

Determination of Iron Casting Strength and Hardness by Free Oscillation Technique

E. Z. Kovarskaya
A. V. Antonov
A. K. Goldobin

The braking system used in railway transport includes parts of complex geometry made of cast iron SCh 18. The technique for acoustic testing of such parts was developed; the results of experimental study fulfilled within the framework of the development are given.

Testing was executed by free oscillation technique. The free oscillation were induced by the impact; the device "Zvuk 203M" was used for oscillation measurements registration. Rejection rates were determined on the base of analysis and processing of data obtained at integrated testing consisted of acoustic measurements and destructive mechanical tests of rod witness-specimens with a round cross-section.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ТВЕРДОСТИ ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Ультразвуковая дефектоскопия и НК свойств чугунов различных марок основаны на значительном изменении параметров акустических колебаний — скорости распространения ультразвуковых колебаний, частот собственных колебаний и коэффициента затухания в зависимости от структурных характеристик чугунов [1–6]. В основном изменение этих характеристик связано с формой и процентным содержанием графита в чугуне.

Зависимости между скоростью ультразвука и структурой, а также прочностными характеристиками установлены для разных видов чугунов и используются как для целей дефектоскопии, так и для оценки физико-механических свойств. При этом для высокоточных измерений скорости с погрешностью не более 0,5–1,0 % используются высокочастотные импульсные методы измерений, которые требуют специальной подготовки поверхности контролируемого изделия для обеспечения качественного контакта преобразователя.



Коварская Елена Зеликовна

Зам. генерального директора ООО «Звук». Научные интересы — методы НК, основанные на измерении частот собственных колебаний изделий и образцов из различных материалов.

Голдобин Александр Константинович

Главный инженер филиала ОАО «Ритм» ТПТА «Центролит», г. Кашин.

Антонов Андрей Викторович

Главный метролог ОАО «Ритм» ТПТА, г. Тверь.

Низкочастотный акустический метод, основанный на возбуждении и измерении частот собственных колебаний (ЧСК) изделий, позволяет проводить неразрушающий экспресс-контроль тех же свойств, что и при ультразвуковых измерениях, но на отливках без специальной подготовки поверхности и без использования контактных жидкостей. Такая возможность обусловлена тем, что связь между ЧСК и скоростью распространения акустических волн C_l описывается формулой

$$f_i = F_i C_l, \quad (1)$$

где f_i — частота собственных колебаний определенного вида i ; F_i — коэффициент формы, зависящий от формы и размеров изделия, вида возбуждаемых колебаний и коэффициента Пуассона; $C_l = (E/\rho)^{1/2}$ — стержневая скорость звука (скорость распространения продольных упругих колебаний в бесконечно длинном тонком стержне); E — модуль нормальной упругости; ρ — плотность.

Различие между скоростью распространения продольных ультразвуковых колебаний в бесконечной среде C_x и скоростью C_l определяется коэффициентом Пуассона ν , который, как правило, незначительно изменяется в пределах одного материала:

$$C_x = [E(1 - \nu)/\rho(1 + \nu)(1 - 2\nu)]^{1/2} = C_l [(1 - \nu)/(1 + \nu)(1 - 2\nu)]^{1/2}.$$

При разработке методики контроля методом собственных колебаний должны быть решены следующие задачи:

- выбор рабочего вида частот собственных колебаний, в том числе обеспечение условий надежного измерения ЧСК этого вида (рабочей частоты) и их идентификация (выбор схемы установки на измерительной позиции, оптимальных

условий возбуждения и приема колебаний, режимов измерения ЧСК);

- определение коэффициента формы для изделий номинальных размеров и его возможного отклонения в зависимости от допусков на размеры, влияющего на значения ЧСК данного типа, а также способа его корректировки;
- определение браковочных показателей (диапазона частот или скорости распространения акустических волн).

Следует обратить внимание на существенную зависимость получаемой структуры чугуна от стабильности технологического процесса и, соответственно, возможные различия свойств чугунов (в т. ч. характеристик акустического контроля), получаемых по различным технологическим процессам у разных изготовителей.

