МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 18488— 2023

ПОЛИЭТИЛЕН ДЛЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Определение модуля деформационного упрочнения. Метод испытания

(ISO 18488:2015, Polyethylene (PE) materials for piping systems — Determination of strain hardening modulus in relation to slow crack growth — Test method, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Группа ПОЛИПЛАСТИК» (ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 марта 2023 г. № 160-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 июля 2023 г. № 482-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 18488—2023 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 декабря 2024 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 18488:2015 «Материалы полиэтиленовые (ПЭ) для трубопроводных систем. Определение модуля деформационного упрочнения в зависимости от медленного роста трещин. Метод испытания» («Polyethylene (PE) materials for piping systems — Determination of strain hardening modulus in relation to slow crack growth — Test method», IDT).

Международный стандарт разработан подкомитетом SC 5 «Общие свойства труб, фитингов и арматуры из пластмасс и их комплектующих. Методы испытаний и основные технические требования» Технического комитета по стандартизации ISO/TC 138 «Пластмассовые трубы, фитинги и арматура для транспортирования жидких и газообразных сред» Международной организации по стандартизации (ISO).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© ISO, 2015
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

В Российской Федерации 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

Введение

Устойчивость к медленному росту трещин в целом связана со сроком службы полиэтилена и, следовательно, со сроком службы изделий из полиэтилена, например труб и фитингов. Медленный рост трещины можно рассматривать как комбинацию напряжения при пределе текучести и способности длинных молекул распутываться, о чем сообщают Крамер и Браун (см. [3], [6], [7]). Способность полимера к распутыванию полимерных цепей определяет его устойчивость к медленному росту трещин.

Модуль деформационного упрочнения полимера является мерой способности к распутыванию переплетенных молекул этого полимера и его неотъемлемым свойством. Модуль деформационного упрочнения полиэтилена получают по кривой зависимости «напряжение—деформация» выше коэффициента естественной вытяжки. Кривую «напряжение—деформация» прессованного образца относительно легко можно получить с помощью машины для испытания на растяжение, оснащенной оптическим экстензометром. Время проведения испытания по определению модуля деформационного упрочнения является следствием скорости испытания на растяжение и, следовательно, постоянно для всех измерений и не зависит от свойств самого материала к медленному росту трещины.

Значение модуля деформационного упрочнения позволяет различать материалы. Было продемонстрировано, что модуль упрочнения при деформации очень хорошо соответствует нескольким методам испытаний на растрескивание под воздействием окружающей среды для полиэтилена высокой плотности (см. [4], [5], [8]).

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ПОЛИЭТИЛЕН ДЛЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Определение модуля деформационного упрочнения. Метод испытания

Polyethylene for piping systems. Determination of strain hardening modulus. Test method

Дата введения — 2024—12—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод определения модуля деформационного упрочнения, используемого в качестве характеристики сопротивления полиэтилена медленному росту трещин.

Модуль деформационного упрочнения определяют по кривой «напряжение—деформация», полученной для прессованных образцов. В настоящем стандарте приведена методика проведения испытаний и определения модуля деформационного упрочнения с помощью кривой «напряжение—деформация». В стандарте приведена подробная информация о необходимом оборудовании, точности измерений и подготовке образцов для испытания для получения сопоставимых результатов.

Метод, приведенный в настоящем стандарте, применим ко всем типам полиэтилена независимо от технологии производства, сомономера и типа катализатора, используемого для производства труб и фитингов.

Примечание — Метод распространяется также на материалы с другой областью применения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие международные стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 527-1, Plastics — Determination of tensile properties — Part 1: General principles (Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы)

ISO 7500-1, Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system (Металлические материалы. Проверка статических одноосных испытательных машин. Часть 1. Машины для испытаний на растяжение и сжатие. Проверка и калибровка системы измерения силы)

ISO 9513, Metallic materials — Calibration of extensometers used in uniaxial testing (Металлические материалы. Калибровка экстензометров, используемых при одноосных испытаниях)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

Примечание — Термины, определения и обозначения, приведенные ниже, соответствуют ISO 527-1 и/или ISO 16241.

Издание официальное

3.1 **расчетная длина l_0** (gauge length, l_0): Первоначальное расстояние между контрольными метками на центральной части испытуемого образца.

