

контроля корпусных сварных швов надводных судов [6] уровень браковочной чувствительности задан в виде условной чувствительности по образцу СО-1 (из оргстекла – по ГОСТ 14782) и указаны параметры ПЭП, которые следует применять при контроле. Например, для сварных швов толщиной 30 мм браковочную чувствительность настраивают по отверстию на глубине 25 мм в СО-1. При этом заданы следующие параметры ПЭП: $f = 2,5$ МГц, $\alpha = 50^\circ$ и $\varnothing_{\text{пэп}} = 12$ мм. Эти параметры соответствуют тем ПЭП, которые входили в комплект дефектоскопов типа ДУК 66-ПМ. Такая условная чувствительность соответствовала, например, выявлению на глубине 30 мм дефекта в виде полого диска площадью 2 мм². При использовании дефектоскопов типа УД2-12 с ПЭП из комплекта «Приз-Д5» (отличаются только размером и формой пьезоэлемента) тот же уровень условной чувствительности соответствует выявлению диска площадью 4 мм². Еще хуже обстоит дело при использовании импортных дефектоскопов, снабженных наборами ПЭП с другими номиналами частот и углов ввода ультразвука. В отрасли планируется пересмотр этого документа в направлении замены условной чувствительности на предельную с настройкой по плоскостным отражателям или АРД-диаграммам, что позволит учитывать параметры ПЭП. Но пока мы ищем (и находим) поставщиков, выпускающих ПЭП с требуемыми номиналами.

Другой пример – УЗК сварных швов мостовых конструкций. В стандарте [8] нет ограничений на размер пьезоэлемента, следовательно, произвол в его выборе может также привести к ошибкам в оценке качества на основе условной чувствительности.

Но есть и другие примеры. При УЗК сварных швов строительных конструкций [9] нормативные требования, сформулированные в 1987 г., были самыми «мягкими» по сравнению с другими отраслями. В 2002 г. был разработан документ [10], существенно ужесточивший требования в этой отрасли.

Так, например, в [9] для швов строительных конструкций толщиной от 6 до 10 мм браковочный уровень чувствительности, заданный площадью диска, составлял 7 мм². При такой чувствительности может быть выявлен разве что полный непровар. Кроме того, в этом документе одним из критериев оценки годности шва была сумма площадей дефектов (по-видимому – эквивалентных), что вообще не имеет физического смысла. В [10] для швов этих же толщин браковочный уровень составляет 2 мм², а одним из критериев оценки годности швов служит суммарная условная протяженность дефектов.

Как было сказано, в документах, регламентирующих нормы оценки изделий при ручном УЗК, используют различные способы задания чувствительности. Рассмотрим основные из них с точки зрения их уязвимости при смене УЗДОН и ПЭП, а также с точки зрения воспроизводимости и стабильности чувствительности в зависимости от свойств металла.

1.1. Задание предельной чувствительности путем указания эквивалентной площади недопустимого дефекта

Эквивалентную площадь в данном контексте будем рассматривать не как характеристику дефекта, а как меру предельной чувствительности.

Задание предельной чувствительности основано на применении либо стандартных образцов предприятия (СОП) с пло-

скодонными засверловками, либо АРД-диаграмм. Термином «АРД-диаграммы» определим все способы, основанные на использовании расчетных зависимостей, например, SKH-диаграммы, АРД-шкалы или встроенные в прибор формулы акустического тракта.

Границы применимости СОП и АРД-диаграмм определяются двумя основными параметрами – толщиной изделия и кривизной поверхности ввода.

В ближней зоне чувствительность изменяется немонотонно, причем в импульсном режиме это изменение непредсказуемо. Поэтому многие отраслевые документы по УЗК сварных соединений [2, 7, 8] предусматривают применение АРД-диаграмм при контроле сварных швов толщиной более 20 мм. Для тонких швов предусмотрены СОП с искусственными дефектами. В большинстве отечественных отраслевых документов по УЗК сварных швов – это СОП с угловым отражателем (зарубкой), о чем будет сказано далее.