В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований, выполненных при разработке методики акустического контроля отливок деталей тормозной системы (деталей корпуса 4314), применяемой на железнодорожном транспорте, из чугуна марки СЧ 18 с использованием прибора «Звук-203М» методом свободных колебаний, возбуждаемых в контролируемом изделии ударом.

Определение браковочных показателей проведено на основании анализа и обработки статистических данных, полученных при выполнении совместных акустических измерений и разрушающих механических испытаний на образцах-свидетелях, имеющих форму стержней с круглым сечением, которые в количестве не менее трех штук отливаются с каждой партией отливок. Измерения ЧСК таких образцов проводились в соответствии со стандартными методиками измерений частот продольных и (или) изгибных колебаний стержней с помо-

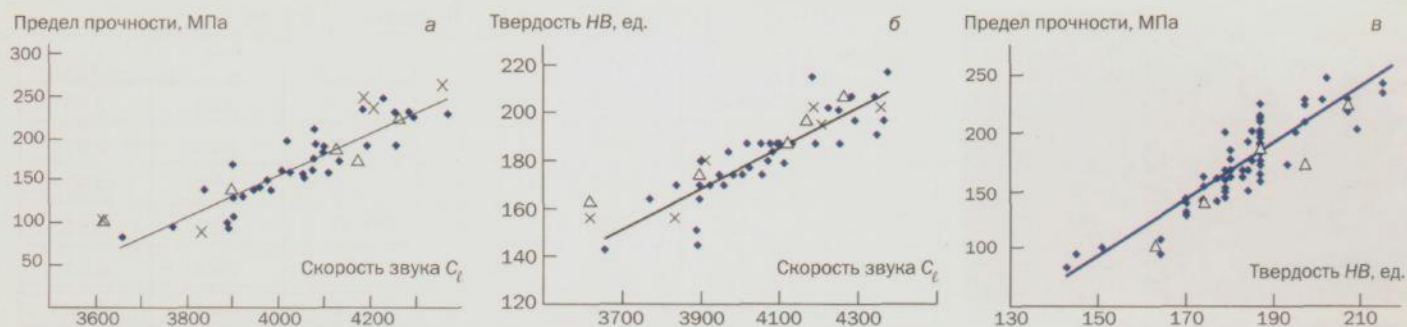


Рис. 1. Градуировочные зависимости: а — «Предел прочности на разрыв σ_B — Скорость звука C_t », коэффициент корреляции $R = 0,89$; б — «Твердость HV — Скорость звука C_t », $R = 0,86$; в — Зависимость «Предел прочности на разрыв σ_B — Твердость HV », коэффициент корреляции $R = 0,89$. Результаты испытаний образцов-свидетелей: \blacklozenge — из выборки для построения градуировочных зависимостей; \times — получены ранее при предварительных испытаниях; Δ — получены при последующих контрольных испытаниях.

щью прибора «Звук-203М», определение твердости по Бриннелю (HV) и предела прочности на разрыв σ_B выполнялось в соответствии с действующими методами (стандартами).

Накопление и анализ статистических данных для построения градуировочных зависимостей

С учетом действующей технологии и методик контроля прочностных характеристик для построения градуировочных зависимостей накопление статистических данных проведено на образцах-свидетелях. Отбор образцов осуществлялся из технологических партий по результатам контроля твердости HV и предела прочности на разрыв σ_B аналогичных образцов (по 3 шт. от одной заливки для той же технологической партии). На основании анализа данных механических испытаний из общего количества образцов (68 шт.) были отобраны образцы с минимальными, максимальными и средними значениями механических характеристик, представляющие весь диапазон полученных значений.

На аналогичных образцах, не подвергавшихся механическим испытаниям, имеющих форму цилиндрических стержней с предварительно исправленной формой торцов (38 шт.), по стандартной методике были проведены измерения частот собственных продольных колебаний f_{np} с помощью прибора «Звук-203М». По результатам измерений частот f_{np} определены значения скорости распространения акустических волн C_t , которые использовались для построения градуировочных зависимостей.

В результате получены корреляционные зависимости и оценки погрешности определения параметров разрушающих испытаний по результатам акустического контроля (рис. 1а, б). На этих же рисунках приведены результаты еще двух серий измерений — ранее полученные при предварительных испытаниях специально отобранных образцов и полученные позднее при повторных контрольных ис-

Табл. 1. Расчетные значения $C_{t\text{ ср}}$

Уравнение регрессии (в рассматриваемой серии)	Средне-квадратическое отклонение	Браковочные показатели по действующим нормативам	Соответствующие значения C_t , м/с	Соответствующие значения ΔC_t , м/с
$\sigma_B = 0,245 C_t - 774,2$	$\Delta\sigma_B = 19,9$ МПа	$\Delta\sigma_B \leq 180$ МПа	3895	82
$HV = 0,0844 C_t - 161,1$	$\Delta HV = 8,7$	$HV \leq 170$	3920	104
		$HV \leq 140$	3570	

пытаниях. Видно, что результаты контроля образцов, полученные в разное время, практически находятся в одной и той же области значений характеристик.

На основе полученных экспериментальных данных дополнительно рассмотрена связь результатов механических испытаний σ_B и HV и совпадение соответствующих браковочных показателей (рис. 1в).

Значения браковочных показателей по C_t (табл. 1) могут быть установлены по полученным уравнениям регрессии для соответствующих браковочных показателей по HV и σ_B .

В процессе отработки методики контроля с целью оптимизации риска изготовителя (перебраковки) и потребителя (пропуск брака) рекомендуется проводить дополнительный анализ HV и σ_B на образцах со значениями C_t в интервалах ($C_{t\text{ ср}} \pm \Delta C_t$) или ($C_{t\text{ ср}} \pm 2 \Delta C_t$).

Установленные на образцах-свидетелях зависимости могут быть использованы для всех видов изделий из рассматриваемого материала при наличии соответствующих методик определения C_t . Таким образом, алгоритм акустического контроля заключается в следующем: по измеренному значению ЧСК определяется C_t , и изделия сортируют на 3 группы: $C_t > (C_{t\text{ ср}} + \Delta C_t)$ — годные; $C_t = (C_{t\text{ ср}} + \Delta C_t)$ — эта группа подлежит дополнительной сортировке по HV ; $C_t < (C_{t\text{ ср}} - \Delta C_t)$ — брак. В этом случае риск потребителя и изготовителя минимизируется, а границы $\Delta C_{t\text{ ср}}$ могут быть уточнены по мере накопления и анализа данных.

Разработка методики контроля отливок корпуса 4314

При разработке методики контроля изделий сложной формы необходимо выбрать такие условия измерений и такую рабочую частоту, при которых удастся обеспечить наиболее простой и надежный способ проведения измерений.

Изделие «отливка корпуса 4314» представляет собой сложную конструкцию, которую можно приближенно моделировать как комбинацию двух относительно тонкостенных цилиндров с переменным сечением, поэтому в спектре ЧСК этого изделия можно ожидать комбинацию частот, близких к изгибным колебаниям стержня, и частот типа плоских колебаний цилиндра с осевым отверстием.

В процессе исследования спектра ЧСК отливок были получены три наиболее устойчиво и надежно воспроизводимые частоты. Их значения для образцов деталей из партии, ранее переданных для опробования возможности контроля, представлены в табл. 2. Там же приведены соотношения между этими ЧСК.

На первой стадии экспериментов использовались измерения ЧСК f_3 , однако, исходя из простоты и удобства измерений, предпочтительно использование ЧСК f_1 (рис. 2).

При отработке методики измерения была учтена необходимость работы в помещении с высоким уровнем шума, поэтому также была опробована возможность проведения измерений с использованием внешнего приемника (пьезопреобразователь из комплекта измерителя частот собственных колеба-



Рис. 2. Измерение ЧСК типа f_1 с внутренним микрофоном (а), с внешним приемником (б)

ний типа «Звук-130»). Результаты многократных измерений ЧСК с внешним приемником и внутренним микрофоном для деталей с минимальным и максимальным значениями соответствующих частот приведены в табл. 3.

Значение коэффициента формы для выбранных видов колебаний может быть получено из формулы (1) по результатам измерения ЧСК и известным значениям C_f . При разработке методики использовались два способа определения C_f :

- по результатам измерения ЧСК и определения C_f на части изделия, имеющей форму, для которой может быть проведен расчет спектра ЧСК по известным зависимостям или формулам;
- по результатам расчета по уравнениям регрессии, установленным на образцах-свидетелях, для значений НВ, измеренных на представленных образцах отливок корпуса.

В первом случае при контроле деталей в производственных условиях на одной из отливок с измеренными значениями твердости $HV = 156$ и $f_3 = 7055$ Гц проведено исследование однородности и определение C_f на образцах колец, вырезанных из этой детали. Расположение вырезанных колец показано на рис. 3. Результаты измерений и расчетов приведены в табл. 4.

Значение $C_f(f_d)$ рассчитывается по формуле (1): $C_f(f_d) = f_d F_d$, где f_d — частота плоских колебаний; $F_d = \lambda/d$ — коэффициент формы, λ — безразмерный параметр.

Таким образом, значение коэффициента формы для частоты f_3 отливки корпуса 4314 может быть рассчитано как

Табл. 2. Твердость и ЧСК образцов деталей

N	HВ, ед	f_1 , Гц	f_2 , Гц	f_3 , Гц	f_2/f_1	f_3/f_2	f_3/f_1
1	229	2642	3446	7752	1,30	2,25	2,93
2	163	2440	3163	7127	1,30	2,25	2,92
3	201	2623	3393	7682	1,29	2,26	2,93
4	207	2588	3390	7523	1,31	2,22	2,91
5	167	2468	3243	7184	1,31	2,22	2,91
Среднее значение:					1,30	2,24	2,92
Максимальное отклонение от среднего:					$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$

Табл. 3. Результаты многократных измерений нижних частот спектра, Гц

Номер измерения	Деталь № 1		Деталь № 2	
	Встроенный микрофон	Внешний приемник	Встроенный микрофон	Внешний приемник
1	2638	2641	2436	2439
2	2641	2641	2438	2439
3	2640	2636	2438	2438
4	2640	2639	2438	2438
5	2639	2640	2438	2439
6	2639	2639	2436	2440
7	2638	2641	2437	2441
8	2640	2640	2437	2438
9	2639	2640	2438	2438
10	2640	2640	2437	2439
Среднее значение	2639	2640	2437	2439
Размах	3	5	2	3

$F_3 = f_3 / C_f(f_d)_{\text{сред}} = 7055 / 3983 = 1,77 \text{ м}^{-1}$. С учетом существенной неоднородности этого участка по $C_f(f_d)$ значение коэффициента формы для частоты f_3 колеблется в пределах от 1,73 до 1,81 м^{-1} .

Во втором случае значение C_f для этой же детали, полученное при использовании построенной по результатам контроля образцов-свидетелей градуировочной зависимости НВ от C_f , для $HV = 156$ ед. составляет 3757 м/с, и соответствующий коэффициент формы $F_3 = 7055 / 3757 = 1,88 \text{ м}^{-1}$, для $HV_{\text{кольца ср}} = 145$ ед. составляет 3627 м/с и соответствующий коэффициент формы $F_3 = 7055 / 3627 = 1,95 \text{ м}^{-1}$.

Полученные разными способами значения коэффициента формы имеют достаточно близкие значения, которые отличаются на 4–5 %. Таким образом, значение коэффициента формы может быть уточнено в дальнейшем при отработке методики контроля и более тщательном анализе возможной неоднородности деталей. На данном этапе для последующих измерений и проекта методики закладывается величина $F_3 = 1,88 \text{ м}^{-1}$, полученная на основе об-



Рис. 3. Расположение колец, вырезанных из отливки при исследовании однородности и определении C_f

работки достаточно большого числа статистических данных при построении градуировочных зависимостей для образцов-свидетелей.

Соответствующие значения коэффициентов формы для других составляющих спектра определяются с учетом их соотношений, установленных при экспериментальном анализе (табл. 3): $F_1 = 0,644 \text{ м}^{-1}$ и $F_2 = 0,837 \text{ м}^{-1}$.

