ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 55043— 2012**

## Контроль неразрушающий

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ УПРУГОАКУСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

## Общие требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Нижегородским филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (НФ ИМАШ РАН) и 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 8 ноября 2012 г. № 699-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (gost.ru)*

© Стандартинформ, 2014

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 и сокращения . . . . . 2
4 Требования безопасности . . . . . 3
5 Требования к средствам измерений . . . . . 3
6 Требования к образцам для испытаний . . . . . 4
7 Требования к испытательному оборудованию . . . . . 4
8 Порядок подготовки к проведению испытаний . . . . . 4
9 Порядок проведения испытаний . . . . . 5
10 Обработка результатов испытаний . . . . . 5
11 Оформление результатов испытаний . . . . . 6
Приложение А (рекомендуемое) Форма журнала экспериментального определения величин КУАС материала . . . . . 7

## Введение

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

Коэффициенты упругоакустической связи связывают акустические параметры и механические напряжения. В настоящем стандарте регламентирована процедура определения значений коэффициентов упругоакустической связи твердых тел на основе экспериментального определения коэффициентов акустоупругой связи в процессе акустомеханических испытаний, включающих в себя прецизионные измерения акустических параметров материала при известном его напряженном состоянии, а именно, одноосном растяжении или сжатии.

Стандарт может быть использован при акустомеханических испытаниях конструкционных материалов, применяемых в различных отраслях промышленности, а также новых перспективных материалов с неизвестными акустическими свойствами.

Материалы классифицированы по параметру собственной акустической анизотропии, обуславливаемой анизотропией их упругих свойств. В зависимости от величины этого параметра рекомендованы различные способы определения значений коэффициентов упругоакустической связи.

Настоящий стандарт послужит методической основой применения метода акустоупругости при решении широкого класса прочностных и диагностических задач, требующих экспериментальной оценки напряженного состояния материалов промышленных конструкций и объектов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Контроль неразрушающий**

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ УПРУГОАКУСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

**Общие требования**

Non-destructive testing. Evaluation of elastic-acoustic coefficients. General requirements

**Дата введения — 2014—01—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на экспериментальное определение коэффициентов упругоакустической связи конструкционных материалов, характеризующих чувствительность метода акустоупругости к механическим напряжениям в материале. Указанные коэффициенты используют при неразрушающем контроле для определения одно- и двухосных главных напряжений, действующих в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения волн, для изотропных и анизотропных материалов, направления главных напряжений в которых совпадают с осями симметрии (в том числе листового проката, где напряжения действуют вдоль и поперек проката).

Стандарт не распространяется на определение остаточных напряжений, возникающих при необратимых изменениях материала вследствие термообработки, пластической деформации, накопления усталостных повреждений и т. п.

Настоящий стандарт устанавливает порядок определения коэффициентов упругоакустической связи материала технических объектов с использованием стандартных образцов, подвергнутых воздействию в лабораторных условиях известных по знаку и величине напряжений, однородных по объему изучаемого материала.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.32—91 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления

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

ГОСТ 12.2.003—91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.002—75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 25.503—97 Металлы. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие

ГОСТ 1497—84 Металлы. Методы испытания на растяжение

ГОСТ 2789—73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 28840—90 Машины для механических испытаний материалов

**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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

$k_1, k_2, k_3$ — коэффициенты акустоупругой связи, 1/МПа:

$k_1$ — 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;

$\sigma_1$, $\sigma_2$ — главные напряжения в плоскости, МПа, для анизотропного материала (листового проката):

$\sigma_1$ — напряжение вдоль направления проката материала;

$\sigma_2$ — напряжение поперек направления проката материала;

$\sigma_{02}$ — предел текучести материала, МПа;

$t_1$ — задержка импульса упругой сдвиговой волны с вектором поляризации, параллельным напряжению $\sigma_1$, в нагруженном материале, мкс;

$t_{01}$ — задержка импульса упругой сдвиговой волны с вектором поляризации, параллельным напряжению $\sigma_1$, в ненагруженном материале, мкс;

$t_2$ — задержка импульса упругой сдвиговой волны с вектором поляризации, параллельным напряжению $\sigma_2$, в нагруженном материале, мкс;

$t_{02}$ — задержка импульса упругой сдвиговой волны с вектором поляризации, параллельным напряжению $\sigma_2$, в ненагруженном материале, мкс;

$t_3$ — задержка импульса упругой продольной волны в нагруженном материале, мкс;

$t_{03}$ — задержка импульса упругой продольной волны в ненагруженном материале, мкс;

$a_0$ — величина собственной акустической анизотропии материала, вычисляемая по формуле $a_0 = \frac{2(t_{02} - t_{01})}{t_{02} + t_{01}}$;

$K_1$ — коэффициент упругоакустической связи, связывающий напряжение $\sigma_1$ с изменением задержки импульсов сдвиговых волн, поляризованных вдоль направления проката материала, или напряжение $\sigma_2$ с изменением задержки импульсов сдвиговых волн, поляризованных поперек направления проката материала, и продольной волны, МПа;

$K_2$ — коэффициент упругоакустической связи, связывающий напряжение $\sigma_1$ с изменением задержки импульсов сдвиговых волн, поляризованных поперек направления проката материала, или напряжение $\sigma_2$ с изменением задержки импульсов сдвиговых волн, поляризованных вдоль направления проката материала, и продольной волны, МПа;

$D$ — коэффициент упругоакустической связи, связывающий одноосное напряжение с изменением задержки импульсов сдвиговых волн, поляризованных вдоль и поперек его действия, МПа;

$D_1$ — коэффициент упругоакустической связи, связывающий одноосное напряжение с изменением задержки импульсов сдвиговой волны, поляризованной вдоль направления его действия, и продольной волны, МПа.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

КУАС — коэффициенты упругоакустической связи;

КАУС — коэффициенты акустоупругой связи;

НС — напряженное состояние;
СИ — средство измерений;
ЭАП — электроакустический преобразователь.

## 4 Требования безопасности

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

4.2 При проведении работ по определению КУАС материала оператор должен руководствоваться ГОСТ 12.1.001, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002 и правилами технической безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденными Госэнергонадзором.

4.3 Работу следует проводить в соответствии с требованиями безопасности, изложенными в инструкции по эксплуатации аппаратуры, входящей в состав используемых СИ.

4.4 При проведении акустомеханических испытаний с использованием конкретной испытательной машины (стенда для механических испытаний) следует соблюдать требования безопасности, изложенные как в инструкции по ее эксплуатации, так и принятые в испытательной лаборатории (на участке испытательных машин).

## 5 Требования к средствам измерений

5.1 В качестве СИ могут быть использованы установки, собранные из серийной аппаратуры, и специализированные приборы для определения напряжений акустическим (ультразвуковым) методом, сертифицированные и поверяемые в установленном порядке.

5.2 СИ должны обеспечивать проведение измерений эхо-методом с использованием акустических импульсов с плавной огибающей.

5.3 В комплект СИ должны входить ЭАП, обеспечивающие излучение и прием импульсов сдвиговых и продольных упругих волн, распространяющихся по нормали к поверхности материала.

5.4 На основании сведений о значении коэффициента $k_2$ материала применяют СИ, для которых допустимая абсолютная погрешность измерения задержки удовлетворяет условию

$$\Delta t_{доп} < \frac{\Delta t_{макс}}{k_1}, \quad (1)$$

где $k_1$ — метрологический запас, значение которого находится в интервале от 3 до 5;
$\Delta t_{макс}$ — максимальное значение абсолютной погрешности измерения задержки $t$, вычисляемое по формуле

$$t_{макс} = t(\Delta\sigma\,|k_2| + \Delta k_2\,\sigma_{02}), \quad (2)$$

где $\Delta k_2$ — абсолютная погрешность определения КАУС $k_2$;
$\Delta\sigma$ — допустимая абсолютная погрешность измерения напряжения.

### 5.5 Требования к программному обеспечению средств измерений

5.5.1 Алгоритмическая часть программного обеспечения должна обеспечивать вычисление задержек импульсов с погрешностью в соответствии с 5.4.

5.5.2 Программное обеспечение должно учитывать условия проведения акустических измерений, в частности, температурный режим.

5.5.3 Первичная акустическая информация для каждого испытания должна постоянно храниться на внешних носителях, защищенных от несанкционированного доступа.

### 5.6 Требования к методическому обеспечению средств измерений

5.6.1 Методическое обеспечение СИ должно содержать методику выполнения измерений, а также документы, устанавливающие:

- назначение и область применения СИ;
- состав и основные характеристики средств аппаратного и программного обеспечения, включающие нормы на погрешность измерения задержек импульсов;
- методы и средства достижения совместимости СИ, в том числе информационной, электрической, энергетической, программной, конструкторской, эксплуатационной;

- правила агрегатирования средств аппаратного и программного обеспечения и организации их взаимодействия.

5.6.2 Описание функциональных возможностей СИ в эксплуатационных, конструкторских и программных документах СИ должно отражать характеристики аппаратного и программного обеспечения.

## 6 Требования к образцам для испытаний

6.1 Для проведения акустомеханических испытаний материалов применяется два вида известного напряженного состояния: одноосное напряжение растяжения и (или) одноосное напряжение сжатия.

6.2 Класс шероховатости поверхности образцов под ЭАП — не ниже $R_a$ 2,5 по ГОСТ 2789.

6.3 При проведении испытаний на растяжение используются плоские образцы по ГОСТ 1497.

6.4 Наряду с требованиями ГОСТ 1497 следует соблюдать следующие рекомендации по проведению прецизионных акустических измерений при нагружении образца.

6.4.1 Для разрешения акустических импульсов на толщине образца рекомендуется использовать образцы конструкционных материалов толщиной 8—10 мм, но не менее 5—6 мм.

6.4.2 С целью исключения реверберации и поперечных резонансов по ширине образца она должна быть не менее трех поперечных размеров ЭАП.

6.5 Для проведения испытаний при сжатии материала используются образцы двух типов.

6.5.1 Плоские универсальные образцы для проведения испытаний как на растяжение, так и на сжатие, удовлетворяющие дополнительным рекомендациям:

- для предотвращения потери устойчивости и возникновения бочкообразности при нагружении следует выбирать форму поперечного сечения, максимально приближенную к квадратной;
- соотношение длины рабочей части $l_{сж}$ и площади поперечного сечения $S$ выбирают из условия $5{,}65\sqrt{S} < l_{сж} < 8{,}7\sqrt{S} \cdot l_{сж}$ должна быть не менее трех поперечных размеров ЭАП.

6.5.2 Образцы для проведения испытаний только на сжатие должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к образцам II типа по ГОСТ 25.503. $l_{сж}$ должна быть не менее трех поперечных размеров ЭАП.

## 7 Требования к испытательному оборудованию

7.1 Для нагружения образца используют машины для механических испытаний материалов по ГОСТ 28840.

7.2 Выбор испытательного оборудования осуществляется таким образом, чтобы в образце создать напряжение, составляющее 0,6—0,8 $\sigma_{02}$, а также обеспечить условия для осуществления прецизионных акустических измерений по 6.4.

7.3 Для испытания образцов универсального типа используют машины, допускающие как растяжение, так и сжатие материала. В этом случае желательно использовать один и тот же образец материала, изготовленный в соответствии с требованиями 6.4 и 6.5.

7.4 Для испытания образцов на сжатие используют прессы и другое испытательное оборудование, удовлетворяющее требованиям 7.2. При этом следует учитывать, что для многих материалов $\sigma_{02}$ при сжатии превышает $\sigma_{02}$ при растяжении.

7.5 Испытательные машины должны обеспечивать требуемую нагрузку с допустимым отклонением напряжений не более 1 МПа в течение промежутка времени, необходимого для проведения акустических измерений (значение этого промежутка зависит от квалификации оператора и используемых СИ).

## 8 Порядок подготовки к проведению испытаний

8.1 При подготовке к испытаниям следует выполнить анализ технических документов и сертификатов на материал с целью идентификации марки и технологии обработки материала и определения его механических характеристик ($\sigma_{02}$, предел прочности) по документации или путем проведения механических испытаний.

8.2 Следует определить значение $a_0$ с погрешностью, не превышающей 0,1 %. База измерений (абсолютное значение задержек сдвиговых волн) при оценке параметра акустической анизотропии должна быть не менее 50 мкс. Если этого достигнуть невозможно, то необходимо следить, чтобы абсолютная погрешность измерения значения $a_0$ не превышала 0,1 %.

### 8.3 Изготовление образцов для испытаний

8.3.1 Для слабо анизотропного материала ($a_0$ не превышает 1 %) изготавливают не менее 3-х образцов в соответствии с требованиями 6.2—6.5.

8.3.2 Для сильно анизотропного материала ($a_0$ превышает 1 %) изготавливают не менее чем по 3 образца, вырезанных вдоль и поперек направления осей симметрии ортотропного материала.

Примечание — В тех случаях, когда класс симметрии упругих свойств материала отличается от указанного выше, решение о количестве образцов принимается опытным путем.

8.3.3 По механическим характеристикам материала и размерам образцов выбирают испытательное оборудование с соответствии с разделом 7.

8.3.4 Составляют программу ступенчатого нагружения образца от начальной нагрузки, соответствующей значению одноосного напряжения не более 0,1 $\sigma_{02}$, до нагрузки, соответствующей 0,8 $\sigma_{02}$. Рекомендуется предусмотреть не менее пяти ступеней нагружения для последующей регрессионной обработки результатов испытаний.

## 9 Порядок проведения испытаний

9.1 Образец с закрепленными на нем ЭАП помещают в машину для механических испытаний, добиваются правильной его центровки и прикладывают к нему небольшую нагрузку для обеспечения надежной фиксации образца в захватах.

Примечание — При испытаниях на сжатие предварительную нагрузку прикладывать не нужно.

9.2 На каждой ступени нагружения проводят измерения задержек импульсов упругих волн, распространяющихся в материале по нормали к поверхности образца, как при увеличении, так и при уменьшении нагрузки. Затем образец вынимают из машины. Каждое нагружение («вверх-вниз») проводят три раза. Перед новым нагружением ЭАП снимают и вновь устанавливают на образец.

9.3 Для каждой ступени нагружения измеряют задержки сдвиговых волн, поляризованных вдоль и поперек направления приложения нагрузки, а также задержки продольной волны, распространяющихся в материале по нормали к поверхности образца. База измерений сдвиговых волн по 8.2, для продольных волн — не менее 30 мкс.

9.4 Допускается как проведение измерений для всех трех типов волн одновременно, так и отдельно для каждого типа волны. Первый вариант предпочтительнее, однако, при этом должны быть выполнены требования 6.4.2, а также 6.5.1 и 6.5.2 с учетом того, что зона измерений должна находиться в середине образца и расстояние между каждым из захватов и этой зоной должно быть не менее ширины образца.

9.5 Результаты акустических измерений при всех нагружениях, а также полученные при определении собственной анизотропии материала, вносят в журнал испытаний, форма которого приведена в приложении А.

## 10 Обработка результатов испытаний

10.1 Вычисляют коэффициенты линейной регрессии зависимостей величины $\frac{t_{0i}-t_i}{t_{0i}}$ ($i$ = 1, 2, 3 для соответствующих типов волн) от соответствующих значений напряжений $\sigma$, используя метод наименьших квадратов. КАУС являются тангенсами угла наклона к оси $\sigma$ зависимости $\frac{t_{0i}-t_i}{t_{0i}}(\sigma)$.

10.2 Коэффициент корреляции зависимости $\frac{t_{01}-t_1}{t_{01}}(\sigma)$ должен быть не менее 0,9. Для зависимостей $\frac{t_{02}-t_2}{t_{02}}(\sigma)$, $\frac{t_{03}-t_3}{t_{03}}(\sigma)$ допускается коэффициент корреляции не менее 0,8.

Примечание — Для исключения существенных ошибок при экспериментальном определении величин КУАС по результатам акустомеханических испытаний следует иметь в виду, что для основных материалов коэффициент $k_1$ отрицателен и имеет наибольшее абсолютное значение; коэффициент $k_2$ = (0,1—0,3)$k_1$, а коэффициент $k_3$ = (0,2—0,5)$k_1$. Значения $k_2$ и $k_3$ положительны.

### 10.3 Определение КУАС для слабо анизотропного материала

10.3.1 КУАС слабо анизотропного материала рассчитывают по формулам:

- для двухосного НС

$$K_1 = \frac{k_1 - k_3}{(k_1 - k_3)^2 - (k_2 - k_3)^2}, \quad K_2 = \frac{k_2 - k_3}{(k_1 - k_3)^2 - (k_2 - k_3)^2};$$

- для одноосного НС

$$D = \frac{1}{k_1 - k_2}, \; D_1 = \frac{1}{k_1 - k_3}.$$

10.3.2 Определяют средние значения величин КУАС по измерениям на трех образцах и величину разброса соответствующих значений.

### 10.4 Определение КУАС для сильно анизотропного материала

10.4.1 КУАС сильно анизотропного материала рассчитывают по формулам:

- для двухосного НС

$$K_1 = \frac{k_1^{\parallel} - k_3}{(k_1^{\parallel} - k_3)(k_1^{\perp} - k_3) - (k_2 - k_3)^2}, \quad K_1^{\perp} = \frac{k_1^{\perp} - k_3}{(k_1^{\parallel} - k_3)(k_1^{\perp} - k_3) - (k_2 - k_3)^2}, \quad K_2 = \frac{k_2 - k_3}{(k_1^{\parallel} - k_3)(k_1^{\perp} - k_3) - (k_2 - k_3)^2},$$

где $k_2$, $k_3$ — средние значения коэффициентов акустоупругой связи по результатам измерений на образцах, вырезанных вдоль и поперек проката, которые рассчитывают по формулам:

$$k_2 = \frac{k_2^{\parallel} + k_2^{\perp}}{2}, \quad k_3 = \frac{k_3^{\parallel} + k_3^{\perp}}{2};$$

- для одноосного НС

$$D^{\parallel} = \frac{1}{k_1^{\parallel} - k_2^{\parallel}}, \quad D^{\perp} = \frac{1}{k_1^{\perp} - k_2^{\perp}}.$$

Примечание — Знак «||»означает направление вдоль проката, знак «⊥» — поперек проката (для материалов, изготовленных прокатом).

## 11 Оформление результатов испытаний

11.1 Результаты испытаний фиксируют в журнале, форма которого приведена в приложении А.

Дополнительные сведения, подлежащие записи, порядок оформления и хранения журнала (или заключения) следует устанавливать в технических документах на испытания.

11.2 Если акустомеханические испытания являются частью научно-исследовательских работ, то результаты измерений следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32.

**Приложение А**
**(рекомендуемое)**

## Форма журнала экспериментального определения величин КУАС материала

| | |
|---|---|
| Номер испытуемого образца | |
| Геометрические размеры | |
| Марка или тип материала | |
| Механические характеристики | |
| Величина собственной акустической анизотропии | |
| Марка или тип испытательного оборудования | |
| Вид нагружения | |
| Ступени нагружения (в тоннах) | |
| Приложенные нагрузки, МПа | |
| Задержки импульсов, мкс | |
| Коэффициенты акустоупругой связи | |
| $k_1$, 1/МПа | |
| $k_2$, 1/МПа | |
| $k_3$, 1/МПа | |
| Коэффициенты упругоакустической связи | |
| $K_1$, МПа | |
| $K_2$, МПа | |
| $D$, МПа | |
| $D_1$, МПа | |
| Дата испытаний | |
| Фамилия оператора | |
| Примечание | |

УДК 620.172.1:620.179.16:006.354 ОКС 77.040.10 Т59

Ключевые слова: механические напряжения, импульсный акустический метод, задержки импульсов, коэффициенты упругоакустической связи

Редактор *Б.Н. Колесов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Ю.М. Прокофьева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 20.06.2014. Подписано в печать 30.07.2014. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 0,95. Тираж 103 экз. Зак. 2788.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru