

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУГРАННЫХ УГЛОВ РАБОЧИХ ЭТАЛОНОВ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

И. Б. КОЛБИН, С. А. САПРЫКИН, Ю. А. ВОЛКОВ, В. Н. ГОРБЕНКО, М. М. ТОПЧИЙ

При ультразвуковом контроле тонкостенных изделий существенное значение имеет создание таких условий для настройки его параметров, которые наиболее полно отображают особенности проведения контроля на реальном объекте, и при этом максимально упрощают процесс подготовки к нему. Приведено теоретическое обоснование перехода от настройки предельной чувствительности по зарубкам к настройке по двугранным углам эталонов. Проведена экспериментальная проверка полученных теоретических выводов, разработаны рекомендации, определяющие условия такого перехода.

At ultrasonic testing of thin-wall products, it is essential to develop such conditions for adjustment of its parameters, which represent in the most complete manner the features of performing the testing on a real object, while simplifying as far as possible the process of preparation for it. A theoretical substantiation is given of transition from adjustment of limit sensitivity by benchmarks to adjustment by dihedral angles of the standards. An experimental verification is conducted of the derived theoretical inferences, and recommendation are developed which determine the conditions for such a transition.

Процесс определения параметров УЗ практически всегда связан с приемом сигналов от искусственных отражателей. При этом наиболее важное значение отводится настройке чувствительности. Применяемые для этой цели эталоны — это весьма дорогостоящие изделия, ведь в них расположены сложные для изготовления полости — отражатели (как правило, плоскодонные или плоские угловые зарубки). Следует отметить, что воспроизводимость акустических параметров таких отражателей, изготовленных разными производителями, часто находится на достаточно низком уровне. Поэтому в настоящее время специалисты ставят вопрос о необходимости применения для этих целей отражателей более простой конфигурации, которые можно было бы изготовить без применения специальных технологий и дорогого оборудования [1].

Некоторые современные документы [2] допускают использование вместо зарубок других отражателей, если их акустические свойства, т. е. амплитуды эхо-сигналов, отличаются не более, чем на 1 дБ. Но следует отметить, что даже внешне незначительные изменения шероховатости поверхности ввода УЗ колебаний, либо изменение консистенции контактной смазки, например, ее вязкости, могут привести к отклонениям амплитуд сигналов, превышающих 1 дБ. В работе [3] приведены данные, которые свидетельствуют том, что нестабильность акустического контакта при сканировании во время контроля (либо настройки параметров) может привести к разбросу до 2 дБ от средней величины регистрируемых амплитуд сигналов. Поэтому установленный в работе [2] порог отличия значений амплитуд сигналов от взаимозаменяемых отражателей можно увеличить до 2 дБ, что сделает более реальной возможность

перехода к применению более технологичных отражателей, например, двугранных углов. Полученные дополнительные преимущества будут заключаться в изготовлении недорогого и удобного эталона.

Вопрос о целесообразности применения двугранных углов рабочих эталонов для определения чувствительности контроля тонкостенных изделий был рассмотрен в [1, 4]. В этих работах показано, что эталоны с такими отражателями, как двугранный угол, либо зарубка кроме простоты изготовления обладают дополнительными достоинствами — они имеют такую же конфигурацию, как и фрагмент тела контролируемого изделия. Этим они отличаются от эталонов с плоскодонными отражателями (форма которых, как правило, не повторяет форму контролируемого изделия). Следовательно, из-за идентичности таких важных параметров, как толщина, кривизна и марка стали, условия распространения УЗ волн в рабочем эталоне (РЭ) и изделии не могут значительно отличаться, а это особенно важно при малой толщине стенок и небольших расстояниях до отражателей в контролируемых изделиях. Наиболее важным итогом работ [1, 4] стало то, что в них разработаны рекомендации, позволяющие продолжить поиск оптимального пути для перехода от настройки по зарубке к настройке по двугранному углу.