Примечание — Выражают в миллиметрах.

3.2 **толщина *h*** (thickness, *h*): Наименьший первоначальный размер прямоугольного поперечного сечения в центральной части испытуемого образца в пределах расчетной длины.

Примечание — Выражают в миллиметрах.

3.3 **ширина *b*** (width, *b*): Наибольший первоначальный размер прямоугольного поперечного сечения в центральной части испытуемого образца в пределах расчетной длины.

Примечание — Выражают в миллиметрах.

3.4 **скорость испытания *v*** (test speed, *v*): Скорость перемещения зажимов испытательной машины.

Примечание — Выражают в миллиметрах в минуту.

3.5 **длина *l*** (length, *l*): Расстояние между контрольными метками на центральной части испытуемого образца в любой момент испытания.

Примечание — Выражают в миллиметрах.

3.6 **напряжение при растяжении σ** (stress, σ): Растягивающая нагрузка, приходящаяся на единицу площади первоначального поперечного сечения, в пределах его расчетной длины *l*, действующая на образец в любой момент испытания.

Примечание — Выражают в мегапаскалях.

3.7 **напряжение при пределе текучести σ_y** (stress at yield, σ_y): Напряжение при растяжении при пределе текучести ε_y.

Примечание — Выражают в мегапаскалях.

3.8 **истинное напряжение при растяжении $\sigma_{ист}$** (true stress, σ_{true}): Произведение коэффициента вытяжки λ и напряжения при растяжении умноженное на нормальное усилие на единицу площади исходного поперечного сечения, измеренного между метками *l*.

Примечание — Выражают в мегапаскалях.

3.9 **относительное удлинение ε** (strain, ε): Увеличение расчетной длины *l*, отнесенное к первоначальной расчетной длине образца.

Примечание — Выражают в виде безразмерного отношения или в процентах.

3.10 **деформация при пределе текучести ε_y** (strain at yield, yield stress, ε_y): Первое появление при испытании на растяжение увеличения деформации без увеличения напряжения.

Примечание — Выражают в виде безразмерного отношения или в процентах.

3.11 **коэффициент вытяжки λ** (draw ratio, λ): Коэффициент, показывающий степень вытяжки образца, определенный как отношение длины образца *l* в любой момент испытания, отнесенное к первоначальной расчетной длине.

Примечание — Выражают в виде безразмерного отношения или в процентах.

3.12 **модуль упрочнения при деформации $<G_p>$** (strain hardening modulus, $<G_p>$): Наклон определяющей модели Нео-Гука между истинной деформацией ε от значения 8 до точки максимального напряжения σ, но не более 12.

Примечание — Выражают в мегапаскалях.

4 Сущность метода

Образцы, вырубленные из полученной прессованием пластины, подвергают испытанию на растяжение при температуре 80 °С. Получают кривую «напряжение—деформация», содержащую область

деформационного упрочнения за пределами естественной степени вытяжки материала. Модуль упрочнения при деформации определяют по наклону этой кривой в области, следующей за областью естественной степени вытяжки.

5 Оборудование

5.1 Машина для испытания на растяжение в соответствии с ISO 527-1, обеспечивающая скорость деформации (20 ± 2) мм/мин.

5.1.1 Тензодатчик класса 1 в соответствии с ISO 7500-1, обеспечивающий точное измерение усилия в диапазоне от 40 Н для образцов толщиной 0,30 мм и от 120 Н для образцов толщиной 1,0 мм.

5.1.2 Экстензометр класса 1 в соответствии с ISO 9513. Не допускается использовать для измерений при испытании на растяжение перемещение траверсы машины. Для образцов толщиной 0,30 мм предпочтительным считается использование бесконтактного экстензометра.

5.1.3 Температурная камера, обеспечивающая поддержание температуры (80 ± 1) °С.

5.2 Устройства для измерения толщины и ширины образцов для испытания

5.2.1 Толщину образцов измеряют с помощью прибора с точностью 0,005 мм и с размером контакта менее ширины параллельного участка образца (4,0 мм).

5.2.2 Для измерения ширины используют прибор с точностью 0,01 мм. При измерении ширины следует соблюдать осторожность, чтобы исключить деформацию образца. В связи с этим для измерения ширины рекомендуется использовать микроскоп.

5.3 Вырубной нож

Вырубной нож для получения образцов для испытаний должен соответствовать 6.1.

6 Образцы для испытания

6.1 Геометрия и размеры образца для испытания

Форма образцов для испытания (далее — образец) должна соответствовать рисунку 1.

Примечание — Размеры образца приведены в таблице 1.

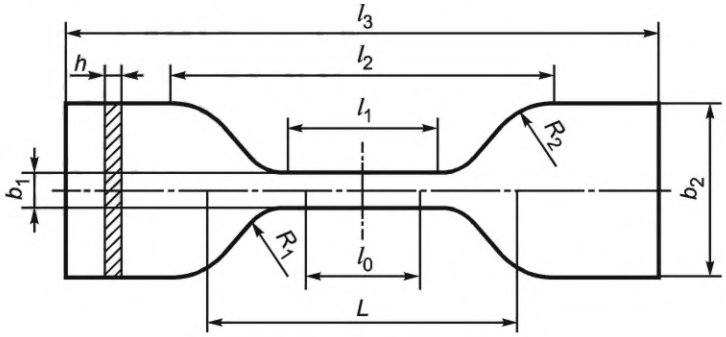


Рисунок 1 — Форма образца

Во избежание проскальзывания образца в зажимах следует использовать зажимы с большой площадью контакта.

Таблица 1 — Размеры образца

Наименование показателя	Значение, мм
Начальное расстояние между зажимами L	30,0 ± 0,5
Длина между метками l_0	12,5 ± 0,1
Длина узкой параллельной части l_1	16,0 ± 1,0

Окончание таблицы 1

Наименование показателя	Значение, мм
Длина между параллельными участками концов образца l_2	46,0 ± 1,0
Минимальная общая длина[a] l_3	70,0
Радиус R_1	10,0 ± 0,5
Радиус R_2	8,0 ± 0,5
Ширина рабочей части b_1	4,0 ± 0,1
Ширина концов образца b_2	20,0 ± 1,0
Толщина h	$0{,}30^{+0{,}05}_{-0{,}03}$ или 1,0 ± 0,1
[a] Увеличение общей длины может быть необходимо только для обеспечения контакта широкой части концов образца с зажимами машины во избежание «разрыва плеча».	

6.2 Подготовка образца для испытания

Прессуют полиэтиленовые гранулы в пластины толщиной 0,30 или 1,0 мм в соответствии с условиями прессования согласно таблице 2, в случае разногласий используют пластины толщиной 0,30 мм.

Таблица 2 — Условия прессования пластин

Толщина, мм	Температура прессования, °С	Средняя скорость охлаждения[a], °С/мин	Время предварительного нагрева[b], мин	Максимальное давление, МПа	Время прессования при максимальном давлении, мин
0,30 или 1,0	180	15 ± 2	От 5 до 15	5	5 ± 1
[a] Температура окончания прессования не выше 40 °С. [b] Давление предварительного нагрева должно быть равно контактному давлению.					

После прессования пластины отжигают. Отжиг пластин проводят путем выдерживания пластины в течение 1 ч в температурной камере при температуре (120 ± 2) °С и последующим медленным охлаждением до комнатной температуры в закрытой выключенной температурной камере. Во время этой операции пластины не закрепляют.

Примечание — Поскольку охлаждение после отжига занимает много времени, рекомендуется отжигать образцы в конце дня и охлаждать в температурной камере в течение ночи.

Из прессованных пластин вырубают вырубным ножом пять образцов, размеры которых должны соответствовать 6.1. Способ вырубания образцов должен исключать появление трещин, искривлений или других повреждений на образцах.

Толщину образцов измеряют в трех точках на параллельной поверхности образца в пределах рабочей длины. За результат измерения принимается наименьшее значение измеренной толщины (см. раздел 8).

Наносят калибровочные метки на каждый образец на равном расстоянии от середины, сохраняя длину l_0.

7 Проведение испытания

Для каждого образца измеряют ширину b с точностью 0,01 мм и толщину h с точностью 0,005 мм.

