деформированного состояния материалов и конструкций с использованием нелинейно-упругих моделей материала.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Контроль неразрушающий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТ УПРУГОСТИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Общие требования

Non-destructive testing.
Evaluation of the third order elasticity modulus by ultrasound method.
General requirements

Дата введения — 2010—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на лабораторный акустический метод определения констант упругости третьего порядка твердых тел и устанавливает общие требования к порядку определения констант упругости третьего порядка, усредненных по толщине материала и объему ультразвукового пучка, с использованием объемных ультразвуковых волн, распространяющихся в направлении, перпендикулярном к плоскости поверхности образцов материалов.

Знание констант упругости третьего порядка позволит проводить более точные прочностные расчеты пластин и оболочек с учетом нелинейных упругих свойств материалов.

Физической основой метода служит упругоакустический эффект — зависимость скорости продольных и сдвиговых упругих волн от величины одноосного напряжения в материале.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52731—2007 Контроль неразрушающий. Акустический метод контроля механических напряжений. Общие требования

ГОСТ 12.1.001—89 Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.019—79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.038—82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ 12.2.013.0—91 (МЭК 745-1—82) Система стандартов безопасности труда. Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний

ГОСТ 1497—84 Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 2768—84 Ацетон технический. Технические условия

ГОСТ 2789—73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 6507—90 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 10587—84 Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия

ГОСТ 17299—78 Спирт этиловый технический. Технические условия

ГОСТ 26266—90 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Общие технические требования

ГОСТ 28840—90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

E — модуль Юнга материала испытательного образца, МПа;

ν — коэффициент Пуассона материала испытательного образца;

K — объемный модуль упругости, МПа;

λ, μ — коэффициенты Ламэ второго порядка, МПа;

σ — упругое одноосное напряжение в испытательном образце, МПа;

σ_{02} — предел текучести материала испытательного образца, МПа;

N — число ступеней упругого нагружения испытательного образца;

i — номер ступени упругого нагружения испытательного образца $i = 1,..., N$;

P_i — нагрузка на i-й ступени нагружения, H;

σ_i — одноосное напряжение в испытательном образце на i-й ступени нагружения, МПа;

h — толщина испытательного образца в ненагруженном состоянии, мм;

S — площадь поперечного сечения испытательного образца, мм^2, $S = b \times h$, где b — ширина рабочей части образца, мм;

t_j^i — задержки импульсов упругих волн на i-й ступени нагружения, мкс:

- $j = 1$ соответствует упругой сдвиговой волне с вектором поляризации, параллельным оси образца,
- $j = 2$ соответствует упругой сдвиговой волне с вектором поляризации, перпендикулярным к оси образца,
- $j = 3$ соответствует упругой продольной волне;

V_j^i — скорости распространения упругих волн, соответствующие задержкам импульсов упругих волн в материале t_j^i, м/с;

k_j — коэффициенты акустоупругой связи, 1/МПа, $j = 1, 2, 3$:

- k_1 — относительное изменение задержки импульса сдвиговой волны, поляризованной вдоль направления действия одноосного напряжения, при его изменении на 1 МПа;
- k_2 — относительное изменение задержки импульса сдвиговой волны, поляризованной поперек направления действия одноосного напряжения, при его изменении на 1 МПа;
- k_3 — относительное изменение задержки импульса продольной волны при изменении напряжения на 1 МПа;

l, m, n — константы упругости третьего порядка Мурнагана, МПа.

4 Общие положения

4.1 Определение констант упругости третьего порядка выполняют в соответствии с общими требованиями по [1].

4.2 Измерения и обработку результатов выполняют в лабораторных условиях.

4.3 Измерения проводят на испытательных образцах материала объекта контроля. Требования к образцам приведены в разделе 7.

4.4 Для определения констант упругости третьего порядка используют сдвиговые волны, поляризованные вдоль и поперек оси образца, а также продольные волны.

4.5 Схема прозвучивания материала соответствует эхо-методу ультразвукового контролях [1]. Способ возбуждения упругих колебаний — контактный. Вид излучаемого сигнала — радиоимпульс с высокочастотным (ультразвуковым) заполнением, плавной огибающей и эффективной длительностью (на уровне 0,6 максимальной амплитуды) 2— 4 периода основной частоты.

4.6 Для излучения и приема акустических сигналов применяют приемопередающие (совмещенные) пьезоэлектрические преобразователи (далее — преобразователи) продольных и сдвиговых волн по ГОСТ 26266.

4.7 Константы упругости третьего порядка являются усредненными по объему ультразвукового пучка, определяемого поперечными размерами преобразователя и толщиной материала образца.

5 Требования безопасности

5.1 К выполнению измерений допускают операторов, обладающих навыками эксплуатации оборудования ультразвукового неразрушающего контроля, умеющих пользоваться общероссийскими и отраслевыми нормативными и техническими документами по акустическим методам контроля, прошедших обучение работе с применяемыми средствами измерений и аттестованных на знание правил безопасности в соответствующей отрасли промышленности.

5.2 Оператор должен руководствоваться ГОСТ 12.1.001 и правилами технической безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей по ГОСТ 12.1.019 и ГОСТ 12.1.038.

6 Требования к средствам измерений

6.1 В качестве средств измерений используют установки, собранные из серийной аппаратуры, или специализированные средства (далее — приборы), сертифицированные и поверяемые в установленном порядке.

6.2 Акустические приборы должны содержать комплект преобразователей с номинальной частотой 5 МГц, обеспечивающих излучение и прием сдвиговых и продольных упругих волн.

6.3 Пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени распространения импульсов упругих волн не должны превышать $\pm 10^{-5}$.

6.4 В качестве нагружающих устройств используют машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб по ГОСТ 28840.

6.5 Пределы допускаемой погрешности измерения нагрузки при прямом ходе (в процентах измеряемой нагрузки) не должны превышать ± 0,5 %, что соответствует испытательным машинам группы 0—У по ГОСТ 28840.

6.6 Для измерения толщины образца в месте установки преобразователя используются микрометры по ГОСТ 6507 с ценой деления 0,001 мм.

6.7 Вспомогательные устройства и материалы

6.7.1 Шлифовальный инструмент для подготовки поверхности — по ГОСТ 12.2.013.0.

6.7.2 Для обезжиривания поверхности образца применяют спирт по ГОСТ 17299 или ацетон по ГОСТ 2768.

6.7.3 Для обеспечения акустического контакта преобразователя с поверхностью образца применяют эпоксидную смолу по ГОСТ 10587 или иную контактную жидкость. Вязкость контактной жидкости при температуре измерения должна соответствовать вязкости эпоксидной смолы при температуре 25 °С: 12 — 25 Па · с.

7 Требования к испытательным образцам

7.1 В качестве испытательных образцов используют плоские образцы, изготовленные из материала объекта контроля в соответствии с ГОСТ 1497.

7.2 Число испытательных образцов должно быть не менее 5.

7.3 Толщина испытательных образцов h должна быть не менее 5 мм.

7.4 Ширина рабочей части испытательных образцов b должна быть в 2—3 раза больше геометрических размеров активных элементов преобразователей.

7.5 С обеих сторон рабочей поверхности испытательных образцов в центре рабочей части подготавливают квадратные площадки со стороной, равной ширине образца, и шероховатостью поверхности не более Ra 1,25 по ГОСТ 2789.

8 Подготовка к выполнению измерений

8.1 У каждого испытательного образца до его установки в захваты испытательной машины измеряют толщину h в месте установки преобразователя.

8.2 Устанавливают испытательный образец в захваты испытательной машины.

8.3 Наносят слой контактной жидкости на подготовленную поверхность испытательного образца.

8.4 В центре образца устанавливают преобразователь сдвиговых волн, ориентируя его вектор поляризации параллельно оси образца.

8.5 Выше по оси образца устанавливают преобразователь сдвиговых волн, ориентируя его вектор поляризации перпендикулярно к оси.

8.6 Ниже по оси образца устанавливают преобразователь продольных волн.

8.7 Включают прибор, выводят на экран видеоконтрольного устройства временную развертку принимаемых сигналов.

8.8 Проверяют качество акустического контакта, на экране видеоконтрольного устройства должны наблюдаться многократно отраженные импульсы трех типов волн при длительности развертки не менее 50 мкс для сдвиговых и не менее 30 мкс для продольных волн.

9 Порядок выполнения измерений

9.1 Измерения выполняют в нормальных климатических условиях

9.2 Испытательный образец нагружают силой $P = 0{,}7\sigma_{02}S$, затем последовательно 4—6 ступенями уменьшают ее до значения $P = 0{,}1\sigma_{02}S$.

9.3 На первой ступени нагружения ($i = 1$) выбирают первый эхо-импульс и следующий за ним второй эхо-импульс, который используют для измерения задержки импульса на двойной толщине образца.

9.4 Для первого эхо-импульса выбирают момент времени, соответствующий реперной точке профиля импульса.

Примечание — В качестве реперной выбирают одну из точек, где сигнал имеет нулевое значение.

9.5 Для второго эхо-импульса определяют момент времени, соответствующий такой же реперной точке профиля этого импульса.

9.6 По разности времен определяют задержку импульса на двойной толщине образца t^1_j ($j = 1, 2, 3$ соответственно для сдвиговых волн, поляризованных вдоль и поперек испытательного образца, и продольной волны).

Примечание — Если погрешность определения t^1_j не удовлетворяет требованиям 6.5, то измеряют временной интервал между первым и k-м эхо-импульсами (k — порядковый номер эхо-импульса) в соответствии с ГОСТ Р 52371. В дальнейшем в качестве задержки t^1_j используют полученное значение.

9.7 Измерения в соответствии с 9.2—9.6 повторяют для каждой из N ступеней нагружения испытательного образца.

9.8 Измерения в соответствии с 9.2—9.6 повторяют для всех испытательных образцов материала объекта контроля.

10 Обработка результатов измерений

10.1 По результатам измерений на всех испытательных образцах для каждого типа волн рассчитывают коэффициенты корреляции r_j между относительными изменениями задержек $\delta t^i_j = \dfrac{t^i_j - t^N_j}{t^N_j}$ и напряжениями σ_i по формуле

$$r_j = \frac{N\sum_{i=1}^{N}\sigma_i\delta t^i_j - \sum_{i=1}^{N}\sigma_i\sum_{i=1}^{N}\delta t^i_j}{\sqrt{\left[N\sum_{i=1}^{N}(\sigma_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{N}\sigma_i\right)^2\right]\left[N\sum_{i=1}^{N}(\delta t^i_j)^2 - \left(\sum_{i=1}^{N}\delta t^i_j\right)^2\right]}}. \qquad (1)$$

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если коэффициенты корреляции для всех типов волн не менее 0,95. В противном случае эксперимент следует повторять с увеличенным числом уровней нагружения N до тех пор, пока не будет выполнено условие $r_j \geq 0{,}95$ ($j = 1, 2, 3$).

10.2 Коэффициенты акустоупругой связи k_j рассчитывают по формуле

$$k_j = \frac{N\sum_{i=1}^{N}\delta t_j^i \sigma_i - \sum_{i=1}^{N}\sigma_i \sum_{i=1}^{N}\delta t_j^i}{N\sum_{i=1}^{N}(\sigma_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{N}\sigma_i\right)^2}. \quad (2)$$

10.3 Константы упругости третьего порядка Мурнагана рассчитывают по формулам [3, 4]

$$l = \frac{1}{2}\left[I_1 + \frac{2\lambda}{\mu}\left(I_2\frac{4\mu}{\lambda+4\mu} + I_3\frac{\lambda}{\lambda+4\mu}\right)\right], \quad (3)$$

$$m = I_2\frac{4\mu}{\lambda+4\mu} + I_3\frac{\lambda}{\lambda+4\mu}, \quad (4)$$

$$n = \frac{4\mu}{\lambda+4\mu}(I_2 - I_3), \quad (5)$$

где

$$I_1 = 2\frac{\lambda^2}{\mu} + 4\lambda - \frac{6K(\lambda+2\mu)}{(\sigma_i-\sigma_1)}\left(k_3 - \frac{\nu(\sigma_i-\sigma_1)}{E}\right), \quad (6)$$

$$I_2 = -\lambda - 2\mu - \frac{6K\mu}{(\sigma_i-\sigma_1)}\left(k_1 - \frac{\nu(\sigma_i-\sigma_1)}{E}\right), \quad (7)$$

$$I_3 = 2\lambda\frac{6K\mu}{(\sigma_i-\sigma_1)}\left(k_2 - \frac{\nu(\sigma_i-\sigma_1)}{E}\right). \quad (8)$$

Примечание — Вместо констант упругости третьего порядка Мурнагана допускается использовать константы *A, B, C* [5], ν_1, ν_2, ν_3 [6], *a, b, c* [7].

Формулы связи между константами указаны в таблице 1.

Таблица 1 — Формулы связи между различными константами упругости третьего порядка

Константы упругости третьего порядка	Набор констант	Группы соотносимых констант		
	l, m, n	*A, B, C*	ν_1, ν_2, ν_3	*a, b, c*
m	*m*	$\frac{A}{2} + B$	$\nu_2 + 2\nu_3$	$b + \frac{c}{2}$
n	*n*	*A*	$4\nu_3$	*c*
l	*l*	*B + C*	$\frac{\nu_1}{2} + \nu_2$	*a + b*
A	*n*	*A*	$4\nu_3$	*c*
B	$m - \frac{n}{2}$	*B*	ν^2	*a*
C	$l - m + \frac{n}{2}$	*C*	$\frac{\nu_1}{2}$	*a*
ν_1	$2l - 2m + n$	*2C*	ν_1	*2a*
ν_2	$m - \frac{n}{2}$	*B*	ν_2	*b*

Окончание таблицы 1

Константы упругости третьего порядка	Набор констант	Группы соотносимых констант		
	l, m, n	A, B, C	ν_1, ν_2, ν_3	a, b, c
ν_3	$\frac{n}{4}$	$\frac{A}{4}$	ν_3	$\frac{c}{4}$
a	$l - m + \frac{n}{2}$	C	$\frac{\nu_1}{2}$	a
b	$m - \frac{n}{2}$	B_2	ν_2	b
c	n	A	$4\nu_3$	c

11 Оформление результатов измерений

Результаты измерений фиксируют в протоколе, форма которого приведена в приложении А.

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола измерений

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель

_____

наименование организации

_____ _____

личная подпись, инициалы, фамилия

« ___ » _____ 20 __ г.

ПРОТОКОЛ
определения констант упругости третьего порядка

1 Дата измерения _____

2 Организация, проводящая измерения _____

3 Данные об объекте контроля:
марка материала испытательных образцов, его константы упругости второго порядка λ, μ, K и коэффициент Пуассона ν _____

завод-изготовитель объекта контроля, технология изготовления, сортамент_____

режим термообработки _____

геометрия образцов по ГОСТ 1497 _____

дополнительные сведения об объекте контроля _____

4 Число испытательных образцов _____

5 Число ступеней нагружения испытательных образцов _____

6 Марка испытательной машины _____

7 Марка используемого микрометра _____

8 Для каждого испытательного образца результаты измерений указаны в таблице 1

Таблица 1 — Результаты измерений для испытательного образца № i

Измеряемая величина	Напряжение в материале образца, МПа				
	σ_1 =	σ_2 =	…	…	σ_N =
t_1^i, мкс					
t_2^i, мкс					
t_3, мкс					
V_1^i, м/с					
V_2^i, м/с					
V_3^i, м/с					

9 Усредненные значения констант упругости третьего порядка указаны в таблице 2

Таблица 2 — Значения констант упругости третьего порядка

Константы упругости, Па	Значение констант, МПа	Относительные погрешности, %
l		
m		
n		

Примечание – δl, δm, δn – относительные погрешности определения констант упругости третьего порядка l, m, n.

Измерение провел оператор: _____ _____
личная подпись инициалы, фамилия

Руководитель лаборатории
неразрушающего контроля: _____ _____
личная подпись инициалы, фамилия

Библиография

[1] Неразрушающий контроль. Справочник под. ред. В.В. Клюева. т. 4.кн. 1. — М.: Машиностроение, 2004. — 226 с.

[2] Методика Диагностирование конструкционных материалов. Определение констант упругости третьего порядка акустическим методом. —ВНИИНМАШ, Горький, 1973.

[3] Thurston R., Bragger K. Third-order elastic constants and the velocity of small amplitude elastic waves in homogeneously stressed media // Phys. Rev. 1964, 133, N 6A, P. A1604—A1610.

[4] Секоян С.С., Еремеев А.Е. Измерение констант упругости третьего порядка для стали ультразвуковым методом/Измерительная техника. — 1966. — № 7. — 25—30 с.

[5] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. — М.: Наука, 1987. — 246 с.

[6] Toupin R.A., Bernshtein B. Sound waves in deformed perfectly elastic materials. The acoustoelastic effect // Journ. Acoust. Soc. Amer. 1961. Vol. 353. P. 216—225.

[7] Гузь А.Н., Махорт Ф.Г., Гуща О.И. Введение в акустоупругость. — Киев: Наук. думка, 1977. — 152 с.

УДК 620.172.1:620.179.16:006.354 ОКС 77.040.10 Т59

Ключевые слова: константы упругости третьего порядка, упруго-акустический эффект, одноосное напряжение, скорости распространения упругих волн, задержки импульсов упругих волн, коэффициенты акустоупругой связи, испытательные образцы

Редактор *Б.Н. Колесов*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 18.05.2010. Подписано в печать 23.06.2010. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,10. Тираж 146 экз. Зак. 519.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6

gost.e-ecolog.ru