Для поиска путей решения упомянутой выше проблемы, уточнения полученных в работе [4] результатов рассмотрим соотношения, описывающие акустические свойства зарубки и прямого двугранного угла. Согласно [5], приведенная амплитуда сигнала от прямого двугранного угла вычисляется по формуле:



$$\frac{P_y}{P_o} = \frac{D}{2\lambda_t} S_a \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \frac{|R(\alpha)R(90^\circ - \alpha)|}{\left(\frac{h}{\cos \alpha} + r_o n \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}\right)}, \quad (1)$$

где S_a — площадь пьезоэлемента наклонного преобразователя; β — угол призмы; α — угол ввода; r_o — путь в призме от центра излучателя до точки ввода вдоль акустической оси; n — отношение скорости продольных волн C_l в призме к скорости поперечных волн C_t в стальной пластине; h — толщина пластины РЭ; λ_t — длина поперечных волн в пластине; $R(\alpha)$ и $R(90^\circ - \alpha)$ — коэффициенты отражения волны соответственно от горизонтальной и вертикальной граней двугранного угла; D — коэффициент прозрачности по энергии.

Воспользовавшись соотношениями, полученными в работе [5], которые описывают нормальное падение плоской волны на отражатель, а также параметр, характеризующий отражательную способность зарубки, коэффициенты отражения от граней зарубки и функцию, характеризующую максимальное значение поля преобразователя, можно найти приведенную амплитуду эхо-сигнала от зарубки. Из-за значительного объема преобразований приводится только окончательная формула:

$$\frac{P_3}{P_o} = \frac{D^2}{2\lambda_t^2} S_3 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \frac{2\sin \alpha |R(\alpha)R(90^\circ - \alpha)|}{\left(\frac{h}{\cos \alpha} + r_o n \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}\right)}. \quad (2)$$

Для удобства описания используем введенное в [4] понятие эквивалентной площади двугранного угла — S_{y3} . В этой работе отражающая в направлении излучателя преобразователя поверхность двугранного угла сопоставлена с площадью зарубки, которая дает такой же отраженный сигнал, как и сигнал от этой поверхности. Используя это сопоставление, приравняем выражения (1) и (2). При этом заменим λ_t на C_t/f , r_o на $\Delta\tau_n C_n$, n на C_n/C_t и получим для S_{y3} уточненную формулу:

$$S_{y3} = \left(\frac{\Delta\tau_n C_n^2}{2f} \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} + \frac{C_t}{2f \cos \alpha} H \right) \frac{1}{2\sin \alpha}, \quad (3)$$

где H — толщина эталона.

Формула (3) отличается от аналогичной формулы (11), полученной в работе [4], уточняющим множителем $(2 \sin \alpha)^{-1}$. Этот множитель приведет к изменению значений ранее рассчитанных в этой работе значений S_{y3} для исследованных там эталонов. Следовательно, изменится и расчетная разность амплитуд сигналов от двугранного угла и зарубки.

Для удобства рассмотрения формулы (3) необходимо сделать следующее упрощение. Если раскрыть в ней скобки, то можно видеть, что для каждого из выбранных преобразователей она представляет собой линейную зависимость:

$$S_{y3} = K_1 + K_2 H, \quad (4)$$

где K_1 — постоянный для данного типа преобразователя коэффициент, равный $\Delta\tau_n C_n^2 \cos \alpha (4f \sin \alpha \cos \beta)^{-1}$;

K_2 — постоянный для контролируемого изделия и применяемого преобразователя коэффициент, равный $C_t (4f \sin \alpha \cos \alpha)^{-1}$. Мы считаем, что полученные выше результаты можно применить на практике после введения следующих ограничений, упрощающих решаемую задачу.

1. При контроле сварных соединений с толщиной стенки от 4 до 20 мм действующие документы рекомендуют использовать преобразователи с одним из следующих углов ввода α : 75, 70 или 65°. Поэтому в расчеты коэффициентов K_1 и K_2 для каждого определенного диапазона толщин контролируемых изделий, регламентируемых [2, 6, 7], может входить только одно из трех перечисленных выше значений углов α и соответствующих им значений β .