Табл. 4. Определение коэффициента формы для используемых частот

Наименование	Результаты измерения			Средние значения и результаты расчетов		
	1	2	3	1	2	3
Номер кольца						
HV , ед	140; 145; 150	150; 152; 143	133; 140 148	145	148	140
Диаметр наружный D , мм	56,2–56,5	56,2–56,4	46,5–46,9	56,4	56,3	46,7
Диаметр отверстия d , мм	31,6–33,0	31,0–32,5	31,7–32,8	32,3	31,8	32,2
Высота h , мм	–	20,3	10,5			
f_d , Гц	11118–10873	10863–10639	8444–8662	10950	10750	8553
d/D				0,573	0,565	0,690
$\lambda(d/D)$				0,0867	0,0875	0,0695
F_d , 1/м				0,002684	0,002752	0,002158
$C_\ell(f_d)$, м/с				4079	3907	3963
$C_\ell(f)_{\text{сред}}$, м/с				3983 ± 64		

чество отливок с минимальными значениями частот и по 3–5 шт. для средних и высоких значений частот. На этих отливках определены значения твердости, полученные по действующей методике (один отпечаток в области шестигранника).

На рис. 4 показаны значения HV и C_ℓ для всех трех указанных партий отливок (зеленый треугольник — партия № 256, коричневый — партия № 254 (грунтованные), голубой — отобранные заранее), нанесенные на градуировочную зависимость (синие ромбики), построенную по результатам контроля образцов-свидетелей. Дополнительно были проведены измерения твердости некоторых образцов, для которых значения

Табл. 5. Граничные значения контролируемых параметров для сортировки отливок

Контролируемый параметр	Значения величин при сортировке		
	Брак (без проверки твердости)	Дополнительный контроль твердости	Годные — контроль выборки по действующей методике
C_ℓ , м/с	Менее 3465	От 3465 до 3780	Выше 3780
f_1 , Гц	Менее 2230	От 2230 до 2435	Выше 2435
HV , ед	Менее 131	От 131 до 158	Выше 158
σ_B , МПа	Менее 76	От 76 до 153	Выше 153

Табл. 6. Граничные значения контролируемых параметров для образцов-свидетелей

Контролируемый параметр	Значения величин при сортировке		
	Брак (без проверки твердости)	Дополнительный контроль твердости	Годные — контроль выборки по действующей методике
C_ℓ , м/с	Менее 3815	От 3815 до 4130	Выше 4130
f_1 , Гц	Менее 2460	От 2460 до 2660	Выше 2660
HV , ед	Менее 160	От 160 до 187	Выше 187
σ_B , МПа	Менее 162	От 162 до 239	Выше 239

Опробование методики контроля отливок корпуса 4314 проведено в производственных условиях филиала ОАО «РИТМ» ТПТА «Центролит» г. Кашин.

На основе проведенных испытаний на период опытной эксплуатации методики предложены временные браковочные показатели, позволяющие минимизировать риск потребителя и оптимизировать риск изготовителя.

В качестве градуировочных зависимостей на этом этапе использовались зависимости, установленные на образцах-свидетелях рассмотренной серии измерений. Браковочные границы рассчитывались с учетом данных табл. 1 следующим образом:

- для заданных браковочных показателей по твердости HV ($HV = 140$ ед.) определялось соответствующее значение скорости C_ℓ и ΔC_ℓ , рассчитывались граничные значения $C_{\ell \text{ ср}1} = C_\ell - \Delta C_\ell$ и $C_{\ell \text{ ср}2} = C_\ell + 2\Delta C_\ell$;
- для работы в режиме индикации частоты рассчитывались соответствующие

значения рабочей частоты f_3 , для справки рассчитывались соответствующие значения HV и σ_B .

Установленные таким образом граничные значения контролируемых параметров при $HV = 140$ ед. для сортировки отливок корпуса 4314 по результатам акустического контроля на время опытной эксплуатации приведены в табл. 5, а значения при $HV = 170$ ед. для контроля образцов-свидетелей — в табл. 6.

Опробование методики неразрушающего акустического контроля отливок корпуса 4314 с использованием прибора «Звук-203М» проводилось при сплошном контроле по частоте f_1 двух технологических партий отливок в количестве 300 и 173 штук: партии № 256 и № 254 (грунтованные), а также отливок, заранее отобранных по значениям твердости в широком диапазоне.

Отливки рассортированы на группы с различными значениями частот. Далее из проверенных акустическим методом отливок отобрано максимальное коли-

чество отливок, значения твердости оказались существенно выше ожидаемых по результатам акустического контроля.

Как следует из этого рисунка, все отливки (7 шт.) со значениями $C_\ell < C_{\ell \text{ ср}1}$ имеют твердость $HV < 140$ ед., т. е. ниже допустимой, и должны быть забракованы. Все отливки (около 27 шт.) со значениями $C_\ell > C_{\ell \text{ ср}2}$ имеют твердость $HV > 140$ ед., т. е. выше нижнего предела, и должны быть признаны годными.

Отливки, имеющие значения в интервале $C_{\ell \text{ ср}1} < C_\ell < C_{\ell \text{ ср}2}$, распределяются следующим образом: имеют твердость $HV < 140$ ед., т. е. ниже допустимой, и должны быть забракованы — 8 шт.; имеют твердость $HV > 140$ ед., т. е. выше нижнего предела, и должны быть признаны годными — 24 шт. При этом из этих 24 шт. значение C_ℓ в интервале $C_{\ell \text{ ср}1} + \Delta C_\ell < C_\ell < C_{\ell \text{ ср}2}$ имели 8 шт. годных и 1 шт. со значением $HV = 140$ ед.

По результатам опытной эксплуатации границы браковочных показателей могут быть откорректированы.

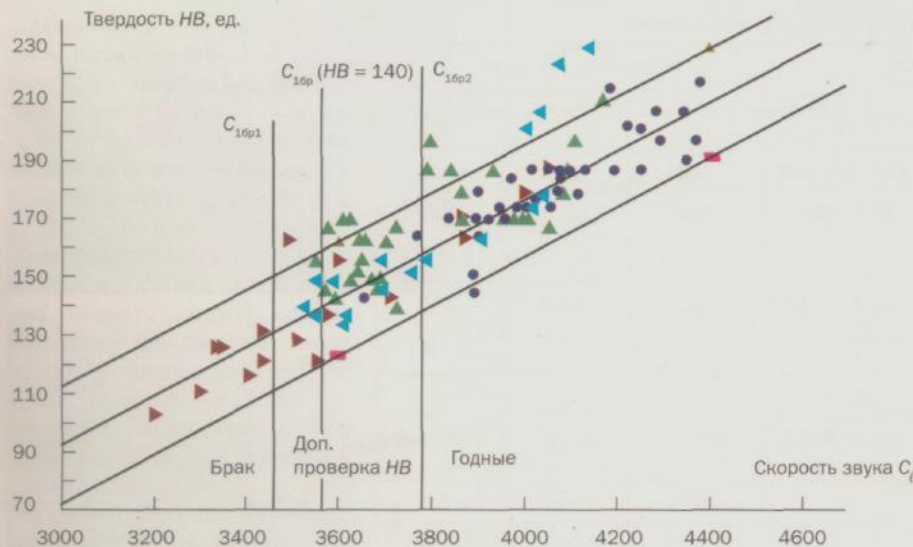


Рис. 4. Результаты контроля изделий, отобранных из разных партий при опробования методики в производственных условиях, обозначения см. в тексте

Выводы

1. Разработанная методика позволяет обеспечить стопроцентный НК и разбраковку отливок в партии с применением измерителя частот собственных колебаний «Звук-203М».

2. Использование внешнего приемника — контактного пьезопреобразователя из комплекта прибора «Звук-130» — позволяет вести измерения в произ-

водственных условиях с повышенным уровнем шума.

3. Установленная на образцах-свидетелях градуировочная зависимость может быть использована для контроля отливок. По мере накопления статистических данных за период опытной эксплуатации может быть откорректирована градуировочная зависимость и уточнены браковочные показатели.

Литература

1. Воронкова Л. В. Ультразвуковой контроль чугуновых отливок. — М.: МГУ им. Баумана, 1998.
2. Лернер Ю. С., Воробьев А. П. Оценка структуры и свойств высокопрочных чугунов методами неразрушающего контроля. — Литейное производство. 1999. № 11. С. 16–18.
3. Панфилов Э. В., Семеренко А. В. Опыт применения ультразвуковых методов контроля структуры чугуна. — В мире НК. 2005. № 2(28). С. 18–20.
4. Славина Л. Я., Попазов Д. Д., Московенко И. Б., Зуева С. А. Акустический контроль твердости заготовок из чугуна с помощью прибора «Звук». — Заводская лаборатория. 1994. № 6. Т. 60. С. 38–40.
5. Коварская Е. З., Московенко И. Б., Славина Л. Я. Технология и опыт применения низкочастотного акустического метода контроля качества изделий из чугуна с применением приборов «Звук». — В кн.: XV Петербургская конференция «Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций»/Санкт-Петербург (Репино), 30 мая — 1 июня 1995 г. //Сб. трудов. — СПб.: 1995, с. 145–148.
6. Московенко И. Б., Коварская Е. З., Славина Л. Я. Применение низкочастотного акустического метода для контроля качества изделий и конструкций из металла. — В кн.: XVI Петербургская конференция «Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций. Информативность и достоверность УЗДМ-98» /Санкт-Петербург (Репино), 3–5 июня 1998 г. // Сб. докладов. — СПб.: 1998, с. 217–220.

Статья получена 20 ноября 2012 г.

Журнал «В мире неразрушающего контроля» ОБЪЯВЛЯЕТ

IV РОССИЙСКИЙ КОНКУРС С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ НА ЛУЧШУЮ ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ выпускников высших учебных заведений, защитивших дипломные работы (проекты) по проблемам развития методов, технологий, средств и систем неразрушающего контроля и диагностики промышленной продукции и объектов «NDT DIPLOM-IV»

Цели проведения конкурса:

- обобщение и распространение опыта научных исследований в области НК;
- поддержка талантливых выпускников.

К участию в конкурсе допускаются:

Студенты вузов России, Республики Беларусь, Украины и других государств, предлагающие свои интересные разработки в области НК и ТД. Принимаются дипломные работы, прошедшие защиту в период с февраля по июль 2013 г.

Официальный язык конкурса: русский

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОНКУРСНОЙ КОМИССИИ

Доктор технических наук, профессор, главный редактор журнала «В мире НК» А. К. Гурвич

СПОНСОР КОНКУРСА

ООО «АСК-Рентген»

Адрес Оргкомитета для почтовых отправок:
195220, Санкт-Петербург, а/я 277
Тел.: (812) 336-3716
Факс: (812) 336-3715
E-mail: editor@ndtworld.com
www.ndtworld.com

Для участия в первом туре конкурса необходимо:

- До 31 июля 2013 г. представить Конкурсной комиссии:
 - заполненную заявку на участие в конкурсе (форму заявки можно получить на сайте www.ndtworld.com или связавшись с редакцией журнала);
 - реферат дипломной работы (объем до 5 печатных страниц формата А4, не учитывая рисунков; размер шрифта — 12, межстрочный интервал — 1,5 интервала), который должен содержать:
 - название дипломной работы;
 - актуальность и новизну темы дипломной работы;
 - цель и задачи работы;
 - основные научные и научно-технические результаты теоретико-экспериментальных исследований и пути их получения (методы решения задач и/или проблем);
 - заключение с предложениями по реализации результатов;
 - список публикаций и докладов автора по теме дипломной работы.
- рекомендацию Государственной аттестационной комиссии или вуза о представлении дипломного проекта на конкурс «NDT DIPLOM-IV».

По результатам конкурса будут присуждены:

- Первая премия**
Ноутбук и годовая подписка на журнал «В мире НК»
 - Вторая премия**
Смартфон и годовая подписка на журнал «В мире НК»
 - Третья премия**
Электронная книга и годовая подписка на журнал «В мире НК»
- Всем участникам конкурса будут вручены дипломы.