При контроле контактным методом по цилиндрической поверхности непредсказуемыми являются форма и размер мениска, образуемого под ПЭП, из-за чего применение АРД-диаграмм также ограничено [11 – 13]. Например, в судостроении [15] при контроле валов по цилиндрической поверхности (прямым ПЭП) АРД-диаграммы применяются при диаметрах вала более 150 мм, но только при использовании ПЭП с параметрами $f \geq 2,5$ МГц и $\varnothing_{\text{пэп}} \leq 12$ мм и при настройке по донному ПЭП сигналу в данном вале.

Преимуществами АРД-диаграмм можно считать:

- отсутствие необходимости изготовления стандартных образцов с искусственными дефектами. При УЗК крупногабаритных изделий (поковок, проката, толстостенных сварных соединений) это обстоятельство является одним из решающих;
- возможность учета акустических параметров изделий – главным образом, коэффициента затухания ультразвука. При контроле изделий с неоднородным затуханием (например, крупногабаритных поковок из титана или аустенитных сталей) у этого способа вообще нет альтернативы;
- возможность учета параметров ПЭП. Следовательно, этот способ неуязвим при смене ПЭП.

Первоначально АРД-диаграммы применялись при УЗК крупногабаритных поковок. В 1970-х гг. в судостроении были выполнены исследования погрешностей оценки эквивалентной площади дефектов (а, следовательно, и воспроизводимости предельной чувствительности) при контроле поковок из сталей

различных марок и из сплавов на основе титана с использованием СОП или АРД-диаграмм [14]. Установлено, что для перлитных и некоторых аустенитных сталей дисперсия донных сигналов не превышает 1 дБ (на частотах от 1 до 2,5 МГц). При этом относительная среднеквадратическая погрешность оценки эквивалентной площади и настройки по АРД-диаграммам составляет 30 %. Такой же погрешностью сопровождается и настройка предельной чувствительности по СОП с плоскостными отражателями. Эта погрешность указана в НТД [7, 15]. Что же касается титана и большинства аустенитных сталей, то применение СОП (если их не изготавливать по отдельному комплекту на каждую поковку) приводит к увеличению погрешности в 100, а иногда и в 1000 раз. В то же время применение АРД-диаграмм позволяет сохранить погрешность 30 % за счет учета затухания в каждой поковке.

Современные исследования возможностей дефектоскопа УД3-102 «Пеленг» (судостроительная версия) показали, что погрешность оценки эквивалентной площади с помощью встроенных в прибор АРД-диаграмм не превышает 30 % [16].

Во время проведения XIX конференции «УЗДМ-2007» был организован эксперимент (с весьма ограниченным, на наш взгляд, количеством образцов и приборов), призванный установить воспроизводимость оценки эквивалентной площади с помощью АРД-диаграмм (в том числе – с помощью современных дефектоскопов со встроенными АРД-диаграммами) [18]. Если отбросить грубый промах (результат № 8, полученный при других параметрах ПЭП), то оказывается, что относительная среднеквадратическая ошибка в этом эксперименте также составляет 30 %.

Одной из существенных причин возникновения ошибок при работе с АРД-диаграммами является разброс реальных значений параметров ПЭП, характеризующихся одинаковыми номиналами значений частоты, размерами пьезоэлементов и углами призмы. Хороший результат дает подбор ПЭП [12]. Например, сравнивая результаты измерения разности амплитуд донного сигнала и сигнала от известного плоскостного отражателя с расчетным значением этой разности, можно отобрать те ПЭП, которые целесообразно использовать при работе с АРД-диаграммами. Остальные ПЭП можно использовать при настройке по СОП.

Если рассматривать эквивалентную площадь не только как меру предельной чувствительности, но и как характеристику дефекта, могут возникнуть ошибки в оценке дефектов, дающих в отражении не сферическую волну (как дисковый отражатель), а, например, плоскую или цилиндрическую. Так дефект типа расслоения характеризуется различной эквивалентной площадью на разной глубине. Например, в плите толщиной 150 мм некоторое расслоение на глубине 50 мм характеризовалось эквивалентной площадью 5 мм², а при контроле с другой стороны то же

расположение (теперь оно на глубине 100 мм) характеризовалось эквивалентной площадью 10 мм².

При наличии однотипных дефектов можно построить АРД-диаграммы для моделей дефектов соответствующего типа. Например, для оценки ширины протяженных неметаллических включений под антикоррозионной наплавкой были построены АРД-диаграммы для дефекта в виде полосы. Оценки ширины дефектов по результатам УЗК (по амплитуде эхо-сигнала) совпали с результатами вскрытия дефектов с коэффициентом корреляции 0,96 [17]. Если же нет априорной информации о преимущественном типе дефектов, то приходится руководствоваться консервативным принципом – то есть оценкой по дисковому отражателю.

1.2. Задание условной чувствительности по какому-либо государственному или отраслевому стандартному образцу

Условную чувствительность задают по государственному стандартным образцам – либо по СО-1 в миллиметрах [6], либо – по СО-2 в децибелах [19]. Иногда в качестве опорного сигнала при задании условной чувствительности используют отраслевые образцы [8].

Основным преимуществом этого способа можно считать простоту его реализации. Его применение ограничено материалами с однородными акустическими свойствами, в основном – с однородным или нулевым коэффициентом затухания. Другим ограничением является необходимость использования тех же ПЭП, для которых когда-то были выработаны эти требования. Выше уже было показано, к каким ошибкам может привести смена ПЭП.

Предельную чувствительность можно перевести в условную и наоборот. Для этого надо иметь АРД-диаграммы с «привязкой» к государственному стандартному образцу (например, к СО-2), что и сделано, например, в документах [1, 2, 23].

1.3. Задание чувствительности с помощью DAC-кривых

Этот способ применяется в основном в зарубежной практике [20 – 22]. Но многие отечественные предприятия, работающие по контрактам с зарубежными фирмами, пользуются этим способом.

DAC-кривую строят на экране дефектоскопа по отражателям, расположенным на разных глубинах. Это либо боковые цилиндрические отражатели [20, 21], либо угловые отражатели – пропилены [22]. Затем необходимый уровень чувствительности устанавливают смещением DAC-кривой на определенный интервал, выражаемый в процентах или в децибелах.

Этот способ очень прост. Фактически это тоже настройка условной чувствительности, но с учетом глубины, или – тоже АРД-диаграммы, но для цилиндрического отражателя.

1.4. Задание чувствительности по СОП с определенным искусственным отражателем.

Такой способ используется главным образом тогда, когда нельзя применять

АРД-диаграммы. При контроле прямым ПЭП изделий малых толщин настройку выполняют, как правило, по СОП с плоскодонными отражателями. Это относится как к контролю основного металла (листов, поковок, околовых зон и др.), так и к контролю сварных швов (тавровых – со стороны основного элемента, стыковых – при удаленном валике усиления и др.). Такая настройка предусмотрена большинством нормативных документов [например, 1, 2, 4, 5, 7, 15]. Также и при контроле цилиндрических изделий прямым ПЭП приходится делать СОП с плоскодонными отражателями [15].

При контроле наклонным ПЭП изделий малых толщин иногда используют плоскодонные отражатели, выполненные под необходимым углом к поверхности ввода (для каждого угла ПЭП – под соответствующим углом) [1, 5, 7, 15], или сегментные отражатели [5] – также под необходимым углом. Но оба этих типа отражателей критичны к изменению угла ввода, которое неизбежно при истирании ПЭП в результате эксплуатации или при изменении температуры.

Лишен этого недостатка цилиндрический отражатель (боковое отверстие), к тому же он более технологичен в изготовлении. Но с его помощью не удается получить маленький эхо-сигнал, требуемый для настройки чувствительности большинством отраслевых документов. Он может служить источником опорного сигнала, относительно которого необходимо повысить чувствительность в заданное число раз или на заданное число децибел. Так и поступают при настройке условной чувствительности или при настройке по DAC-кривым. Но в нашей стране долго не было дефектоскопов с аттенуаторами. Тогда и «родился» у нас угловой отражатель типа зарубки.

Зарубка может быть сделана весьма маленькой; она представляет собой как бы «живой» дефект и не требует изменения чувствительности для установки заданного уровня. Зарубка до сих пор «не сходит со страниц» нормативных документов, регламентирующих нормы УЗК в разных отраслях отечественной промышленности [1 – 4]. Она применяется при контроле тонкостенных сварных швов (в основном – кольцевых швов трубопроводов), для которых неприменимы АРД-диаграммы. Преимущество зарубки – в простоте и наглядности. Она хорошо имитирует корневой непровар в одностороннем шве. Поскольку она выполняется в образце той же толщины, формы и материала, что и контролируемое изделие, нет проблем с учетом разности их акустических свойств и формы.

Основным недостатком зарубки является трудность воспроизведения заданных размеров этого дефекта. Впрочем, при использовании электроэрозионного оборудования достигается вполне удовлетворительная точность. Иногда в отечественной практике применяли двугранный угол, образованный небольшим пропилом (настолько маленьким, чтобы не требовалось применять аттенуатор). Он также выполнялся с использованием электроэрозионной обработки.

В зарубежной практике [22] применяется угловой отражатель в виде длинного пропила (существенно превышающего ширину ультразвукового пучка), используемый в качестве источника опорного сигнала. В этом случае меньше проблем с точностью изготовления, но требуется дефектоскоп с аттенуатором. Поэтому длинный пропил у нас в свое время «не прижился», хотя теперь нет препятствий к его применению.

У всех угловых отражателей есть один общий недостаток – зависимость амплитуды отраженного сигнала от угла падения на них ультразвуковой волны. При падении поперечной (сдвиговой) волны на какую-либо из граней зарубки под углом меньше третьего критического уменьшается вклад сдвиговой волны в отраженный сигнал (вследствие ее трансформации в продольную).

В соответствии с требованиями ГОСТ на изготовление сварных соединений отношение ширины валика усиления шва к толщине свариваемых элементов уменьшается с увеличением толщины. При контроле толстостенных швов нам достаточно применить ПЭП с углами ввода от 40 до 50°. При таких углах зарубка является вполне удовлетворительным отражателем. Но мы ее в этом случае не применяем, так как для толстостенных швов можно успешно применять АРД-диаграммы. Но чтобы «заглянуть» под валик усиления тонкостенного шва, нам нужны ПЭП с большими углами ввода. В отечественной практике для контроля тонкостенных швов применяют углы ввода 60 – 75°, а при них угловой отражатель дает минимальный сигнал. То есть мы применяем зарубку в той области, где она хуже всего отражает. Впрочем, это обстоятельство учитывается при пересчете предельной чувствительности (заданной площадью диска) в площадь зарубки по ГОСТ 14782 [23].

Весьма перспективным представляется использование вместо сигнала от зарубки опорного сигнала от двугранного угла, образованного торцом контролируемого объекта, с дальнейшим расчетом заданного уровня чувствительности по формуле акустического тракта. И. Н. Ермолов

показал в работе [24], что при толщине швов более 4 мм и при использовании ПЭП с параметрами $f = 5$ МГц и $\alpha = 65^\circ$ контроль проводится в дальней зоне ПЭП, что позволяет пользоваться расчетом. Но для швов меньшей толщины ничего, кроме углового отражателя, не остается.

Впрочем, при контроле хордовым ПЭП кольцевых сварных швов (даже меньшей толщины) настройка выполняется по плоскодонному отражателю. Но плоские тонкие швы хордовым ПЭП проверить невозможно, и они все равно «остаются с зарубкой».

Итак, нет смысла, на наш взгляд, говорить, какой способ лучше. Еще раз повторим – «всеу свое место». Кроме того, каково бы ни было наше представление о преимуществах или недостатках того или иного способа задания чувствительности, мы обязаны выполнять требования нормативных документов, утвержденных в установленном порядке. Только тогда результаты контроля можно считать юридически правомочными. Но если мы видим консервативность старых документов, то в нашей власти – инициировать их пересмотр.

2. Оценка допустимости дефектов по условным размерам

Другой группой параметров (кроме амплитуды), по которым оценивается допустимость дефектов, являются условные размеры, например, условная протяженность, условная высота, условная ширина, условная площадь. В отечественной практике приняты два основных способа оценки уровня, определяющего условные границы дефекта, – относительный и абсолютный [23]:

- при оценке относительным способом условной границей дефекта считается положение ПЭП, при котором амплитуда эхо-сигнала от дефекта уменьшается в заданное число раз от максимума (обычно – в два раза);
- при оценке абсолютным способом – положение ПЭП, при котором эхо-сигнал уменьшается до заданного уровня (общего для всех дефектов), например, до уровня фиксации.

Первый способ применяется, например, при УЗК сварных швов мостовых конструкций [8], а второй – в большинстве остальных отраслей промышленности [1 – 7, 10, 19]. Нам известен только один нормативный документ, действующий в атомной энергетике [25], в котором предусмотрены оба способа. При этом за основу для оценки условной границы выбирают тот уровень, который соответствует более высокой чувствительности.

Оба способа критичны к смене ПЭП, следовательно, необходимо соблюдать требования НТД по выбору ПЭП.

Правила классификации дефектов на точечные (компактные) и протяженные сходны в разных отраслях. Критерием классификации служит величина ΔL_0 – условная протяженность точечного отражателя. Если условная протяженность дефекта $\Delta L_{\text{деф}} > \Delta L_0$, его относят к протяженному, а при $\Delta L_{\text{деф}} \leq \Delta L_0$ – к точечному. Но в разных отраслях различны подходы к оценке величины ΔL_0 . Она определяется одним из следующих способов:

- как условная протяженность эквивалентного (по амплитуде) точечного отражателя (например, плоскодонного) [7, 15], при этом она определяется либо экспериментально по СОП, либо по расчетным таблицам, построенным с учетом диаграмм направленности ПЭП с учетом расхождения пучка на глубине;
- как условная протяженность отражателя, определяющего уровень браковки по амплитуде (например, плоскодонного отражателя или зарубки [1]);
- задается в НТД конкретным числом, как правило, возрастающим с ростом толщины изделий [2 – 4, 6].

Дефекты, отнесенные к категории протяженных, обычно приводят к браковке. Одиночные точечные дефекты, как правило, считаются допустимыми, а их скопления приводят к браковке, если число точечных дефектов превышает определенное значение в заданном пространстве.

Как и в случае оценки дефектов по амплитуде, оценку по условным границам следует выполнять в соответствии с указаниями НТД, что обеспечивает юридическую правомочность результатов контроля.

Приведем пример нарушения этого правила. При УЗК крупной поковки на заводе-поставщике был обнаружен дефект, при движении ПЭП вдоль которого наблюдалась огибающая последовательности эхо-сигналов, имеющая форму немонотонной функции. От каждого максимума было отсчитано по 6 дБ и указана граница этой части дефекта (относительный способ). В результате поставщик оценил поковку как годную с некоторым (допустимым) количеством точечных дефектов. При входном контроле у заказчика применили абсолютный метод, и все дефекты слились в один – протяженный. Поставщик проиграл арбитражный спор, так как сослался на ГОСТ 14782 (на поковки не распространяется), а заказчик действовал по НТД, регламентирующей УЗК в данной отрасли – атомной энергетике [25].

3. Оценка допустимости дефектов по форме

Оценка коэффициента формы дефекта в соответствии с ГОСТ 14782 [23] предусмотрена некоторыми нормативными отраслевыми документами, например, [1], в качестве дополнительного параметра (если возникают спорные ситуации или если требует заказчик).

Недавно в отраслевой НТД по УЗК кольцевых сварных швов магистральных

газопроводов [4] появилось требование обязательной оценки формы дефекта (плоскостной или объемной) со ссылкой на [23]. При этом сказано: «В случае если определить форму дефекта не удастся, дефект считается плоскостным». А плоскостные дефекты приводят к браку даже в том случае, если они отнесены к точечным.

Возможность такой оценки обеспечивают, в частности, дефектоскопы типа «Скаруч», что дает шанс при ручном УЗК расширить информацию о дефектах. Известны случаи, когда предприятия, не имеющие соответствующего оборудования, вынуждены принять условия перебраковки, относя все точечные дефекты к плоскостным и, следовательно, недопустимым.

Здесь уместно сказать о вреде перебраковки, то есть браковке продукции, содержащей мелкие дефекты, не влияющие на ее эксплуатационные характеристики. Это приводит к неоправданному ремонту, а лишние ремонтные заварки часто опаснее дефектов.

В 2002 г. мы работали в архиве Ленинградской атомной станции (ЛАЭС) – анализировали результаты УЗК и РГК по журналам 1971 г., в том числе – характеристики тех дефектов, которые отнесены к категории годных по результатам НК. Мы обнаружили вложенные в журналы протоколы и технические решения, в которых допущен целый ряд дефектов, формально отнесенных к недопустимым. Например, при входном УЗК листовой заготовки, предназначенной для изготовления корпусной конструкции, обнаружено 300 точечных дефектов эквивалентной площадью от 3 до 7 мм², недопустимых по техническим условиям. Дефекты расположены таким образом, что не попадают в зону сварного шва и в околосварную зону. На этом основании принято решение о годности заготовки. Имеются также протоколы, разрешающие допуск сварных швов, в которых количество точечных дефектов на заданном участке шва незначительно превышает нормативные требования. Их исправление приведет к дополнительной деформации конструкции – записано в протоколе, подписанном крупнейшими специалистами по прочности, работавшими в те годы в ЦНИИ «Прометей». Опыт эксплуатации ЛАЭС показал, что эти решения не были авантюрами.

Оценка годности изделий при УЗК в процессе диагностирования или экспортного обследования

Все сказанное относилось к УЗК в процессе строительства или ремонта. Тогда зачастую при контроле сварных соединений действует цепочка: «сварщик – дефектоскопист – сварщик», то есть, предусмотрен ремонт дефектных участков сразу после их обнаружения. В таких случаях, как правило, используют двухальтернативную (двухбалльную) систему оценки: «не годен» (балл 1) или «годен» (балл 2).

При контроле изделий, бывших в эксплуатации, ищут обычно не металлургические или сварочные дефекты, а дефек-

ты, появившиеся в результате эксплуатации, например, усталостные трещины или коррозионные поражения. Во многих отраслевых документах [2 – 4] для такого случая предусмотрены объемы контроля и критерии оценки годности отличные от тех, которые применялись при строительстве. Так, например, при контроле грузоподъемных кранов [2] заданы более высокие уровни чувствительности и предусмотрена трехбалльная система оценки качества: «неудовлетворительное качество» (балл 1), «условно удовлетворительное качество» (балл 2), «удовлетворительное качество» (балл 3). Баллом 2 оценивают элементы швов, в которых браковочные параметры превышают заданные нормы, но отсутствуют признаки трещин. В таких случаях не торопятся с ремонтом, а сокращают сроки повторных проверок и следят за изменениями показателей этих дефектов. Что же касается признаков трещин, то в [2] приводятся лишь их качественные характеристики – те, которые можно получить с помощью УЗДОН.

Совершенно иные возможности открылись с разработкой средств измерения истинных размеров дефектов и определения их типов [26, 27]. Это снижает затраты на необоснованный ремонт и особенно важно при оценке остаточного ресурса объектов повышенной опасности. Решение о необходимости ремонта или возможности и условиях дальнейшей эксплуатации объектов принимают обычно с учетом расчетов, выполненных специалистами по прочности. Чаще всего требуется индивидуальный подход к объектам определенного типа. В то же время, как сказано в [26], «имея возможность измерять реальные дефекты, специалистами по прочности начаты работы по созданию эксплуатационных норм на диагностику объектов».

Литература

1. РД 34.17.302-97 (ОП 501 ЦД-97). Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения.
2. РД РОСЭК-001-96. Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Общие положения.
3. РД-19.100.00-КТН-001-10. Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов.
4. СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
5. СТО 00220256-005-2005. Швы стыковых, угловых и тавровых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля.
6. ОСТ5Р.1093-93. Соединения сварные стальных корпусных конструкций надводных судов. Правила контроля.

7. ОСТ 5Р.9768-89. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Ультразвуковой метод.

8. СТП 012-2000. Заводское изготовление стальных конструкций мостов.

9. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции.

10. МДС 53-1.2002. Рекомендации по монтажу стальных строительных конструкций (к СНиП 3.03.01-87).

11. Голубев А. С., Паврос С. К. Расчет акустического тракта эхо-дефектоскопа при контроле изделий с криволинейной поверхностью контактным способом. – Известия ЛЭТИ. 1970. Вып. 89. С. 78–87.

12. Андрианова Л. И., Розина М. В. Некоторые практические вопросы применения АРД-диаграмм при ультразвуковом контроле крупных деталей. – Дефектоскопия. 1989. № 2. С. 73–79.

13. Ермолов И. Н., Бычков И. В., Розина М. В. Ограничения к применению АРД-диаграмм при контроле цилиндрических изделий. – Дефектоскопия. 1993. № 10. С. 3–11.

14. Розина М. В., Яблоник Л. М. Влияние флуктуаций коэффициента затухания ультразвука на точность оценки дефектов. – Дефектоскопия. 1975. № 2. С. 93–99.

15. ОСТ 5Р.9675-88. Контроль неразрушающий. Заготовки металлические. Ультразвуковой метод контроля сплошности.

16. Кочергин Д. В., Розина М. В. Судостроительная версия ультразвукового дефектоскопа УДЗ-103 «Пеленг». – Труды конференции молодых ученых и специалистов ЦНИИ КМ «Прометей». 2007. с.96-100.

17. Розина М. В., Яблоник Л. М., Тимофеев Б. Т., Улин В. П. Методика оценки дефектов в метал-

ле антикоррозионной наплавки и их влияние на прочность. – Дефектоскопия. 1993. № 11. С. 26–32.

18. XIX Санкт-Петербургская конференция «УЗДМ-2007». В мире НК. 2007. № 2(36). С. 62–64.

19. РД РОСЭК-02-008-96. Лифты пассажирские, больничные и грузовые. Контроль неразрушающий. Основные положения.

20. EN 1712. Неразрушающий контроль сварных швов. Ультразвуковой контроль сварных соединений. Уровни приемки.

21. DNV-OS-F101. Стандарт морских промыслов. Система подводных трубопроводов.

22. API 1104. Сварка трубопроводов и связанных с ними сооружений.

23. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

24. Ермолов И. Н. Торец вместо зарубки. – В мире неразрушающего контроля. 2006. 4(34). С. 52-53.

25. ПНАЭ Г-7-014-89. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Ч. 1. Контроль основных материалов (полуфабрикатов).

26. Автоматизированный ультразвуковой контроль объектов повышенной опасности: юбилейный сборник трудов ООО НПЦ «ЭХО+». – М., СПб.: Свен, 2010. – 64 с.

27. Бадалян В. Г., Вopilкин А. Х. Комплексная технология неразрушающего контроля основного металла и сварных швов трубопроводов. – Сварка. Диагностика. 2007. № 6. С. 3–8.

Статья получена 22 сентября 2010 г., в окончательной редакции – 26 октября.

Электронная версия журнала «В мире НК»

В МИРЕ НК
Ежеквартальное журнальное обозрение

DVD

1998
2010

Все 50 вышедших номеров журнала с 1998 по 2010 гг. на одном DVD

Удобная система поиска по всем опубликованным материалам!

Можно приобрести в редакции журнала:

Тел. (812) 534 05 43

Факс (812) 534 01 94

E-mail: lh@ndtworld.com