2. Рекомендуемая в НТД (например в [2, 7],) частота излучения преобразователей — 5 МГц (для изделий толщиной до 15 мм) и 2,5 МГц (для изделий толщиной от 15 до 20 мм). Учитывая произошедшие в последнее десятилетие значительные улучшения наиболее важных параметров современных пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) (таких как чувствительность, реверберационно-шумовые характеристики), можно рекомендовать расширить диапазон применения преобразователей с частотой 5 МГц до 20 мм. Следовательно, множитель f , входящий в формулу (3), можно принять равным $5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$.

3. Как правило, в промышленности изделия с приведенной выше толщиной стенок, подлежащие УЗ, изготовлены из низкоуглеродистых сталей. Следовательно, есть возможность сделать еще одно упрощение — принять для расчетов согласно данным, приведенным в [8, 9], среднюю скорость поперечных волн равной 3230 м/с. Исходя из этого, а также из упрощений, приведенных в п. 1 и 2, можно утверждать следующее: коэффициент K_2 в формуле (4) может принимать только три определенных значения, зависящих от выбранного значения угла ввода (65, 70 или 75°).

4. В [10] приведены результаты исследований, позволившие определить диапазон значений времени задержки в призме преобразователей — $\Delta\tau_n$, в пределах которого достигаются оптимальные параметры УЗ тонкостенных сварных швов. В соответствии с этими данными наиболее целесообразно использовать преобразователи с $\Delta\tau_n$ от 3,5 до 5 мкс. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только приведенный выше диапазон рекомендуемых значений $\Delta\tau_n$, в соответствии с которым выберем для экспериментов такие ПЭП, время задержки в призмах которых находится в требуемых пределах.

Выполнив приведенные условия и введя соответствующие ограничения, можно провести расчет эквивалентной площади двугранного угла S_{y3} при заданной толщине эталона (т. е. определить площадь зарубки в эталоне, сигнал от которой при использовании данного преобразователя будет равен сигналу от прямого двугранного угла в том же эталоне.) Значение S_{y3} можно сопоставить с площадью, рекомендованной в НТД зарубки —



Результаты расчетов и измерений при использовании разных преобразователей

Номера эталонов	Параметры эталонов	П121-5-72°-М-003			П121-5-65°-М-003		
		$S_{\text{зэ}}$ (уточненная)	Разность ($A_{\text{зр}} - A_{\text{ур}}$) и ($A_{\text{з}} - A_{\text{у}}$)*	Разность* (с учетом поправки 2,3 дБ на измерение α)	$S_{\text{зэ}}$ (уточненная)	Разность ($A_{\text{зр}} - A_{\text{ур}}$) и ($A_{\text{з}} - A_{\text{у}}$)*	Разность* (с учетом поправки 2,3 дБ на измерение α)
8	6,9/1,96	4,72/8,49	+1,9/+1,8	-0,4/-0,5	4,19/7,09	+1,4/+0,3	0/-1,1
9	8,9/3,72	5,82/10,69	+2,6/+2,3	+0,3/0	5,03/8,77	+2,9/+2,1	+1,5/+0,7
10	9,9/3,73	6,37/11,79	+2,9/+3,5	0,6/+1,2	5,45/9,61	+2,7/+2,3	+1,3/+0,9
11	11,0/4,98	6,98/13,0	+2,6/+1,4	0,3/-1,3	5,9/10,53	+0,5/+3,0	-0,9/+1,6
12	12,9/4,79	8,34/15,09	+2,7/+1,6	+0,4/-0,7	6,7/12,13	+1,1/+0,9	-0,3/-0,5
13	16,0/6,93	9,74/18,5	+3,4/+2,0	+1,1/-0,3	8,0/14,73	+1,3/+1,5	-0,1/+0,1

Примечание. H – толщина эталона; $S_{\text{з}}$ – площадь зарубки; $S_{\text{зэ}}$ – эквивалентная площадь зарубки, сигнал от которой равен сигналу от двугранного угла; $A_{\text{зр}}$, $A_{\text{ур}}$ и $A_{\text{з}}$, $A_{\text{у}}$ – расчетные и измеренные значения амплитуд сигналов, отраженных от зарубки и двугранного угла на торце эталона.

S_p , и по формуле, приведенной в [7], расчетным путем определить приборную поправку (в децибелах), введение которой позволит осуществить переход от рекомендованного отражателя к имеющемуся в наличии (т. е. в нашем случае к двугранному углу):

$$\Delta A = A_{\text{зр}} - A_{\text{ур}} = 20 \log S_p / S_{\text{зэ}}, \quad (5)$$

где $A_{\text{зр}} - A_{\text{ур}}$ – расчетная разность значений амплитуд сигналов от зарубки и двугранного угла в РЭ.

Таким образом, мы получаем возможность провести настройку чувствительности с использованием двугранного угла рабочего эталона. При этом измеряется значение сигнала от его угла $A_{\text{ун}}$ и затем вводится заранее рассчитанная приборная поправка ΔA , позволяющая установить уровень чувствительности, рекомендованный в НТД (т. е. настраиваемый по зарубке с площадью S_p).

На РЭ, которые уже использовались при проведении экспериментов в работе [4], были проведены дополнительные измерения (взяты 6 эталонов толщиной от 7 до 16 мм, в которых электроискровым способом изготовлены зарубки). Данные приведены в таблице. Применяв два преобразователя частотой 5 МГц и углами ввода 65° и 72°, измерили амплитуды отраженных от двугранных углов сигналов в нескольких вертикальных (относительно поверхности ввода) сечениях каждого двугранного угла (проводили по 10 измерений, результаты которых усреднялись). В результате этого было установлено, что в некоторых сечениях могут быть отклонения от значений амплитуд сигналов, полученных в других сечениях. Диапазон полученных отклонений для разных эталонов составлял от 1 до 2 дБ. Было сделано предположение, что такие отклонения зависят от состояния участков поверхности двугранных углов, отражающих в направлении преобразователя. Затем было проведено визуально-оптическое обследование состояния поверхности этих двугранных углов. Установлено, что ухудшение качества поверхности, а вместе с ним и снижение амплитуды эхо-сигналов может быть вызвано такими дефектами, как микрорабины, локальные участки на

торцах с увеличенной по сравнению с остальной поверхностью шероховатостью, «заглаженностью» первоначально острой кромки двугранного угла. Такие дефекты могли возникнуть либо на стадии первоначальной обработки изделия, либо в результате многократного использования эталона (сканирование рабочей поверхности при настройке, воздействие коррозионно активной контактной жидкости, удары при транспортировании). Именно на этих участках двугранных углов с микродефектами, амплитуда эхо-сигнала уменьшалась по сравнению с бездефектными участками на 1...2 дБ. После снятия шлифовкой верхнего слоя на торце РЭ при повторных измерениях разброс значений в разных сечениях не зафиксирован, поэтому при заполнении таблицы часть данных, экспериментально полученных в работе [4], была уточнена.

Тем не менее, как видно из таблицы, уточненные экспериментальные данные (столбцы 4 и 7) значительно отличаются от расчетных. Следовательно, нам необходимо найти и проанализировать те эффекты, которые еще не были учтены и могли привести к большим значениям отклонений.

По параметрам использованных преобразователей сделали оценку характерного размера ближней зоны – r_0 , используя рекомендации приведенные в [11]. Для эталона наименьшей толщины 7 мм, расчетным путем определили, что для преобразователя с углом ввода 65°, рассчитанное значение расстояния до отражателей соответствует условию их нахождения в дальней зоне. Следовательно, можно утверждать, что это условие выполняется и для второго преобразователя с углом ввода 72°.

Чтобы объяснить несоответствие расчетных и экспериментальных данных, рассмотрим, как могут повлиять на них некоторые перечисленные ниже эффекты.

1. Дифракция, которая возникает при совпадении размеров отражателей и значений длины падающих на них волн.

2. Несимметричность распространения и падения на грани двугранного отражателя лучей, распространяющихся в излучаемом пучке по разные стороны от акустической оси.

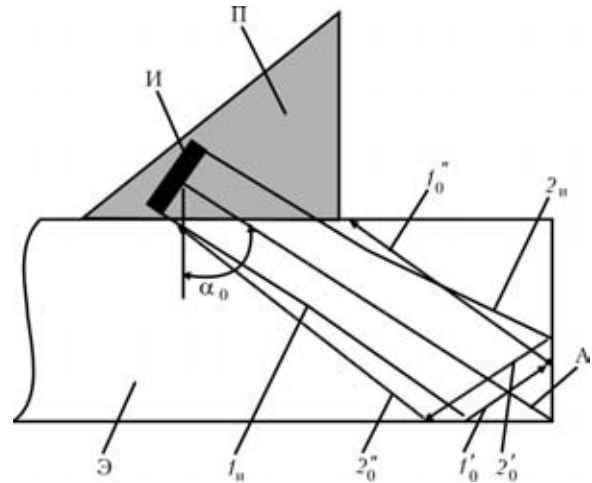
3. Изменение коэффициентов прозрачности на границе призма—поверхность изделия при углах ввода, приближающихся ко второму критическому.

4. Трансформация падающих на двугранный угол эталона поперечных волн при приближении значений углов падения на его грани к третьему критическому.

Первое из указанных явлений можно не учитывать из-за малого вклада в результирующее значение сигнала (его оценка была выполнена в [11] с помощью соответствующих расчетов).

Рассмотрим более подробно второе явление. При углах ввода, отличных от 45° , картина распространения лучей, падающих на отражатель, и лучей, отраженных от его граней (рисунок), не обладает симметрией относительно биссектрисы двугранного отражателя. Как видно из рисунка, при больших углах ввода лучи, распространяющиеся по разные стороны от акустической оси (изображены крайние лучи), будут иметь после двух отражений от граней разную степень отклонения от точки выхода акустической оси. Лучи, первоначально распространяющиеся в «нижней» (относительно акустической оси) части пучка после отражений распространяются в направлении преобразователя в «верхней». Для лучей, распространяющихся в «верхней» части после двукратного отражения будет наблюдаться обратная картина. При этом излученные «нижние» лучи попадают после двукратного отражения на рабочую поверхность эталона под меньшим углом и на большем удалении от точки ввода, чем излученные «верхние» лучи, первоначально распространявшиеся на таком же расстоянии от акустической оси.

Поэтому из-за особенностей распространения излученного пучка лучей и специфике двугранного отражателя в отраженном пучке перераспределяется энергия, что приводит к «дрейфу» максимума отраженного сигнала. При этом первоначально распространяющиеся в верхней периферийной части пучка лучи после изменения направления распространения на обратное будут сконцентрированы в более компактном секторе пространства, попадая на участок рабочей поверхности эталона, находящийся ближе к точке выхода акустической оси, чем лучи, которые первоначально распространялись в нижней части (см. рисунок). Результатом этого процесса будет формирование «размытого» пучка обратного излучения. Его максимум сместится влево от отрезка, соединяющего точку выхода и вершину двугранного угла. Проявление этого эффекта можно наблюдать на практике при проведении настройки с применением двугранных отражателей и преобразователей с большими углами ввода. Все, кто проводил такую настройку, знают о трудностях точного определения положения преобразователя, соответствующего максимуму отраженного сигнала. Направление, соответствующее максимуму как бы «раздваивается» и на экране дефектоскопа поочередно наблюдаются два импульса, каждый из которых можно связать с положением преобразователя, соответствующим максимуму излучения. Как пра-



Графическая интерпретация эффекта, приводящего к смещению максимума приема—излучения наклонного ПЭП при использовании двугранного отражателя: Э — эталон; П — преобразователь; И — мнимый излучатель; А — акустическая ось мнимого излучателя; α_0 — угол ввода преобразователя; I_n, I_0', I_0'' — излученный, однократно и двукратно отраженный от граней угла «нижний» луч; $2_n, 2_0', 2_0''$ — излученный, однократно и двукратно отраженный от граней угла «верхний» луч

вило, при тщательном выполнении этой операции такой максимум фиксируется в более удаленном от двугранного угла положении преобразователя, т. е. он связан преимущественно с теми лучами, которые распространялись в «верхней» (относительно акустической оси) части пучка и имели меньшее расхождение после двукратного отражения от граней.

В нашем случае при применении преобразователей с большими углами ввода (65 и 72°) перечисленные выше третий и четвертый эффекты согласно данным, приведенным в работах [1, 12, 13], тоже оказывают заметное влияние на перераспределение энергии в отраженном пучке. Но при этом, как было показано в этих работах, изменение коэффициента прозрачности на границе призма—поверхность изделия и трансформация падающих на двугранный угол эталона поперечных волн при больших углах ввода оказывают влияние во взаимно противоположных направлениях, в одном случае усиливая, а в другом ослабляя описанный выше эффект.

В подтверждение приведенных утверждений следует отметить, что в [1, 11, 12] было установлено — между экспериментально измеряемым углом ввода, который соответствует лучу, распространяющемуся по направлению максимума, отраженного от двугранного отражателя пучка, и ожидаемым, соответствующим направлению акустической оси преобразователя, есть отклонение (его обычно обозначают $\Delta\theta$). Такое отклонение приводит к несоответствию между расчетным и измеренным значениями эквивалентной площади отражателей.

Следовательно, при наличии в изделии отражателей, представляющих собой комбинацию двух взаимно перпендикулярных плоскостей (таких, как двугранный угол или зарубка), по сравнению с проводимыми ранее расчетами экспериментально



фиксируется заниженное значение их эквивалентной площади.

Учесть влияние такого отклонения можно, если ввести поправку $20 \log \Phi(\theta + \Delta\theta)$, где $\Phi(\theta + \Delta\theta)$ — функция направленности акустического поля, измеренная вдоль направления, соответствующего отклонению $\Delta\theta$ максимума в отраженном пучке от ожидаемого направления акустической оси ПЭП (если $\Delta\theta = 0$, то $\Phi(\theta) = 1$).

Таким образом, рассмотренное выше угловое отклонение аналогично явлению, когда на отражатель будет направлен не центральный луч, а боковой, определяемый величиной $\Delta\theta$. Таким образом, учитывая изменение функции направленности $\Phi(\theta + \Delta\theta)$ в точке реального максимума излучения–приема, можем ввести поправку к ранее полученным значениям амплитуд сигналов от исследуемых отражателей и получить уточненную формулу:

$$A_{зр}^n - A_{ур}^n = 20 \log \left(\frac{S_{yэ}}{S_{зи} \Phi(\Delta\theta)} \right) \quad (6)$$

где $A_{зр}^n, A_{ур}^n$ — расчетная разность амплитуд сигналов от зарубки и двугранного угла с учетом поправки на изменение угла ввода.

Смещение максимума излучения $\Delta\theta$ определили экспериментально. Для этого выполнили серии измерений на тех же РЭ. В положении преобразователя, соответствующем максимуму сигнала от отражателя (двугранного угла либо зарубки), измеряли его координату X относительно точки ввода излучателя и затем с помощью соотношения $\operatorname{tg} \alpha_{и} = X/H$ находили измеренное значение угла $\alpha_{и}$ для каждого из отражателей и вычитали одно из другого, получая таким образом $\Delta\theta$, т. е. величину отклонения угла ввода при локации двугранного угла относительно зарубки.

Полученные нами экспериментальные данные, фиксирующие изменение углов ввода, усреднили по каждой из серий измерений (для углов 72 и 65°). Получили следующие значения: для угла $\alpha = 72^\circ$ $\Delta\theta = 2,11$, для $\alpha = 65^\circ$ $\Delta\theta = 1,6^\circ$.

Диаграмма направленности согласно [11] описывается формулой:

$$\Phi(\Delta\theta) = \frac{\sin X}{X} \frac{\sin Y}{Y}, \quad (7)$$

$$X = a_x / 2(2\pi / \lambda_t) \sin \theta, \quad Y = a_y / 2(2\pi / \lambda_t) \sin \theta, \quad (8)$$

a_x и a_y — размеры сторон прямоугольного излучателя, который соответствует особенностям акустического тракта в случае приема сигнала от двугранного угла.

Расчетная поправка, полученная с использованием выражений (6), (7), составит $1,4$ дБ для $\alpha = 65^\circ$ и $2,3$ дБ для $\alpha = 72^\circ$.

Следует отметить, что мы взяли усредненные значения $\Delta\theta$, определенные для каждого из двух углов ввода с применением всех эталонов. Исходя из наличия реального разброса таких параметров, как размеры, углы наклона отражающих граней, шероховатость поверхности отражателей, которые практически не поддаются измерениям (см., например, [1]),

выделить этот эффект для каждого эталона в отдельности не представляется возможным.

Кроме того, была осуществлена проверка совпадения результатов, полученных на нескольких одинаковых РЭ (двух с толщиной 7 мм, трех с толщиной 10 мм, двух с толщиной 13 мм). После проведения серии измерений (по 10 на каждом из эталонов) установлено, что сигналы от одинаковых зарубок в каждой из групп эталонов имеют отклонения в пределах $1,5 \dots 2$ дБ (т. е. предельные требования, установленные в [2] для соответствующего соотношения, между взаимозаменяемыми отражателями не выполняются).

Мы считаем, что для того, чтобы улучшить воспроизводимость результатов измерений, проводимых с использованием различных эталонов, необходимо провести более тщательное их тестирование. Для этого при проведении первичной и периодической поверки необходимо фиксировать значения сигналов от зарубок, сопоставляя их с неизменным значением опорного сигнала, полученного на одном и том же СО-2. Полученные статистические данные позволяют установить практически достижимый максимальный порог отличия, который будет служить ограничивающим фактором при замене отражателей одного типа другим.

Выводы

Получена формула и описан механизм перехода от настройки чувствительности УЗ с использованием зарубок к настройке по двугранным углам рабочих эталонов.

Получены приборные поправки для преобразователей П121-5-65°-М-003 и П121-5-72°-М-003, которые можно применить для уточнения значений амплитуд сигналов при осуществлении перехода от зарубки к двугранному углу.

Для того, чтобы иметь возможность изучить сопоставимость результатов, полученных с применением разных эталонов одинаковой толщины, маркой стали и размером зарубок, метрологическим подразделениям необходимо провести измерения амплитуд сигналов от этих зарубок при одинаковом значении опорного уровня и сделать обобщение полученных результатов.

1. Ермолов И. Н. О выборе способа настройки при контроле тонких сварных соединений // Дефектоскопия. — 2002. — № 1. — С. 61–70.
2. ОП № 501 ЦД-97. Основные положения по ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений котлоагрегатов и трубопроводов ТЭС. — М.: ЦНИИТМАШ, 1997.
3. Ермолов И. Н. Погрешность измерения координат дефектов под влиянием нестабильности акустического контакта // Дефектоскопия. — 1992. — № 12. — С. 3–4.
4. Сапрыкин С. А., Колбин И. Б., Волков Ю. А. О применении двугранных углов рабочих эталонов для настройки чувствительности ультразвукового контроля стальных изделий с малой толщиной стенки // Сб. докл. сем.-выст. «Современные технологии и приборы неразрушающего контроля и технической диагностики». — Харьков, 20–21.11.2003 г.
5. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля. — М.: Машиностроение, 1981. — 240 с.
6. ТР 34.17. Технічний регламент. Ультразвукова дефектоскопія зварних з'єднань котлоагрегатів, трубопроводів і посудин. Основні положення. — Київ, 2003. — 127 с.



7. ПНАЭ Г-030-91. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавов оборудования атомных энергетических установок. Ультразвуковой контроль. Часть II // ЦНИИАтоминформ, 1992. — 157 с.
8. Методы акустического контроля металлов / Н. П. Алешин, В. Е. Белый, А. Х. Вопилкин и др. — М.: Машиностроение, 1989. — 456 с.
9. Білокур І. П. Акустичний контроль. — Київ: Вид-во КПІ, 1997. — 242 с.
10. Заплотинский И. А., Радько В. И. Исследование параметров пьезопреобразователей для ультразвукового контроля сварных соединений малых толщин // Неразруш. контроль. — 1999. — № 2. — С. 2-8.
11. Ермолов И. Н. Контроль ультразвуком (краткий справочник). — М.: НПО ЦНИИТМАШ, 1992. — 85 с.
12. Ермолов И. Н. Отражение поперечных волн от прямого двугранного угла // Дефектоскопия. — 1994. — № 10. — С. 3-8.
13. Ермолов И. Н., Кияткин Д. В. Экспериментальная проверка коэффициента прозрачности // Там же. — 1993. — № 4. — С. 3-6.

УкрНИИгаза,
Харьков

Поступила в редакцию
18.01.2004



**УКРАИНСКОЕ ОБЩЕСТВО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
НПФ «ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ»
НПФ «УЛЬТРАКОН»
Украинский информационный центр
«НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ»**



с 30 апреля по 7 мая 2005 г.

в г. Анталия (Турция)

проводят III научно-практическую конференцию

**«ОРГАНИЗАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

Для участия в конференции приглашаются руководители предприятий, связанные с обеспечением качества и сертификацией выпускаемой продукции: технические директора, главные инженеры, зам.директора по качеству, главные механики, руководители подразделений неразрушающего контроля, начальники ЦЗЛ, ОТК, службы металлов и т. д., а также все лица, заинтересованные в усовершенствовании функционирования системы обеспечения качества, в частности ее составной части — неразрушающего контроля.

Цель конференции — определение наиболее эффективных путей развития служб неразрушающего контроля качества на промышленном предприятии в современных условиях. Выработанные на конференции подходы к построению служб неразрушающего контроля качества и их место в системах управления качеством позволят разработать эффективную стратегию ее развития и оптимизировать затраты на функционирование и техническое перевооружение.

Тематика конференции:

- ✓ Общие вопросы неразрушающего контроля качества и сертификации продукции
- ✓ Нормативно-техническое обеспечение деятельности служб НК
- ✓ Приборное оснащение лабораторий НК
- ✓ Вопросы подготовки и аттестации специалистов, аккредитация подразделений НК

Для включения доклада в программу конференции и регистрации участников необходимо до 1 февраля 2005 г. выслать тезисы доклада объемом до 1 печатной стр. и заявку по адресу: НПФ «Диагностические приборы», 04050, г. Киев, а/я 50 или E-mail: kozin@ndt-ua.com. Для докладчиков и сопровождающих лиц предусмотрена скидка.

Обращаем Ваше внимание, что для проведения конференции выбраны даты, связанные с майскими праздниками, что позволит минимизировать потери рабочего времени и оторваться от неотложных обязанностей.

По организационным вопросам, касающимся проведения конференции, обращаться к **Козину Александру Николаевичу**, зам. директора НПФ «Диагностические приборы»: тел/факс: (044) 247 67 18 или тел.: (044) 495 11 45.

Подробная информация по мере ее поступления будет размещаться на веб-сайте: www.ndt-ua.com.