Перед проведением испытания кондиционируют образцы в температурной камере не менее 30 мин при температуре (80 ± 1) °С.

Закрепляют образец в верхнем зажиме, не допуская повреждения и прилипания образца. Закрывают камеру.

После достижения температуры (80 ± 1) °С закрепляют образец в нижний зажим.

Образец должен оставаться в зажимах не менее 1 мин перед приложением нагрузки и началом испытания.

Достигают предварительного напряжения 0,4 МПа со скоростью деформации 5 мм/мин.

Во время испытания измеряют нагрузку и удлинение, выдерживаемые образцом.

Растягивают образец при постоянной скорости перемещения зажима 20 мм/мин до достижения значения коэффициента вытяжки λ от 8,0 до 12,0 или разрушения образца. Если образец разрушается до λ = 8,5, результат испытания не учитывают.

Испытывают не менее пяти образцов. Если образец проскальзывает в зажимах, то результат испытания при расчетах не учитывают, удаляют образец и повторяют испытание.

8 Обработка результатов

Вычисляют коэффициент вытяжки λ, используя значение длины образца l и длины между метками l_0 по формуле

$$\lambda = \frac{l}{l_0} = 1 + \frac{\Delta l}{l_0}, \tag{1}$$

где Δl — увеличение длины образца между метками.

Затем по формуле (2), полученной из предположения о постоянстве объема образца между зажимами, вычисляют истинное напряжение $\sigma_{ист}$

$$\sigma_{ист} = \lambda \cdot \frac{F}{A}, \tag{2}$$

где F — измеренное усилие, Н.

Определяют начальное поперечное сечение A для каждого образца.

Модель Нео-Гука, описываемую формулой (3), используют для экстраполяции полученных данных, на основе которых вычисляют $\langle G_p \rangle$, МПа, для $8 < \lambda \leq 12$ (см. приложение А).

$$\sigma_{ист} = \frac{\langle G_p \rangle}{20} \cdot \left(\lambda^2 - \frac{1}{\lambda} \right) + C, \tag{3}$$

где C — математический параметр модели, описывающий напряжение предела текучести, экстраполированного при λ = 0.

Величина достоверности аппроксимации линейному приближению R^2 должна быть более 0,9.

9 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать:

a) обозначение настоящего стандарта;

b) информацию для идентификации испытуемого материала, включая тип, источник, обозначение изготовителя, образец для испытания (производитель, способ изготовления, дата изготовления);

c) минимальную толщину каждого образца;

d) среднюю ширину каждого образца;

e) количество образцов;

f) напряжение при пределе текучести для каждого образца;

g) среднее значение и стандартное отклонение напряжения при пределе текучести для всех испытанных образцов;

h) вычисленный модуль деформационного упрочнения для каждого образца;

i) среднее значение и коэффициент вариации модуля деформационного упрочнения для всех испытанных образцов;

j) температуру испытания и любые ее изменения во время испытания;

k) сведения об образцах, не учтенных при вычислениях, с указанием причины исключения;

l) любые факторы, которые могли повлиять на результаты — такие, как любые инциденты или любые рабочие детали, не указанные в настоящем стандарте;

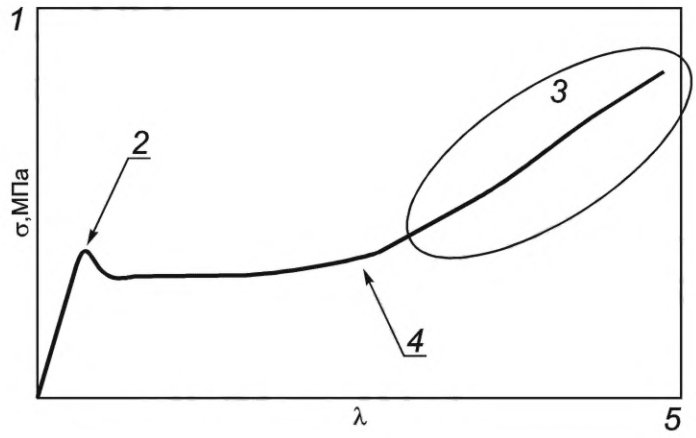
m) дату проведения испытания.

Приложение А
(справочное)

Модель Нео-Гука

А.1 Общие положения

Важная роль модели сети молекулярных зацеплений была описана Крамером и Брауном (см. [3], [6], [7]) и характеризует поведение материала при деформационном упрочнении. Предполагается (см. [4], [8]), что величина деформационного упрочнения при испытании на растяжение является мерой сопротивления деформации фибрилл. Модуль деформационного упрочнения определяют по кривой «напряжение—деформация», выше коэффициента естественной вытяжки, особенно при повышенной температуре (80 °С). Для определения этого условия используют α-переход полиэтилена. Для описания поведения материала определяют модуль упрочнения при деформации $<G_p>$ с использованием модели Нео-Гука (см. раздел 8).



1 — напряжение; *2* — предел текучести; *3* — деформационное упрочнение; *4* — естественная степень вытяжки; *5* — деформация

Рисунок А.1 — Кривая «напряжение—деформация»

Модель Нео-Гука использует простую линейную регрессию согласно формуле

$$y = a \cdot x + b. \tag{А.1}$$

Наклон вычисляют по формуле

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \tag{А.2}$$

Модель Нео-Гука, использующую параметры деформационного упрочнения, вычисляют по формуле

$$\sigma_{ист} = G_p \cdot \left(\lambda^2 - \frac{1}{\lambda}\right) + C, \tag{А.3}$$

где G_p — наклон между $\lambda = 8$ и $\lambda = 12$.

Примечание — Значения в диапазоне от 8 до 12 принимают согласно [6];

$\left(\lambda^2 - \frac{1}{\lambda}\right)$ — деформации Нео-Гука.

$< G_p >$ вычисляют по формуле (см. [8])

$$\left\langle G_{\text{p}} \right\rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{\sigma_{i+1} - \sigma_i}{\lambda_{i+1} - \lambda_i}, \tag{A.4}$$

при условии

$$\lambda^2 - \frac{1}{\lambda} \approx \lambda^2$$

<G_{p}> вычисляют по формуле

$$\left\langle G_{\text{p}} \right\rangle = \left[\frac{\left(12^2 - \frac{1}{12}\right) - \left(8^2 - \frac{1}{8}\right)}{12 - 8} \right] \cdot G_{\text{p}} \approx 20 \cdot G_{\text{p}}. \tag{A.5}$$

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 527-1	MOD	ГОСТ 34370—2017 (ISO 527-1:2012) «Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы»
ISO 7500-1	—	*
ISO 9513	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:

MOD — модифицированный стандарт.

Библиография

[1] ISO 37, Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of tensile stress-strain properties

[2] ISO 16241, Notch tensile test to measure the resistance to slow crack growth of polyethylene materials for pipe and fitting products (PENT)

[3] Brown H.R. A molecular interpretation of the toughness of glassy polymers. Macromolecules. 1991, 24 pp. 2752—2756

[4] Deblieck R., van Beek D.J.M., Remerie K., Ward I.M. Failure mechanisms in polyolefines: The role of crazing, shear yielding and the entanglement network. Polymer (Guildf.). 2011, 52 pp. 2979—2990

[5] Havermans L., Deblieck R., McCarthy M., Kloth R., Kurelec I. An elegant and fast method to predict the slow crack growth behaviour of high density polyethylene pipe materials, Plastics pipes XV Conference, Vancouver 2010

[6] Hui C.Y., Ruina A., Creton C., Kramer E.J. Micromechanics of crack growth into a craze in a polymer glass. Macromolecules. 1992, 25 pp. 3948—3955

[7] Kramer E.J. Microscopic and molecular fundamentals of crazing. Adv. Polym. Sci. 1983, 52/53 pp. 1—56

[8] Kurelec L., Teeuwen M., Schoffeleers H., Deblieck R. Strain hardening modulus as a measure of environmental stress crack resistance of high density polyethylene. Polymer (Guildf.). 2005, 46 pp. 6369—6379

УДК 678.017:006.354 МКС 23.040.20
23.040.45 IDT

Ключевые слова: полиэтилен для трубопроводных систем, определение модуля деформационного упрочнения, метод испытания

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 10.07.2023. Подписано в печать 27.07.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,24.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru