ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 50.05.02— 2018

Система оценки соответствия в области использования атомной энергии

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ

Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений и наплавленных покрытий

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 февраля 2018 г. № 99-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». 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 национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2018

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 Термины и определения . . . 2
4 Сокращения . . . 2
5 Общие положения . . . 3
6 Требования к проведению ультразвукового контроля . . . 5
7 Проведение ультразвукового контроля . . . 17
8 Учетная и отчетная документация . . . 29
9 Метрологическое обеспечение . . . 29
10 Требования к охране труда . . . 29
Приложение А (справочное) Составы контактных смазок . . . 31
Приложение Б (обязательное) Методика ультразвукового контроля стыковых продольных сварных соединений цилиндрических конструкций . . . 32
Приложение В (справочное) Методика ультразвукового контроля методом «корневой тандем» сварных соединений ГЦТ Ду850 ВВЭР-1000 (-1200) . . . 35
Приложение Г (обязательное) Методика ультразвукового контроля подповерхностной части сварных соединений головными волнами . . . 41
Приложение Д (справочное) Реализуемая чувствительность . . . 43
Приложение Е (справочное) Методика ультразвукового контроля аустенитного наплавленного покрытия головными волнами . . . 44
Приложение Ж (обязательное) Методика настройки чувствительности дефектоскопа . . . 47
Приложение И (обязательное) Методика ультразвукового контроля сварных соединений сферических корпусов задвижек трубопроводов . . . 67
Приложение К (справочное) Методика распознавания типа дефектов по коэффициенту формы . . . 69
Приложение Л (справочное) Методика определения конфигурации и ориентации несплошностей при изменении угла наблюдения . . . 71
Приложение М (справочное) Особенности ультразвукового контроля сварных соединений различных конструкций . . . 73
Приложение Н (обязательное) Методика классификации несплошностей по условной протяженности . . . 82
Приложение П (обязательное) Сокращенная форма описания несплошностей . . . 83
Библиография . . . 84

Введение

Настоящий стандарт взаимосвязан с другими стандартами, входящими в систему стандартов «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии».

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Система оценки соответствия в области использования атомной энергии

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ

Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений и наплавленных покрытий

Conformity assessment system for the use of nuclear energy.
Conformity assessment in the form of examination. Unified procedures.
Ultrasonic examination of welded joints and cladded surfaces

Дата введения — 2018—03—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к порядку проведения контроля, средствам контроля, персоналу, обработке и оформлению результатов контроля, а также требования безопасности.

1.2 Настоящий стандарт распространяется на сварные соединения и наплавленные покрытия оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (АЭУ) и других элементов атомных станций, выполненных в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, устанавливающих:

- требования к устройству и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭУ;
- требования к устройству и эксплуатации локализующих систем безопасности АС;
- требования к сварке и наплавке оборудования и трубопроводов АЭУ;
- правила контроля металла оборудования и трубопроводов АЭУ при изготовлении и монтаже (ПК);
- правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов АС.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2789 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 23829 Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения

ГОСТ 25347 (ISO 286-2:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов

ГОСТ Р 50.05.05 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль основных материалов (полуфабрикатов)

ГОСТ Р 50.05.11 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Персонал, выполняющий неразрушающий и разрушающий контроль металла. Требования и порядок подтверждения компетентности

ГОСТ Р 50.05.15 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Неразрушающий контроль. Термины и определения

ГОСТ Р 50.05.16 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Неразрушающий контроль. Метрологическое обеспечение

Издание официальное

ГОСТ Р 55724 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые
ГОСТ Р 55808 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Методы испытаний
ГОСТ Р ИСО 5577 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь

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 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 50.05.15, ГОСТ Р ИСО 5577, ГОСТ Р 55724, ГОСТ 23829, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **головная волна:** Продольная волна, распространяющаяся вдоль контактной (и/или донной) поверхности контролируемого(ой) элемента (среды), и сопутствующие ей боковые (продольная и поперечная) волны.

3.2 **дефект:** Каждое отдельное несоответствие оборудования, трубопроводов и других элементов АС установленным требованиям.

3.3 **эхо-сигнал; эхо-сигнал от отражателя; сигнал:** Ультразвуковой сигнал, отраженный от неоднородности среды или границы раздела сред, вернувшийся к излучателю-приемнику.

3.4 **условный размер (протяженность, ширина, высота) дефекта:** Размер в миллиметрах, соответствующий зоне между крайними положениями преобразователя, в пределах которой фиксируют сигнал от несплошности при заданном уровне чувствительности.

3.5 **эквивалентная площадь несплошности:** Площадь плоскодонного искусственного отражателя, ориентированного перпендикулярно акустической оси преобразователя и расположенного на том же расстоянии от поверхности ввода, что и несплошность, при которой значения сигнала акустического прибора от несплошности равны.

3.6 **эквивалентная высота корневой трещиноподобной несплошности:** Высота углового перпендикулярного донной поверхности отражателя (двугранный угол паза и донной поверхности), расположенного на том же расстоянии от поверхности ввода, что и несплошность, при которой значения сигнала от несплошности и паза равны.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АРД — диаграмма-график зависимости амплитуд эхо-сигнала, расстояния до несплошности, эквивалентного диаметра (или площади) несплошности;
АРДТ — диаграмма-график зависимости амплитуд эхо-сигнала, расстояния до несплошности, эквивалентного диаметра (или площади) несплошности, при УЗК методом «тандем»;
АСД — автоматический сигнализатор дефекта;
ВВЭР — водо-водяной энергетический реактор;
ГМО — головная материаловедческая организация;
ГЦТ — главный циркуляционный трубопровод;
КО — калибровочный образец;
НП — наклонный преобразователь;
НО — настроечный образец;
ПГВ — преобразователь головных волн;
ПК — правила контроля;
КД — конструкторская документация;
ПС — прямой совмещенный;

ПЭ — пьезоэлемент;
ПЭП — пьезоэлектрический преобразователь;
РБМК — реактор большой мощности канальный;
РУ — реакторная установка;
РС — раздельно-совмещенный;
СПВЗ — с правом выдачи заключений;
СКО — среднеквадратичное отклонение;
СС — сварное соединение;
ТД — технологическая (техническая) документация;
ТКК — технологическая карта контроля;
УЗ — ультразвук (ультразвуковой);
УЗК — ультразвуковой контроль.

5 Общие положения

5.1 Общие требования

5.1.1 Настоящий стандарт включает методики УЗК:

- стыковых, угловых и тавровых СС с толщиной свариваемых элементов от 2 до 400 мм;
- предварительных (переходных) и усиливающих наплавленных покрытий из перлитной и аустенитной сталей на деталях и кромках СС при толщине наплавки от 4 до 40 мм и толщине основного металла не менее 10 мм;
- зоны сплавления антикоррозионных наплавленных покрытий, выполненных аустенитными материалами толщиной 4 мм и более.

5.1.2 Радиус кривизны околошовной наружной поверхности должен быть не менее 150_{-10} мм для продольных швов, 100_{-10} мм для наплавленных покрытий, $12{,}5_{-2}$ мм для кольцевых швов. Внутренний радиус кривизны сварной детали при УЗК угловых швов должен быть не менее 50_{-5} мм.

5.1.3 УЗК по методикам, представленным в настоящем стандарте, обеспечивает выявление несплошностей эквивалентной площадью не менее величин, указанных в действующих правилах контроля. Характер и действительные размеры несплошности не определяются, за исключением случаев, отмеченных в 7.3.1.11.

5.1.4 УЗК не гарантирует выявления несплошностей на фоне мешающих отражателей в виде неровностей усиления и корневой части шва, конструктивных элементов свариваемых деталей и структурных неоднородностей, если не предусмотрены специальные способы их обнаружения и идентификации. Не гарантируется выявление несплошностей в пределах мертвой зоны ПЭП, а также непосредственно под усилением шва: для обеспечения УЗК таких зон следует применять дополнительные операции УЗК.

5.1.5 В СС УЗК подлежат металл шва, зоны сплавления и термического влияния. При этом ширина контролируемой зоны основного металла определена требованиями ПК.

5.1.6 В СС деталей различной номинальной толщины ширину указанной зоны определяют отдельно для каждой из сварных деталей.

5.1.7 Ширину контролируемых участков основного металла определяют от границы сварного шва, включая наплавленные покрытия на кромках.

5.1.8 УЗК проводят после исправления дефектов, обнаруженных при визуальном контроле, контроле герметичности, капиллярной и магнитопорошковой дефектоскопии, если последние предусмотрены ТД.

5.1.9 Сдаточный контроль проводят после окончательной термообработки сварного соединения и восстановления наплавленных покрытий, если они предусмотрены технологическим процессом. Рекомендуется проведение технологического пооперационного контроля на промежуточных стадиях изготовления изделия. При этом следует учитывать, что результаты технологического и сдаточного контроля могут не совпадать.

5.1.10 Требования представителей служб контроля по созданию необходимых условий для выполнения работ по контролю являются обязательными для администрации организации (предприятия), представляющей изделие на контроль.

5.1.11 Документация по контролю, содержащая отступления от требований настоящего стандарта или включающая новые методические решения, должна получить оценку соответствия после испытания изделий.

5.2 Организация работ

5.2.1 Для выполнения штатного УЗК, осуществления технологической подготовки контроля, проведения подготовительных, проверочных, учебно-методических работ, а также для хранения аппаратуры, ПЭП, образцов, вспомогательных приспособлений и другого инвентаря должны быть организованы подразделения (лаборатории, участки, группы) УЗК. Администрация предприятия обязана выделить соответствующие площади и помещения.

5.2.2 Подразделение УЗК организуется и действует на основании положения о лаборатории, группе, участке, утвержденного руководителем предприятия.

5.2.3 Подразделение УЗК должно быть оснащено: УЗ-дефектоскопами, серийными и специализированными ПЭП, соединительными высокочастотными кабелями, комплектами КО, НО, ТД, электроизмерительной и радиотехнической аппаратурой для проведения проверочных и ремонтных работ (при наличии подразделения по ремонту), вспомогательными устройствами (шаблонами, шкалами и др.), подводкой сети переменного тока 110 и/или 220 В частотой 50 Гц, подводкой горячей и холодной воды, шкафами для одежды и обуви, лабораторными и канцелярскими столами, стеллажами, шкафами для хранения аппаратуры, образцов, запасных частей, документации, электротельфером, стабилизатором питающего напряжения, слесарным инструментом, средствами измерений; емкостями с контактной смазкой, тележками для установки и транспортирования дефектоскопов и другим оборудованием и материалами, необходимыми для выполнения УЗК в конкретных условиях.

5.2.4 Участки контроля в цехе, на монтажной площадке рекомендуется оснащать роликоопорами, кантователями, розетками сети переменного тока 50 Гц.

5.2.5 При проведении УЗК крупногабаритных изделий, а также в условиях монтажа и ремонта должны быть обеспечены следующие условия:

- леса и подмостки должны обеспечивать безопасное и удобное расположение контролера, аппаратуры и контролируемого изделия;
- яркие источники света (посты электросварки, резки и т. п.), расположенные на расстоянии менее 15 м от места проведения УЗК, должны быть экранированы;
- не допускается проведения работ, вызывающих вибрацию и загрязнение абразивной пылью контролируемого изделия, на расстоянии менее чем 10 м;
- при ярком дневном свете или сильном искусственном освещении, затрудняющем наблюдение изображения на экране дефектоскопа, должны быть приняты меры к затемнению экрана дефектоскопа или мест контроля.

5.2.6 Колебания напряжения в электрической сети, к которой подключают дефектоскопы, не должны превышать значений, указанных в техническом описании дефектоскопа.

При больших колебаниях напряжения дефектоскопы следует подключать через стабилизаторы.

5.2.7 УЗК проводят при температуре окружающего воздуха и контролируемой поверхности от 5 до 40 °С. Допускаются применение тепляков и подогрев металла.

5.2.8 Для изделий, допускающих кантование, проведение УЗК в потолочном положении не допускается.

5.2.9 Проведение ручного УЗК с 0 до 6 ч местного времени не допускается.

5.2.10 Рекомендуется проводить УЗК звеном в количестве двух контролеров. При этом один из них должен иметь право выдачи заключения.

5.2.11 Контролеры должны быть обеспечены специальной одеждой (костюмами, комбинезонами, халатами), обтирочными материалами (обрезками ткани с хорошей смачиваемостью), кремом для рук, мылом, полотенцами, блокнотами и пишущими инструментами. Нормы расхода специальной одежды и материалов устанавливаются предприятием (организацией) в зависимости от объемов и условий работы.

5.2.12 Подготовленные для работы поверхности необходимо проверить на соответствие требованиям 6.8.9, 6.8.10, непосредственно перед УЗК тщательно протереть ветошью и покрыть слоем контактной смазки.

5.2.13 Контактная смазка должна обладать достаточной смачиваемостью, вязкостью и однородностью, быть прозрачной для УЗ в рабочем диапазоне частот, легко удаляться с поверхности, быть безвредной для контролера и пожаробезопасной. При большой кривизне поверхности контролируемого изделия и при работе в вертикальном и/или потолочном положениях следует использовать контактную смазку более густой консистенции.

5.2.13.1 Вещества, входящие в состав контактной смазки, и сама контактная смазка не являются дефектоскопическими материалами и входному контролю не подлежат.

5.2.13.2 Некоторые применяемые типы контактных смазок приведены в приложении А.

5.3 Общие требования при подготовке к ультразвуковому контролю

5.3.1 Подготовку поверхности для проведения УЗК осуществляют соответствующие службы владельца объекта контроля, поэтому в обязанности контролера это не входит. Контроль проводят по ТКК.

5.3.2 Подготовка документации на контроль

5.3.2.1 Документы по 5.3.2 должны соответствовать требованиям настоящего стандарта, иметь номер и отражать рабочую технологию контроля конкретного СС, наплавленного покрытия.

5.3.2.2 ТКК должны содержать информацию о конструкции и категории объекта контроля, степени контроледоступности, схеме и направлениях прозвучивания, ширине зоны зачистки, конкретных номинальных параметрах УЗК (применяемая частота и углы ввода УЗ), параметрах сканирования (шаг), дефектоскопах и ПЭП, способах настройки диапазона развертки и чувствительности, оценку качества сварного соединения, разрядности работ.

5.3.2.3 Документацию по контролю должен разрабатывать специалист, имеющий уровень квалификации не ниже СПВЗ. Каждая ТКК должна быть подписана разработчиком технологии УЗК, проверяющим руководителем службы контроля с указанием даты и иметь учетный номер. При укрупнении объекта контроля (в том числе и на заводах-изготовителях) и на монтаже допускается использовать типовые ТКК.

5.3.2.4 Для серии однотипных соединений разрабатывают одну ТКК или технологический процесс.

5.3.2.5 Выбор схем прозвучивания, параметров УЗК проводят в соответствии с требованиями раздела 6.

5.3.2.6 ТКК, содержащие отступления от требований настоящего стандарта или включающие новые методические решения, должны проходить оценку соответствия в форме испытаний.

6 Требования к проведению ультразвукового контроля

6.1 Методики и операции ультразвукового контроля

6.1.1 Схемы контроля, направление(я) прозвучивания, характеристики ПЭП при УЗК стыковых, угловых и тавровых соединений трубопроводов, сосудов и листовых конструкций выбирают по таблицам 1—3 и рисункам 1—4, исходя из необходимости обеспечения прозвучивания центральным лучом всего сечения сварного соединения с учетом его толщины и конструкции.

При УЗК СС и наплавок применяют следующие операции прозвучивания:

а) продольными волнами с углом ввода 0° (прямым ПЭП) (рисунок 1а);

б) поперечными волнами с углом ввода более третьего критического угла (33,5°) (рисунок 1б);

в) головными волнами (рисунок 1в);

г) поперечными волнами методом «тандем» или «корневой тандем» (рисунок 1г);

д) поперечными волнами с углом ввода более третьего критического угла двумя УЗ-пучками с одинаковыми и/или различными углами ввода (рисунок 1д);

е) продольными волнами с углом ввода более 10° (с одновременным возбуждением поперечных волн с углом ввода менее третьего критического угла) (рисунок 1е);

ж) дифракционно-временным способом (TOFD) (рисунок 1ж);

и) продольными и/или поперечными волнами с секторным сканированием луча [метод антенных (фазированных) решеток] (рисунок 1и);

к) дельта-методом продольными и/или поперечными волнами (рисунок 1к);

л) стредл-методом (рисунок 1л).

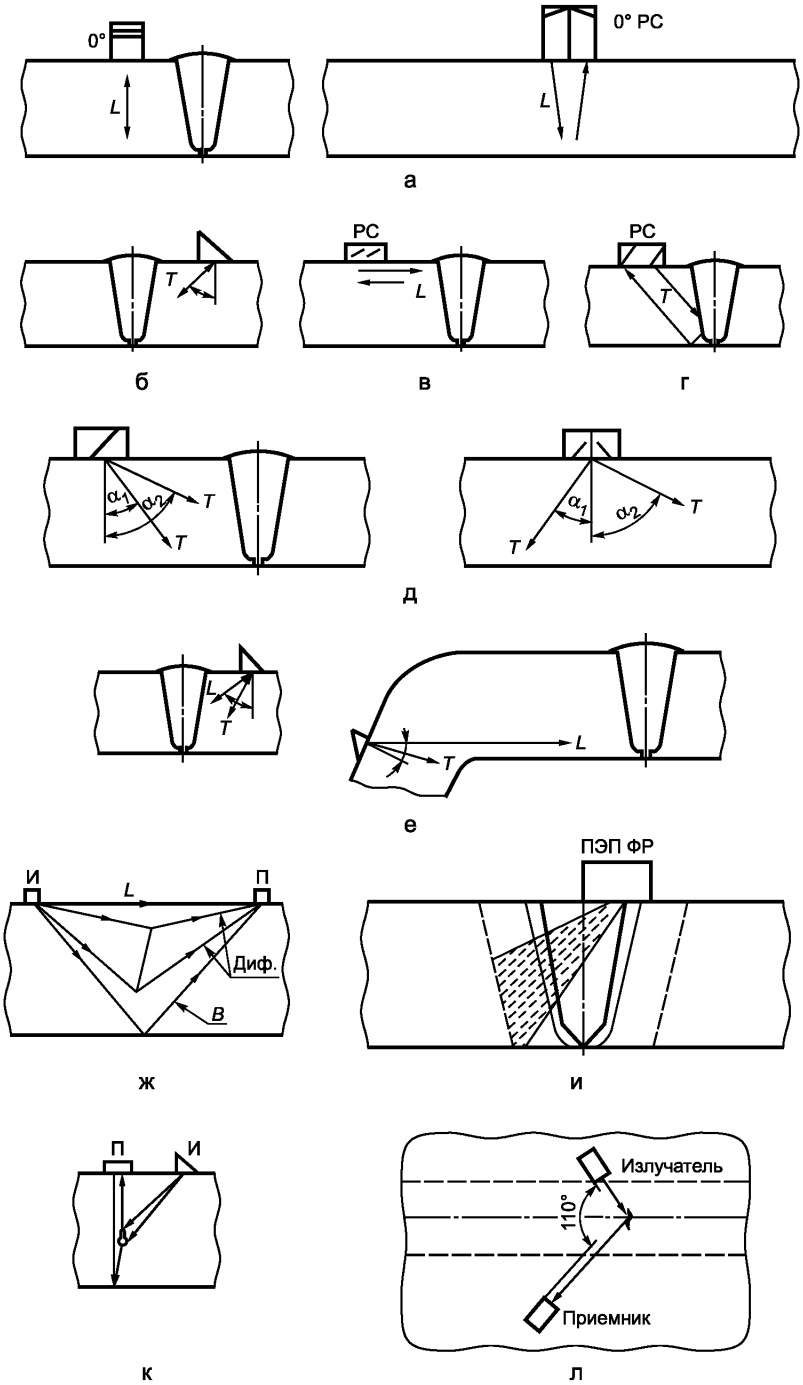


Рисунок 1 — Операции прозвучивания

6.2 Стыковые сварные соединения

6.2.1 Стыковые СС толщиной более 60 мм при наличии доступа контролируют прямым лучом с двух поверхностей с обеих сторон шва по схемам, приведенным на рисунке 2а.

6.2.2 Стыковые СС толщиной менее 60 мм, кольцевые швы трубопроводов и сосудов внутренним диаметром менее 800 мм следует контролировать с одной поверхности прямым и однократно отраженным лучами (рисунок 2б).

6.2.3 Стыковые СС с удаленным усилением шва контролируют дополнительно прямым или прямым РС ПЭП, выбираемым по таблице 1.

6.2.4 Проведение УЗК с одной стороны с одной поверхности однократно отраженным лучом допускается в тех случаях, когда конструкция СС или основной металл одного из элементов не позволяют проводить УЗК с обеих сторон (поверхностей) соединения (рисунок 2в), при этом степень контролепригодности понижается на одну ступень, например СС труб с литыми деталями или наличие несплошностей в основном металле.

6.2.5 Стыковые СС, выполненные электронно-лучевой сваркой, контролируют по совмещенной схеме, приведенной на рисунках 2а, б, и по методу «тандем» или «корневой тандем» ПЭП с углом ввода от 45° до 50° на частоте от 1,8 до 2,5 МГц.

Таблица 1 — Выбор прямого совмещенного и РС ПЭП (номинальные значения)

Толщина сварного соединения, мм	Частота, МГц	Тип ПЭП
Не более 20,0 включ.	От 4 до 6	Прямой РС
Св. 20,0 до 40,0 включ.	От 2,5 до 4	
Св. 40,0 до 60,0 включ.	От 1,8 до 4	
Св. 60,0	От 1,25 до 2,5	Прямой совмещенный

6.2.6 Продольные стыковые СС цилиндрических конструкций контролируют с учетом указаний, данных в приложении Б.

6.2.7 СС секторных отводов контролируют так же, как и стыковые СС труб.

6.2.8 Корневую зону СС оборудования и трубопроводов толщиной 36 мм и более рекомендуется контролировать методом «корневой тандем» в соответствии с приложением В.

6.2.9 Приповерхностный слой (от 0 до 15 мм) СС рекомендуется контролировать головными волнами (см. приложение Г).

6.2.10 УЗК СС толщиной от 2,0 до 5,5 мм следует проводить с использованием ПЭП с параметрами в соответствии с таблицей 2. УЗК СС толщиной более 5,5 мм следует проводить с использованием ПЭП с параметрами в соответствии с таблицей 3.

6.2.10.1 Кольцевые стыковые СС трубопроводов толщиной от 2,5 до 5,5 мм трубопроводов и сосудов с внутренним диаметром менее 800 мм контролируют с одной поверхности прямым и однократно отраженным лучами с обеих сторон шва (рисунок 2б).

6.2.10.2 При контроле трубопроводов диаметром менее 300 мм следует использовать притертые ПЭП.

6.2.10.3 Для настройки параметров УЗК используют настроечные образцы с зарубками с аналогичными контролируемому элементу диаметром и толщиной.

Таблица 2 — Параметры УЗК СС в зависимости от толщины

Толщина сварного соединения, мм	Рабочая частота контроля, МГц	Угол ввода при УЗК прямым лучом, град	Тип ПЭП
1	2	3	4
От 2,0 до 2,5 включ.	От 10 до 12	От 73 до 77	С или РС
Св. 2,5 до 3,0 включ.	От 10 до 12	От 73 до 75	С или РС
Св. 3,0 до 3,5 включ.	От 9 до 11	От 72 до 74	С или РС
Св. 3,5 до 4,0 включ.	От 8 до 11	От 71 до 73	С или РС
Св. 4,0 до 4,5 включ.	От 7 до 10	От 70 до 72	С или РС
Св. 4,5 до 5,0 включ.	От 5 до 7	От 70 до 72	С или РС
Св. 5,0 до 5,5 включ.	От 5 до 7	От 70 до 72	С или РС

Таблица 3 — Параметры наклонных преобразователей (номинальные значения) при УЗК СС

Толщина сварного соединения, мм	Частота, МГц	Угол ввода при УЗК, град	
		прямым лучом	однократно отраженным лучом
От 5,5 до 9,0 включ.	От 4,0 до 6,0	70^{+5}	65^{+5}
Св. 9,0 до 12,0 включ.	От 4,0 до 6,0	65^{+5}	65^{+5}
Св. 12,0 до 20,0 включ.	От 2,5 до 5,0	65^{+5}	45^{+5}
Св. 20,0 до 40,0 включ.	От 2,5 до 4,0	65^{+5}	45^{+5}
Св. 40,0 до 60,0 включ.	От 1,8 до 4,0	65^{+5}	45^{+5}
Св. 60,0 до 100,0 включ.	От 1,8 до 2,5	60^{+5} 45^{+5}	Не допускается
Св. 100,0	От 1,0 до 2,0	60^{+5} 45^{+5}	

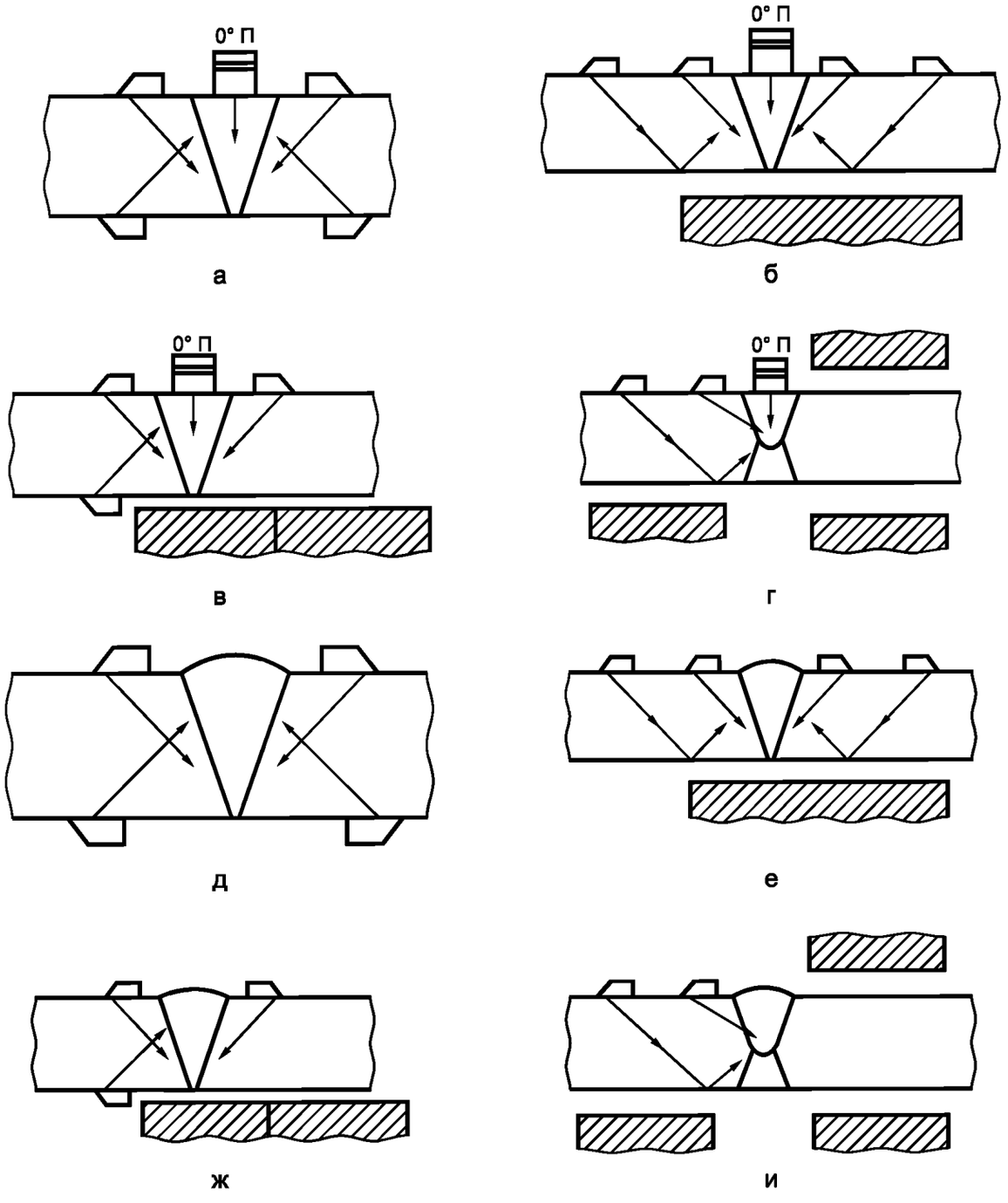
Примечания

1 СС толщиной более 60 мм контролируют ПЭП с углом ввода от 60° до 65° только прямым лучом на глубину не более 60 мм.

2 Для СС с аустенитным наплавленным покрытием толщиной от 20 до 60 мм дополнительно применяют ПЭП с углом ввода 45^{+5}°.

3 В ТКК параметры контроля должны быть указаны однозначно. Указание диапазонов значений параметров не допускается.

4 Допускается для повышения контроледоступности применять дополнительные ПЭП и другие схемы УЗК.



а — при толщине 60 мм и более для наклонных ПЭП независимо от наличия усиления шва; б — при толщине менее 60 мм для наклонных ПЭП независимо от наличия усиления шва; в — при толщине не более 100 мм с ограниченным доступом; г — при ограничении доступа независимо от толщины; д — при толщине 60 мм и более при наличии усиления; е — при толщине менее 60 мм при наличии усиления; ж, и — при ограничении доступа независимо от толщины при наличии усиления

Рисунок 2 — Схемы УЗК стыковых СС наклонными и прямым ПЭП

6.3 Стыковые сварные соединения с антикоррозионным наплавленным покрытием

6.3.1 УЗК СС проводят в целях оценки сплошности перлитного металла СС и зоны сплавления антикоррозионной наплавки с металлом шва и околошовной зоны до и после выполнения (восстановления) антикоррозионной наплавки.

6.3.2 УЗК проводят со стороны перлитного слоя двумя наклонными ПЭП и только прямым лучом с углами ввода от 35° до 50° и 60^{+5°, а также прямым ПЭП.

6.3.3 Корневую зону СС биметаллических сосудов и трубопроводов (Ду850 на ВВЭР, Ду800 на РБМК и т. п.) рекомендуется контролировать методом «корневой тандем» в соответствии с приложением В.

6.3.4 Качество зоны сплавления антикоррозионного наплавленного покрытия со СС контролируют согласно методическим указаниям 6.7.

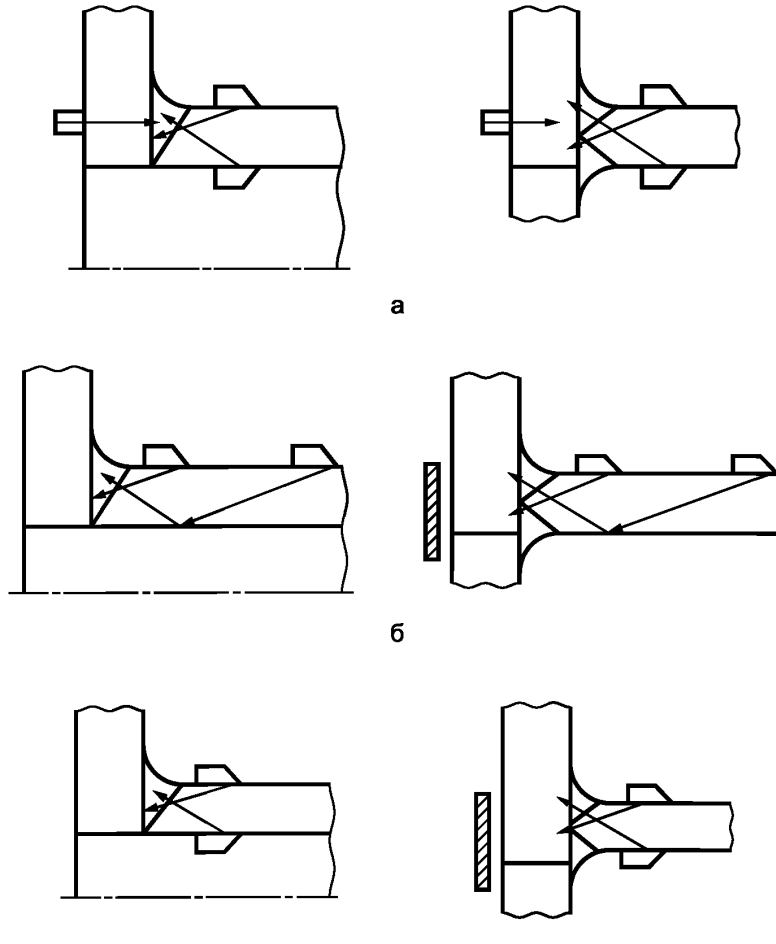
6.4 Угловые и тавровые сварные соединения

6.4.1 Угловые и тавровые соединения контролируют по схемам, приведенным на рисунке 3.

6.4.2 Угловые и тавровые СС при наличии доступа с внутренней стороны привариваемого элемента контролируют прямым ПЭП (рисунок 3а).

6.4.3 Угловые и тавровые СС с толщиной привариваемого элемента не более 60 мм контролируют наклонным ПЭП со стороны привариваемого элемента прямым и отраженным лучами (рисунок 3б).

6.4.4 Угловые и тавровые СС с толщиной стенки привариваемого элемента более 60 мм контролируют наклонным ПЭП прямым лучом по схеме, приведенной на рисунке 3в.



а — УЗК прямым лучом; б — УЗК однократно отраженным лучом;
в — УЗК с двух поверхностей прямым лучом

Рисунок 3 — Схемы УЗК угловых и тавровых сварных соединений

6.4.5 Угловые и тавровые соединения сосудов и листовых конструкций с толщиной стенки более 16 мм, а также швы приварки штуцеров с толщиной более 60 мм при отношении толщин основного и привариваемого элементов, обеспечивающем заданную чувствительность, контролируют прямым совмещенным или прямым РС ПЭП со стороны основного элемента (таблица 1, рисунок 3а). Реализуемая чувствительность определена согласно приложению Д и должна удовлетворять требованиям ПК.

6.4.6 Угловые СС сосудов со штуцерами (патрубками) с внутренним диаметром 100 мм и более с толщиной стенки 10 мм и более контролируют с наружной поверхности патрубка по схеме, приведенной на рисунке 3б.

6.5 Ультразвуковой контроль сварных соединений на поперечные несплошности

6.5.1 УЗК на поперечные несплошности подлежат СС, указанные в таблице 4.

Таблица 4 — Указания по УЗК на поперечные трещины

Тип сварного соединения	Поверхность сканирования	Диаметр основного элемента, мм	Толщина основного элемента, мм	Схема УЗК
Стыковое без усиления	Поверхность шва	От 300 и более	От 34,0 и более	Рисунок 4а или 4б
Стыковое с усилением	Основной металл околошовной зоны	От 800 и более	От 34,0 до 60,0**	Рисунок 4в* или 4г
Угловое и тавровое с усилением	УЗК со стороны основного элемента (зона проекции шва плюс 10 мм)	От 800 и более		Рисунок 4а
	УЗК со стороны привариваемого элемента (патрубка)	От 800 и более***	От 60,0 и более	Рисунок 4в

* Для швов с Х-образной разделкой предпочтительна схема, приведенная на рисунке 4г.

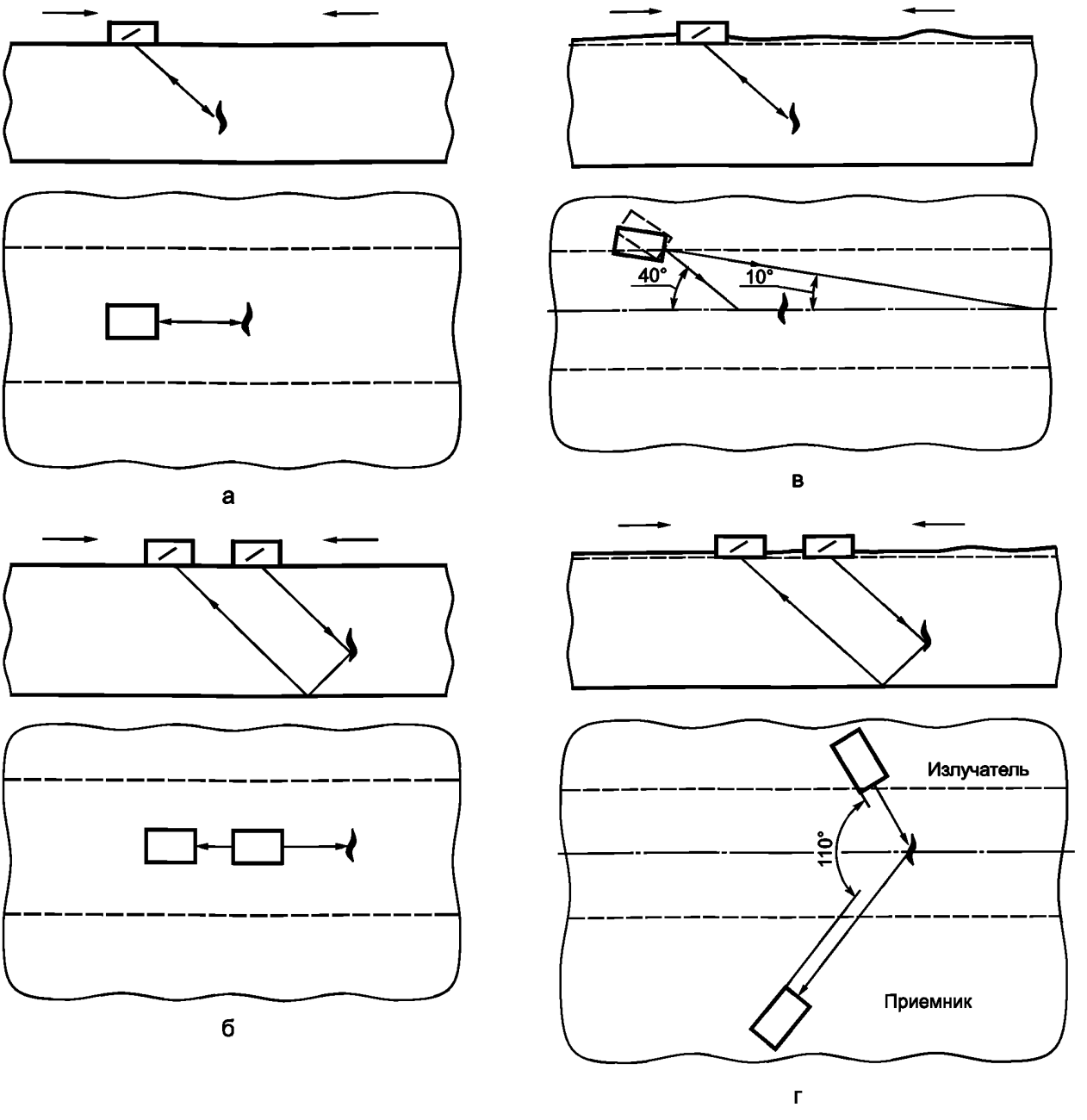
** При отсутствии доступа со стороны основного элемента УЗК проводят со стороны привариваемого элемента при его диаметре от 800 мм и более.

*** При диаметре привариваемого элемента менее 800 мм УЗК на поперечные дефекты не проводят.

6.5.2 УЗК стыковых СС со снятым усилением и швов угловых и тавровых соединений (со стороны основного элемента) следует проводить ПЭП, ориентированным вдоль шва в двух встречных направлениях на всю ширину контролируемой зоны. В процессе УЗК ПЭП поворачивают в секторе от 0° до 10° в обе стороны от продольной оси шва. При этом шаг сканирования во всех направлениях не должен превышать половины диаметра (ширины) пьезоэлемента ПЭП (рисунок 4а, б).

6.5.3 УЗК стыковых СС, выполненных с усилением шва, а также угловых и тавровых СС (со стороны привариваемого элемента) проводят сплошным сканированием НП в секторе от 10° до 40° относительно продольной оси шва в околошовной поверхности основного металла в двух встречных направлениях (рисунок 4в, г).

При этом шаг сканирования вдоль шва не должен превышать половины диаметра (ширины) пьезоэлемента ПЭП.



а, в — УЗК совмещенным ПЭП; б — УЗК по схеме «тандем»; г — УЗК по стредл-схеме

Рисунок 4 — Схемы УЗК на поперечные трещины СС с удаленным (а, б) и неудаленным (в, г) усилениями

6.6 Выбор параметров ультразвукового контроля наплавленных покрытий на деталях и кромках

6.6.1 При УЗК перлитных наплавленных покрытий проверяют сплошность наплавленных покрытий, включая прилегающий слой основного металла толщиной 2 мм.

6.6.2 Перлитное наплавленное покрытие на кромках контролируют на частотах от 2 до 5 МГц:

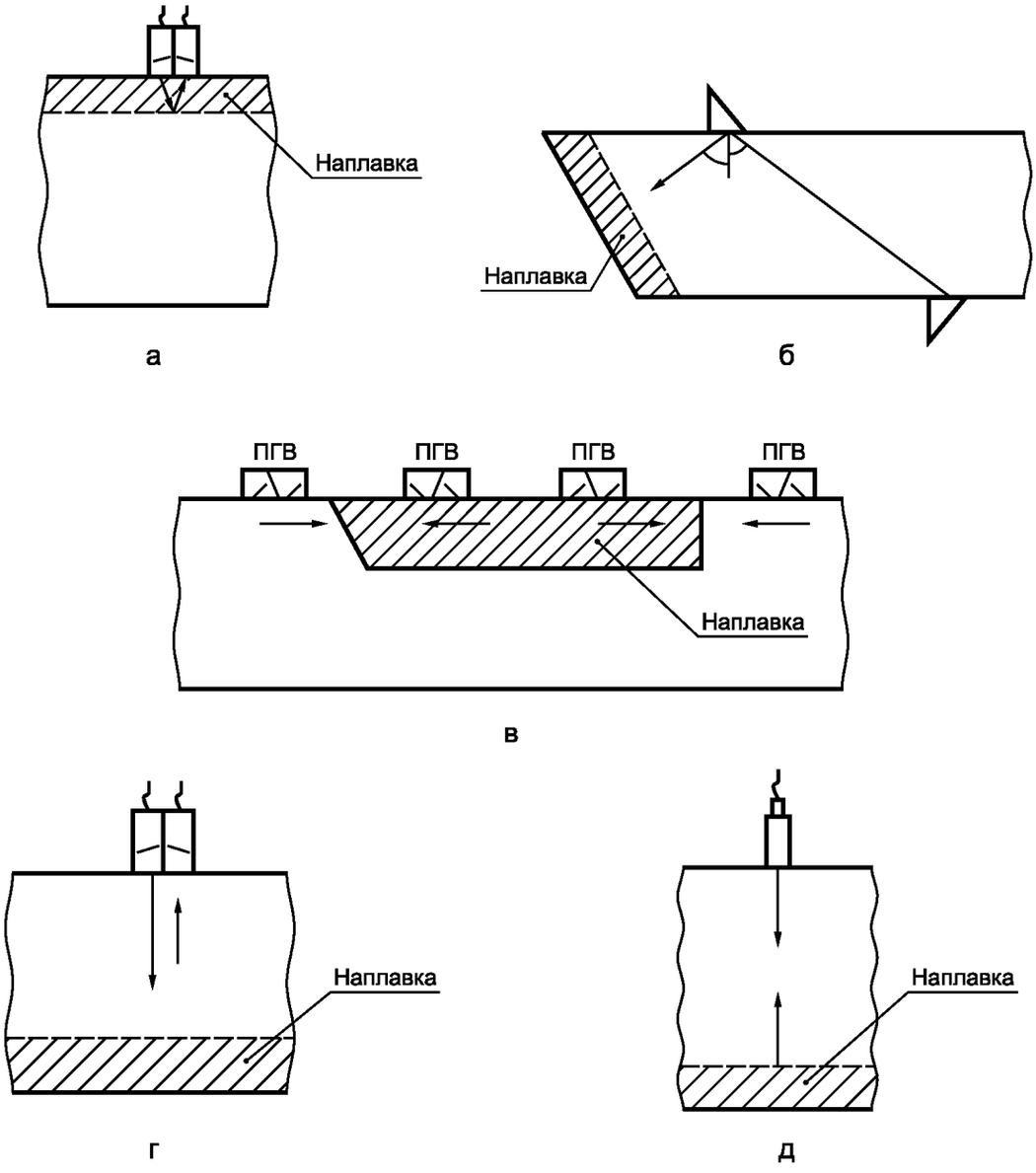
- РС ПЭП со стороны наплавленного покрытия (рисунок 5а) и НП с углами ввода от 65° до 70° со стороны основного металла толщиной менее 20 мм (рисунок 5б);
- РС ПЭП со стороны наплавленного покрытия при толщине основного металла 20 мм и более (рисунок 5а).

6.6.3 Допускается совмещать УЗК перлитных наплавленных покрытий и готовых СС.

6.6.4 При УЗК аустенитных наплавленных покрытий оценивают сплошность зоны сплавления наплавленного покрытия с основным металлом.

6.6.5 Аустенитное наплавленное покрытие на кромках контролируют РС ПЭП на частоте от 2 до 5 МГц со стороны наплавленного покрытия (рисунок 5а). Если такой контроль не возможен, наплавленное покрытие контролируют со стороны основного металла наклонным ПЭП с углами ввода, обеспечивающими нормальное ± 2,5° падение УЗ-луча на линию сплавления (рисунок 5б).

6.6.6 Усиливающие наплавленные покрытия контролируют прямым РС ПЭП на частоте от 2 до 5 МГц (рисунок 5а) и ПГВ по методике, приведенной в приложении Е, с поверхности наплавленного покрытия (соответственно рисунок 5в).



а — УЗК прямым РС ПЭП со стороны наплавленных покрытий; б — УЗК наклонным ПЭП; в — УЗК боковых участков наплавленных покрытий ПГВ; г — УЗК прямым РС ПЭП со стороны основного металла; д — УЗК прямым совмещенным ПЭП

Рисунок 5 — Схемы УЗК наплавленных покрытий на кромках усиливающих и антикоррозионных наплавленных покрытий

6.7 Выбор параметров ультразвукового контроля зоны сплавления антикоррозионного аустенитного наплавленного покрытия с основным металлом

6.7.1 Зону сплавления антикоррозионного аустенитного наплавленного покрытия с основным металлом следует контролировать на частотах от 2 до 5 МГц при толщине основного металла:

- менее 40 мм прямым РС ПЭП со стороны основного металла (рисунок 5г), а в случае невозможности УЗК — со стороны наплавленного покрытия (рисунок 5а);
- 40 мм и более — прямым совмещенным ПЭП со стороны основного металла (рисунок 5д), а в случае отсутствия доступа — прямым РС ПЭП со стороны наплавленного покрытия (рисунок 5а).

6.7.2 Если суммарная площадь участков, доступных контролю со стороны основного металла, менее 1/3 общей площади наплавленного покрытия, то УЗК указанных участков допускается проводить со стороны наплавленного покрытия.

6.7.3 Если непараллельность поверхности основного металла в зоне сплавления превышает φ (по 6.8.3.5):

- УЗК проводят со стороны наплавленного покрытия;
- допускается применение специальных ПЭП, обеспечивающих нормальное падение УЗ-луча на линию зоны сплавления.

6.7.4 Для обеспечения УЗК боковых участков наплавленного покрытия, выходящих на поверхность, следует использовать УЗК головными волнами (рисунок 5в).

6.7.5 При необходимости УЗК на поднаплавочные трещины используют методику УЗК головными волнами по приложению Е или методику УЗК способом «корневой тандем» по приложению В.

6.8 Требования к объектам ультразвукового контроля

6.8.1 Объем контроля определяется ПК как протяженность для СС или площадь для наплавленных покрытий. При наличии неконтролируемых из-за недоступности участков СС, наплавленного покрытия УЗК считают выполненным в неполном объеме, а недоступные участки отмечают в отчетной документации по контролю.

6.8.2 Степень контроледоступности сечения СС, наплавленных покрытий определяют при проектировании (конструировании) оборудования и фиксируют в КД.

Степень контроледоступности определяется представителем службы неразрушающего контроля в зависимости от ограничений, налагаемых конструкцией контролируемого изделия на возможность установки и пределы перемещения ПЭП.

6.8.3 Для СС, контролируемых по настоящему стандарту, устанавливают следующие степени контроледоступности в порядке ее снижения (рисунок 6):

а) 1С — центральный луч УЗ-пучка пересекает каждый элемент металла контролируемого сечения СС в двух или более направлениях (с точностью до половины шага сканирования), проходящих через секторы Б или Б′, и В или В′, и А или А′. Примеры схем УЗК приведены на рисунках 2а—г, 3а;

б) 2С — центральный луч УЗ-пучка пересекает каждый элемент металла как минимум в одном направлении, проходящем через секторы Б или Б′, В или В′. Примеры схем УЗК приведены на рисунках 3б, в;

в) 3С — частично или полностью не выполняется прозвучивание по каждому из направлений, предусмотренных для степени 1С. Центральный луч УЗ-пучка пересекает каждый элемент металла в направлении, проходящем через секторы А или А′;

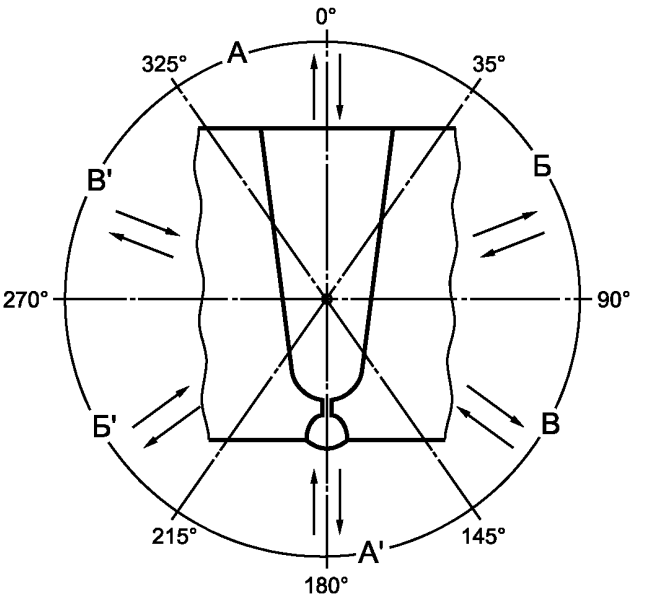
г) СС считают неконтроледоступным, если центральный луч УЗ-пучка ни по одному из направлений не проходит через все элементы металла контролируемого сечения;

д) возможность УЗК на выявление поперечных дефектов не изменяет степень контроледоступности СС, определенную по перечислениям а)—г).

6.8.3.1 При проектировании (конструировании) оборудования должна быть обеспечена максимально возможная контроледоступность СС по всей его протяженности, наплавленного покрытия по всей его площади, например путем удаления или уменьшения ширины усиления, изменением конструкции контролируемого узла.

6.8.3.2 Если прозвучивание в одном направлении обеспечивает обнаружение несплошностей, указанных в КД, то такие СС могут быть отнесены к первой степени контроледоступности.

6.8.3.3 Наличие непрозвученных центральным лучом из-за отсутствия доступа участков площадью не более 3 % контролируемой площади по данному направлению должно быть отражено в ТКК.



О — контролируемый элемент СС;
→, ← — направления прозвучивания (цифрами обозначены углы озвучивания, буквами — секторы обзора)

Рисунок 6 — Схема определения степени контроледоступности сварного соединения

6.8.3.4 УЗК мест пересечений швов с усилением стыковых соединений и стыковых соединений с тавровыми технически не выполним. УЗК мест пересечения стыковых швов возможен при снятом и зачищенном усилении шва в пределах зон перемещения ПЭП.

6.8.3.5 Для антикоррозионных наплавленных покрытий установлены следующие степени контроледоступности в порядке ее снижения:

а) 1Н — непараллельность поверхности основного металла границе «основной металл — наплавленное покрытие» в зоне сплавления не превышает

$$\varphi = \arcsin\frac{0,6}{a \cdot f}, \quad (1)$$

где f — частота, МГц;

a — радиус пьезоэлемента, мм;

б) 2НА — непараллельность поверхности основного металла границе «основной металл — наплавленное покрытие» превышает φ, но УЗК со стороны основного металла проводят специальными ПЭП, обеспечивающими нормальное падение УЗ-луча на поверхность зоны сплавления, или по схеме приема зеркально отраженного от наплавленного покрытия луча;

в) 2НБ — УЗК со стороны основного металла невозможен, его проводят со стороны наплавленного покрытия. Непараллельность поверхности наплавленного покрытия границе «основной металл — наплавленное покрытие» не превышает значений φ;

г) наплавленное покрытие считают неконтроледоступным, если не выполнены условия по подпунктам а)—в).

Для наплавленного покрытия определяют объем УЗК, %, как отношение площади контроледоступной части наплавленного покрытия к площади всего контролируемого наплавленного покрытия. Объем контроля определяют с точностью 5 % и фиксируют в КД.

6.8.4 СС и наплавленные покрытия или их участки, признанные неконтроледоступными, УЗК не подлежат, что должно быть отражено в КД.

6.8.5 При УЗК кромки (края) СС, наплавленного покрытия (со стороны основного металла) существует зона с пониженной достоверностью контроля. Ширина этой зоны l определена большей из величин:

$$l = \sqrt{1,5H\lambda}; \quad (2)$$

$$l = \frac{D}{2}, \quad (3)$$

где H — толщина СС или основного металла при УЗК наплавки;

λ — длина волны;

D — диаметр (ширина) ПЭ.

При УЗК наплавленных покрытий данную зону необходимо проверить со стороны наплавленного покрытия. В этом случае зона с пониженной достоверностью равна $D/2$. Наличие такой зоны не учитывают при оценке контроледоступности.

6.8.6 УЗК СС труб с внутренней расточкой однократно отраженным лучом возможен, если длина $l_р$ цилиндрической части расточки не менее

$$l_р = H\text{tg}\alpha + в/2 + B + 5, \quad (4)$$

где H — номинальная толщина трубы;

α — угол ввода;

$в$ — полуширина усиления шва;

B — ширина околошовной зоны, подлежащей УЗК.

При меньших размерах расточки УЗК проводят только прямым лучом при удаленном усилении, что должно быть отражено в ТКК, технологическом процессе.

6.8.7 Поверхности СС в зоне перемещения ПЭП с обеих сторон сварного шва должны быть очищены от пыли, грязи, окалины. С них должны быть удалены забоины и неровности по всей длине контролируемого участка.

6.8.8 Ширина подготовленной под УЗК зоны с каждой стороны шва должна быть не менее

$$H\text{tg}\alpha + A + B - n + 10; \quad (5)$$

при УЗК совмещенным ПЭП прямым лучом и не менее

$$2H tg\alpha + A + B - n + 10, \quad (6)$$

при УЗК однократно отраженным лучом и по схеме «тандем»;

где H — толщина СС;

α — угол ввода;

A — ширина прилегающих к СС участков основного металла (околошовная зона);

B — длина контактной поверхности ПЭП;

n — величина стрелы ПЭП, определяемой по 8.8 ГОСТ Р 55724—2013.

6.8.9 При подготовке зоны УЗК с помощью механической обработки шероховатость поверхности должна быть не более Ra 6,3 мкм (Rz 40). Шероховатость механически обработанной донной поверхности при УЗК отраженным лучом и по схеме «тандем» должна быть не более Rz 80 (Ra 20 мкм). Волнистость поверхности (отношение максимальной стрелы прогиба к периоду волнистости) не должна превышать 0,015.

6.8.10 Усиление шва должно быть удалено и выровнено с поверхностью основного металла в следующих случаях:

- при УЗК стыковых СС категории 1 толщиной от 40 мм и более. На разностенных СС усиление допускается не удалять;
- наличии антикоррозионного наплавленного покрытия на донной поверхности;
- УЗК СС сосудов, если одна из сторон соединения недоступна для УЗК и УЗК отраженным лучом невозможен;
- УЗК стыковых СС, если ширина усиления не позволяет озвучивать корень шва прямым центральным лучом или все сечение центральным лучом.

6.9 Требования к средствам контроля и образцам

6.9.1 При проведении УЗК используют:

- импульсные УЗ-дефектоскопы с ПЭП и соединительными кабелями;
- калибровочные и настроечные образцы;
- вспомогательные устройства, приспособления и материалы.

6.9.2 Указания по метрологическому обеспечению дефектоскопов, ПЭП и образцов изложены в ГОСТ Р 50.05.16.

Проверку работоспособности дефектоскопа и ПЭП выполняют до начала, после окончания, через каждые 2 ч работы. В случае обнаружения несоответствия в параметрах настройки должен быть выполнен повторный УЗК.

6.9.3 Требования к параметрам наклонных и прямых ПЭП отражены в ГОСТ Р 50.05.05.

6.9.4 НО следует изготавливать из того же материала и по той же технологии, что и контролируемое изделие. Допускается изготавливать НО из материала того же структурного класса и подвергнутого той же термообработке, что и контролируемое изделие (элемент).

6.9.5 Настроечный образец с плоской поверхностью применяют при УЗК швов плоских изделий и швов (продольных и кольцевых) изделий цилиндрической формы для прямых РС ПЭП, если их наружный диаметр $D_н \geq 150$ мм или внутренний $D_{вн} \geq 300$ мм, а также для прямых совмещенных ПЭП при $D_н > 500$ мм.

6.9.6 На линейные размеры и ориентацию отражателей в образцах устанавливаются следующие допуски:

- ± 0°30′ для угла между плоским дном отверстия и номинальным углом прозвучивания ПЭП;
- ± 0,05 мм для диаметра плоскодонного отверстия не более 2 мм вкл., ± 0,1 мм — при диаметре плоскодонного отверстия св. 2,0 до 4,9 мм; ± 0,2 мм для диаметра плоскодонного отверстия 5,0 мм и более;
- IT 14 по ГОСТ 25347 для диаметра бокового цилиндрического отверстия;
- +0,05/–0,20 мм для ширины и высоты углового отражателя (зарубка, сегмент и т. п.);
- ± 2,00° для угла между отражающей плоскостью углового отражателя и поверхностью образца.

6.9.7 При проверке (аттестации) НО проводят измерение дефектоскопом с ПЭП и вычисление среднего из десяти значений амплитуды эхо-сигнала от каждого отражателя в образце при постоянной чувствительности дефектоскопа, а также расчет среднеквадратического отклонения (СКО) измерения амплитуды эхо-сигнала от контрольного отражателя. Если СКО имеет нормальное распределение, а диаметр отверстий не превышает отклонений, установленных в 6.9.6, то НО признают годным для применения.

6.9.8 При УЗК элементов с $D_н \leq 300$ мм следует применять наклонный ПЭП с притертой поверхностью.

6.10 Требования к персоналу, выполняющему ультразвуковой контроль

К проведению УЗК допускаются контролеры, обладающие теоретическими знаниями и практическими навыками в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50.05.11.

7 Проведение ультразвукового контроля

7.1 Подготовка к ультразвуковому контролю

7.1.1 Ознакомление с объектом контроля

7.1.1.1 Перед началом УЗК контролер обязан:

- получить задание (заявку) на контроль с указанием типа и номера СС и его расположения на контролируемом объекте (узле, трубопроводе), объема контроля, толщины и диаметра сварных элементов, номеров чертежа и перечня конструктивных отклонений, влияющих на контроледоступность соединения;
- ознакомиться с ТКК, технологическим процессом, конструкцией и особенностями технологии выполнения СС, а также с документацией, в которой указаны допущенные отклонения от установленной технологии и результаты предшествующего контроля;
- убедиться в отсутствии недопустимых наружных несплошностей;
- удостовериться в том, что ширина усиления соответствует требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, устанавливающим требования к сварке и наплавке оборудования и трубопроводов АЭУ, а ширина подготовленной под УЗК зоны — требованиям 6.8.8.

7.1.2 Разметка изделия

7.1.2.1 Контролируемое СС должно быть размечено.

7.1.2.2 Разметка включает отметку границ шва и наплавки, разбиение на участки длиной не более 500 мм и их маркировку. Разметка должна соответствовать разметке для радиографического контроля, если он предусмотрен ТД.

7.1.2.3 Кольцевые СС трубопроводов рекомендуется разбивать на участки по аналогии с часовым циферблатом.

7.1.2.4 Антикоррозионное наплавленное покрытие следует разметить на участки площадью не более 0,25 м^2 и большей стороной не более 1 м.

7.1.2.5 Разметка должна быть предусмотрена технологическим процессом изготовления, должно быть обеспечено ее воспроизведение на всех стадиях проведения УЗК данного изделия. Начало и направление отсчета участков должны быть замаркированы постоянным клеймом на изделии и отмечены в ТКК.

7.1.3 Последовательность методических операций ультразвукового контроля

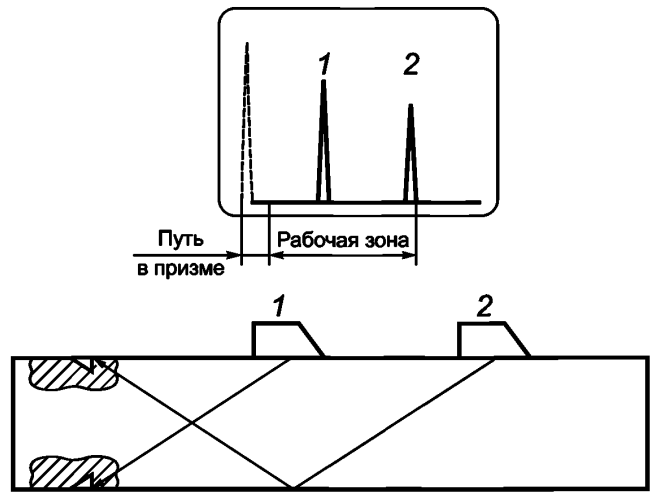
7.1.3.1 УЗК СС и наплавки проводят в следующей последовательности:

- настраивают диапазон развертки дефектоскопа;
- устанавливают поисковый, контрольный и браковочный уровни чувствительности (см. 7.1.4);
- проводят сканирование и прозвучивание;
- при обнаружении эхо-сигнала от несплошности определяют его максимум;
- если высота эхо-сигнала ниже контрольного уровня, то продолжают сканирование;
- если высота эхо-сигнала равна или превышает контрольный уровень, то измеряют и записывают характеристики несплошностей;
- оценивают допустимость несплошностей и качество СС путем сравнения измеренных значений характеристик с нормативными значениями с учетом погрешности измерения (норм точности) (см. 7.3.1.9);
- фиксируют результаты УЗК.

7.1.4 Настройка аппаратуры

7.1.4.1 Настройку диапазона развертки следует проводить таким образом, чтобы сигналы от несплошностей в любом участке СС находились в пределах экрана дефектоскопа.

7.1.4.2 Настройку диапазона развертки при УЗК СС толщиной менее 12 мм рекомендуется проводить по угловому отражателю в НО согласно схеме, данной на рисунке 7.



1 — максимальный эхо-сигнал от нижней зарубки; *2* — максимальный эхо-сигнал от верхней зарубки

Рисунок 7 — Схема настройки развертки по угловым отражателям

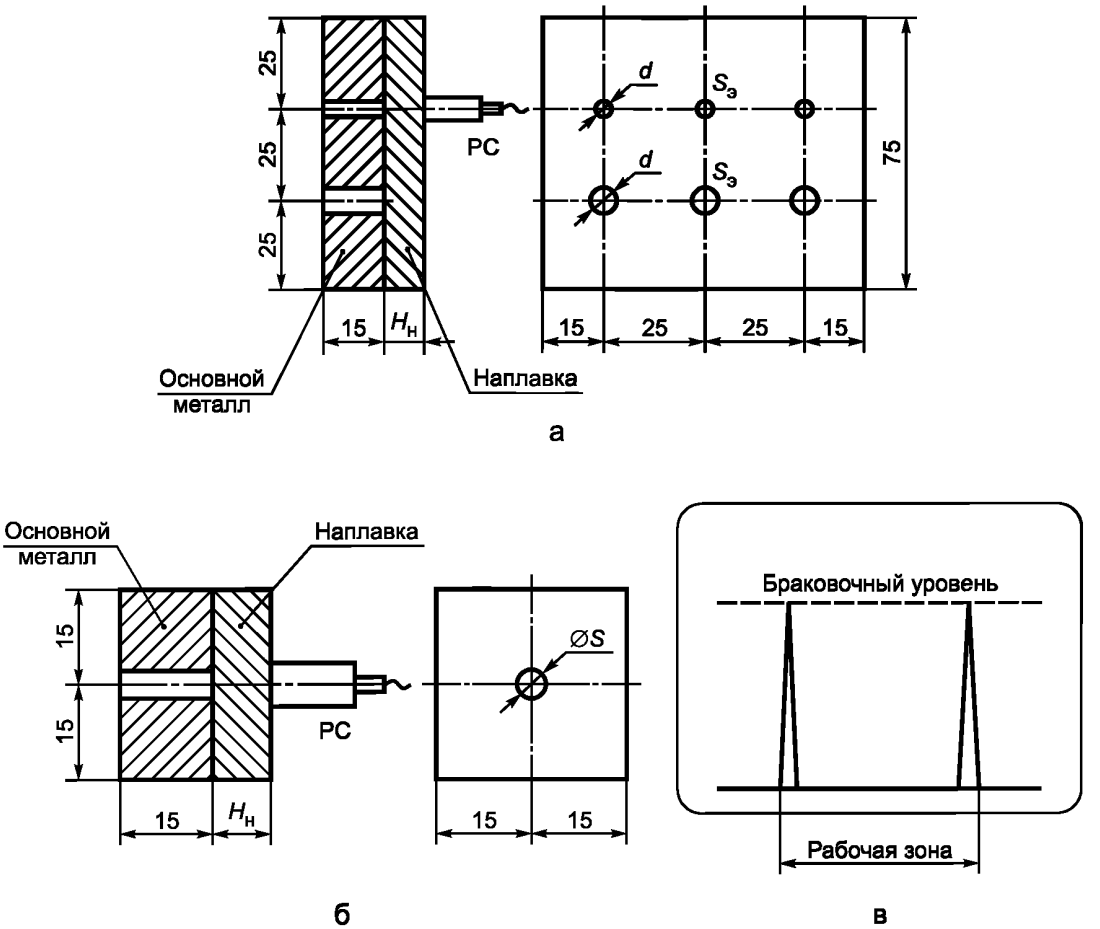
7.1.4.3 Настройку диапазона развертки при УЗК СС толщиной 12 мм и более проводят по глубиномеру дефектоскопа. При этом границы рабочей зоны экрана (контроля) устанавливают по значениям минимально и максимально возможной глубины залегания несплошностей.

Примечание — При УЗК прямым лучом глубину залегания несплошности измеряют как расстояние от наружной поверхности, а при УЗК однократно отраженным лучом — как сумму толщины стенки и расстояния от внутренней поверхности соединения до несплошности.

7.1.4.4 Настройку глубиномера проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации дефектоскопа по донным эхо-сигналам, эхо-сигналам от двугранных углов или вогнутой поверхности КО или по НО с отверстиями на различной глубине.

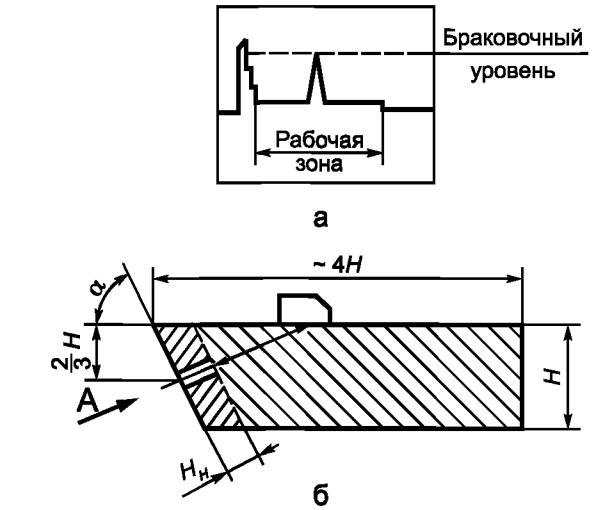
7.1.4.5 Допускается настраивать глубиномер и диапазон развертки по эхо-сигналу от двугранного угла шлифованного прямоугольного бруска («плавающий» отражатель, удерживаемый магнитом и акустически связанный со шлифованным торцом СО-2 или НО через слой контактной смазки).

7.1.4.6 Диапазон развертки при УЗК наплавки настраивают по плоскодонным отверстиям в НО согласно схемам, приведенным на рисунках 8—10, или по донному сигналу.



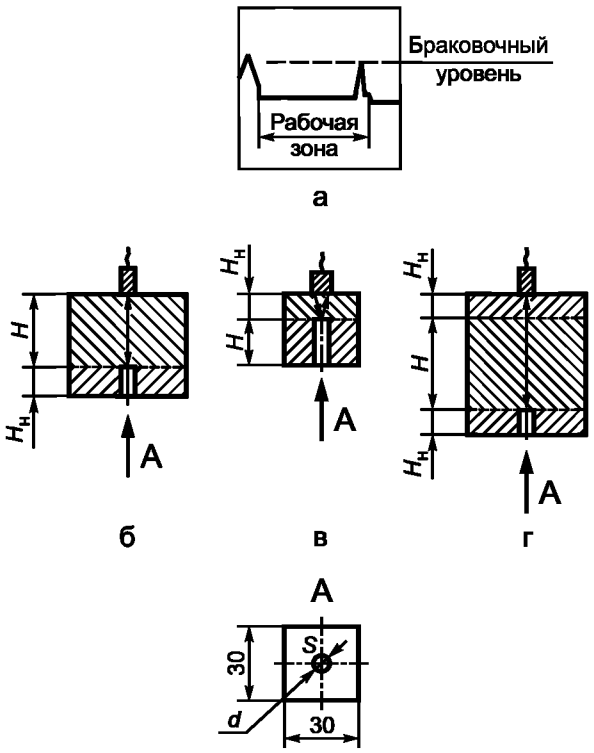
$H_н$ — толщина наплавленного покрытия; d — диаметр плоскодонного отверстия; S — площадь дна плоскодонного отверстия (d и S — маркировать)

Рисунок 8 — НО для УЗК РС ПЭП перлитного (а) и аустенитного (б) наплавленного покрытия кромок и схема настройки дефектоскопа (в)



S — площадь плоскодонного отверстия; H — толщина образца; $H_н$ — глубина плоскодонного отверстия, равная толщине наплавленного покрытия

Рисунок 9 — Схема настройки дефектоскопа (а) и НО для УЗК НП перлитного и аустенитного наплавленного покрытия (б)



а — схема настройки дефектоскопа; б — УЗК со стороны основного металла; в — УЗК со стороны наплавленного покрытия; г — УЗК через наплавленное покрытие; d — диаметр плоскодонного отверстия; S — площадь плоскодонного отверстия; H — толщина основного металла; $H_н$ — толщина наплавленного покрытия

Рисунок 10 — НО для УЗК антикоррозионного наплавленного покрытия

7.1.4.7 При УЗК СС толщиной от 150 мм и более настройку глубиномера следует проводить с учетом затухания УЗ.

7.1.4.8 Для ПЭП с углом ввода от 60° до 78° настройку дефектоскопа и измерение фактического угла ввода рекомендуется проводить при температуре, равной той, при которой проводят УЗК. При различии этих температур следует учитывать изменение угла ввода. Температурные поправки угла ввода для ПЭП с призмой из органического стекла определяют по графику, приведенному на рисунке 11.

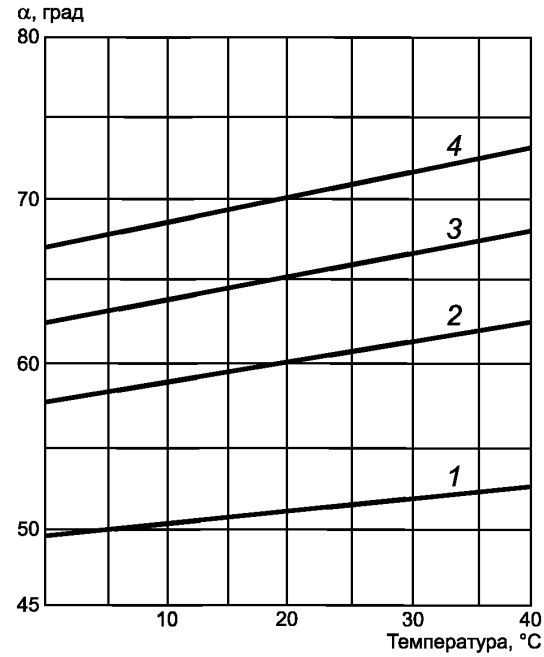


Рисунок 11 — Зависимость угла ввода (а) от температуры для ПЭП с номинальными углами ввода α = 51° (β = 40°) (*1*); 60° (*2*); 65° (β = 50°) (*3*) и 70° (*4*)

7.1.4.9 Настройку чувствительности проводят в целях обеспечения выявления несплошностей, подлежащих фиксации в данном СС.

Для настройки чувствительности допускается использовать следующие сигналы и/или отражатели:

- донный сигнал от параллельной (или эквидистантной) или наклонной поверхности (донной);
- плоскодонное отверстие;
- прямой двугранный угол контактной или донной поверхности и вертикальной плоскости (донный сигнал);
- двугранный угол донной или контактной поверхности и вертикального паза в виде прямоугольника (зарубки), или сегмента круга, или боковой поверхности паза, в том числе переменной высоты;
- цилиндрическое отверстие (горизонтальное или вертикальное) и сигналы от его цилиндрической части (боковое цилиндрическое отверстие) или от двугранного угла, образуемого донной или контактной поверхностью и отверстием.

7.1.4.10 При настройке устанавливают следующие уровни чувствительности:

а) браковочный, при котором проводят оценку допустимости обнаруженной несплошности по амплитуде эхо-сигнала.

Браковочный уровень (максимально допустимая эквивалентная площадь) устанавливают в соответствии с ПК СС и наплавленных покрытий;

б) контрольный, при котором проводят измерение характеристик обнаруженных несплошностей и оценку их допустимости по предельным значениям характеристик (условной протяженности, высоте и др.).

Контрольный уровень (наименьшая фиксируемая эквивалентная площадь) устанавливают путем повышения чувствительности на 6 дБ от браковочного уровня;

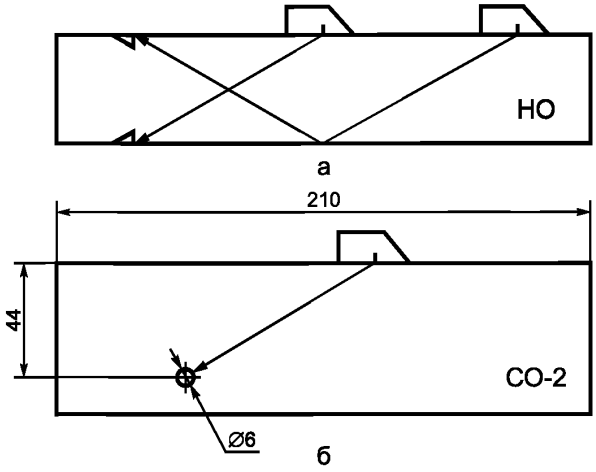
в) поисковый, при котором проводят поиск несплошностей.

Поисковый уровень устанавливают путем повышения чувствительности на 6 дБ от контрольного уровня.

7.1.4.11 Браковочный, контрольный и поисковый уровни устанавливают отдельно для каждой обнаруженной несплошности в зависимости от глубины ее залегания.

Допускается устанавливать одно значение поискового уровня для контролируемого сварного соединения по максимально возможной глубине залегания несплошности.

7.1.4.12 Настройку чувствительности при УЗК СС толщиной менее 12 мм проводят по угловым отражателям (рисунок 12а).



а — при УЗК СС толщиной менее 12 мм;
б — при УЗК СС толщиной 12 мм и более

Рисунок 12 — Схемы получения сигналов, в том числе опорных, при настройке чувствительности

Допускается настраивать чувствительность по вертикальному или горизонтальному цилиндрическому отверстию, сегменту при условии воспроизведения браковочного или контрольного уровней чувствительности контроля с погрешностью не более ± 1 дБ.

Допускается настраивать чувствительность по двугранному углу. При этом разница между сигналом от угла и браковочного (или контрольного) уровня чувствительности должна быть указана в КД.

7.1.4.13 Настройку чувствительности при УЗК СС толщиной 12 мм и более проводят с помощью искусственных отражателей в НО и/или КО (рисунок 12б) и/или АРД-диаграмм. Примеры настройки представлены в приложении Ж.

7.1.4.14 Допускается проводить настройку чувствительности и определение эквивалентной площади (диаметра) обнаруженных несплошностей по НО с плоскодонными отверстиями.

7.1.4.15 Допускается использование НО с плоскодонными отверстиями, площади которых отличаются от регламентируемых ПК значений, при условии корректировки чувствительности на величину

$$\Delta A = 20 \lg\left(\frac{S_{норм}}{S_{обр}}\right), \qquad (7)$$

где $S_{норм}$ и $S_{обр}$ — площадь плоскодонного отверстия по нормативам ПК и фактически выполненного отверстия в образце соответственно. Допускается определять величину корректировки по АРД-диаграммам по приложению Ж. При этом величина ΔA не должна превышать 12 дБ.

7.1.4.16 Для СС толщиной не более 20 мм допускается проводить настройку чувствительности по угловым отражателям по приложению Ж (пример 1).

7.1.4.17 Для получения опорных сигналов допускается использовать отражатели в виде поверхностей, прямых углов НО или изделия. При этом разница между опорным сигналом и настраиваемым уровнем чувствительности должна быть указана в КД.

7.1.4.18 При настройке чувствительности по двугранному углу образца вместо плоскости, перпендикулярной УЗ-лучу, следует учитывать, что при работе ПЭП с углами ввода от 37° до 52° эхо-сигналы от угла и плоскости отличаются не более чем на ± 0,5 дБ, а при работе ПЭП с углом ввода от 57° до 65° эхо-сигнал от угла менее эхо-сигнала — от плоскости на (10 ± 1) дБ. Для углов ввода поперечных волн от 32° до 36° и от 57° до 65° этот способ настройки допускается использовать только в исключительных случаях.

7.1.4.19 Сглаживание вершины угла путем снятия фаски (под углом 45°) допускается в пределах, регламентируемых согласно данным, приведенным в таблице 5. При этом искажение эхо-сигнала не превышает ± 1 дБ.

Таблица 5 — Максимально допустимая ширина фаски $B_ф$ в вершине двугранного угла образца

Частота, МГц	$B_ф$ ± 1 мм при толщине образца	
	От 70 до 120 мм	Св. 120 мм
2 ± 0,5	1,5	3
4 ± 1	1	2

При УЗК на продольные несплошности кольцевых СС трубных элементов отраженным лучом с настройкой по плоскопараллельным образцам или по опорным сигналам, полученным прямым лучом, следует учитывать потери энергии на внутренней цилиндрической поверхности околошовной зоны контролируемого СС. Для этого вводят поправки ΔA, определяемые экспериментально или в соответствии с графиком на рисунке 13. Значение поправки округляют до ближайшего целого значения.

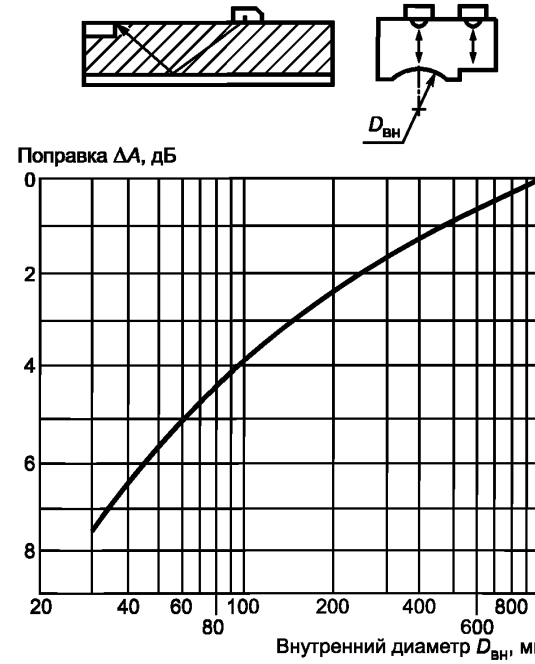


Рисунок 13 — Поправка на потери чувствительности при отражении от донной поверхности кольцевых СС трубных элементов для совмещенных ПЭП на частотах от 1,25 до 5 МГц с углами ввода от 40° до 50°

7.1.4.20 При УЗК наплавленного покрытия на кромках СС чувствительность настраивают по плоскодонным отверстиям в НО или АРД-диаграммам. Примеры конструкций НО для УЗК наплавки на кромках показаны на рисунках 8а, б и 9а, а схема настройки диапазона развертки и браковочного уровня чувствительности — на рисунках 8в и 9б, где S и d — нормативные значения эквивалентных площади и диаметра.

7.1.4.21 При УЗК антикоррозионного аустенитного наплавленного покрытия чувствительность настраивают по НО, представленным на рисунке 10, или АРД-диаграммам.

7.1.4.22 Глубина залегания дна отверстия в НО по рисунку 10б не должна отличаться от номинальной толщины наплавленного покрытия более чем на 1 мм при толщине наплавленного покрытия не более 12 мм и более чем на 2 мм при большей толщине. Толщина наплавленного покрытия и высота отверстия в образце, представленном на рисунке 10а, в, должны быть равными минимальной толщине наплавленного покрытия ±1 мм контролируемого изделия.

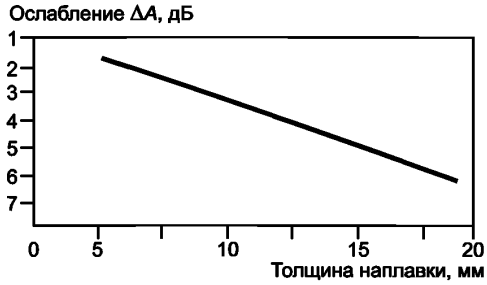
НО изготавливают из тех же материалов и по той же технологии, что и контролируемое изделие. НО, представленные на рисунке 9а, допускается изготавливать из основного металла толщиной ($H + H_н$) без наплавленного покрытия. Образцы могут быть изготовлены в виде фрагментов образцов, приведенных на рисунке 8.

7.1.4.23 Следует проводить настройку чувствительности по НО в случаях УЗК:
- в ближней зоне ПЭП;
- РС ПЭП изделий толщиной от 3 до 10 мм;
- притертыми ПЭП.

7.1.4.24 При работе с дефектоскопами, обеспечивающими выравнивание эхо-сигналов от равновеликих несплошностей в зоне контроля с границей отклонения ± 1,5 дБ значения амплитуды, настройку чувствительности проводят согласно приложению Ж.

7.1.4.25 Применяемые при УЗК дефектоскопы и ПЭП должны быть электрически согласованы.

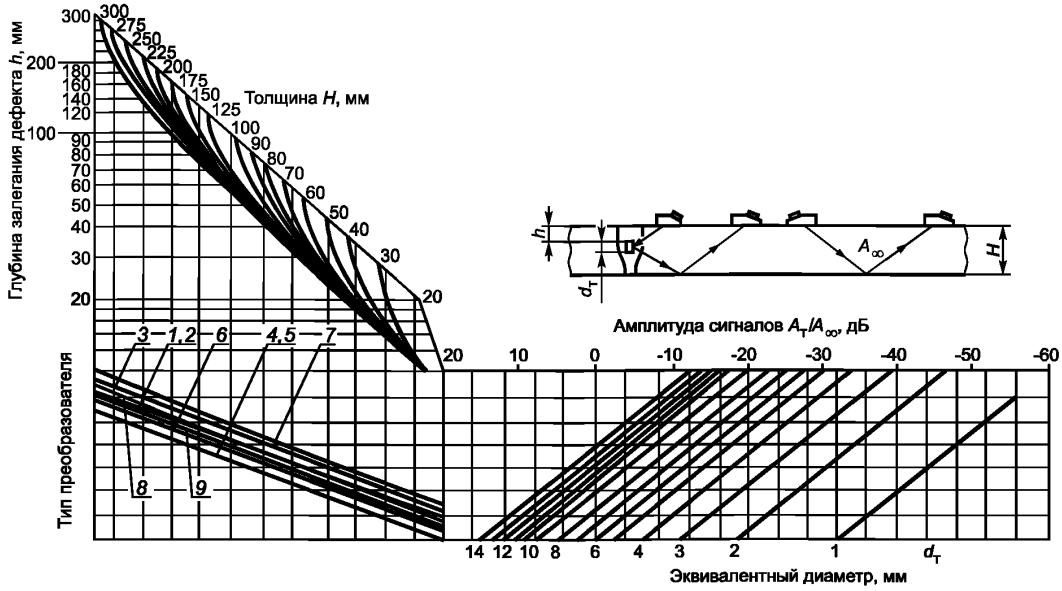
7.1.4.26 При настройке и УЗК продольными волнами прямым совмещенным ПЭП изделий, имеющих аустенитное наплавленное покрытие на контактной поверхности, добавляют поправку в соответствии с толщиной наплавленного покрытия и потерей чувствительности при прохождении УЗ через наплавленное покрытие (рисунок 14).



f = от 1,8 до 2,5 МГц
(для *f* = 2 МГц, затухание равно 0,35 дБ/мм)

Рисунок 14 — Ослабление ΔA донного сигнала за счет затухания в наплавленном покрытии из аустенитной стали различной толщины при УЗК продольной волной нормальным ПЭП

7.1.4.27 При УЗК СС по схеме «тандем» установку браковочного уровня по перечислению а) 7.1.4.10 и оценку эквивалентного диаметра (площади) обнаруженной несплошности проводят с помощью АРДТ-диаграммы (рисунок 15) относительно опорного донного сигнала A_∞, получаемого непосредственно на изделии развернутыми навстречу друг другу ПЭП (рисунок 15). Рабочую зону развертки устанавливают путем стробирования опорного сигнала.



1 — ПРИЗ 1,8 — 30°; *2* — ПРИЗ 1,8 — 40°; *3* — ПРИЗ 1,8 — 50°; *4* — ПРИЗ 2,5 — 30°; *5* — ПРИЗ 2,5 — 40°; *6* — ПРИЗ 2,5 — 50°; *7* — ИЦ 1,8 — 50° (ПНЦ); *8* — ИЦ 1,8 — 30°, 1,8 — 40° (ПНЦ), WB 35 — N2, MWB 35 — N2; *9* — ИЦ 2,5 — 30°, 40°, 50° (ПНЦ), WB45 — N2, MWB 45 — N2

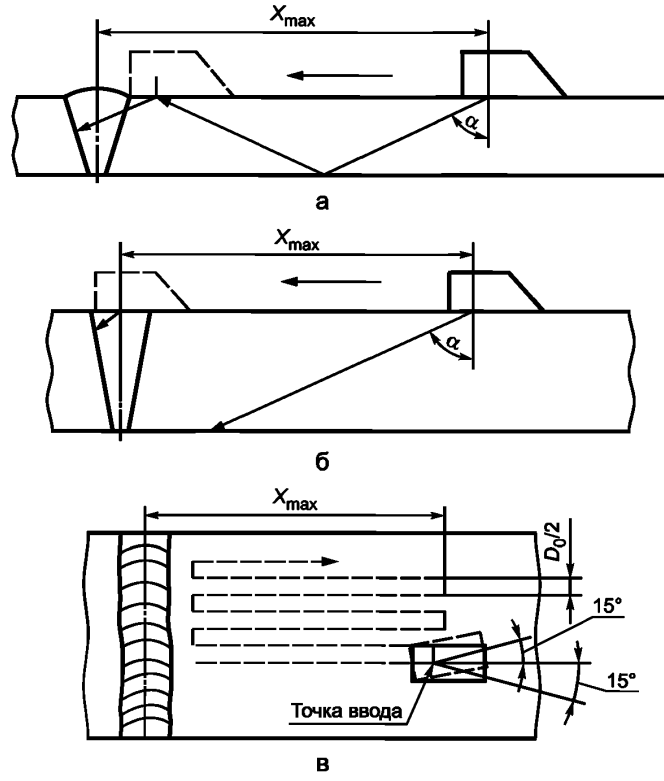
Рисунок 15 — АРД-диаграмма схемы «тандем» (АРТД-диаграмма)

7.1.4.28 Настройку аппаратуры и оценку несплошностей при УЗК СС сферических корпусов задвижек трубопроводов Ду100—Ду200 проводят в соответствии с приложением И.

7.2 Проведение ультразвукового контроля

7.2.1 УЗК проводят контактным способом, перемещая ПЭП по поверхности изделия вручную.

7.2.2 УЗК СС при продольном (вдоль шва) сканировании НП проводят путем перемещения ПЭП по поверхности сварных элементов параллельно оси сварного шва с одновременным возвратно-поступательным перемещением перпендикулярно оси (рисунок 16).



а — при УЗК СС толщиной менее 60 мм; б — при УЗК СС толщиной 60 мм и более; в — траектория сканирования; X_{max} — максимальное удаление ПЭП от шва

Рисунок 16 — Схемы сканирования сварного соединения

УЗК прямым ПЭП проводят путем его перемещения по поверхности СС или сварного элемента вдоль или поперек шва.

7.2.3 Величина продольного (вдоль шва) шага сканирования не должна превышать половины максимально допустимой условной протяженности одиночной несплошности, расположенной на половине толщины СС.

7.2.4 Для СС толщиной более 100 мм допускается устанавливать шаг сканирования равным половине диаметра/ширины пьезоэлемента.

7.2.5 УЗК антикоррозионного наплавленного покрытия проводят путем построчного сканирования перпендикулярно наплавленным валикам с шагом не более половины диаметра (ширины) ПЭП при УЗК со стороны основного металла и не более половины условной протяженности предельно допустимого отражателя при УЗК со стороны наплавленного покрытия.

7.2.5.1 При сканировании РС ПЭП направления электроакустического экрана и наплавки должны совпадать.

7.2.5.2 При УЗК по размеченным участкам перекрытие у границ участков должно быть не менее шага сканирования ПЭП.

7.2.5.3 В процессе сканирования необходимо обеспечивать постоянный акустический контакт ПЭП с поверхностью наплавленного покрытия.

7.2.6 При УЗК изделий цилиндрической формы рекомендуется применение насадок на ПЭП и других вспомогательных средств, стабилизирующих его положение.

7.2.7 Скорость сканирования не должна превышать 150 мм/с.

7.2.8 Ширину зоны сканирования (см. X_{max} на рисунке 16) определяют с помощью соответствующих НО или с учетом толщины свариваемых элементов геометрическим построением или расчетом в соответствии с 6.8.8 и указывают в ТКК.

7.2.9 В процессе перемещения ПЭП проводят его повороты относительно собственной вертикальной оси в точке выхода от 10° до 15°.

7.2.10 В процессе сканирования необходимо обеспечивать постоянный акустический контакт ПЭП с поверхностью свариваемых элементов.

7.3 Анализ результатов

7.3.1 Измерение характеристик несплошностей

7.3.1.1 При обнаружении несплошностей с амплитудой эхо-сигнала, равной или большей контрольного уровня, определяют:

- координаты;
- максимальную амплитуду эхо-сигнала (максимальную эквивалентную площадь);
- условную протяженность или класс идентификации по протяженности (протяженный — непротяженный);
- условную высоту;
- характеристики формы и ориентации несплошностей.

7.3.1.2 Условную высоту, характеристики формы и ориентации несплошностей определяют в случаях, предусмотренных правилами контроля, или в целях получения дополнительной информации о несплошности.

7.3.1.3 Координаты *h*, *x* и *L* (рисунок 17) измеряют при появлении в рабочей зоне экрана дефектоскопа эхо-сигнала следующим образом:

- координату *h* (глубина залегания) определяют для СС толщиной более 8 мм прямым отсчетом по глубиномеру, или по шкале развертки, или расчетом;
- координату *x* — по известному значению угла ввода расчетом, или по индикатору дефектоскопа, или отсчетом по градуированной шкале развертки, или по координатным линейкам;
- координату *L* — как место расположения несплошности вдоль продольной оси шва.

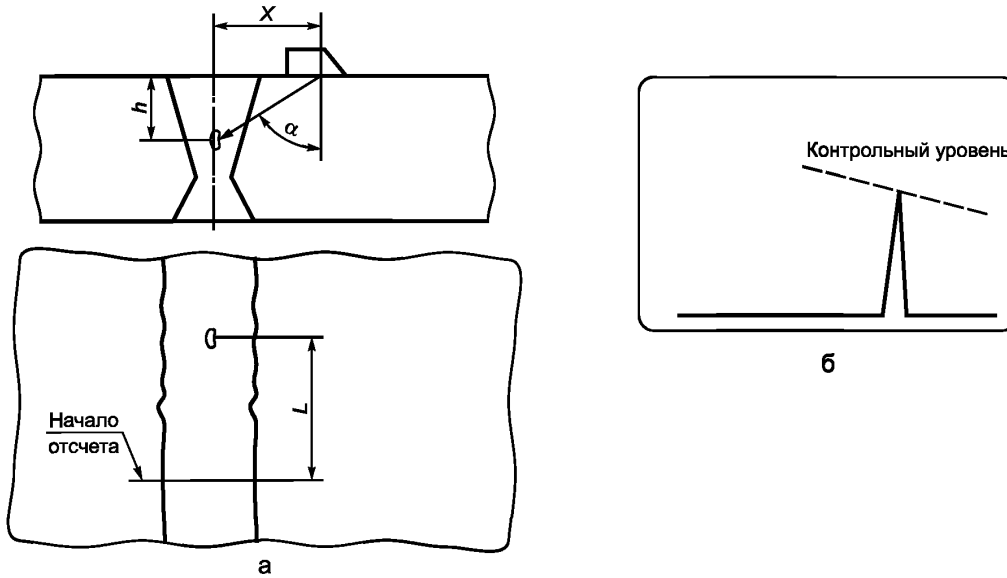


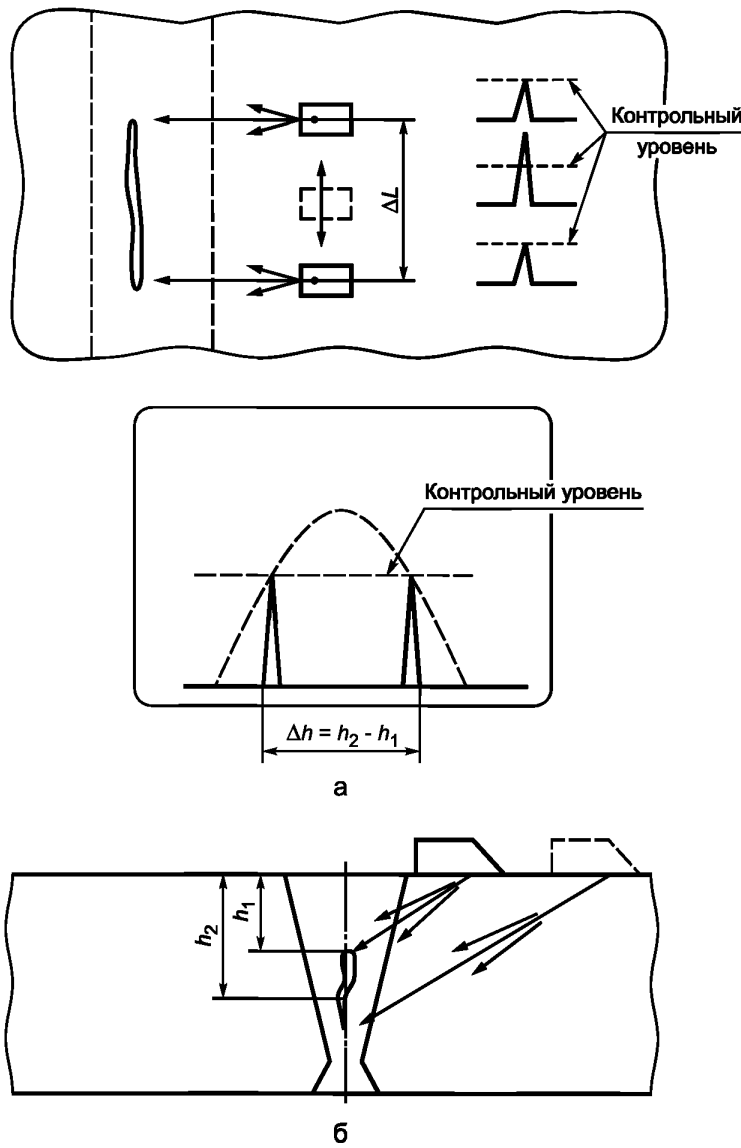
Рисунок 17 — Схема измерения координат несплошности (а) и амплитуды эхо-сигнала (б)

Координаты измеряют при положении ПЭП, соответствующем максимальной амплитуде эхо-сигнала от несплошности. Последнюю устанавливают равной половине высоты экрана дефектоскопа.

Если настройка глубиномера проводилась по СО-2, то при глубине залегания несплошностей более 150 мм измеренная на дефектоскопе глубина несплошности может отличаться от реальной из-за квазиискривления акустического луча, связанного с затуханием УЗ в металле.

7.3.1.4 Амплитуду эхо-сигнала измеряют по показаниям аттенюатора при заданной высоте на экране дефектоскопа. Измерение максимальной эквивалентной площади несплошности проводят по максимальному сигналу независимо от направления прозвучивания, при котором он получен.

7.3.1.5 Условную протяженность (рисунок 18а) измеряют как расстояние между крайними положениями ПЭП при его перемещении вдоль несплошности. При этом крайними положениями ПЭП считают те, при которых амплитуда эхо-сигнала уменьшается до контрольного уровня чувствительности.



ΔL — условная протяженность; Δh — условная высота

Рисунок 18 — Схемы измерения условной протяженности (а) и условной высоты (б) несплошности

При УЗК кольцевых СС трубных элементов условную протяженность ΔL вычисляют по измеренному значению $\Delta L_{изм}$ условной протяженности по формуле

$$\Delta L = \Delta L_{изм}\left(1-\frac{2h}{D}\right), \quad (8)$$

где D — наружный диаметр трубных элементов;

h — глубина залегания несплошности.

7.3.1.6 Условную высоту (рисунок 18б) измеряют как разность значений глубины залегания несплошности в крайних положениях ПЭП, при которых амплитуда эхо-сигнала уменьшается до контрольного уровня чувствительности.

7.3.1.7 Условную высоту протяженной несплошности измеряют в том месте, где эхо-сигнал имеет наибольшую амплитуду. Условную высоту определяют только для несплошностей, отстоящих от внутренней или наружной поверхности СС более чем на 5 мм.

7.3.1.8 Несплошности в количестве двух или более учитывают раздельно (разрешаются), если эхо-сигналы от них, наблюдаемые на экране одновременно или последовательно при перемещении ПЭП по поверхности изделия, разделены интервалом (на линии развертки или вдоль линии сканирования), где амплитуда уменьшается на 6 дБ или более относительно меньшего эхо-сигнала. Если это условие не выполняется, то несплошности рассматриваются как одна.

7.3.1.9 Предел погрешности измерения амплитуд эхо-сигналов не должен превышать ± 2 дБ. Относительное среднее квадратическое отклонение (СКО) погрешности (стандартная неопределенность) измерения эквивалентной площади не должно превышать 50 %. СКО погрешности измерения условной протяженности не должно превышать 5 мм для толщины не более 200 мм и 10 мм для толщин более 200 мм. Погрешность (расширенная неопределенность) измерения условной высоты не должна превышать удвоенного предела Δh_0 погрешности глубиномера дефектоскопа.

7.3.1.10 Число одиночных несплошностей или их суммарную эквивалентную площадь определяют по длине сварного шва или площади антикоррозионной наплавки соответственно.

При этом расстояние между двумя отдельными несплошностями определяют как расстояние между двумя ближайшими положениями ПЭП, при которых сигнал от одной несплошности уменьшается до контрольного уровня, а сигнал от другой достигает контрольного уровня.

7.3.1.11 При необходимости оценки размеров, формы и ориентации несплошностей следует использовать специализированные методики, основанные на применении дифракционно-временного метода, метода антенных (фазированных) решеток многоэлементными ПЭП и др., прошедшие оценку соответствия в форме испытаний и согласно методикам, приведенным в приложениях К и Л.

7.3.1.12 При интерпретации результатов УЗК следует учитывать особенности УЗК СС различных конструкций, изложенные в приложении М.

7.4 Оценка допустимости несплошностей

7.4.1 Допустимость зафиксированных несплошностей оценивают в соответствии с требованиями действующих ПК.

7.4.2 При оценке допустимости несплошностей по протяженности их классифицируют на протяженные и непротяженные (точечные) по приложению Л.

7.4.3 Несплошность считают поперечным дефектом типа «Т» по ГОСТ Р 55724—2013, если при прозвучивании в направлении продольной оси шва ее эквивалентная площадь $S_{п.о.п}$ независимо от условной протяженности равна 50 % или более величины наименьшей фиксируемой эквивалентной площади, а при расположении ПЭП под углом (90 ± 15)° к продольной оси шва его эквивалентная площадь менее 50 % $S_{п.о.п}$.

7.4.4 Браковочный уровень при пооперационном контроле СС и наплавок, подвергаемых окончательной термообработке, рекомендуется снижать (повышать чувствительность) на 3 дБ, учитывая вероятность увеличения эхо-сигнала от несплошности после термообработки.

7.4.5 Рекламации предприятия-заказчика должны быть основаны на данных контроля с учетом погрешностей по 7.3.1.9, выполненного в соответствии с настоящим стандартом и ТКК изготовителя. При этом окончательную оценку эквивалентной площади несплошности проводят по АРД-диаграммам (шкалам).

7.4.6 При обосновании допускаемых изменений браковочного уровня для получения дополнительной информации о конфигурации и ориентации несплошности следует использовать указания 7.3.1.11.

7.4.7 Если обнаруженная несплошность залегает в пределах ближней зоны ПЭП, то ее окончательную оценку рекомендуется проводить другим ПЭП с длиной ближней зоны, меньшей расстояния до дефекта, или сравнением с контрольным отражателем максимально допустимой эквивалентной площади, выполненным на глубине залегания несплошности.

8 Учетная и отчетная документация

8.1 Требования к учетной документации

8.1.1 Требования к учетной документации (журналам) по неразрушающему контролю изложены в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии, устанавливающих правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже, и в правилах контроля основного металла, СС и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций.

8.1.2 Журнал результатов контроля должен иметь сквозную нумерацию страниц, быть сброшюрован и скреплен подписью руководителя службы неразрушающего контроля.

8.1.3 Все исправления и изменения в журнале должны быть заверены подписью руководителя службы неразрушающего контроля с указанием даты их внесения.

8.1.4 В журнал допускается вносить дополнительные данные.

8.1.5 Ведение журнала в электронном виде допускается при условии обеспечения восстановления результатов контроля и измерения толщины в случае утраты или порчи отчетной документации.

8.2 Требования к отчетной документации

8.2.1 На основании учетной документации должна быть оформлена отчетная документация в виде заключения (протокола).

8.2.2 Требования к отчетной документации, требования к форме и содержанию заключения (протокола) по неразрушающему контролю изложены в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии, устанавливающих правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже, и в правилах контроля основного металла, СС и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций.

8.2.3 В заключение (протокол) допускается вносить дополнительные данные.

8.2.4 Для сокращенной записи следует использовать буквенно-цифровую форму записи результатов УЗК по приложению М.

9 Метрологическое обеспечение

9.1 Метрологическое обеспечение оборудования УЗК должно соответствовать требованиям [1] с учетом ГОСТ Р 50.05.16.

9.2 Средства измерений (дефектоскопы, преобразователи, образцы и другие), используемые при УЗК, подлежат метрологическому обеспечению в соответствии с действующим законодательством.

10 Требования к охране труда

10.1 УЗ-дефектоскопы являются переносными электроприемниками, поэтому при их эксплуатации должны соблюдаться требования безопасности и производственной санитарии в соответствии с [2].

10.2 Организация лаборатории неразрушающих методов контроля должна соответствовать требованиям [3].

10.3 Перед допуском к проведению УЗК все лица, участвующие в его выполнении, должны проходить соответствующий инструктаж по охране труда с регистрацией в журнале.

10.4 Инструктаж следует проводить периодически в сроки, установленные приказом по предприятию (организации).

10.5 УЗК рекомендуется выполнять звеном из двух контролеров, один из которых должен иметь право выдачи заключений.

10.6 В случае выполнения УЗК на высоте, в стесненных условиях, а также внутри сосудов контролеры и обслуживающий персонал должны проходить дополнительный инструктаж по охране труда согласно положению, действующему на предприятии (организации).

10.7 Контролеры, участвующие в выполнении УЗК, должны знать и выполнять общие требования по охране труда, установленные для работников цехов и участков, в которых проводят УЗК.

10.8 Мероприятия по пожарной безопасности осуществляют в соответствии с требованиями [4].

10.9 Контролеры должны быть обеспечены касками и специальной одеждой, не стесняющей движения.

10.10 При проведении УЗК вблизи мест выполнения сварочных работ рабочее место контролера должно быть ограждено светозащитными экранами.

10.11 Требования относительно защиты от вредного воздействия постоянных магнитных полей должны соответствовать требованиям [5].

Приложение А
(справочное)

Составы контактных смазок

А.1 Контактная смазка на основе обойного клея

Строительный обойный клей растворяют в холодной или теплой воде в объемном соотношении 1:1—1:3 в зависимости от условий проведения УЗК.

А.2 Контактная смазка на основе дикстрина

Состав контактной смазки, %: дикстрин — 30—34; ОП 7—4; глицерин 9—10; сода 1; вода — остальное. Дикстрин растворяют в нагретой до температуры от 40 до 50 °С воде, добавляют глицерин и соду и размешивают до получения однородного раствора.

А.3 Ингибиторная контактная смазка ИКС-1

Состав контактной смазки: на 1 л воды от 50 до 70 г глицерина, от 40 до 50 г натрий-карбоктиметилцеллюлозы (натрий-КМЦ), от 30 до 50 г тринатрийфосфата. В горячей воде при температуре от 60 до 80 °С растворяют КМЦ, а затем тринатрийфосфат. Доливают, непрерывно перемешивая, натрий-КМЦ. Раствор выдерживают в течение 1 сут (до набухания). После этого добавляют глицерин.

Приложение Б
(обязательное)

Методика ультразвукового контроля стыковых продольных сварных соединений цилиндрических конструкций

Б.1 Настоящее приложение определяет особенности методики УЗК продольных СС цилиндрических конструкций.

Б.2 Проводят предварительный выбор ПЭП согласно таблице 3 по фактической толщине H цилиндрической конструкции.

Б.3 Для обеспечения УЗК продольных стыковых СС цилиндрических конструкций используют эквивалентную толщину $H_э$, мм, которую рассчитывают по формулам:

$$H_{э.н.п} = \cos\alpha \cdot \left(R_{н.п} \cdot \cos\alpha + \sqrt{R^2_{в.п} - R^2_{н.п} \cdot \sin^2\alpha}\right); \quad (Б.1)$$

$$H_{э.в.п} = \cos\alpha \cdot \left(\sqrt{R^2_{н.п} - R^2_{в.п} \cdot \sin^2\alpha} - R_{в.п} \cdot \cos\alpha\right), \quad (Б.2)$$

где $H_{э.н.п}$ — эквивалентная толщина с наружной поверхности;
$H_{э.в.п}$ — эквивалентная толщина с внутренней поверхности;
$R_{н.п}$ — радиус наружной поверхности;
$R_{в.п}$ — радиус внутренней поверхности.

Выбирают ПЭП по таблице 1, исходя из значений $H_{э.н.п}$ и $H_{э.в.п}$.

Б.4 В зависимости от отношения $H/R_{н.п}$ и $H/R_{в.п}$ по таблице Б.1 устанавливают для каждого из выбранных ПЭП, к какой области (А, Б или В) значений отношения H/R при УЗК с наружной и (или) внутренней стороны контролируемого цилиндра принадлежит СС.

Б.5 Если отношение H/R находится в области А, то УЗК СС осуществляют аналогично УЗК плоских конструкций в соответствии с настоящим стандартом.

Б.6 Если отношение H/R находится в области Б, то при определении возможности УЗК всего сечения шва зоны перемещения ПЭП и чувствительности УЗК необходимо соблюдать следующие условия:

Б.6.1 Возможность проведения УЗК всего сечения шва (при наличии усиления) и зоны перемещения ПЭП устанавливают расчетно-графическим способом.

Б.6.2 При УЗК с наружной стороны чувствительность УЗК определяют, исходя из требований ПК и эквивалентной толщины СС $H_{э.н.п}$:

Б.6.2.1 Исходя из величины $H_{э.н.п}$ (Б.1) устанавливают диапазон толщин СС, к которому относится данное соединение.

Б.6.2.2 Если $H_{э.н.п}$ СС входит в тот же диапазон толщин, что и истинная толщина H, то УЗК следует проводить с чувствительностью, предусмотренной стандартом для этого диапазона. Если H попадает в следующий диапазон толщин, то УЗК с наружной стороны следует проводить с чувствительностью, предусмотренной ПК для этого диапазона толщин, что должно быть отмечено в ТКК УЗК и результатах УЗК.

Б.7 При УЗК с внутренней стороны выбранным ПЭП чувствительность определяют, исходя из истинной толщины соединений H, но настраивают ее для глубины, соответствующей эквивалентной толщине изделия $H_{э.в.н}$.

Б.8 Если отношение H/R находится в области В, то при определении контроледоступности следует учесть, что УЗК всего сечения шва с наружной стороны невозможен (степень контроледоступности не выше 2С или 3С). В этом случае УЗК всего сечения шва может быть обеспечен при отсутствии усиления шва и его прозвучивания с наружной и внутренней сторон соединения, что должно быть проверено расчетно-графическим способом. Если УЗК возможен, то при выборе его параметров следует учесть указания Б.6.

Б.9 Для определения координат дефектов в сечении шва глубиномер дефектоскопа следует настраивать в расстояниях по лучу.

Б.10 УЗК на отсутствие поперечных трещин проводят в соответствии с требованиями 6.5.

Б.11 При выполнении УЗК СС цилиндрических конструкций рекомендуется использовать опору или проточку (сопряжение поверхностей) (рисунки Б.2, Б.3).

Таблица Б.1 — Области значений H/R

Угол ввода луча, град	А	Б	В
	От 0 до n при УЗК продольных сварных соединений	Св. n до m при УЗК продольных сварных соединений	Св. m
40	0—0,188 / 0—0,526	0,188—0,375 / от 0,526 и более	Более 0,375

Окончание таблицы Б.1

Угол ввода луча, град	А	Б	В
	От 0 до *n* при УЗК продольных сварных соединений	Св. *n* до *m* при УЗК продольных сварных соединений	Св. *m*
45	0—0,140 0—0,322	Св. 0,140 до 0,293 св. 0,322 до 1	Св. 0,293
50	0—0,104 0—0,208	0,104—0,234 от 0,208 и более	Более 0,234
60	0—0,052 0—0,089	Св. 0,052 до 0,134 св. 0,089 до 1	Св. 0,134
65	0—0,035 0—0,057	0,036—0,094 от 0,057 и более	Более 0,094
68	0—0,026 0—0,042	0,026—0,073 от 0,042 и более	Более 0,073
70	0—0,021 0—0,034	0,021—0,060 от 0,034 и более	Более 0,060
72	0—0,017 0—0,027	0,017—0,049 от 0,027 и более	Более 0,049
Примечание — Числитель — с наружной стороны, знаменатель — с внутренней стороны.			

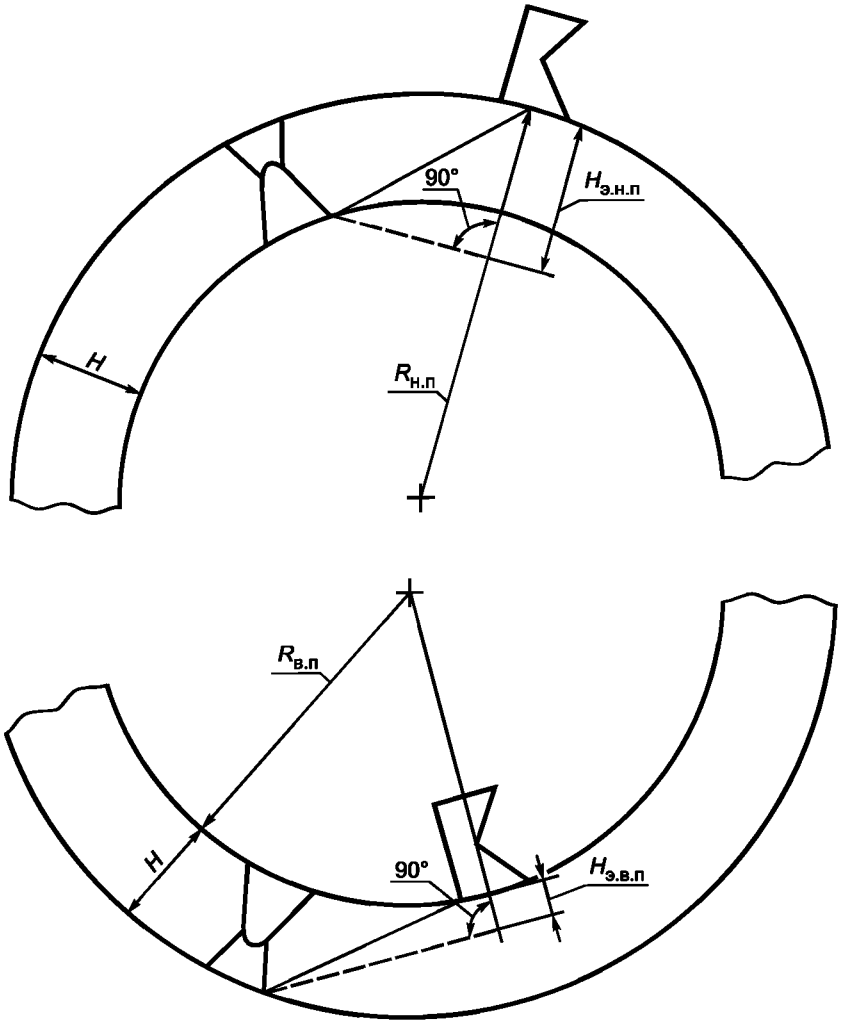


Рисунок Б.1 — Эквивалентная толщина $H_{э.н.п}$ и $H_{э.в.п}$ плоского СС изделий цилиндрической формы

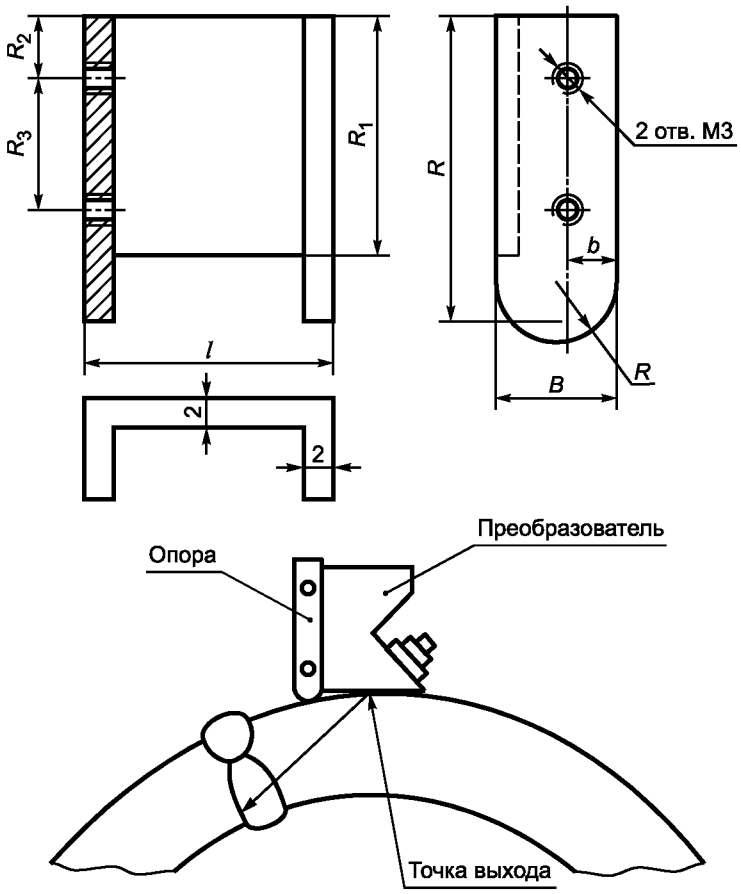
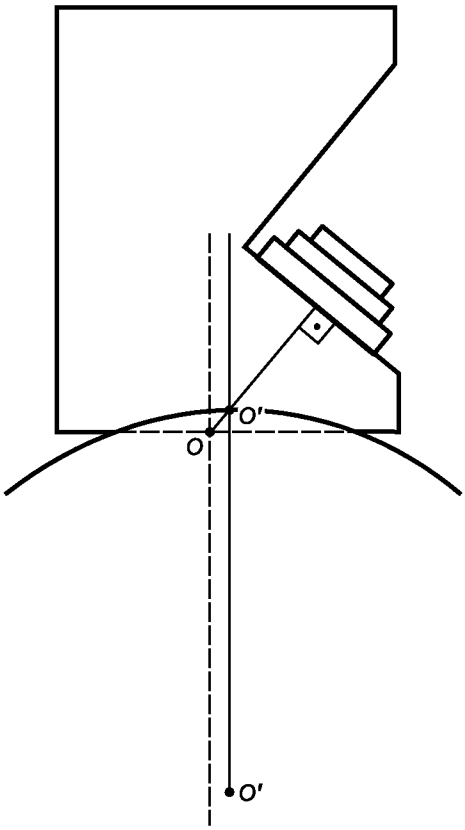


Рисунок Б.2 — Опора для ПЭП



O и O′ — точки выхода луча ПЭП с плоской контактной (до проточки) и обработанной поверхностями

Рисунок Б.3 — Схема проточки (сопряжения) контактной поверхности ПЭП

Приложение В
(справочное)

Методика ультразвукового контроля методом «корневой тандем» сварных соединений ГЦТ Ду850 ВВЭР-1000 (-1200)

В.1 Общие положения

В.1.1 Настоящая методика распространяется на УЗК СС трубопровода Ду850: труба — труба, труба — оборудование (коллектор парогенератора, насос, корпус реактора) энергоблока ВВЭР-1000 (-1200).

Методика призвана обеспечить обнаружение при УЗК СС трубопровода ГЦТ Ду850 вертикально-ориентированных трещин (в том числе усталостных, возникающих в процессе эксплуатации трубопроводов) под наплавленным антикоррозионным покрытием на СС (рисунок В.1).

Настоящая методика основана на использовании метода «корневой тандем», который позволяет обнаруживать вертикальные трещины при сканировании ПЭП по наружной поверхности трубопровода (рисунок В.2).

Настоящая методика УЗК осуществляется при ручном сканировании ПЭП контактным методом и может быть использована при автоматизированном УЗК.

В.2 Метод УЗК «корневой тандем»

В.2.1 Метод основан на использовании специализированных наклонных РС ПЭП «корневой тандем».

В.2.2 УЗ-волны распространяются в контролируемом изделии, как показано на рисунок В.2. Конструкция специализированного ПЭП позволяет минимизировать мертвую зону УЗК методом «корневой тандем» и обеспечивает обнаружение вертикальных трещин высотой 3 мм и более. С помощью данной методики возможно обнаружение вертикальных трещин в зоне сплавления и над наплавленным покрытием на расстоянии от 0 до 20 мм от зоны сплавления.

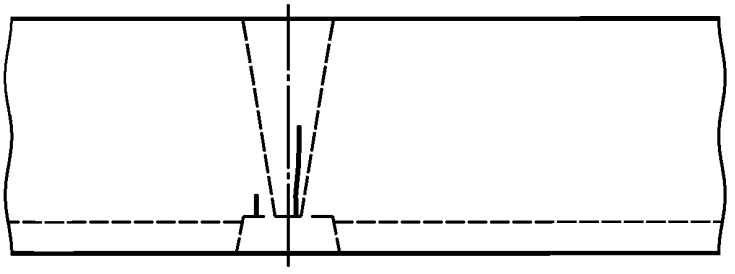
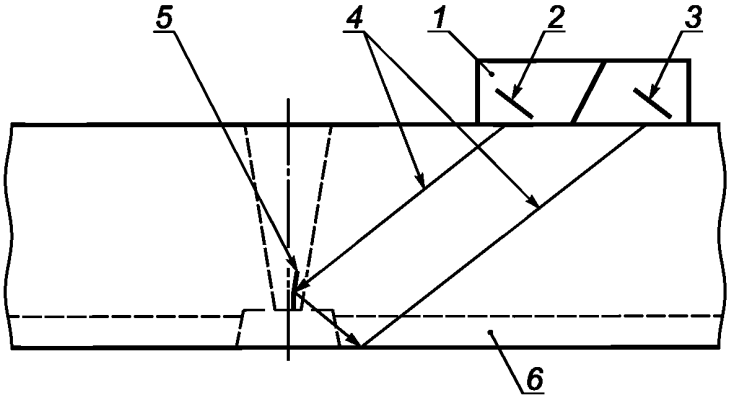


Рисунок В.1 — Трещины под наплавленным аустенитным покрытием на сварное соединение



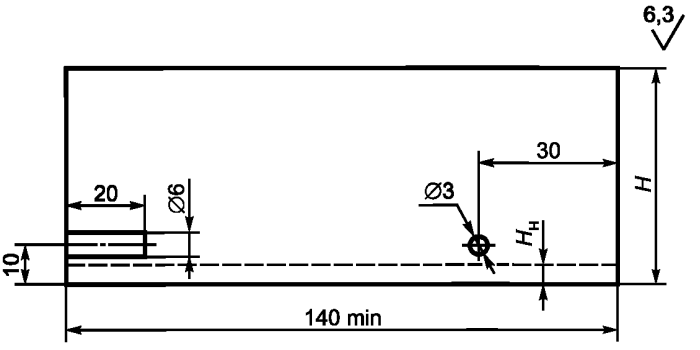
1 — ПЭП; *2, 3* — излучающий и приемный пьезоэлементы; *4* — направление хода УЗ-колебаний; *5* — трещина под наплавленным покрытием; *6* — антикоррозионное покрытие

Рисунок В.2 — Способ ультразвукового контроля методом «корневой тандем»

В.3 Средства ультразвукового контроля и образцы

В.3.1 При дефектоскопии применяют переносные дефектоскопы, позволяющие работать по раздельной схеме, и специализированные наклонные РС ПЭП «корневой тандем» (например, типа ПЦ-45-1,2 КТ). Угол ввода УЗ поперечных волн — 45°, частота УЗ — 1,2 МГц.

В.3.2 Для настройки параметров УЗК используют НО (рисунок В.3). Ширина образца — 30 мм (минимальная), длина образца — 120 мм (минимальная).



H — номинальная толщина трубы; $H_н$ — номинальная толщина антикоррозионного покрытия

Рисунок В.3 — Настроечный образец НО-КТ-Ду850

В.3.3 НО изготавливают из отрезка трубы, идентичного контролируемому трубопроводу.

В.3.4 Контактная поверхность НО должна иметь шероховатость не хуже *Ra* 6,3 мкм.

В.3.5 Отверстие диаметром 6 мм должно иметь плоское дно. Клеймо с числовым значением диаметра располагают в непосредственной близости от отверстия. Отверстие диаметром 3 мм (цилиндрическое) имитирует шлаковое включение в зоне сплавления восстановленной наплавки на СС, служит для получения эхо-сигнала от несплошности (рисунок В.6) и правильной интерпретации сигналов от трещин и объемных включений.

В.4 Общие положения по ультразвуковому контролю

В.4.1 Подключение ПЭП к дефектоскопу

В.4.1.1 Подключают правый кабель ПЭП (передняя призма) к дефектоскопу, работающему в совмещенном режиме. Увеличивают усиление на 40 дБ для того, чтобы убедиться в наличии на экране собственных шумов ПЭП. Отключают правый кабель и подключают левый кабель (заднюю призму), для того чтобы также убедиться в присутствии на экране собственных шумов в призме.

В.4.1.2 При отсутствии собственных шумов необходимо найти неисправность кабеля или ПЭП и, устранив ее, вновь провести проверку работоспособности системы ПЭП — кабель — дефектоскоп.

В.4.1.3 Включают дефектоскоп для работы в раздельном режиме. Правый кабель ПЭП подключают к выходу генератора дефектоскопа, левый — к входу усилителя.

В.4.1.4 При наличии в дефектоскопе переключателя диапазона частот УЗ устанавливают его в положение 1,2 (1,25) МГц или ближайший диапазон к данному значению.

В.4.1.5 Включают полное усиление дефектоскопа и рассматривают картину на экране дефектоскопа. При исправно работающей системе ПЭП — кабель — дефектоскоп после зондирующего импульса должен наблюдаться импульс, соответствующий прохождению УЗ от излучающего пьезоэлемента к приемнику через щель под акустическим экраном ПЭП.

В.4.1.6 Этот импульс изменяет свою амплитуду при прощупывании пальцем участка под экраном.

В.4.2 Настройка развертки дефектоскопа

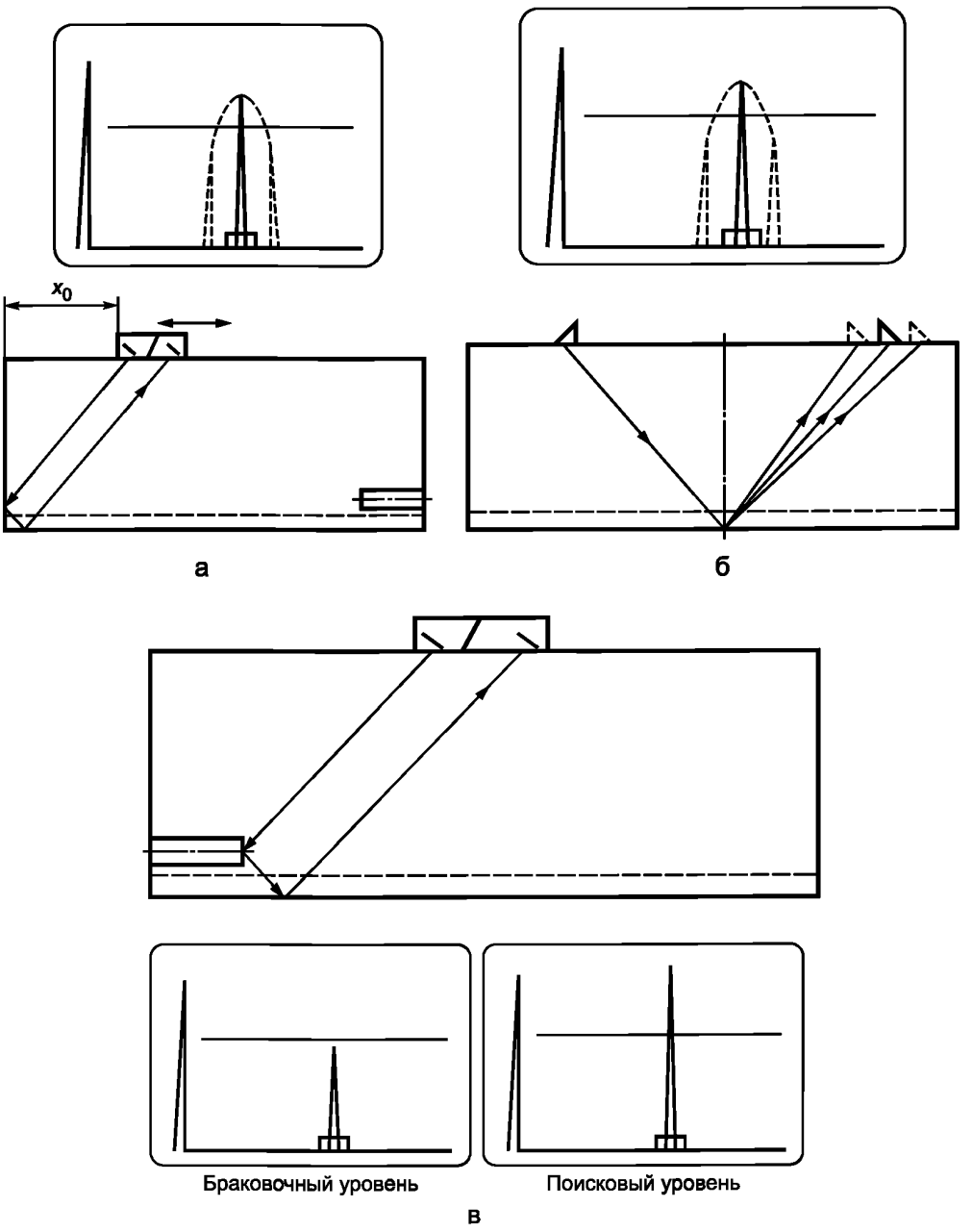
В.4.2.1 Настройку диапазона развертки проводят по отражению поперечной волны от прямого двугранного угла НО, то есть по донному сигналу (рисунок В.4).

В.4.2.2 Устанавливают ПЭП перпендикулярно грани образца и путем сканирования (ближе и дальше от грани) находят максимум донного сигнала (рисунок В.4а). Следует прощупать донный сигнал на торцевой поверхности в зоне сплавления образца и убедиться в его идентичности по экрану дефектоскопа. Амплитуда сигнала при прикосновении пальца к образцу уменьшается.

В.4.2.3 Необходимо переместить, регулируя диапазон развертки дефектоскопа, импульс донного сигнала «корневой тандем» на седьмое деление горизонтальной развертки, оставив положение зондирующего сигнала на нулевом делении.

В.4.2.4 Определяют величину расстояния x_0 (см. рисунок В.4а).

В.4.2.5 Устанавливают длину строб-импульса (5 ± 1) мм и перемещают его на седьмое деление развертки. Импульс «корневой тандем» должен располагаться в середине строб-импульса.



а — настройка развертки; б — проверка и корректировка диапазона развертки;
в — настройка чувствительности

Рисунок В.4 — Схемы настройки дефектоскопа

В.4.2.6 Правильность расположения импульса «корневой тандем» может быть проверена на контролируемой трубе с помощью прямого ПЭП по положению донных импульсов или при включении двух ПЭП «корневой тандем» ПЦ-45-1,2 КТ навстречу друг другу по зеркально-теневой схеме (рисунок В.4б).

В.4.2.7 При отклонении толщины контролируемой трубы от толщины НО на величину, большую ± 1,5 мм, необходимо проводить корректировку положения строб импульса.

В.4.3 Настройка чувствительности

В.4.3.1 Настройку чувствительности проводят по амплитуде тандем-импульса от плоского дна отверстия в НО (см. рисунок В.3).

В.4.3.2 При настройке чувствительности устанавливают следующие уровни.

В.4.3.2.1 Браковочный уровень, при котором проводят оценку допустимости обнаруженной несплошности по амплитуде сигнала.

Браковочный уровень чувствительности равен максимальной амплитуде сигнала «тандем» (корневой) от плоского дна отверстия в НО.

В.4.3.2.2 Поисковый уровень, при котором проводят поиск несплошностей. Поисковый уровень чувствительности на 6 дБ ниже браковочного.

В.4.3.3 Настройку браковочного уровня чувствительности проводят следующим образом:

- устанавливают ПЭП на рабочей (контактной) поверхности НО перпендикулярно оси отверстия и соосно с ним; сканированием ПЭП (ближе или дальше от эпицентра дна отверстия) находят максимальное значение амплитуды импульса;
- устанавливают регулятором усиления высоту сигнала равной половине высоты экрана дефектоскопа — браковочный уровень чувствительности (рисунок В.4в).

В.4.3.4 Поисковый уровень чувствительности устанавливают добавлением 6 дБ к браковочному уровню (рисунок В.4в).

В.4.4 Сканирование

В.4.4.1 УЗК СС проводят с обеих сторон шва при сканировании ПЭП путем его перемещения по поверхности сварных элементов параллельно оси сварного шва с одновременным возвратно-поступательным перемещением перпендикулярно его оси (рисунок В.5).

В.4.4.2 Размах и границы зоны сканирования должны обеспечить прозвучивание всей прикорневой и околошовной зон СС в соответствии с требованиями ПК, как показано на рисунке В.5.

В.4.4.3 В процессе сканирования необходимо обеспечивать постоянный акустический контакт ПЭП с поверхностью сварного элемента.

В.4.4.4 Скорость сканирования не должна превышать 150 мм/с, а шаг сканирования — 10 мм.

В.4.4.5 В процессе перемещения ПЭП проводят его повороты относительно собственной вертикальной оси под углом от 10° до 15° (рисунок В.5).

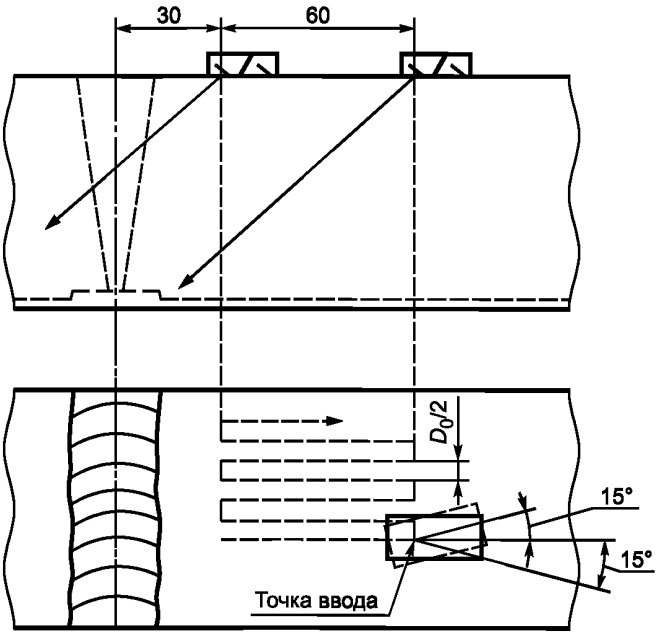


Рисунок В.5 — Схема сканирования

В.4.5 Измерение характеристик несплошностей

В.4.5.1 При обнаружении несплошностей с амплитудой сигнала, равной поисковому уровню или большей, определяют:

- координаты h, L;
- амплитуду сигнала (эквивалентную площадь);
- условную протяженность.

В.4.5.2 Координаты h и L определяют при появлении сигнала в рабочей зоне экрана дефектоскопа.

В.4.5.2.1 Глубину залегания отражателя h определяют по положению от него эхо-сигнала. Для получения эхо-сигнала необходимо отключить от дефектоскопа заднюю призму ПЭП и переключить дефектоскоп на работу в режим эхо-метода. Координату отражателя определяют по положению максимального эхо-сигнала от него, которое находят путем сканирования ПЭП по поверхности изделия.

В.4.5.2.2 Если эхо-сигнал не наблюдается, а такое возможно при обнаружении вертикальной трещины, то принимают глубину залегания отражателя равной (12 ± 3) мм от внутренней поверхности трубы, что соответствует глубине фокуса ПЭП.

В.4.5.2.3 Координату *L* определяют как место расположения несплошности вдоль продольной оси шва.

В.4.5.3 При необходимости определения координаты несплошности на поверхности (эпицентра) относительно оси СС производят действия в следующей последовательности:

- фиксируют положение ПЭП в момент максимальной амплитуды сигнала;
- отмеряют расстояние, равное x_0 (В.4.2.4), перед ПЭП — в конечной точке располагается эпицентр несплошности;
- протравляют поверхность СС, устанавливают положение границ сплавления сварного шва и фиксируют относительное положение эпицентра несплошности.

В.4.5.4 Амплитуду сигнала измеряют в децибелах по отношению к амплитуде сигнала от плоскодонного отверстия диаметром 6 мм (браковочный уровень по В.4.3.2.1). Если амплитуда сигнала превосходит браковочный уровень на *N* дБ, то записывают $A_{бр} + N$, если амплитуда сигнала менее браковочного уровня на *M* дБ, то записывают $A_{бр} - M$.

В.4.6 Идентификация сигналов

В.4.6.1 Сигнал от вертикальной трещины в корне над наплавкой на экране дефектоскопа располагается в строб-импульсе (рисунок В.4).

В.4.6.2 Возможно обнаружение объемных несплошностей (шлаковых включений, пор и т. п.) в корне СС и под аустенитным наплавленным покрытием на СС. Такие несплошности обнаруживаются, как показано на рисунке В.6. Время распространения эхо-импульса при этом менее, чем у сигнала по методу «корневой тандем», и он располагается левее строб-импульса. В некоторых случаях на экране вместе с эхо-сигналом наблюдается сигнал «корневой тандем», и его амплитуда может быть более эхо-сигнала.

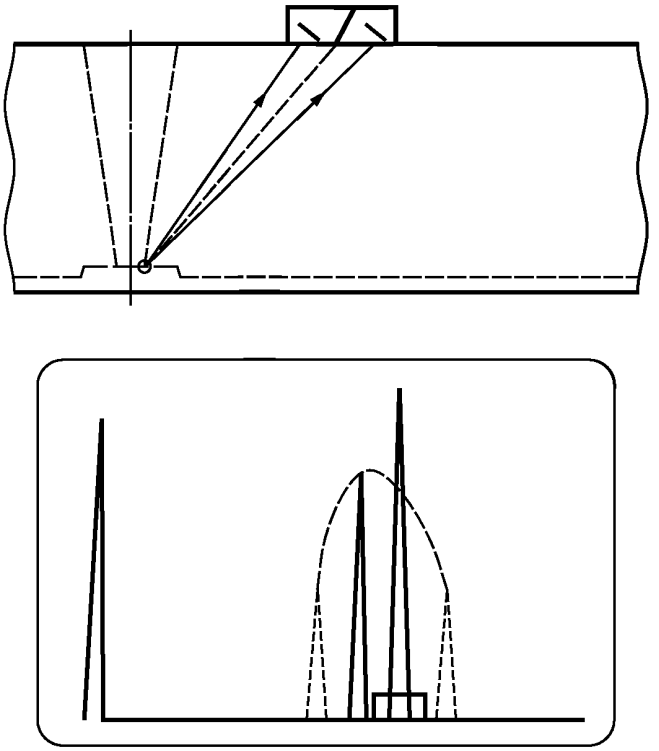


Рисунок В.6 — Схема обнаружения и интерпретации объемных несплошностей под наплавленным покрытием

В.4.7 Измерение условной протяженности

В.4.7.1 Условную протяженность измеряют как расстояние между крайними положениями ПЭП при перемещении его вдоль несплошности (рисунок В.7).

В.4.7.2 Крайними положениями ПЭП считают те, при которых амплитуда эхо-сигнала уменьшается до поискового уровня чувствительности.

В.4.7.3 Для облегчения обнаружения несплошностей рекомендуется использовать систему АСД-дефектоскопа со звуковой и световой сигнализацией.

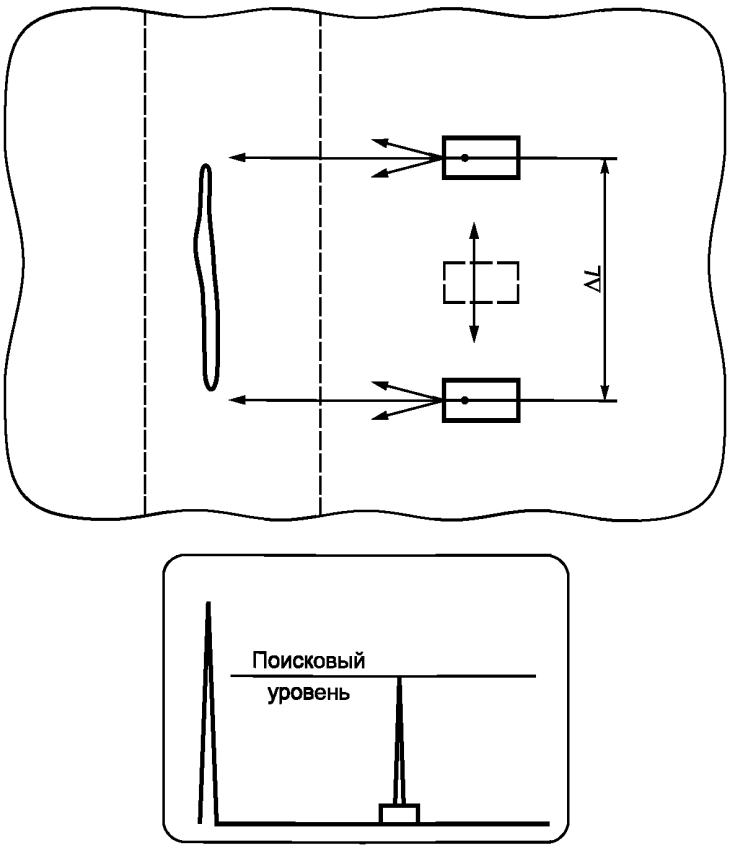


Рисунок В.7 — Схема измерения условной протяженности дефекта

В.5 Оценка несплошностей

В.5.1 Оценку несплошностей, обнаруженных по схеме «корневой тандем», проводят следующим образом:

В.5.1.1 Несплошность, амплитуда сигнала от которой равна или превышает амплитуду сигнала от плоскодонного отверстия диаметром 6 мм в НО, является недопустимой (рисунок В.3).

В.5.1.2 Несплошность, амплитуда сигнала от которой равна или более поискового уровня, но менее браковочного уровня, и ее условная протяженность более условной протяженности плоскодонного отверстия диаметром 6 мм в НО, свидетельствует о наличии вертикальной несплошности (типа трещины).

В.5.1.3 Несплошность, обнаруженная по схеме «корневой тандем» с амплитудой ниже поискового уровня чувствительности на 6 дБ и менее, должна быть обследована дополнительно прямым и наклонными ПЭП и оценена по совокупности полученных результатов УЗК.

Приложение Г
(обязательное)

Методика ультразвукового контроля подповерхностной части сварных соединений головными волнами

Г.1 Настоящая методика регламентирует порядок проведения УЗК СС элементов толщиной 30 мм и более с целью обнаружения дефектов в подповерхностных слоях соединения. Основные положения методики могут быть использованы при УЗК наплавленного покрытия на кромках и боковых участков наплавленного покрытия.

Г.2 УЗК проводят головными УЗ-волнами преобразователями головных волн в конструктивном отношении: «тандем» или «дуэт» [соответственно ПГЦ-91 или ПГЦ-70 (ИЦ-70)].

Г.3 Способ УЗК головными волнами представлен на рисунке Г.1. Излучатель *1* ПЭП с углом призмы, равным первому критическому, возбуждает в изделии продольно-поверхностную (головную) волну *2*, которая распространяется в изделии и при наличии дефекта *3* отражается от него и идет в обратном направлении — волна *4*. Волна *4*, распространяясь вдоль поверхности изделия, образует в граничной среде так называемую боковую волну, которую и регистрирует приемник *5*.

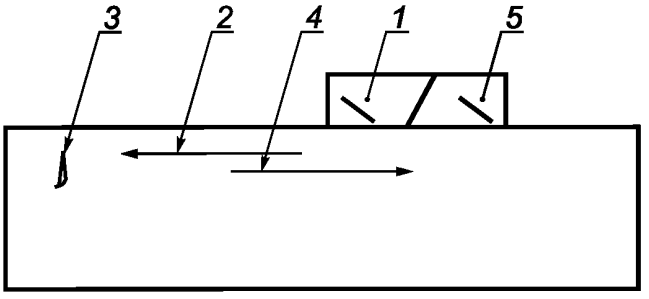


Рисунок Г.1 — Способ ультразвукового контроля головными волнами

Г.4 УЗК проводят дефектоскопом с подключением ПГВ по раздельной схеме.

Г.5 Настройку диапазона развертки дефектоскопа производят по отражению головных волн от вертикальной грани прямого двугранного угла, образованного торцом и контактной поверхностью изделия или НО.

Г.6 НО изготавливают из металла, идентичного металлу контролируемого изделия. Качество поверхности образца должно соответствовать поверхности изделия в месте контакта ПГВ, но не должно быть более *Ra* 6,3 мкм. Размеры НО приведены на рисунке Г.2.

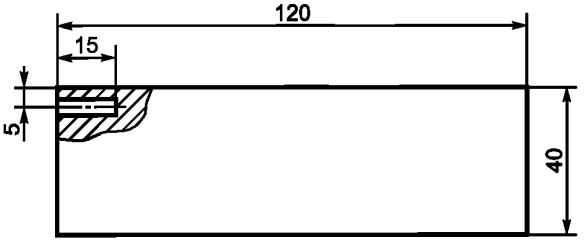
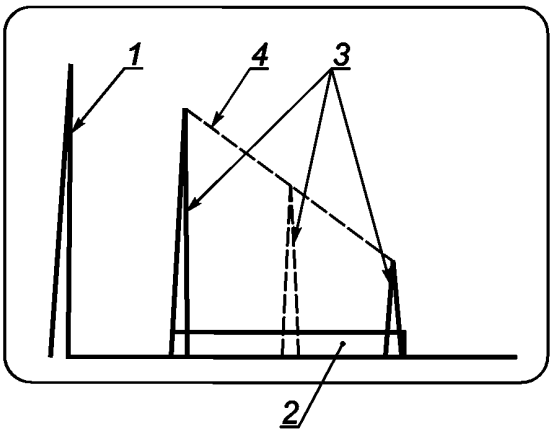


Рисунок Г.2 — Настроечный образец

Г.7 Настройку диапазона развертки осуществляют в следующей последовательности:

- устанавливают ПГВ на НО таким образом, чтобы передняя грань ПЭП совпадала с плоскостью торца образца. Поднимают чувствительность дефектоскопа до появления на экране эхо-сигнала, соответствующего отражению от торца НО. При этом отраженный сигнал должен пальпироваться пальцем, смоченным контактной смазкой со стороны торца на глубине от 5 до 10 мм;
- совмещают передний фронт строб-импульса с передним фронтом эхо-сигнала (рисунок Г.3);
- отодвигают ПГВ на расстояние, равное ширине усиления шва, наблюдая за эхо-сигналом. Совмещают задний фронт строб-импульса с задним фронтом эхо-сигнала от торца (рисунок Г.3). Эхо-сигнал в процессе перемещения ПГВ следует постоянно пальпировать;
- устанавливают длительность строб-импульса такой, чтобы его задний фронт отстоял от 30 до 60 % длины развертки от ее начала.



1 — зондирующий импульс; *2* — зона контроля (строб-импульс);
3 — импульсы, отраженные от плоскодонного отверстия в НО;
4 — уровень чувствительности УЗК

Рисунок Г.3 — Схема настройки чувствительности и диапазона развертки

Г.8 Настройку чувствительности производят по эхо-сигналу от отверстия с плоским дном в НО согласно рисунку Г.2.

Г.9 Настройку чувствительности производят посредством установки:

- ПГВ на НО, получают эхо-сигнал от плоскодонного отверстия. Перемещают ПГВ и устанавливают эхо-сигнал от плоскодонного отверстия в конце строб-импульса;
- высоты эхо-сигнала, равной 50 % экрана, — браковочный уровень,
- поискового уровня путем добавления чувствительности на 6 дБ.

Примечание — Если при одинаковой чувствительности на экране дефектоскопа наблюдаются вершины эхо-сигналов от плоскодонного отверстия в начале и конце строб-импульса, рекомендуется, перемещая ПЭП к отверстию, фиксировать изменение высоты эхо-сигнала на экране дефектоскопа по всей длине строб-импульса и огибающую линию (рисунок Г.3) на экране дефектоскопа.

Г.10 УЗК выполняют путем последовательного перемещения ПЭП по поверхности сваренных элементов (или наплавленного покрытия) по всей протяженности соединения с обеих сторон от шва.

При сканировании ПЭП перемещают параллельно оси шва с одновременным возвратно-поступательным перемещением перпендикулярно оси. Величина продольного (вдоль шва) шага сканирования не должна превышать 8 мм. Величина поперечного шага сканирования — от 15 до 30 мм. При удаленном усилении сканирование осуществляют по всей ширине СС. В процессе перемещения ПЭП производят его повороты относительно собственной оси на 15°.

Г.11 В процессе УЗК необходимо обеспечивать постоянный акустический контакт ПЭП с поверхностью изделия.

Рекомендуется для наблюдения за акустическим контактом ПЭП следить за импульсом, расположенным между зондирующим импульсом и строб-импульсом. Этот импульс наблюдается при повышении чувствительности дефектоскопа в режиме поиска и соответствует обратной продольно-поверхностной волне, распространяющейся от излучателя к приемнику через контролируемое изделие.

Г.12 Признаком наличия дефекта является эхо-сигнал в пределах строб-импульса.

Г.13 Оценку несплошностей производят следующим образом:

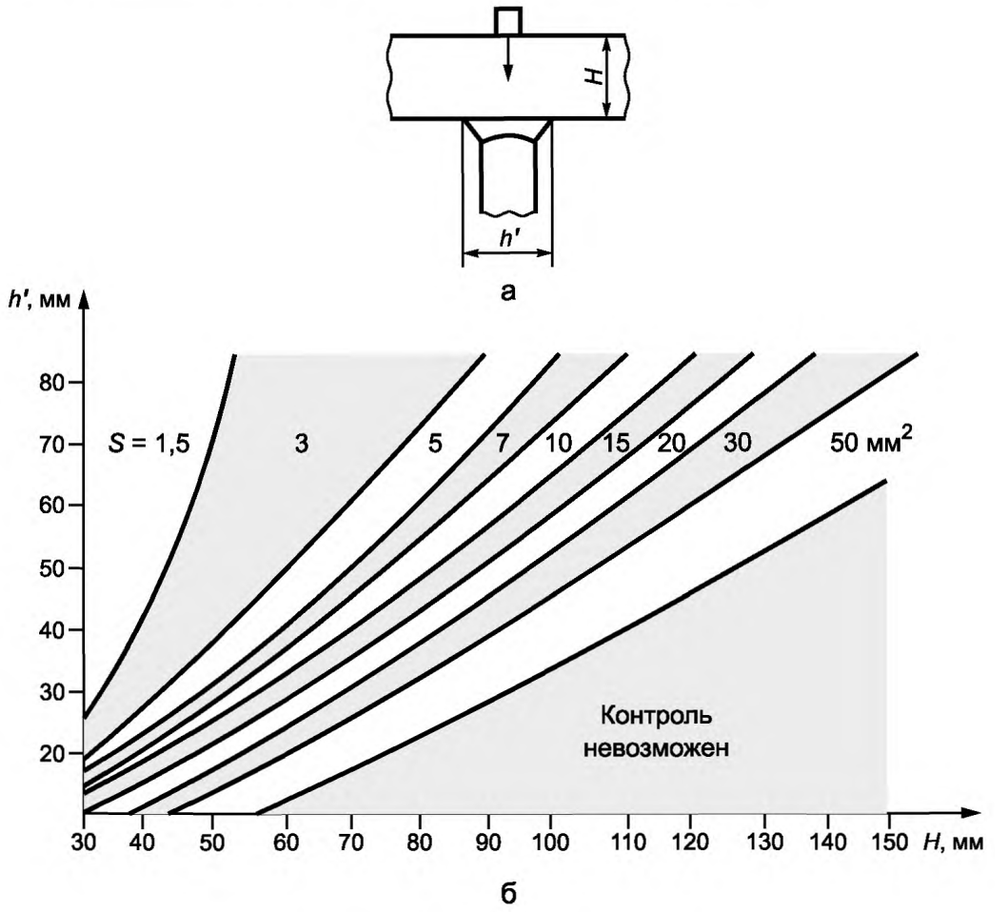
- при обнаружении несплошности регуляторами чувствительности устанавливают высоту эхо-сигнала, равную 50 % экрана. и фиксируют ее местоположение на экране дефектоскопа;
- перемещают ПЭП по НО и, не изменяя положения регуляторов чувствительности, устанавливают эхо-сигнал от плоскодонного отверстия в зону развертки, где располагался сигнал от несплошности (дефекта);
- сравнивают его амплитуду с амплитудой эхо-сигнала от несплошности (дефекта);
- несплошность считают недопустимой (дефектом), если амплитуда эхо-сигнала от нее (него) превышает амплитуду эхо-сигнала от плоскодонного отверстия в НО.

Приложение Д
(справочное)

Реализуемая чувствительность

Реализуемая чувствительность S, мм^2, при УЗК швов тавровых СС со стороны основного элемента ПЭП с волновым размером $K_a = (15 \pm 1{,}5)$, где K — волновое число, a — радиус пьезоэлемента, приведена на рисунке Д.1.

При $K = (15 \pm 1{,}5)$ возможность УЗК следует определять экспериментально.



а — схема УЗК; б — график для расчета;
h' — толщина привариваемого элемента; H — толщина основного элемента

Рисунок Д.1 — Реализуемая чувствительность при УЗК тавровых СС со стороны основного элемента

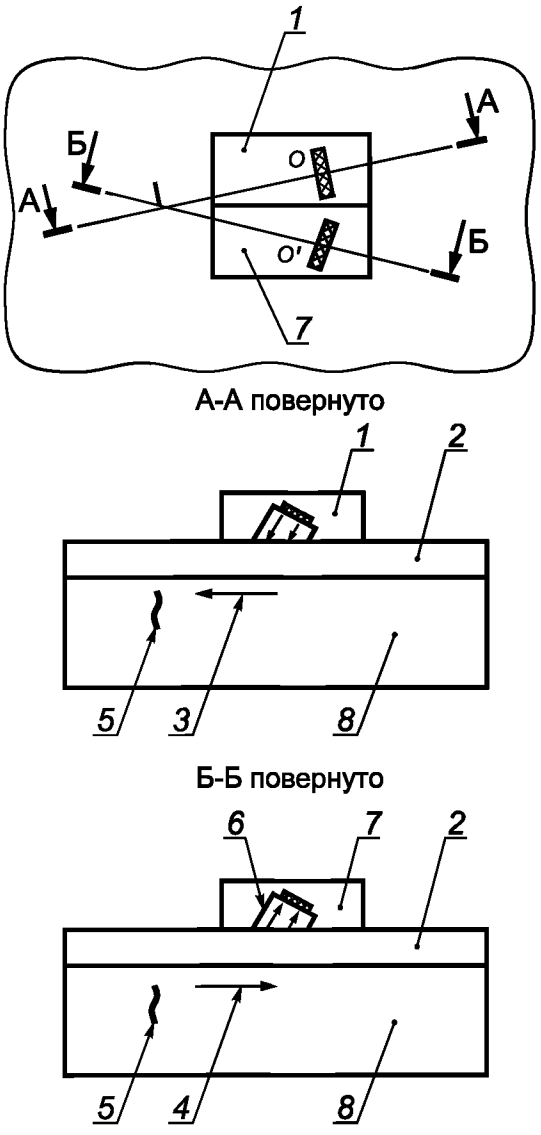
Приложение Е
(справочное)

Методика ультразвукового контроля аустенитного наплавленного покрытия головными волнами

Е.1 Настоящая методика регламентирует порядок УЗК зоны сплавления антикоррозионного аустенитного наплавленного покрытия толщиной не более 13 мм с основным металлом в целях выявления поднаплавочных трещин, перпендикулярных зоне сплавления.

Е.2 Поверхность должна быть подготовлена: зачищена от брызг металла, грязи и флюса, не должна иметь углублений и неровностей. Шероховатость поверхности *Ra* должна быть не более 6,3 мкм.

Е.3 Наплавленное покрытие контролируют дефектоскопом в комплекте с ПГВ типа «дуэт» (например, ИЦ-70 или ПГЦ-70) на частоте 1,8 МГц. Схема УЗК показана на рисунке Е.1. Допускается проводить УЗК ПГВ типа «тандем» (например, ПГЦ-91), если они обеспечивают выявление настроечного дефекта на уровне, превышающем уровень шумов на 6 дБ.



1 — излучатель; *2* — наплавленное покрытие; *3*, *4* — продольно-поверхностные волны; *5* — трещина; *6* — боковая волна; *7* — приемник; *8* — основной металл

Рисунок Е.1 — Схема УЗК наплавленного покрытия головными волнами ПЭП ПГВ «дуэт»

Е.4 Перед началом УЗК поверхность наплавленного покрытия рекомендуется разметить на участки размером приблизительно 200 × 200 мм. Поверхность перед проведением УЗК покрывают контактной смазкой.

Е.5 Настройку диапазона развертки дефектоскопа осуществляют по отражению продольно-поверхностных волн от свободного прямого двугранного угла изделия или НО. Настройку чувствительности осуществляют по плоскодонному отверстию в НО.

Е.6 НО, представленный на рисунке Е.2, изготавливают из тех же видов стали (основной металл и наплавленное покрытие) и по той же технологии, что и контролируемое изделие. Толщина наплавленного покрытия образца не должна отличаться от наплавленного покрытия изделия более чем на + 0,5 мм. Шероховатость контактной поверхности НО должна соответствовать шероховатости контактной поверхности *Ra* изделия, но не должна быть более 6,3 мкм.

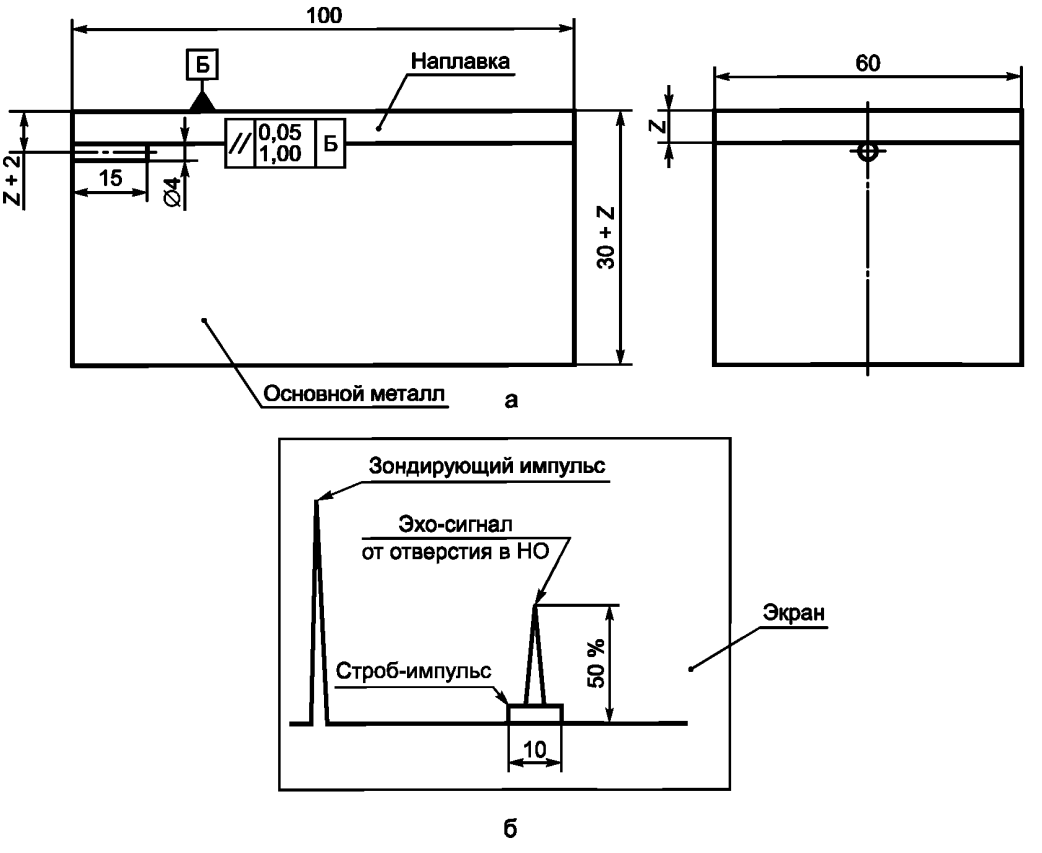


Рисунок Е.2 — НО (а) и схема настройки диапазона развертки и чувствительности (б)

Е.7 Настройку диапазона развертки проводят в следующей последовательности.

Е.7.1 Устанавливают ПГВ на НО таким образом, чтобы передняя грань ПГВ совпадала с плоскостью торца образца. Поднимают чувствительность дефектоскопа до появления на экране эхо-сигнала, соответствующего отражению от торца образца. При этом эхо-сигнал должен пальпироваться на глубине от 5 до 10 мм от контактной поверхности.

Е.7.2 Стробируют эхо-сигнал, как показано на рисунок Е.2б.

Е.8 Настройку чувствительности проводят в следующей последовательности.

Е.8.1 Устанавливают ПГВ на образец таким образом, чтобы его передняя грань и дно отверстия находились в одной плоскости.

Е.8.2 Увеличивают чувствительность дефектоскопа до появления эхо-сигнала, отраженного от дна отверстия в строб-импульсе, и, перемещая ПГВ (ближе — дальше), находят его максимум.

Е.8.3 Устанавливают браковочный уровень чувствительности. Для этого доводят высоту эхо-сигнала на экране до 50 % над линией развертки (рисунок Е.2б).

Е.8.4 Устанавливают поисковый уровень чувствительности повышением чувствительности на 6 дБ выше браковочного уровня.

Е.8.5 УЗК проводят на поисковом уровне чувствительности путем плавного перемещения ПГВ по поверхности наплавленного покрытия.

Е.8.6 Поиск несплошностей проводят путем плавного построчного сканирования с шагом не более половины диаметра пьезоэлемента ПГВ (9 мм) со скоростью не более 50 мм/с.

Е.9 Сканирование проводят по поверхности наплавленного покрытия в направлении, перпендикулярном и параллельном ходу наплавочной ленты или наплавочного электрода. При этом прозвучивание осуществляют в двух взаимно противоположных направлениях с поворотом ПГВ вокруг вертикальной оси на 30°, как показано на рисунке Е.3.

Е.10 При УЗК по размеченным участкам перекрытие границ участков должно быть не менее шага сканирования ПГВ.

Е.11 В процессе сканирования необходимо обеспечивать постоянный акустический контакт ПГВ с поверхностью наплавленного покрытия.

Для наблюдения за акустическим контактом ПГВ рекомендуется следить за сигналами, проходящими от излучателя на приемник через наплавленное покрытие по кратчайшему расстоянию. Эти сигналы образуют шумовой фон, уровень которого от 16 до 20 дБ отстоит от браковочного уровня чувствительности. Поэтому рекомендуется использовать дефектоскопы с большим динамическим диапазоном по экрану дефектоскопа.

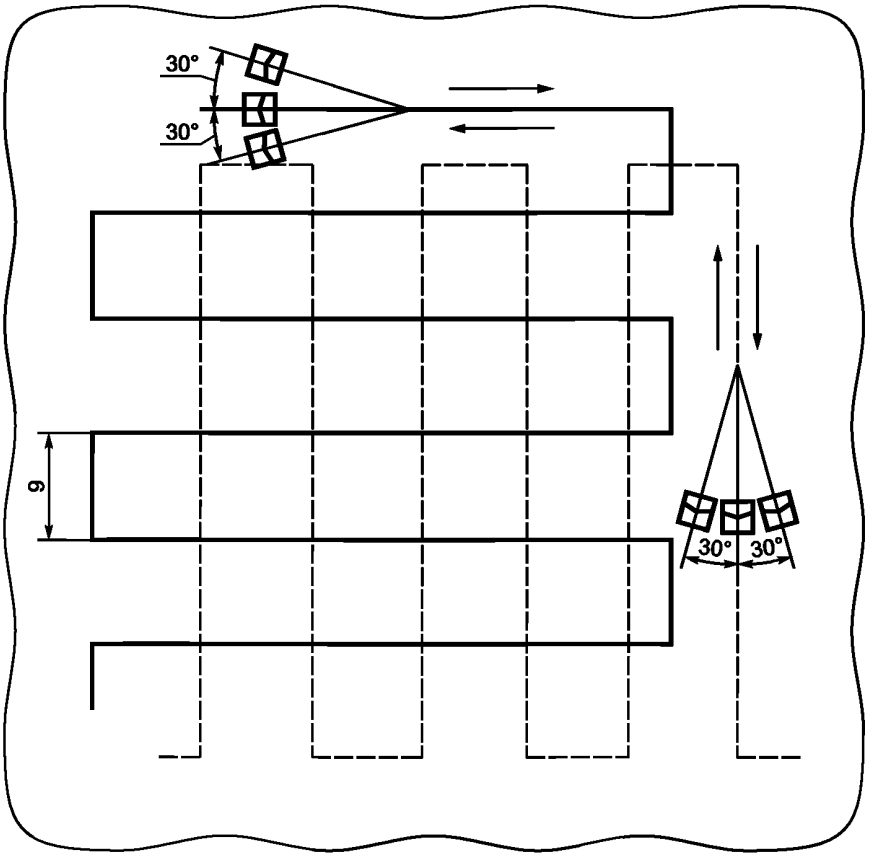


Рисунок Е.3 — Траектория сканирования поверхности наплавленного покрытия (стрелками показаны направления перемещения ПЭП)

Е.12 Для облегчения обнаружения несплошностей рекомендуется использовать систему АСД-дефектоскопа со звуковой и световой сигнализацией.

Е.13 Оценку несплошностей проводят по нормам ПК, программ контроля качества или КД.

Приложение Ж
(обязательное)

Методика настройки чувствительности дефектоскопа

Ж.1 Настройка чувствительности при УЗК СС толщиной менее 12 мм

Ж.1.1 Браковочный уровень

Ж.1.1.1 Устанавливают чувствительность, достаточную для обнаружения углового отражателя в НО.

Ж.1.1.2 Находят максимальный эхо-сигнал от соответствующего углового отражателя, перемещая ПЭП по образцу.

Ж.1.1.3 Уменьшают эхо-сигнал до принятого уровня на экране дефектоскопа. При этом запас чувствительности должен быть не менее 15 дБ.

Ж.1.2 Контрольный уровень

Ж.1.2.1 Повышают чувствительность дефектоскопа относительно браковочного уровня по Ж.1.1 на 6 дБ.

Ж.1.3 Поисковый уровень

Ж.1.3.1 Повышают чувствительность относительно браковочного уровня по Ж.1.1 на 12 дБ.

Ж.2 Настройка чувствительности при УЗК СС толщиной 12 мм и более

Ж.2.1 Настройку чувствительности при проведении УЗК с использованием АРД-диаграмм следует производить в соответствии со следующими примерами:

Ж.2.1.1 Работа с АРД-диаграммами при УЗК прямыми совмещенными ПЭП.

Пример 1

При УЗК прямым ПЭП (B2S) обнаружен отражатель.

Условие

Значение амплитуды эхо-сигнала от отражателя A = 36 дБ (рисунок Ж.1а).

Глубина залегания отражателя — 130 мм.

Материал изделия — Ст20 (сталь перлитного класса).

Толщина изделия — 200 мм.

Использован прямой ПЭП B2S-E (2 МГц, 0°, d = 24 мм).

Необходимо определить эквивалентную площадь отражателя $S_{экв}$ в плоскопараллельном изделии.

Решение

Находят значение донного сигнала на изделии: $A_{д.но}$ = 30 дБ (здесь и далее все измерения эхо-сигналов проведены на уровне 50 % высоты экрана) (рисунок Ж.1б).

Находят значение $A_{д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.2) на глубине 200 мм:

$$A_{д.но} = 9 \text{ дБ}.$$

Амплитуда 9 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{д.но}$ = 30 дБ на изделии.

Находят разницу в значениях амплитуд эхо-сигнала от отражателя и донного сигнала:

$$\Delta A = 36 - 30 = 6 \text{ дБ}.$$

Откладывают вниз 6 дБ от донного сигнала на глубине 200 мм (рисунок Ж.2).

От полученной точки проводят горизонтальную линию до пересечения с глубиной 130 мм (рисунок Ж.2).

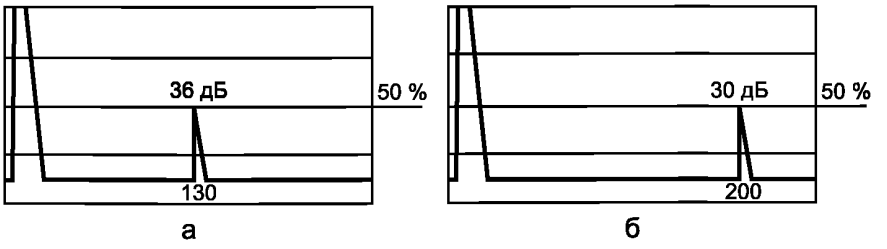
Полученная точка соответствует $S_{экв}(d_{экв})$ для исследуемого отражателя.

Определяют $S_{экв}$ с учетом близлежащих АРД-линий.

Ответ

$$d_{экв} = 10 \text{ мм};$$

$$S_{экв} = 78{,}5 \text{ мм}^2.$$



а — измерение амплитуды эхо-сигнала от отражателя; б — измерение амплитуды донного сигнала

Рисунок Ж.1 — Экран дефектоскопа при измерении амплитуды эхо-сигнала

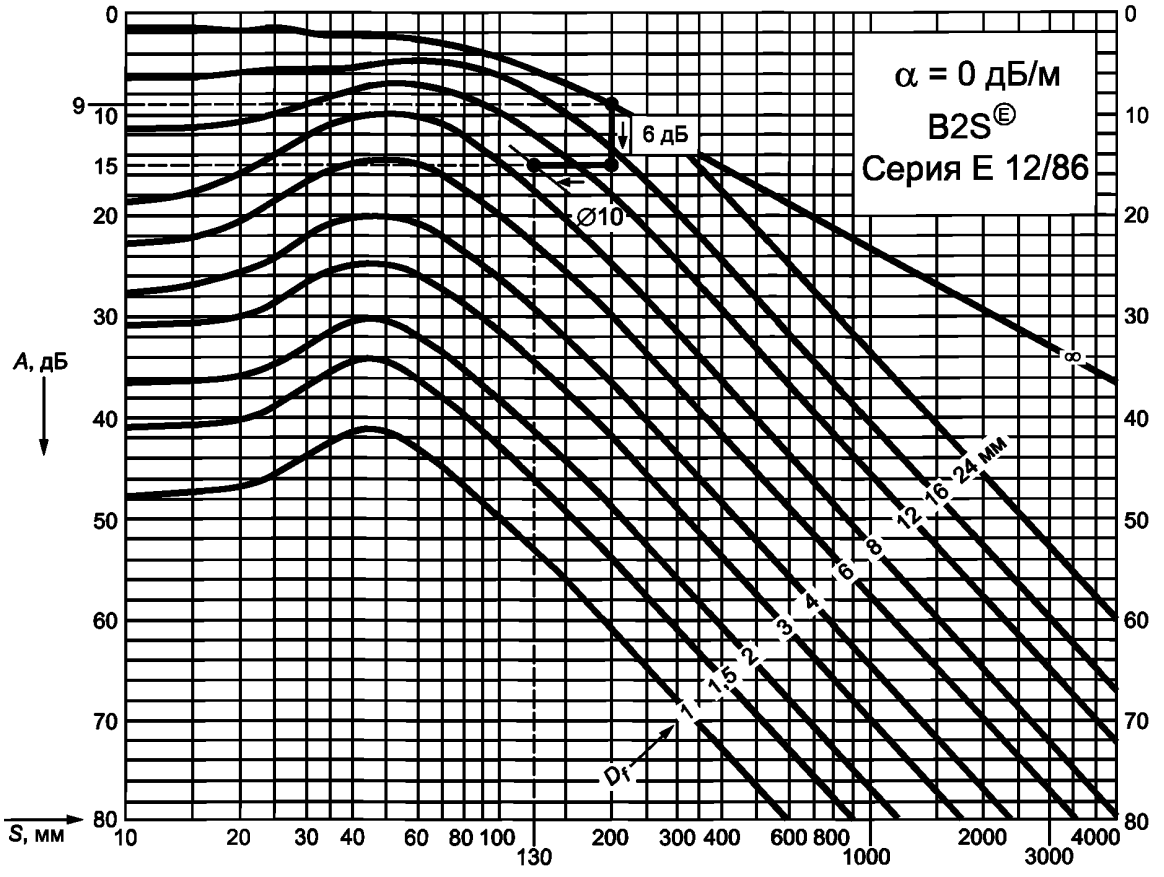


Рисунок Ж.2 — АРД-диаграмма для ПЭП B2S

Пример 2

Производят настройку чувствительности дефектоскопа для УЗК СС и зоны сплавления антикоррозионного наплавленного покрытия с металлом шва ГЦТ Ду850.

Условие

Толщина объекта контроля — 70 мм.

Использован прямой ПЭП B2S (2 МГц, 0°, d = 24 мм).

Браковочный и контрольный уровни для СС определяют по таблице 15 ПНАЭ Г-7-010:

$S_{бр}$ = 7 мм^2 — для СС;

$S_{фикс}$ = 3,5 мм^2 — для СС.

В соответствии с таблицей 17 ПНАЭ Г-7-010 определяют браковочный и контрольный уровни для наплавки:

$S_{бр}$ = 20 мм^2 — для антикоррозионного наплавленного покрытия;

$S_{фикс}$ = 10 мм^2 — для антикоррозионного наплавленного покрытия;

При настройке чувствительности по донному сигналу на биметаллической трубе поправкой на затухание в плакирующем слое пренебрегают.

Необходимо определить чувствительность дефектоскопа на браковочном, контрольном и поисковом уровнях.

Решение

I Для СС:

1 Определяют значение донного сигнала объекта контроля на дефектоскопе: $A_{д.но}$ = 30 дБ (измеряют либо непосредственно на объекте контроля, либо на НО, изготовленном из фрагмента объекта контроля).

2 Находят значение $A_{д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.3) на глубине 70 мм:

$$A_{д.но} = 3 \text{ дБ}.$$

3 Амплитуда донного сигнала 3 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{д.но}$ = 30 дБ на дефектоскопе.

4 Находят значение амплитуды для отражателя с площадью поверхности размером 7 мм^2 (d = 3 мм) на АРД-диаграмме (рисунок Ж.3) на глубине 60 мм:

$$A = 26 \text{ дБ}.$$

5 Находят разницу в значениях амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A = 26 - 3 = 23 \text{ дБ}.$$

6 Чувствительность дефектоскопа определяют следующим образом:

а) Значение амплитуды донного сигнала на дефектоскопе суммируют со значением ΔA: 30 + 23 = 53 дБ.

Это значение соответствует браковочному уровню на глубине 60 мм.

б) Для определения браковочного уровня на глубинах 40 и 20 мм необходимо найти пересечение АРД-кривой (для отверстия размером 7 мм^2) с глубиной 40 и 20 мм соответственно (рисунок Ж.3).

в) На глубине 40 мм находят разницу в значениях амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{40} = 25 - 3 = 22 \text{ дБ}.$$

Таким образом, браковочный уровень на глубине 40 мм равен сумме донного сигнала на дефектоскопе и значения $\Delta A40$:

$$A_{бр} = 30 + 22 = 52 \text{ дБ}.$$

г) На глубине 20 мм находят разницу в значениях амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{20} = 30 - 3 = 27 \text{ дБ}.$$

д) Значение $A_{бр}$ на глубине 20 мм равно $A_{бр}$ = 30 + 27 = 57 дБ.

е) Контрольный уровень устанавливают на 6 дБ выше браковочного.

ж) Поисковый уровень устанавливают на 12 дБ выше браковочного.

7 Сводят полученные данные в таблице Ж.1.

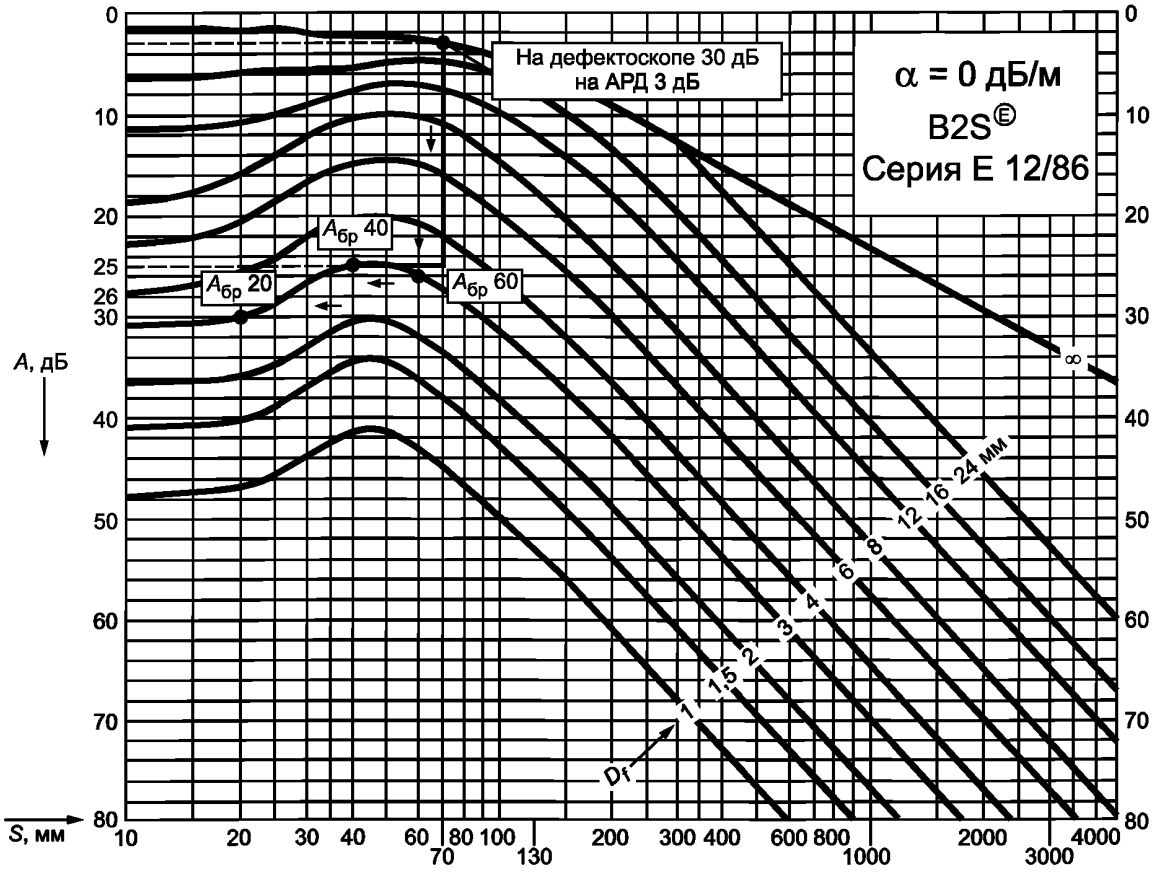


Рисунок Ж.3 — Определение браковочного уровня при УЗК ГЦТ Ду850

Таблица Ж.1

Глубина, мм	20	40	60
Браковочный уровень, дБ	57	52	53
Контрольный уровень, дБ	63	58	59
Поисковый уровень, дБ	69	64	65

8 При УЗК в случае обнаружения отражателя на глубине, отличной от 20, 40, 60 мм, необходимо определить значение амплитуды по АРД-кривой аналогично перечисленным глубинам.

II Для зоны сплавления антикоррозионной наплавки с основным металлом:

1 Находят значение донного сигнала объекта контроля: $A_{д.но}$ = 30 дБ (измеряют либо непосредственно на объекте контроля, либо на НО, изготовленном из фрагмента объекта контроля).

2 Находят значение $A_{д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.4) на глубине 70 мм:

$$A_{д.но} = 3 \text{ дБ}.$$

3 Амплитуда донного сигнала 3 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{д.но}$ = 30 дБ на объекте контроля.

4 Находят значение амплитуды для отражателя размером 20 мм^2 (d = 5 мм) на АРД-диаграмме (рисунок Ж.4) на глубине 62 мм:

$$A = 18 \text{ дБ}.$$

5 Находят разницу в значениях амплитуд отражателя размером 20 мм^2 (d = 5 мм) и донного сигнала:

$$\Delta A = 18 - 3 = 15 \text{ дБ}.$$

6 Чувствительность дефектоскопа определяют следующим образом:

а) Значение амплитуды донного сигнала на объекте контроля суммируют со значением ΔA: 30 + 15 = 45 дБ. Это значение соответствует браковочному уровню на глубине 62 мм.

б) Контрольный уровень устанавливают на 6 дБ выше браковочного.

в) Поисковый уровень устанавливают на 12 дБ выше браковочного.

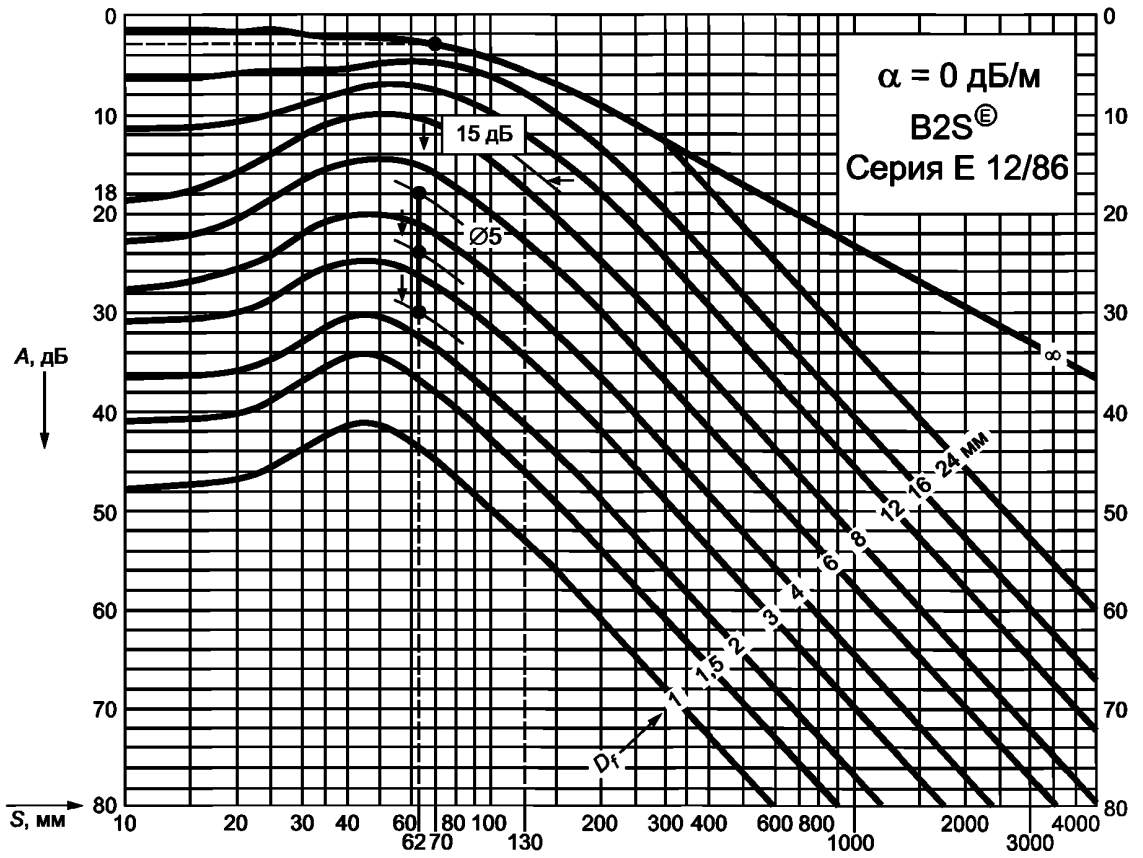


Рисунок Ж.4 — Определение браковочного, контрольного и поискового уровней при УЗК антикоррозионной наплавки

Ж.2.1.2 Работа с АРД-диаграммами при УЗК наклонными совмещенными ПЭП.

Пример 3

При УЗК СС из стали перлитного класса ПЭП MWB 45-2 выявлен отражатель.

Условие

Значение амплитуды эхо-сигнала от отражателя A = 48 дБ.

Глубина залегания отражателя — 50 мм.

Материал изделия — Ст20 (сталь перлитного класса).

Толщина изделия — 100 мм.

Использован наклонный ПЭП MWB 45-2 (2 МГц, 45°, размер пьезоэлемента — 8 × 9 мм).

Необходимо определить эквивалентную площадь отражателя $S_{экв}$ в изделии в случае получения донного сигнала на НО.

Решение

1 Так как АРД-диаграмма построена в зависимости от расстояния по лучу до отражателя, пересчитывают глубину 50 мм в расстояние по лучу (для этого глубину разделяют на косинус угла ввода):

$$\frac{50}{\cos 45} = 70 \text{ мм}.$$

2 Вычисляют значение донного сигнала на НО из того же материала, что и контролируемое изделие, на расстоянии 70 мм (рисунок Ж.5):

$$A_{д.но} = 32 \text{ дБ}.$$

3 Вычисляют значение $A_{д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.6) для расстояния 70 мм:

$$A_{д.но} = 10 \text{ дБ}.$$

Амплитуда 10 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{д.но}$ = 32 дБ на изделии.

4 Вычисляют разницу в значениях амплитуд эхо-сигнала от отражателя и донного сигнала:

$$\Delta A = 48 - 32 = 16 \text{ дБ}.$$

5 На АРД-диаграмме откладывают вниз 16 дБ от донного сигнала на расстоянии 70 мм (рисунок Ж.6).

6 Полученная точка соответствует $S_{экв}(d_{экв})$ для исследуемого отражателя.

7 Определяют $S_{экв}$ с учетом близлежащих АРД-линий.

Ответ

$$d_{экв} = 3{,}5 \text{ мм};$$

$$S_{экв} = 9{,}6 \text{ мм}^2.$$

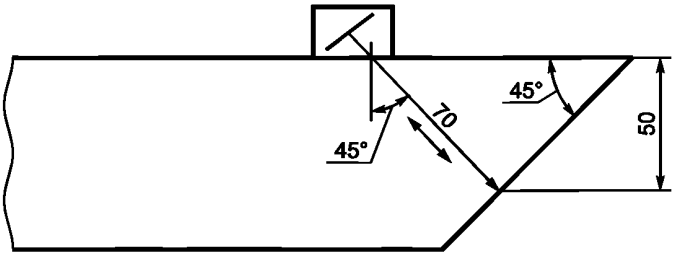


Рисунок Ж.5 — Получение донного сигнала на НО

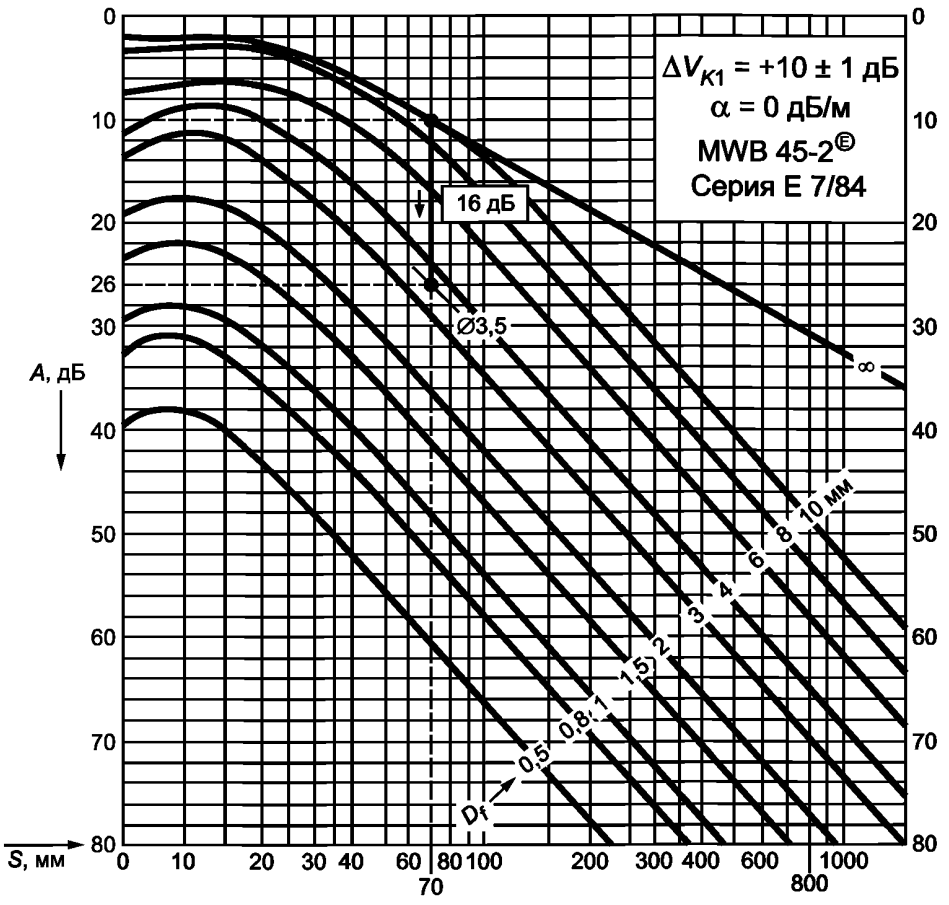


Рисунок Ж.6 — Определение эквивалентной площади по АРД-диаграммам
с использованием НО

Пример 4

При УЗК СС из стали перлитного класса ПЭП MWB 45-2 выявлен отражатель.

Условие

Значение амплитуды эхо-сигнала от отражателя A = 48 дБ.

Глубина залегания отражателя — 50 мм.

Материал изделия — Ст20 (сталь перлитного класса).

Толщина изделия — 100 мм.

Использован наклонный ПЭП MWB 45-2-E (2 МГц, 45°, размер ПЭ — 8 × 9 мм).

Необходимо определить эквивалентную площадь отражателя $S_{экв}$ в изделии в случае получения донного сигнала на стандартном образце $V1$.

Решение

1 Определяют значение амплитуды сигнала на $V1$ от цилиндрической поверхности (рисунок Ж.7): A_{V1} = 25 дБ (расстояние по лучу равно 100 мм).

2 Как правило, эхо-сигнал от цилиндрической поверхности более, чем от плоской поверхности, поэтому следует использовать поправку ΔV_{K1}, учитывающую фокусировку поля отражения. На АРД-диаграмме на расстоянии 100 мм определяют значение $A_{д.но}$ = 13 дБ и вычитают из него поправку ΔV_{K1} (рисунок Ж.8):

$$A_{V1} = 13 - \Delta V_{K1} = 13 - 10 = 3 \text{ дБ}.$$

3 Амплитуда 3 дБ на расстоянии по лучу 100 мм на АРД-диаграмме соответствует эхо-сигналу с амплитудой A_{V1} = 25 дБ на образце $V1$.

4 Вычисляют разницу в амплитудах между эхо-сигналом от отражателя в контролируемом изделии и сигналом на $V1$:

$$\Delta A = 48 - 25 = 23 \text{ дБ}.$$

5 На АРД-диаграмме откладывают вниз 23 дБ от точки 3 дБ при расстоянии 100 мм (рисунок Ж.8).
6 От полученной точки проводят горизонтальную линию до пересечения с расстоянием 70 мм (рисунок Ж.8).
7 Полученная точка соответствует $S_{экв}(d_{экв})$ для исследуемого отражателя.
8 Определяют $S_{экв}$ с учетом близлежащих АРД-линий.

Ответ

$d_{экв}$ = 3,5 мм;

$S_{экв}$ = 9,6 мм^2.

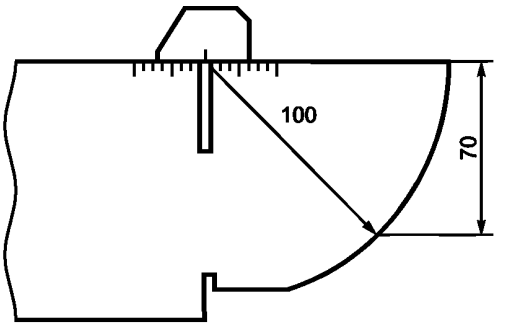


Рисунок Ж.7 — Получение максимального сигнала на образце *V*1

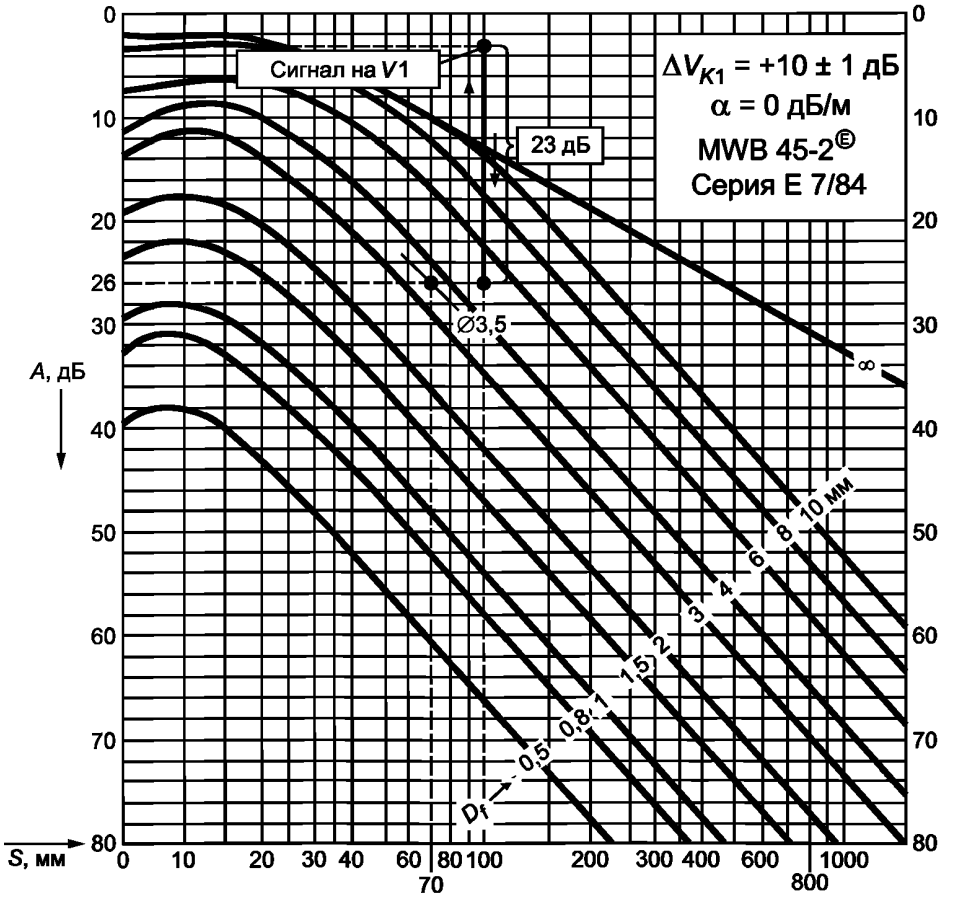


Рисунок Ж.8 — Определение эквивалентной площади по АРД-диаграммам с использованием образца *V*1

Пример 5

Настройка чувствительности дефектоскопа для УЗК СС ГЦТ Ду850 в случае настройки с помощью НО при использовании ПЭП MWB 45-2.

Условие

Толщина объекта контроля равна 70 мм.

Использован наклонный ПЭП MWB 45-2-E (2 МГц, 45°, размер ПЭ — 8 × 9 мм).

Браковочный и контрольный уровни для СС определяют по таблице 15 ПНАЭ Г-7-010:

$S_{бр}$ = 7 мм^2;

$S_{фикс}$ = 3,5 мм^2.

Необходимо определить чувствительность дефектоскопа на браковочном, контрольном и поисковом уровнях.

Решение

1 Определяют значение донного сигнала на НО на глубине 50 мм (расстояние по лучу = 70 мм) (рисунок Ж.9) на дефектоскопе:

$$A_{д.но} = 30 \text{ дБ}.$$

2 Вычисляют значение $A_{д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.9) на расстоянии 70 мм:

$$A_{д.но} = 10 \text{ дБ}.$$

3 Амплитуда донного сигнала 10 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{д.но}$ = 30 дБ на дефектоскопе.

4 Вычисляют значение амплитуды для отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) на АРД-диаграмме (рисунок Ж.9) на расстоянии 70 мм:

$$A = 29 \text{ дБ}.$$

5 Вычисляют разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) на глубине 50 мм (расстояние по лучу = 70 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A = 29 - 10 = 19 \text{ дБ}.$$

6 Чувствительность дефектоскопа определяют следующим образом:

а) Значение амплитуды донного сигнала на дефектоскопе суммируют со значением ΔA: 30 + 19 = 49 дБ.

Это значение соответствует браковочному уровню на глубине 50 мм.

б) Для определения браковочного уровня на глубинах 60, 40, 30 и 20 мм необходимо установить пересечение АРД-кривой (для отверстия размером 7 мм^2) с глубиной 60, 40, 30 и 20 мм (на расстоянии по лучу 85, 57, 42 и 28 мм соответственно) (рисунок Ж.9).

в) На расстоянии 57 мм (глубина 40 мм) вычисляют разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{40} = 26 - 10 = 16 \text{ дБ}.$$

г) Таким образом, браковочный уровень на глубине 40 мм равен сумме донного сигнала на дефектоскопе и значения ΔA_{40}:

$$A_{бр} = 30 + 16 = 46 \text{ дБ}.$$

д) На расстоянии 42 мм находят разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{30} = 22 - 10 = 12 \text{ дБ}.$$

е) На глубине 30 мм $A_{бр}$ = 30 + 12 = 42 дБ.

ж) На расстоянии 28 мм находят разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{20} = 17{,}5 - 10 = 7{,}5 \text{ дБ}.$$

и) На глубине 20 мм $A_{бр}$ = 30 + 7,5 = 37,5 дБ.

к) На расстоянии 85 мм находят разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{60} = 32 - 10 = 22 \text{ дБ}.$$

л) На глубине 60 мм $A_{бр}$ = 30 + 22 = 52 дБ.

м) Контрольный уровень устанавливают на 6 дБ выше браковочного.

н) Поисковый уровень устанавливают на 12 дБ выше браковочного.

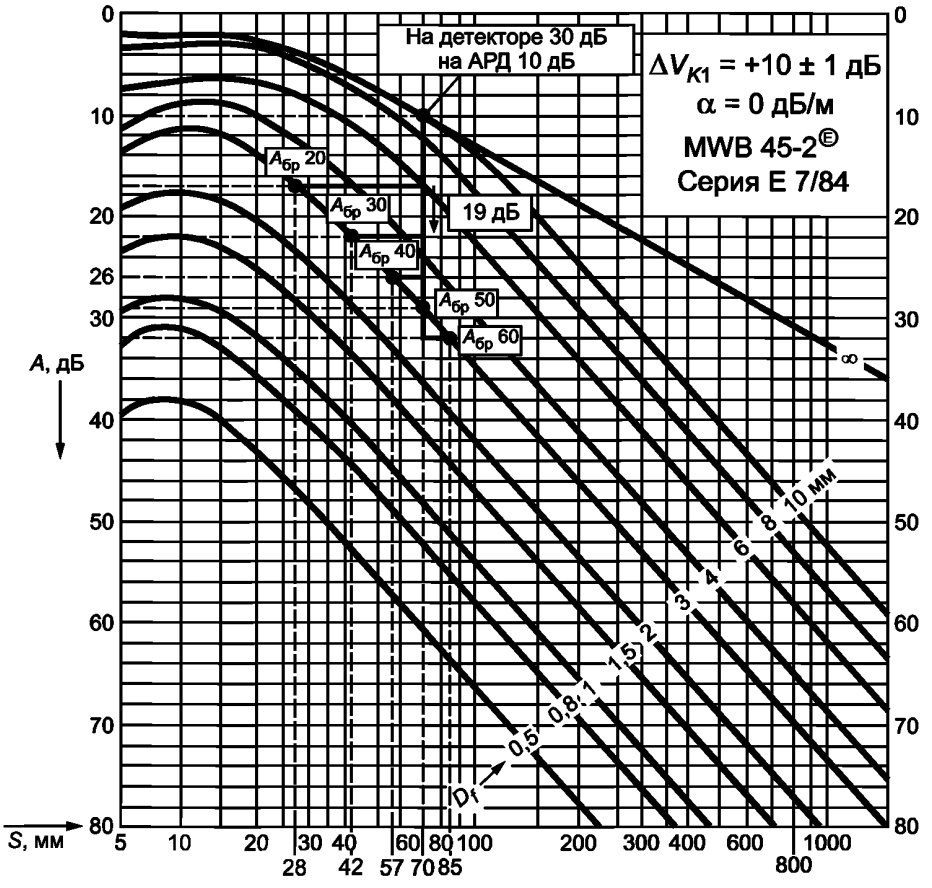


Рисунок Ж.9 — Настройка чувствительности дефектоскопа с использованием АРД-диаграммы и НО

7 Полученные данные приведены в таблице Ж.2.

8 При УЗК в случае обнаружения отражателя на глубине, отличной от 20, 30, 40, 50 мм, необходимо вычислить значение амплитуды по АРД-кривой аналогично перечисленным глубинам.

Таблица Ж.2

Глубина, мм	20	30	40	50	60
Браковочный уровень, дБ	37,5	42	46	49	52
Контрольный уровень, дБ	43,5	48	52	55	58
Поисковый уровень, дБ	49,5	54	58	61	64

Пример 6

Настройка чувствительности дефектоскопа для УЗК СС ГЦТ Ду850 в случае настройки с помощью КО *V*1 при использовании ПЭП MWB 45-2.

Условие

Толщина объекта контроля равна 70 мм.

Использован наклонный ПЭП MWB 45-2 (2 МГц, 45°, размер ПЭ — 8 × 9 мм).

Браковочный и контрольный уровни для СС определяют по таблице 15 ПНАЭ Г-7-010:

$S_{бр}$ = 7 мм^2;

$S_{фикс}$ = 3,5 мм^2.

Необходимо определить чувствительность дефектоскопа на браковочном, контрольном и поисковом уровнях.

Решение

1 Определяют значение сигнала на $V1$ от цилиндрической поверхности (рисунок Ж.10):

A_{V1} = 23 дБ (расстояние по лучу = 100 мм) (все измерения проводят на уровне 50 % высоты экрана).

2 Вычисляют значение $A_{д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.11) на расстоянии 100 мм:

$$A_{д.но} = 13 \text{ дБ}.$$

3 Вычитают из $A_{д.но}$ = 13 дБ поправку ΔV_{K1} (рисунок Ж.11):

$$A_{V1} = 13 - \Delta V_{K1} = 13 - 10 = 3 \text{ дБ}.$$

4 Амплитуда 3 дБ на расстоянии по лучу 100 мм на АРД-диаграмме соответствует эхо-сигналу с амплитудой A_{V1} = 23 дБ на образце $V1$.

5 Вычисляют значения амплитуды для отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) на АРД-диаграмме (рисунок Ж.11) на глубине 50, 40, 30 и 20 мм (расстояния по лучу 70, 57, 42 и 28 мм соответственно):

$$A_{50} = 29 \text{ дБ};$$

$$A_{40} = 26 \text{ дБ};$$

$$A_{30} = 22 \text{ дБ};$$

$$A_{20} = 17{,}5 \text{ дБ}.$$

6 Вычисляют разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) A_{50}, A_{40}, A_{30}, A_{20} и сигнала от $V1$ на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{50} = 29 - 3 = 26 \text{ дБ};$$

$$\Delta A_{40} = 26 - 3 = 23 \text{ дБ};$$

$$\Delta A_{30} = 22 - 3 = 19 \text{ дБ};$$

$$\Delta A_{20} = 17{,}5 - 3 = 14{,}5 \text{ дБ}.$$

7 Чувствительность дефектоскопа определяют следующим образом:

а) Значение амплитуды сигнала от $V1$ на дефектоскопе суммируют со значением ΔA_{50}: 23 + 26 = 49 дБ. Это значение соответствует браковочному уровню на глубине 50 мм.

б) Браковочный уровень на глубинах 40, 30 и 20 мм определяют аналогично:

$$A_{бр40} = 23 + 23 = 46 \text{ дБ};$$

$$A_{бр30} = 23 + 19 = 42 \text{ дБ};$$

$$A_{бр20} = 23 + 14{,}5 = 37{,}5 \text{ дБ}.$$

в) Контрольный уровень устанавливают на 6 дБ выше браковочного.

г) Поисковый уровень устанавливают на 12 дБ выше браковочного.

8 При УЗК в случае обнаружение отражателя на глубине, отличной от 20, 30, 40, 50 мм, необходимо определить значение амплитуды по АРД-кривой аналогично перечисленным глубинам.

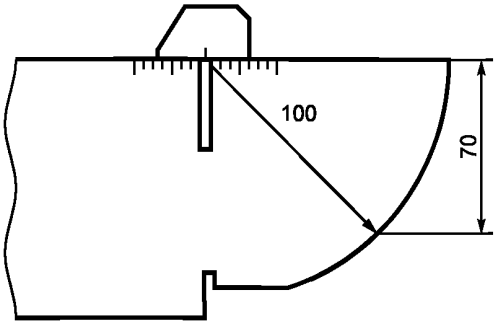


Рисунок Ж.10 — Получение максимального сигнала на образце $V1$

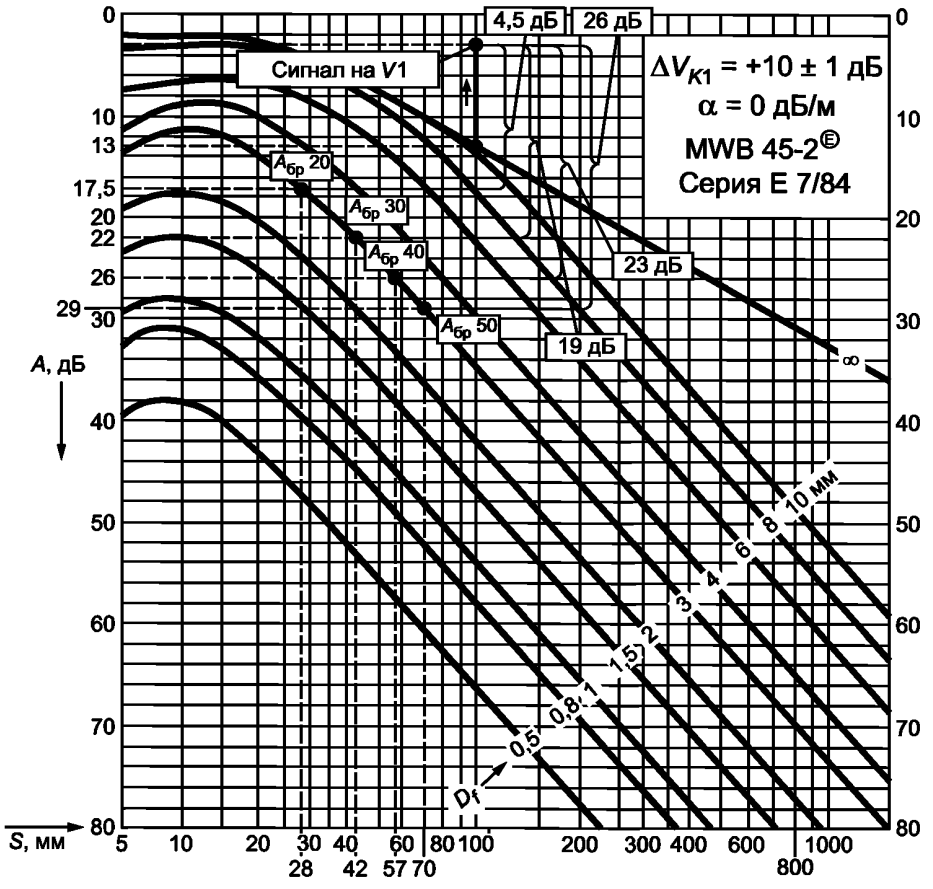


Рисунок Ж.11 — Настройка чувствительности дефектоскопа с использованием АРД-диаграммы и КО *V*1

Пример 7

Настройка чувствительности дефектоскопа для УЗК СС сосуда в случае настройки с помощью НО с плоскодонными отверстиями с использованием ПЭП WB 45-2.

Условие

Толщина СС равна 200 мм.

Использован наклонный ПЭП WB 45-2-E (2 МГц, 45°, размер ПЭ: 20 × 22 мм).

Глубина залегания плоскодонного отверстия в НО составляет 150 мм.

Площадь плоскодонного отверстия — 7 мм^2.

Браковочный и контрольный уровни для СС определяют по таблице 15 ПНАЭ Г-7-010:

$S_{бр}$ = 7 мм^2;

$S_{фикс}$ = 3,5 мм^2.

Необходимо определить чувствительность дефектоскопа на браковочном, контрольном и поисковом уровнях.

Решение

1 Определяют значение амплитуды сигнала от плоскодонного отверстия на НО на глубине 150 мм (расстояние по лучу равно 212 мм) (рисунок Ж.12) на дефектоскопе:

$$A_{пл.д.но} = 30 \text{ дБ}.$$

2 Вычисляют значение $A_{пл.д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.13) на расстоянии 212 мм:

$$A_{пл.д.но} = 34 \text{ дБ}.$$

3 Амплитуда сигнала от плоскодонного отверстия 34 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{пл.д.но}$ = 30 дБ на дефектоскопе.

4 Чувствительность дефектоскопа определяют следующим образом:

а) Браковочный уровень на глубине 150 мм:

$$A_{пл.д.но} = 30 \text{ дБ}.$$

б) Для определения браковочного уровня на глубинах 200, 100 и 50 мм находят пересечение АРД-кривой (для отверстия размером 7 мм^2) с глубинами 200, 100 и 50 мм (расстояние по лучу 283, 141 и 71 мм соответственно) (рисунок Ж.13).

в) Для расстояния 283 мм вычисляют разницу между амплитудой от отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) на глубине 150 мм (расстояние 212 мм) и амплитудой от отражателя размером 7 мм^2 на глубине 200 мм (расстояние 283 мм) на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{200} = 38 - 34 = 4 \text{ дБ}.$$

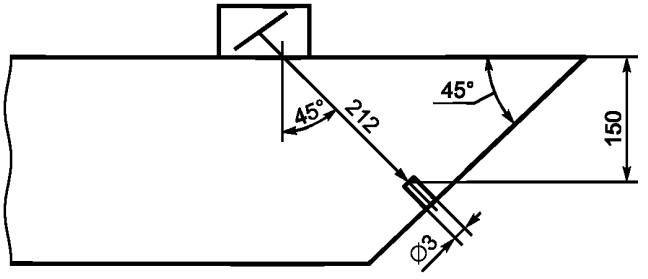


Рисунок Ж.12 — Получение сигнала на НО с плоскодонными отверстиями

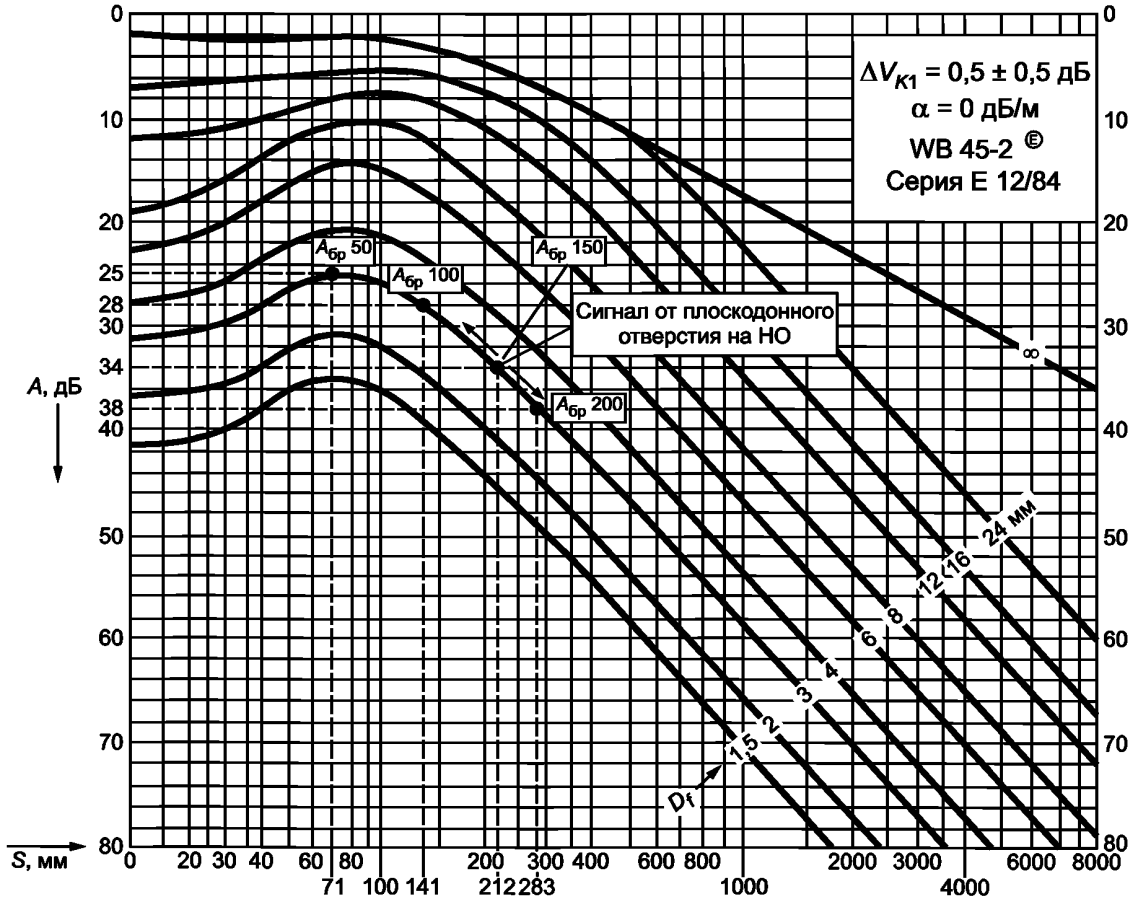


Рисунок Ж.13 — Настройка чувствительности дефектоскопа с использованием АРД-диаграммы и НО с плоскодонными отверстиями

Браковочный уровень на глубине 200 мм равен сумме значения амплитуды сигнала на дефектоскопе от плоскодонного отражателя на глубине 150 мм и значения ΔA_{200}:

$$A_{бр} = 30 + 4 = 34 \text{ дБ}.$$

г) Для расстояния 141 мм вычисляют разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) на глубине 150 мм (расстояние 212 мм) и отражателя размером 7 мм^2 на глубине 100 мм (расстояние 141 мм) на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{100} = 34 - 28 = 6 \text{ дБ}.$$

д) Поскольку отражатель на глубине 100 мм находится выше по АРД-кривой, чем отражатель на глубине 150 мм, браковочный уровень для глубины 100 мм равен разности значения амплитуды сигнала на дефектоскопе от плоскодонного отражателя на глубине 150 мм и значения ΔA_{100}:

$$A_{бр} = 30 - 6 = 24 \text{ дБ}.$$

е) Для расстояния 71 мм вычисляют разницу значений амплитуд отражателя размером 7 мм^2 (d = 3 мм) на глубине 150 мм (расстояние 212 мм) и отражателя размером 7 мм^2 на глубине 50 мм (расстояние 71 мм) на АРД-диаграмме:

$$\Delta A_{50} = 34 - 25 = 9 \text{ дБ}.$$

ж) На глубине 50 мм $A_{бр} = 30 - 9 = 21$ дБ.

и) Контрольный уровень устанавливают на 6 дБ выше браковочного.

к) Поисковый уровень устанавливают на 12 дБ выше браковочного.

5 Полученные данные приведены в таблице Ж.3.

6 При УЗК в случае обнаружение отражателя на глубине, отличной от 200, 150, 100, 50 мм, необходимо определить значение амплитуды по АРД-кривой аналогично перечисленным глубинам.

Таблица Ж.3

Глубина, мм	50	100	150	200
Браковочный уровень, дБ	21	24	30	34
Контрольный уровень, дБ	27	30	36	40
Поисковый уровень, дБ	33	36	42	46

Ж.2.2 АРД-шкалы и работа с ними

Один из способов настройки чувствительности дефектоскопа — АРД-шкалы. АРД-шкала представляет собой АРД-диаграмму, на которой зависимости между амплитудой, расстоянием и диаметром представлены в виде горизонтальных параллельных линий. При этом амплитудное значение эхо-сигнала определяют как разность между опорным сигналом и сигналом от отражателя. В качестве опорного сигнала выбрана амплитуда эхо-сигнала от бокового цилиндрического отверстия d = 6 мм в СО-2. АРД-шкала построена для конкретных типов ПЭП с учетом ранее представленных формул акустического тракта и их экспериментальной проверки.

Пример 8

Настройка чувствительности дефектоскопа на СО-2 с использованием ПЭП ПНЦ-1,8-50°.

После настройки при УЗК СС выявлен отражатель.

Условие

Браковочный уровень $S_{бр}$ = 10 мм^2.

Использован наклонный ПЭП ПНЦ-1,8-50° (1,8 МГц, 50°, размер d = 18 мм).

Амплитуда эхо-сигнала от отражателя A = 42 дБ.

Глубина залегания отражателя — 70 мм.

Материал изделия — Ст20 (сталь перлитного класса).

Толщина изделия — 100 мм.

Необходимо определить чувствительность дефектоскопа на браковочном, контрольном и поисковом уровнях, в случае настройки на СО-2 и эквивалентную площадь отражателя.

Решение

1 С помощью дефектоскопа определяют значение опорного сигнала на СО-2 от отверстия с d = 6 мм на глубине 44 мм:

$$A_{оп} = 40 \text{ дБ}.$$

2 По АРД-шкале (рисунок Ж.14) вычисляют разность между опорным и браковочным уровнем на глубине 100 мм для площади 10 мм^2:

$$\Delta A = 10 \text{ дБ}.$$

3 Чувствительность дефектоскопа устанавливают равной сумме амплитуд опорного сигнала и значения ΔA:

$$\Delta A = 40 + 10 = 50 \text{ дБ}.$$

Это браковочный уровень на глубине 100 мм.

4 Для определения браковочного уровня на меньших глубинах необходимо по АРД-шкале вычислить разность между опорным и браковочным уровнем на нужной глубине, затем сложить опорный уровень с полученным значением разности. Полученная величина будет браковочным уровнем на нужной глубине.

5 Для определения размера отражателя необходимо вычислить разницу между опорным уровнем и амплитудой сигнала от отражателя:

$$\Delta A_э = 42 - 40 = 2\text{дБ}.$$

6 На АРД-шкале вычисляют значение +2 дБ (нижний знак) на глубине 70 мм и эквивалентную площадь отражателя: $S_{экв}$ = 15 мм^2.

Ответ

$$S_{экв} = 15 \text{ мм}^2.$$

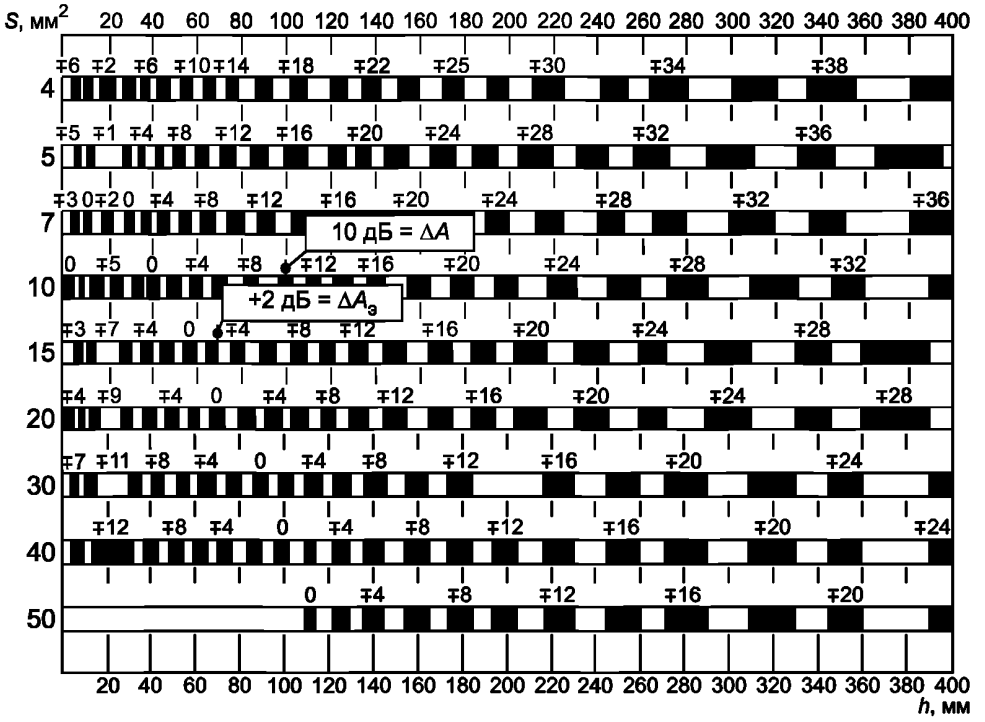


Рисунок Ж.14 — Разность между опорным (по СО-2) и браковочным уровнями чувствительности, ПНЦ-1,8-50°

Ж.2.3 Работа с АРД-диаграммами при УЗК РС ПЭП

Пример 9

УЗК зоны сплавления антикоррозионной наплавки с металлом СС сосуда со стороны наплавки выявил несплошность.

Условие

Толщина СС равна 100 мм.

Использован РС ПЭП SEB 2Н (2 МГц, 0°, размер ПЭ — 7 × 18 мм).

Толщина НО — 24 мм.

Глубина залегания плоскодонного отверстия в НО составляет 9 мм (рисунок Ж.15).

Площадь плоскодонного отверстия — 20 мм^2.

Браковочный уровень и контрольный уровень для СС определяют согласно таблице 17 ПНАЭ Г-7-010:

$S_{бр}$ = 20 мм^2; $S_{фикс}$ = 10 мм^2.

Необходимо определить эквивалентную площадь отражателя.

Решение

1 Определяют значение сигнала от плоскодонного отверстия на НО:

$$A_{пл.д.но} = 20 \text{ дБ}.$$

2 Вычисляют значение амплитуды на АРД-диаграмме для отражателя размером 20 мм^2 (d = 5 мм) (рисунок Ж.16) на глубине 9 мм $A_{пл.д.но}$ = 13,5 дБ.

3 Значение амплитуды сигнала от плоскодонного отверстия 13,5 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{пл.д.но}$ = 20 дБ на дефектоскопе.

4 Значение амплитуды 20 дБ на дефектоскопе является браковочным уровнем.

5 Поскольку амплитуда сигнала от несплошности превышает браковочный уровень на 2 дБ, необходимо на АРД-диаграмме отложить вверх 2 дБ от найденного значения амплитуды 13,5 дБ на глубине 9 мм (рисунок Ж.16). Таким образом, результирующее значение амплитуды сигнала от несплошности на АРД-диаграмме:

$$13,5 - 2 = 11,5 \text{ дБ}.$$

6 С учетом близлежащих АРД-линий вычисляют $S_{экв}$.

Ответ

$$d_{экв} \approx 6 \text{ мм},$$

$$S_{экв} \approx 28,3 \text{ мм}^2.$$

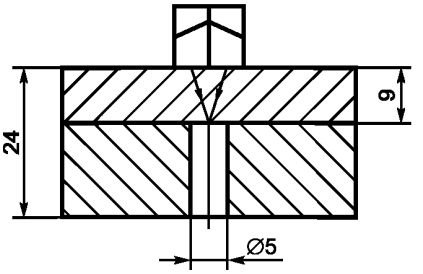


Рисунок Ж.15 — НО для УЗК антикоррозионного наплавленного покрытия с плоскодонным отверстием

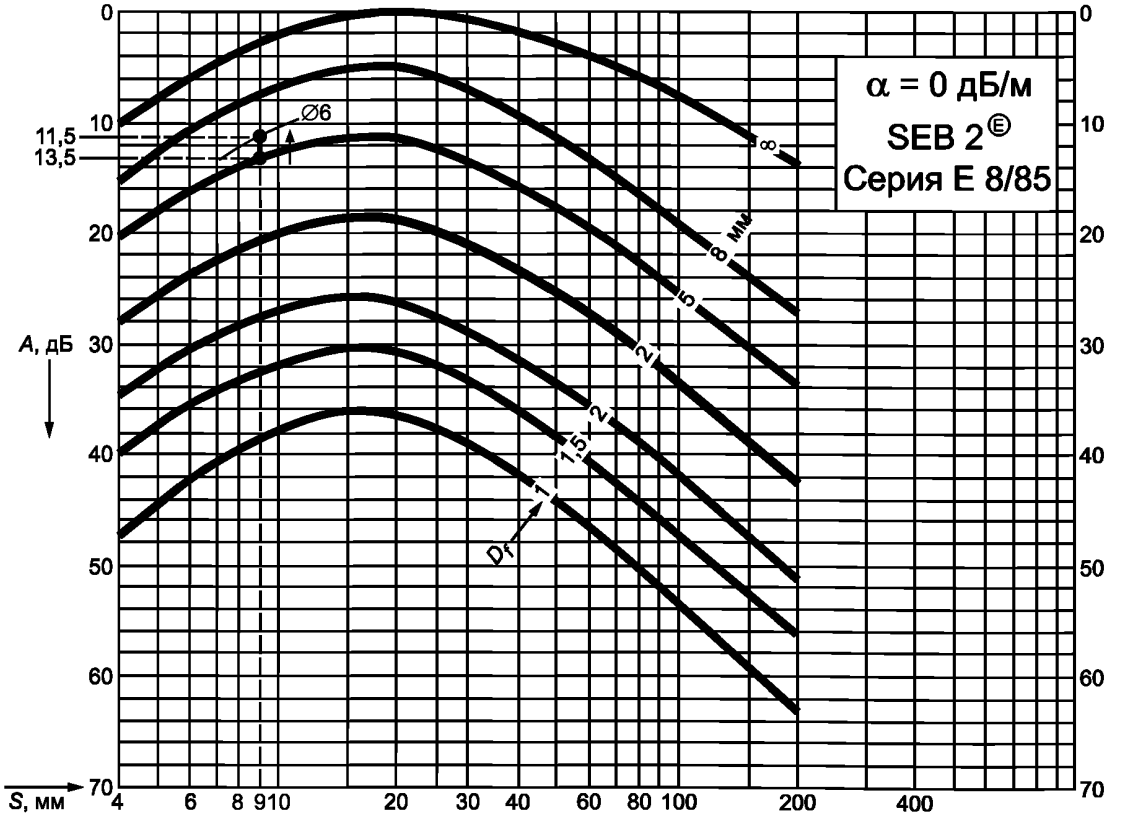


Рисунок Ж.16 — Определение эквивалентной площади несплошности по АРД-диаграммам с использованием НО

Пример 10

При УЗК зоны сплавления антикоррозионного наплавленного покрытия с металлом СС сосуда со стороны наплавки выявлена несплошность.

Условие

Толщина СС равна 100 мм.

Использован РС ПЭП SEB 2-E (2 МГц, размер ПЭ — 7 × 18 мм).

Толщина НО — 20 мм.

Браковочный уровень и контрольный уровень для СС определяют по таблице 17 ПНАЭ Г-7-010:

$S_{бр}$ = 20 мм^2; $S_{фикс}$ = 10 мм^2.

Необходимо определить браковочный уровень в децибелах и эквивалентный размер несплошности.

Решение

1 Определяют значение донного сигнала НО на дефектоскопе:

$$A_{д.но} = 25 \text{ дБ}.$$

2 Вычисляют значение $A_{д.но}$ на АРД-диаграмме (рисунок Ж.18) на глубине 20 мм:

$$A_{д.но} = 0 \text{ дБ}.$$

3 Амплитуда донного сигнала 0 дБ на АРД-диаграмме соответствует $A_{д.но}$ = 25 дБ на дефектоскопе.

4 Вычисляют значение амплитуды для отражателя размером 20 мм^2 (d = 5 мм) на АРД-диаграмме (рисунок Ж.18) на глубине 9 мм:

$$A = 13{,}5 \text{ дБ}.$$

5 Вычисляют разницу значений амплитуд отражателя размером 20 мм^2 (d = 5 мм) и донного сигнала на АРД-диаграмме:

$$\Delta A = 13{,}5 - 0 = 13{,}5 \text{ дБ}.$$

6 Таким образом, браковочный уровень равен сумме амплитуды донного сигнала на НО и ΔA:

$$A_{бр} = 25 + 13{,}5 = 38{,}5 \text{ дБ}.$$

7 Для определения эквивалентного размера несплошности необходимо на АРД-диаграмме отложить 2 дБ вверх от отражателя размером 20 мм^2 (d = 5 мм) (рисунок Ж.18) на глубине 9 мм. Результирующее значение амплитуды сигнала от несплошности на АРД-диаграмме:

$$13{,}5 - 2 = 11{,}5 \text{ дБ}.$$

8 С учетом близлежащих АРД-линий определяют $S_{экв}$.

Ответ

$$d_{экв} \approx 6 \text{ мм};$$

$$S_{экв} \approx 28{,}3 \text{ мм}^2.$$

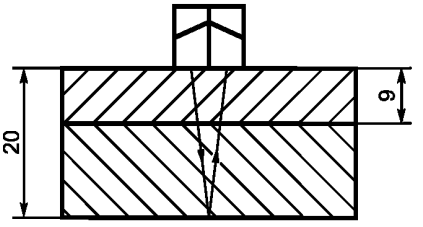


Рисунок Ж.17 — НО для УЗК антикоррозионной наплавки

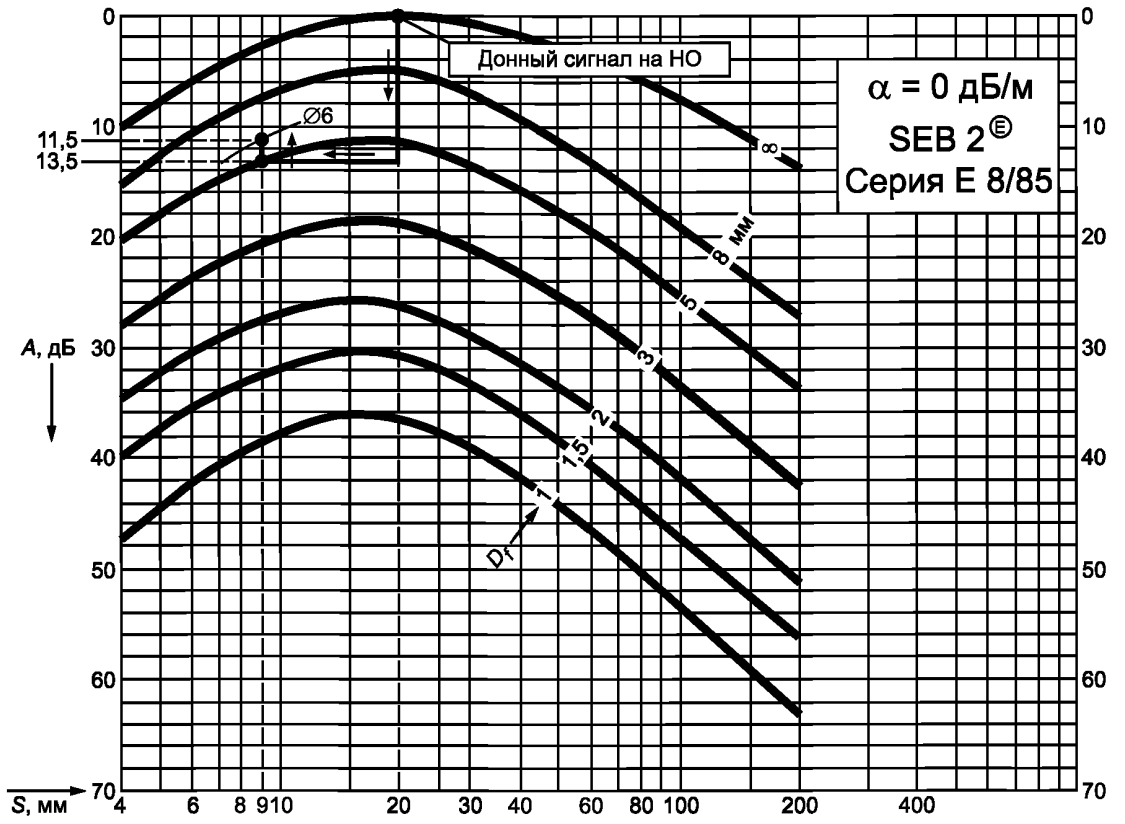


Рисунок Ж.18 — Настройка чувствительности и определение эквивалентной площади несплошности по АРД-диаграммам с использованием НО

Ж.2.4 Связь АРД-диаграмм для бокового цилиндрического и плоскодонного отверстий

На практике в некоторых случаях необходимо сравнить эхо-сигналы от плоскодонных и боковых цилиндрических отражателей. В частности, перерасчет может быть использован для сравнения норм УЗК: федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, устанавливающих правила контроля основного металла, СС и наплавленных поверхностей и кода ASME. В коде ASME рекомендуется устанавливать чувствительность по эхо-сигналам от боковых цилиндрических отражателей.

Эхо-сигналы P и P' от плоскодонного и бокового цилиндрического отверстий вычисляют по формулам акустического тракта:

- для плоскодонного отверстия:

$$\frac{P'}{P} = \frac{S_a \cdot S_b \cdot \cos\alpha}{\lambda^2 \cdot (r + r_2)^2 \cdot \cos\beta} \cdot e^{-2(r\delta + r_2\delta_2)}; \qquad (Ж.1)$$

- для бокового цилиндрического отверстия:

$$\frac{P'}{P} = \frac{S_a \cdot \cos\alpha}{\lambda \cdot \cos\beta} \cdot \sqrt{\frac{d}{8 \cdot (r + r_2)^3}}\, e^{-2(r\delta + r_2\delta_2)}. \qquad (Ж.2)$$

Выполняют расчет для дефектов, расположенных на одинаковых расстояниях (глубинах).

Пересчет плоскодонного отражателя в боковое цилиндрическое отверстие, расположенных на одинаковом расстоянии, производят по следующему алгоритму:

- приравнивают формулы акустических трактов для плоскодонного и бокового цилиндрического отражателей:

$$\frac{S_П}{\lambda^2 \cdot (r + r_э)^2} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{d_ц}{8 \cdot (r + r_э)^3}}; \qquad (Ж.3)$$

$$\frac{S_П^2}{\lambda^2 \cdot (r + r_э)^2} = \frac{d_ц}{8 \cdot (r + r_э)^3}; \qquad (Ж.4)$$

$$d_{ц} = \frac{8 \cdot S_{П}^2}{\lambda^2 \cdot (r + r_{з})}, \quad (Ж.5)$$

где $S_{п}$ — площадь плоскодонного отверстия, мм^2;
$d_{ц}$ — диаметр бокового цилиндрического отверстия, мм;
r — путь по лучу до дефекта, мм;
$r_{з}$ — путь в призме, мм.

Полученная зависимость справедлива для отражателей расположенных на одинаковом расстоянии.

Расчет для дефектов расположенных на разных расстояниях, производят по следующему алгоритму:

- приравниваем формулы акустических трактов:

$$\frac{S_{П}}{\lambda^2 \cdot (r_{п} + r_{з})^2} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{d_{ц}}{8 \cdot (r_{б} + r_{з})^3}}; \quad (Ж.6)$$

$$\frac{S_{П}^2}{\lambda^2 \cdot (r_{п} + r_{з})^2} = \frac{d_{ц}}{8 \cdot (r_{б} + r_{з})^3}; \quad (Ж.7)$$

$$d_{ц} = \frac{8 \cdot S_{П}^2 \cdot (r_{б} + r_{з})^3}{\lambda^2 \cdot (r_{п} + r_{з})^2}, \quad (Ж.8)$$

где $r_{б}$ — расстояние от поверхности до бокового цилиндрического отражателя, мм;
$r_{п}$ — расстояние от поверхности до плоскодонного отверстия, мм.

Пример 11

Определение размера бокового цилиндрического отверстия для настройки требуемого уровня чувствительности.

Условие

Толщина сварного соединения H = 70 мм.

Браковочный уровень равен $S_{бр}$ = 15 мм^2.

Задержка в призме составляет 15,5 мм.

Использован наклонный ПЭП WB 45-2 (2 МГц, 45°, размер ПЭ — 20 × 22 мм).

Необходимо определить размер бокового цилиндрического отверстия для настройки чувствительности.

Решение

Вычисляют длину волны λ по формуле

$$\lambda = \frac{c_{t}}{f}, \quad (Ж.9)$$

где c_{t} — скорость поперечной волны (3240 м/с);
f — номинальная частота ПЭП.

Вычисляют расстояние r по формуле

$$r = \frac{H}{\cos 45}. \quad (Ж.10)$$

Затем подставляют полученные значения в формулу для отражателей, расположенных на одинаковом расстоянии, по формуле

$$d_{ц} = \frac{8 \cdot S_{П}^2}{\lambda^2 \cdot (r + r_{з})}. \quad (Ж.11)$$

Таким образом, боковое цилиндрическое отверстие, расположенное на глубине 70 мм диаметром $d_{ц}$ = 6 мм, имеет такую же отражательную способность, как и плоскодонное отверстие площадью $S_{экв}$ = 15 мм^2 (d = 4,4 мм).

Ответ

d = 6 мм.

Для определения размера бокового цилиндрического отверстия, эхо-сигнал от которого равен эхо-сигналу от плоскодонного отверстия с известным размером и расположенного на той же глубине, можно использовать соотношения, построенные для конкретного ПЭП (рисунок Ж.19).

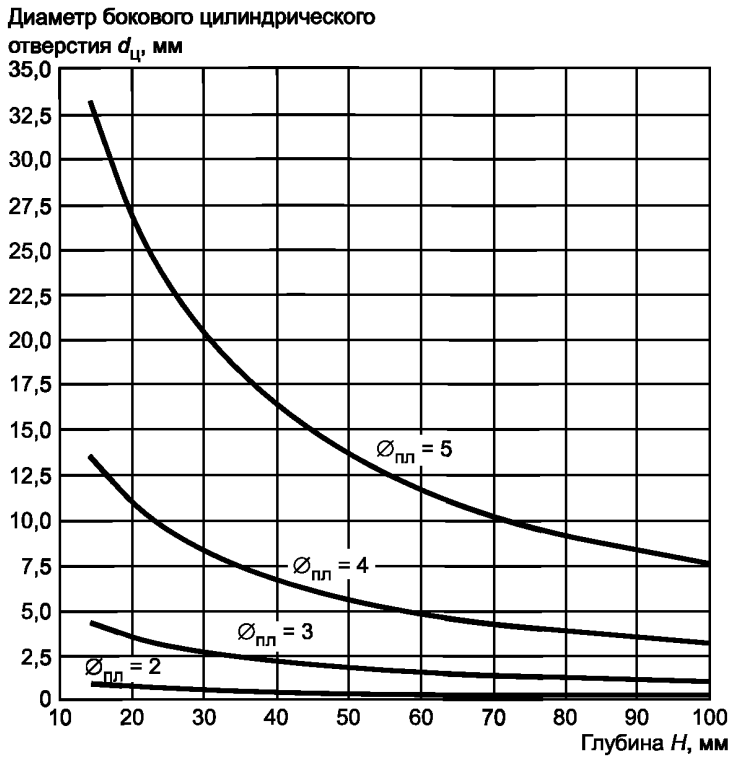


Рисунок Ж.19 — Соотношения между диаметрами бокового цилиндрического и плоскодонного отверстий при различной глубине залегания для ПЭП WB 45-2

Ж.2.5 Пересчет плоскодонного отражателя в зарубку

Пример 12

Определение размера зарубки для настройки чувствительности СС заданной толщины.

Условие

Толщина СС H = 12 мм.

Браковочный уровень равен $S_{бр}$ = 7 мм^2.

Использован наклонный ПЭП MWB70-4 (4 МГц, 70°, размер ПЭ — 8 × 9 мм).

Необходимо определить размер зарубки для настройки чувствительности.

Решение

Необходимо определить, в какой зоне находится отражатель. Вычисляют длину волны и длину ближней зоны по формуле

$$\lambda = \frac{c_t}{f} = \frac{3,24}{4} = 0,81 \text{ мм};$$

$$N = \frac{S}{\pi\lambda}, \qquad (Ж.12)$$

где S — площадь пьезопластины ПЭП.

$$N = \frac{S}{\pi\lambda} = \frac{8 \cdot 9}{\pi \cdot 0,81} = 28,3 \text{ мм}.$$

Минимальное расстояние от ПЭП-отражателя:

$$r = \frac{H}{\cos\alpha} = \frac{12}{\cos 70} = 35,1 \text{ мм}.$$

Таким образом, отражатель расположен в дальней зоне (рисунок Ж.20).

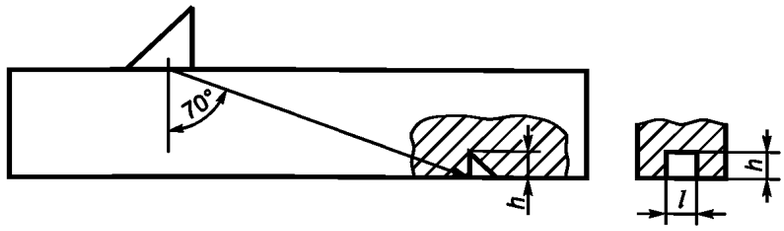


Рисунок Ж.20 — Настройка на НО с зарубкой

Эхо-сигналы P и P' от плоскодонного отверстия вычисляют по формуле акустического тракта (Ж.1)

$$\frac{P'}{P} = \frac{S \cdot S_{П}}{\lambda^2 \cdot r^2} \cdot e^{-2r \cdot \delta}. \quad (Ж.13)$$

Эхо-сигналы P и P' от зарубки вычисляют по формуле

$$\frac{P'}{P} = N \cdot \frac{S \cdot S_{з}}{\lambda^2 \cdot r^2} \cdot e^{-2r \cdot \delta}. \quad (Ж.14)$$

Эти сигналы должны быть равны, следовательно

$$S_{П} = \mathrm{N} \cdot S_{з}, \quad (Ж.15)$$

где N — коэффициент для стали, алюминия и его сплавов, титана и его сплавов, зависящий от угла ввода (рисунок Ж.21).

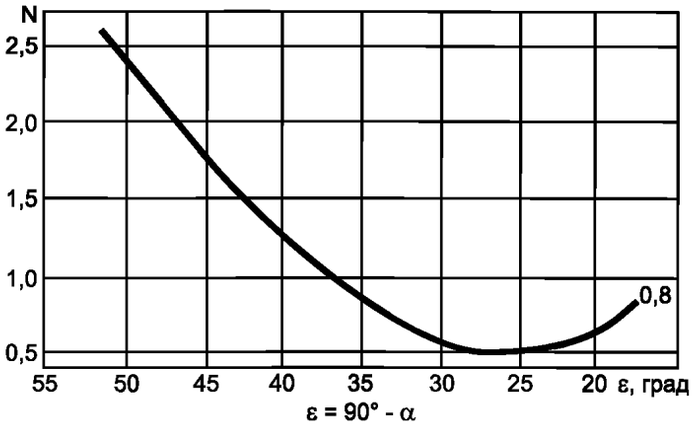


Рисунок Ж.21 — Зависимость N = f(ε) для стали, алюминия и его сплавов, титана и его сплавов

По зависимости N = f(ε) вычисляют коэффициент N = 0,65.
Таким образом, площадь зарубки равна:

$$S_{з} = \frac{S_{П}}{N}; \quad (Ж.16)$$

$$S_{з} = \frac{S_{П}}{N} = \frac{7}{0,65} = 10,8 \text{ мм}^2.$$

Принимают высоту зарубки h = 3,6 мм, тогда длина зарубки составляет l = 3 мм. Отношение $\frac{h}{l}$ не должно быть менее 0,5 и более 4.

$$\frac{h}{l} = \frac{3,6}{3,0} = 1,2.$$

Ответ
Размеры зарубки — 3 × 3,6 мм^2.

Приложение И
(обязательное)

Методика ультразвукового контроля сварных соединений сферических корпусов задвижек трубопроводов

И.1 Настоящая методика определяет порядок и технологию УЗК диаметральных СС сферических корпусов задвижек из сталей марок 15ГС, 15Х1МФ, 12Х1М1Ф с диаметрами условного прохода Ду100, 125, 150, 175, 200 и 250 мм.

И.2 При УЗК применяют наклонные ПЭП с углом ввода от 40° до 50° с частотами от 1,8 до 2,5 МГц. ПЭП должны быть притерты.

И.3 Проводят операции в соответствии с 7.4.

И.4 Для осуществления технологических операций УЗК используют НО, изготовленные по рисунку И.1. Параметры НО вычисляют по формулам:

$$\varphi = \arccos\left(\frac{\sin\alpha}{1-H/R}\right); \qquad (И.1)$$

$$\frac{Z}{R} = [\arcsin\left(\frac{\sin\alpha}{1-\frac{H}{R}}\right) - a](\pi/180°). \qquad (И.2)$$

И.5 Для УЗК СС корпусов задвижек рекомендуются параметры НО, представленные в таблице И.1. Диаметр d плоскодонных отражателей выбирают в соответствии с требованиями действующих ПК.

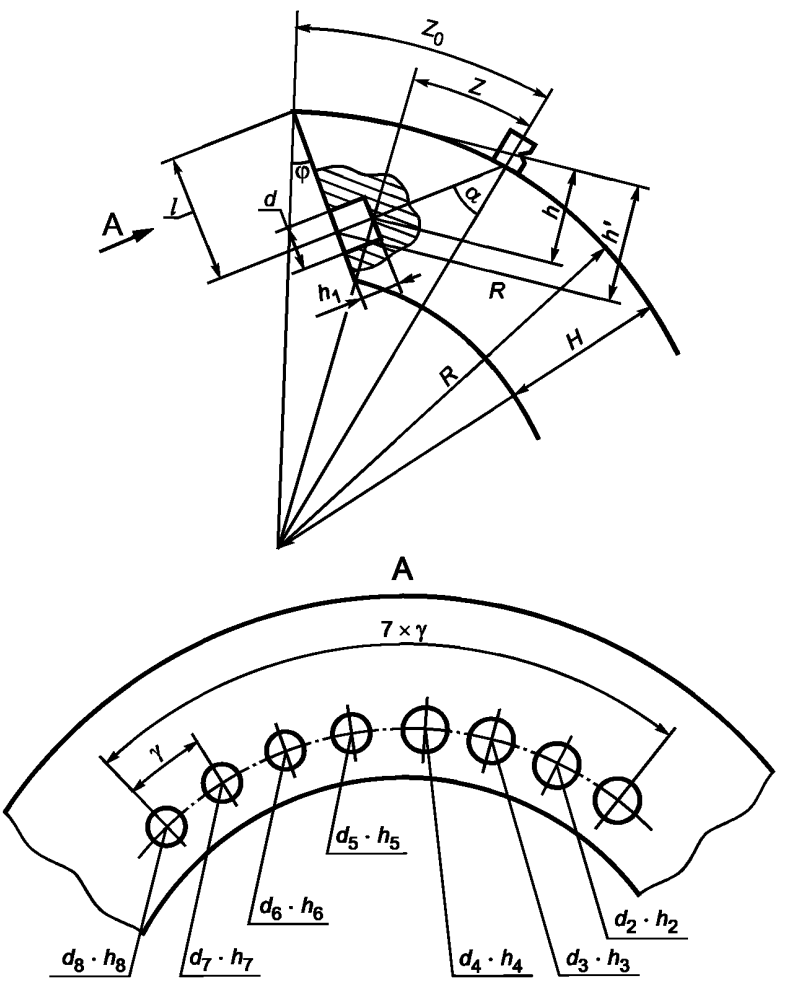


Рисунок И.1 — НО для настройки дефектоскопа

Таблица И.1 — Параметры НО для контроля сварных соединений корпусов задвижек

Параметр	Угол ввода α, град					
	40			50		
	Диаметр условного прохода					
	Ду100-150	Ду175-200	Ду250	Ду100-150	Ду175-200	Ду250
R, мм	135	230	250	135	230	250
H, мм	30	45	72	30	45	72
Ф, град	30	33	25	14	22	7
Г, град	7	7	7	7	7	7
Z_0, мм	46	73	118	58	80	150
l, мм	28	48	70	26	42	60

И.6 УЗК проводят путем сканирования ПЭП по сферической поверхности, чистота обработки поверхности должна быть не хуже Ra 6,3 мкм (R_z 40 мкм) по ГОСТ 2789. Ширина подготовленной под УЗК зоны с каждой стороны шва должна соотвествовать требованиям ТКК.

И.7 Дефектоскопы рекомендуется настраивать с учетом кривизны поверхности задвижек для определения глубины h дефекта и расстояния Z (по сфере) (рисунок И.1), значения h и Z вычисляют по формуле (И.2).

И.8 Настройку глубиномера и диапазона развертки дефектоскопов проводят по плоскодонным отражателям в НО (рисунок И.1).

И.9 Не допускается использование ПЭП, если измеренные значения h и Z отличаются от истинных значений h и Z отражателей в НО более чем на ± 2 мм.

И.10 Настройку чувствительности дефектоскопа проводят по плоскодонным отражателям в НО. Браковочный уровень устанавливают по отражателям в НО (рисунок И.1), с наибольшей площадью.

И.11 При обнаружении несплошности ее измеренные характеристики следует сравнивать с характеристиками от плоскодонного отражателя, расположенного на глубине, наиболее близкой к глубине обнаруженной несплошности.

И.12 УЗК проводят прямым лучом с двух сторон СС двумя ПЭП с выбранным углом ввода.

И.13 Проведение УЗК и определение характеристик несплошностей осуществляют в соответствии с рекомендациями настоящего стандарта.

Приложение К
(справочное)

Методика распознавания типа дефектов по коэффициенту формы

К.1 Общие требования

К.1.1 Настоящая методика определяет порядок и специальные нормы оценки типа (плоскостные или объемные) обнаруженных несплошностей. К плоскостным несплошностям относят трещины, несплавления по кромкам разделки, непровары. К объемным относят шлаковые и газовые включения, шлаковые трубки, поры и зоны пористости. Несплошности вблизи от поверхностей изделия по настоящей методике не распознаются.

К.1.2 Методика распространяется на стыковые СС деталей с эквидистантными поверхностями толщиной от 60 до 300 мм.

Методика не распространяется на СС литых деталей, деталей с антикоррозионной наплавкой, а также из биметалла.

К.1.3 Распознавание плоскостных и объемных несплошностей проводят путем измерения коэффициента формы несплошности $К_ф$.

$К_ф$ измеряют при прозвучивании несплошностей по схеме «тандем» (эхо-зеркальный метод УЗК) двумя НП, включенными по РС-схеме (рисунок К.1). $К_ф$ определяют в виде отношения амплитуды сигнала, отраженного от несплошности обратно к ПЭП $U_д$, к амплитуде сигнала, прошедшего от одного ПЭП к другому и испытавшего отражение от несплошностей и внутренней поверхности изделия $U_з$. Оценка типа несплошности по $К_ф$ обусловлена различием в направленности отраженного от объемных и плоскостных несплошностей УЗ-поля.

К.1.4 Измерения проводят любым дефектоскопом.

К.1.5 Измерения проводят двумя однотипными наклонными ПЭП с углами ввода от 40° до 50° с частотами от 1,8 до 2,5 МГц. Рекомендуется использовать тот тип ПЭП, которым проводился поиск несплошностей.

К.1.6 Абсолютная разница в величине углов наклона ПЭП не должна превышать 1°.

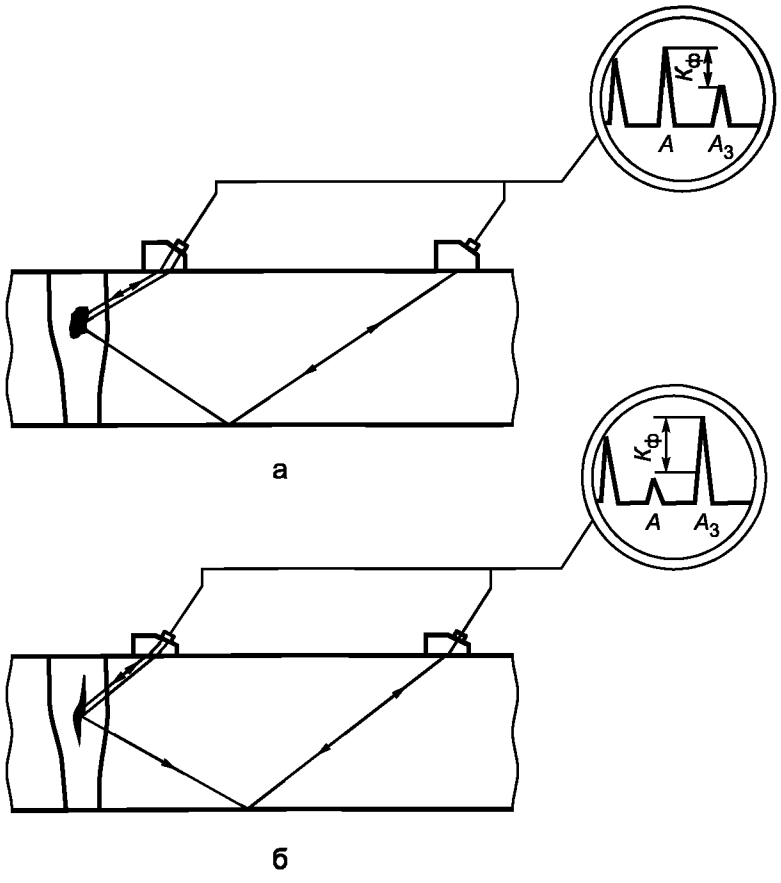


Рисунок К.1 — Коэффициент формы объемных (а) и плоскостных (б) несплошностей

ПЭП должны иметь одинаковую чувствительность. ПЭП считают равночувствительными, если при прозвучивании каждым из них последовательно одного и того же отражателя в СО-1 по ГОСТ Р 55724 амплитуды эхо-сигналов отличаются не более чем на 1 дБ.

Если из ПЭП, имеющихся в распоряжении контролера, не удается подобрать два равных по чувствительности и однотипных, то для выравнивания чувствительности следует включить последовательно в цепь одного из ПЭП переменное сопротивление от 0,5 до 1,0 КОм.

К.1.7 При проведении измерений следует учитывать наличие зоны «непрозвучивания» (рисунок К.2) — слоя металла, несплошность в котором не может быть достоверно оценена по $К_ф$. Величина $h_н$ этой зоны может быть уменьшена за счет использования ПЭП меньших габаритных размеров (например, применение ПЭП с углом ввода 50° на частоту 2,5 МГц вместо ПЭП с углом ввода 50° на частоту 1,8 МГц уменьшает зону «непрозвучивания» на 8 мм) за счет изменения конструкций ПЭП (уменьшения стрелы заднего и габаритов разъема переднего ПЭП).

Если при УЗК обеспечен доступ к сварному шву с обеих поверхностей свариваемых элементов, ПЭП устанавливают на той поверхности, к которой несплошность ближе.

К.1.8 Если конструкция СС не обеспечивает возможности установки двух ПЭП, то $К_ф$ не измеряют.

К.2 Технология измерений

К.2.1 ПЭП подключают к дефектоскопу по РС-схеме (ГОСТ Р 55724, рисунок 3).

К.2.2 Чувствительность дефектоскопа в момент измерений должна обеспечивать возможность наблюдения на экране минимум одного из двух сигналов.

К.2.3 Измерения проводят при диапазоне развертки, настроенной для УЗК СС (см. 7.1.4).

К.2.4 Оба ПЭП устанавливают друг за другом на поверхности сварного элемента в одной вертикальной плоскости и перемещают их в этой плоскости в поисках максимума сигнала $U_з$.

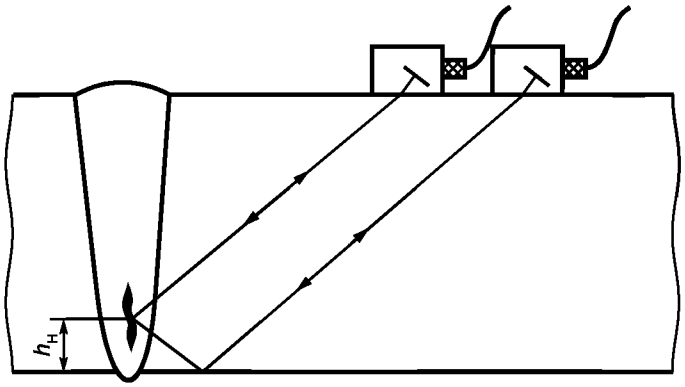


Рисунок К.2 — Зона непрозвучивания $h_н$ при измерении коэффициента формы несплошности

При измерениях ПЭП устанавливают таким образом, чтобы точка ввода переднего ПЭП соответствовала глубине залегания несплошности, а точка ввода заднего ПЭП находилась в положении выявления «тандем»-сигнала от несплошности.

Положение сигнала $U_з$ на линии развертки не зависит от глубины залегания несплошности и соответствует положению эхо-сигнала от нижнего угла образца толщиной, равной толщине контролируемого СС, при прозвучивании одним ПЭП.

К.2.5 Коэффициент формы измеряют при фиксированном положении ПЭП, соответствующем максимуму сигнала $U_з$. При этом чувствительность дефектоскопа устанавливают таким образом, чтобы на экране дефектоскопа были видны вершины сигналов $U_д$ и $U_з$ или минимум одного из этих сигналов.

К.2.6 Коэффициент формы считают:

- положительным, если высота сигнала $U_д$ на экране дефектоскопа более высоты сигнала $U_з$;
- равным 0 дБ, если $U_д$ отличается от $U_з$ не более чем на 1 дБ;
- отрицательным, если $U_д$ менее $U_з$.

К.2.7 Несплошность считают:

- объемной, если коэффициент формы имеет положительное или равное 0 дБ значение;
- плоскостной, если коэффициент формы имеет отрицательное значение.

К.2.8 Каждую несплошность оценивают по $К_ф$ прозвучиванием с двух сторон шва. Измерение $К_ф$ несплошности с условной протяженностью более 30 мм проводят не менее чем в трех сечениях несплошности.

Оценку типа несплошности проводят по наименьшему из измеренных значений $К_ф$.

Приложение Л
(справочное)

Методика определения конфигурации и ориентации несплошностей при изменении угла наблюдения

Л.1 Настоящая методика определяет порядок и критерии оценки конфигурации и ориентации обнаруженных несплошностей по результатам их озвучивания под разными углами.

Л.2 По конфигурации несплошности разделяют на плоскостные и объемные. К плоскостным относят трещины, несплавления, непровары, для них определена ориентация. К объемным относят шлаковые включения и поры, их цепочки и скопления.

Л.3 Измерения проводят ПЭП с переменным углом ввода на частоте 1,8 МГц.

Л.3.1 Положение ПЭП на поверхности изделия и угол ввода в любой момент сканирования должны обеспечивать прохождение центрального УЗ-луча через максимум отражения.

Л.3.2 Рекомендуется использовать специальное устройство ЦНИИТМАШ «Парус», обеспечивающее автоматическое выполнение условия по Л.3.1 при ручном УЗК.

Л.3.3 Допускается проведение измерений комплектом из отдельных ПЭП с углами ввода от 40° до 65° и шагом не более 5°.

Л.4 Измерения проводят в следующем порядке:

Л.4.1 Устанавливают угол ввода ПЭП равным углу, при котором в процессе штатного УЗК обнаружена оцениваемая несплошность. Находят максимум сигнала и определяют глубину залегания центра отражения.

Л.4.2 Настройку диапазона развертки проводят по боковому сверлению, расположенному на глубине залегания несплошности, при максимальном угле ввода.

Л.4.3 Чувствительность дефектоскопа должна обеспечивать возможность обнаружения несплошности во всем диапазоне углов.

Л.4.4 Измеряют амплитуды эхо-сигналов от несплошности при различных углах ввода (рисунок Л.1а).

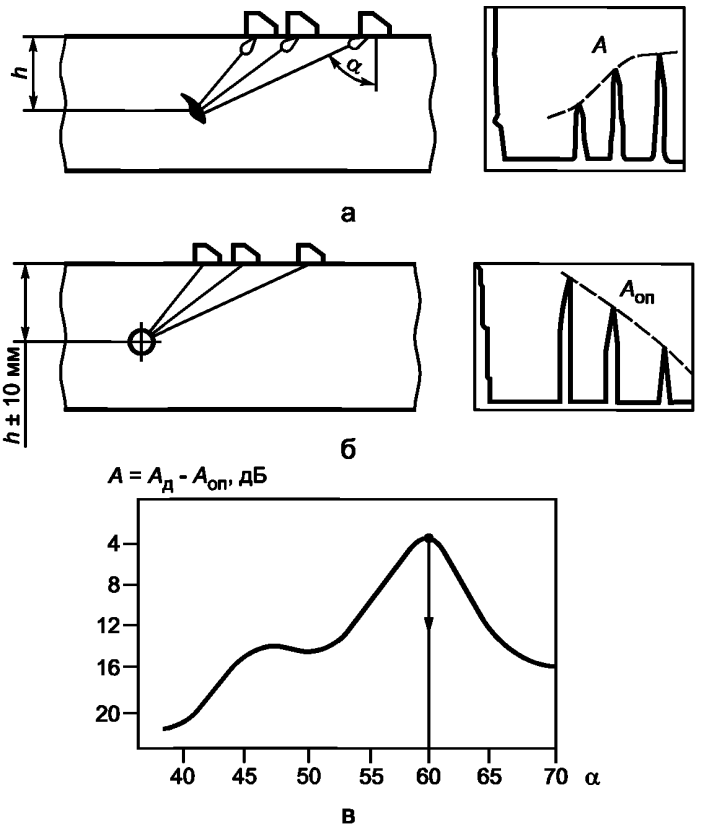


Рисунок Л.1 — Схемы определения ориентации несплошности

Измеряют амплитуду эхо-сигналов от бокового сверления, расположенного на глубине залегания несплошности (опорный сигнал) при тех же углах ввода (рисунок Л.1б).

Л.4.5 По результатам измерений строят нормированную по ненаправленному отражателю (боковому сверлению) огибающую эхо-сигналов от несплошности A (рисунок Л.1в):

$$A = A_д - A_{оп}, \quad (Л.1)$$

где $A_д$ — амплитуда эхо-сигнала от несплошности;

$A_{оп}$ — амплитуда эхо-сигнала от бокового сверления.

Л.4.6 При проведении измерений отдельными ПЭП определяют эквивалентные площади несплошности для каждого угла ввода.

Л.5 По результатам измерения оценивают несплошности.

Л.5.1 Каждую несплошность оценивают по результатам измерения с двух сторон шва.

Л.5.2 Несплошность считают объемной, если нормированная амплитуда эхо-сигнала от нее изменяется во всем диапазоне углов не более чем на 12 дБ или ее эквивалентная площадь изменяется менее чем в четыре раза.

Л.5.3 Несплошность считают плоскостной, если изменение амплитуды больше 12 дБ или эквивалентная площадь изменяется более чем в четыре раза.

Л.5.4 Ориентация несплошности определена углом ввода, при котором амплитуда A максимальна (рисунок Л.1в).

Л.5.5 Если огибающая нормированной амплитуды сигнала A не имеет максимума, но возрастает при увеличении угла ввода при измерении с двух сторон шва, считают, что несплошность — плоскостная с вертикальной ориентацией. При этом для окончательной оценки рекомендуется оценить ее по схеме «тандем».

Л.5.6 Если огибающая нормированной амплитуды сигнала от несплошности не имеет максимума, но увеличивается при уменьшении угла ввода, то для окончательной оценки рекомендуется проводить УЗК прямым или РС ПЭП при удаленной выпуклости.

Приложение М
(справочное)

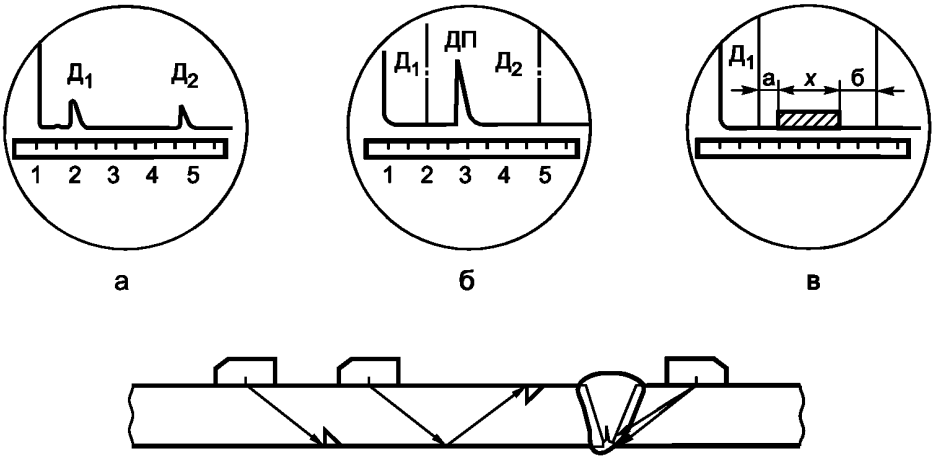
Особенности ультразвукового контроля сварных соединений различных конструкций

М.1 Стыковые сварные соединения

М.1.1 Особенностью стыковых СС с *V*-образной разделкой кромок без подкладных колец является наличие неровностей в корне шва — превышение проплава металла и смещений кромок. Отраженные от неровностей сигналы при УЗК прямым лучом совпадают по времени с сигналами, отраженными от надкорневых несплошностей, обнаруженных однократно отраженным лучом.

На рисунке М.1 приведена схема обнаружения надкорневых несплошностей и неровностей корня шва. Участок развертки «а» — зона появления эхо-сигналов от несплошностей, расположенных в корне шва. Участок «*х*» — это зона появления эхо-сигналов как от несплошностей, расположенных непосредственно над корнем шва, так и от превышения проплава (зона совпадения). Участок «б» — это зона появления эхо-сигналов, отраженных от несплошностей в верхней части шва.

Примечание — Корневой частью соединения считают слой толщиной 1/3*Н*, но не более 5 мм, считая от внутренней поверхности СС.

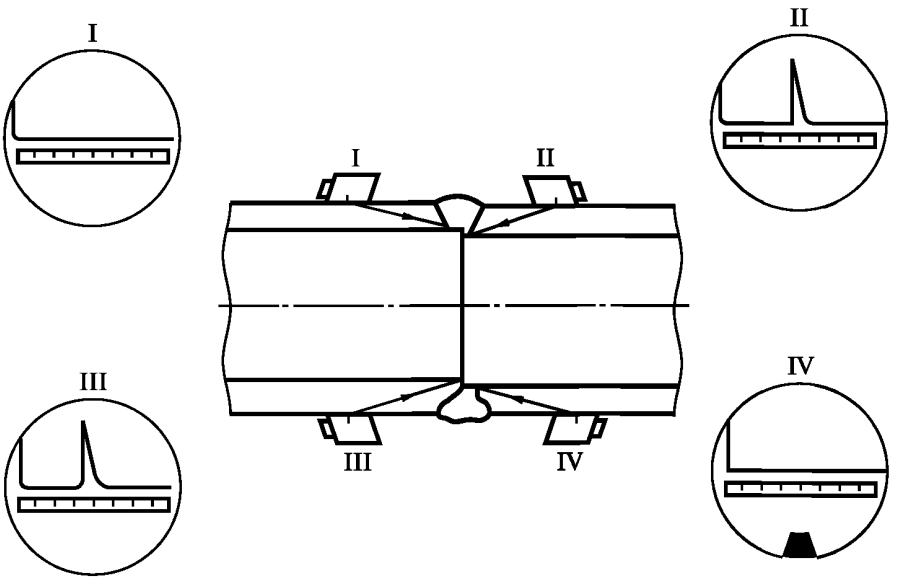


а — настройка диапазона развертки: $Д_1$ — сигнал от нижней зарубки, $Д_2$ — от верхней;
б — обнаружение сигнала от надкорневых несплошностей и провисаний:
Д — сигнал от несплошности; П — сигнал от провисания, совпадающий с сигналом Д по координате;
в — разметка экрана после диапазона развертки

Рисунок М.1 — Схема УЗК СС труб толщиной менее 15 мм

М.1.2 Смещение кромок стыкуемых труб отличают от несплошности в корне шва по следующим признакам:

- эхо-сигнал от смещения расположен на экране там же, где и корневые несплошности;
- смещение кромок из-за разной толщины стыкуемых труб характеризуется наличием сигнала при прозвучивании только с одной стороны шва по всему периметру или на большей части периметра. В этом случае следует измерить толщину стенок труб;
- смещение кромок из-за несоосности стыкуемых труб характеризуется появлением сигналов при прозвучивании с разных сторон шва в диаметрально противоположных точках (рисунок М.2);
- амплитуда эхо-сигнала при прозвучивании с одной стороны обычно выше первого браковочного уровня, а с другой — ниже контрольного.



I—IV — номера ПЭП

Рисунок М.2 — Определение кромок стыкуемых труб из-за несоосности

М.1.3 Превышение проплава металла в корне шва отличают от несплошности по следующим признакам:

- эхо-сигналы от превышения проплава имеют как различные координаты на экране, так и амплитуды при прозвучивании с разных сторон шва.

Кроме того, для СС толщиной менее 15 мм используют дополнительные признаки:

- эхо-сигнал от превышения проплава расположен на экране в зоне «*x*»;
- превышение проплава обычно выявляют при меньшем расстоянии между ПЭП и швом, чем при выявлении надкорневых несплошностей.

Образование превышения проплава наиболее вероятно на участках, выполненных сваркой в нижнем положении. В горизонтальных стыках провисания располагаются более равномерно и образуются реже, чем в вертикальных стыках. Величину превышения проплава определяют по методике, разработанной предприятием-изготовителем и прошедшей оценку соответствия в форме испытаний.

Примечание — Если при пооперационном радиографическом контроле корневой части шва на радиограмме имеется изображение превышения проплава, то оценку качества соответствующих участков корневой части шва допускается проводить только по результатам радиографического контроля.

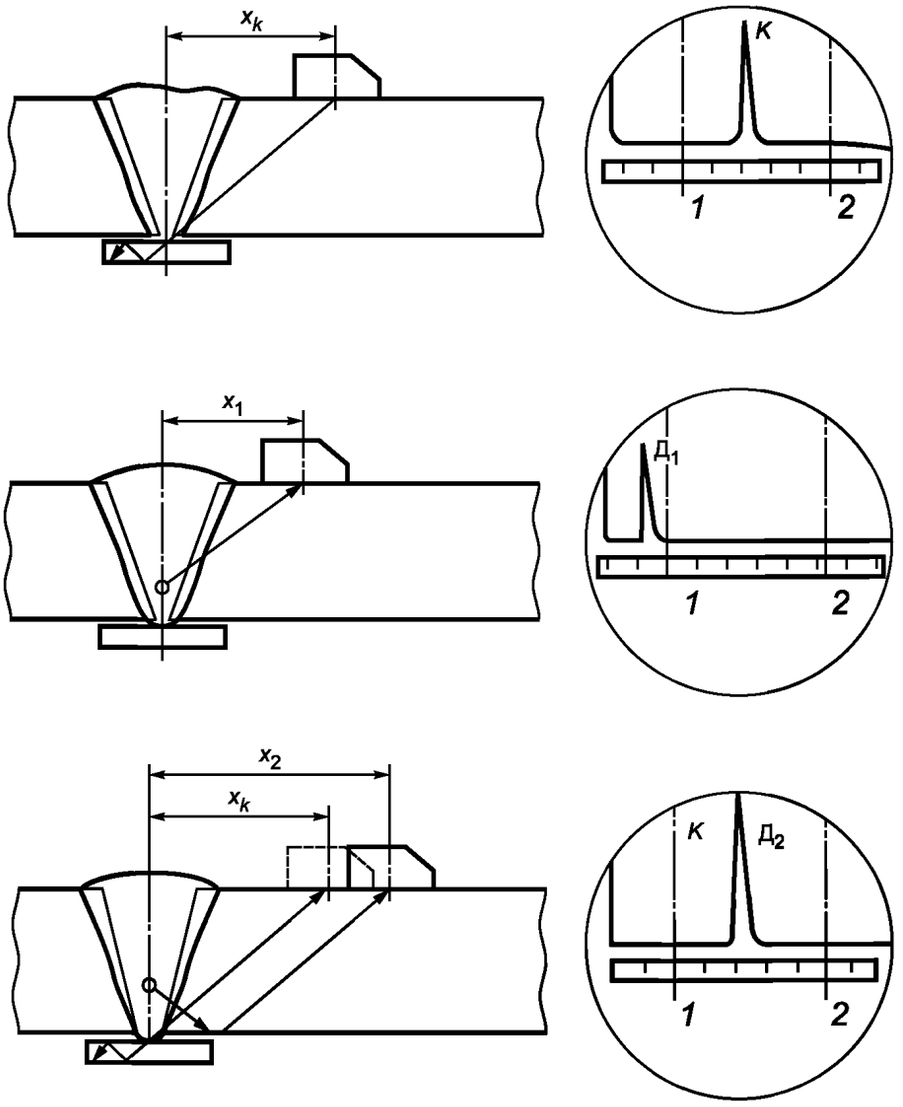
М.1.4 Размеры смещения кромок при УЗК не определены.

М.2 Стыковые соединения с подкладными кольцами

М.2.1 Несплошности, располагающиеся над корневым слоем, могут быть выявлены или прямым, или однократно отраженным лучом (рисунок М.3). В последнем случае время прихода сигналов от подкладного кольца и несплошности может быть одинаковым.

М.2.2 Для того чтобы различить эти сигналы и избежать ошибки в оценке качества СС, необходимо измерить линейкой расстояния x_k, x_1, x_2 от точки ввода луча (или от передней грани ПЭП) до середины усиления шва на НО. Сигнал от подкладного кольца появляется при меньшем расстоянии между швом и ПЭП, чем сигнал от несплошности, расположенной выше корня шва. В процессе УЗК следует периодически сравнивать эти расстояния с измеренными на образце.

Контролируя СС элементов толщиной от 4,5 до 19,5 мм с углом разделки кромок 14° и менее, не следует приближать ПЭП к шву ближе чем на 5 мм от положения ПЭП, соответствующего максимуму сигнала от подкладного кольца, так как при этом возможно появление дополнительного сигнала от подкладного кольца, который может быть ошибочно принят за сигнал от корневой несплошности.



1 и *2* — положение сигналов от углового отражателя; *К* — сигнал от подкладного кольца;
$Д_1$ и $Д_2$ — сигналы от надкорневой несплошности, обнаруженные прямым или однократно отраженным лучом;
x_k, x_1 и x_2 — расстояния между серединой шва и точкой ввода ПЭП

Рисунок М.3 (подкладное кольцо с проваром) — Схемы обнаружения подкладного кольца и надкорневой несплошности

М.2.3 Чтобы определить, к какой из кромок стыкуемых труб ближе расположена несплошность в корне шва, руководствуются следующим:

- если несплошность в корне шва расположена ближе к линии сплавления с трубой, со стороны которой ведется УЗК, то при медленном приближении ПЭП к шву на экране дефектоскопа первым появляется сигнал от несплошности, а затем, когда УЗ-лучи пройдут над несплошностью, частично экранирующей кольцо, на экране появляется сигнал от кольца;
- при УЗК этого участка шва со стороны второй трубы на экране первым появляется сигнал от подкладного кольца, а затем — сигнал от несплошности. Возможно также одновременное появление сигналов.

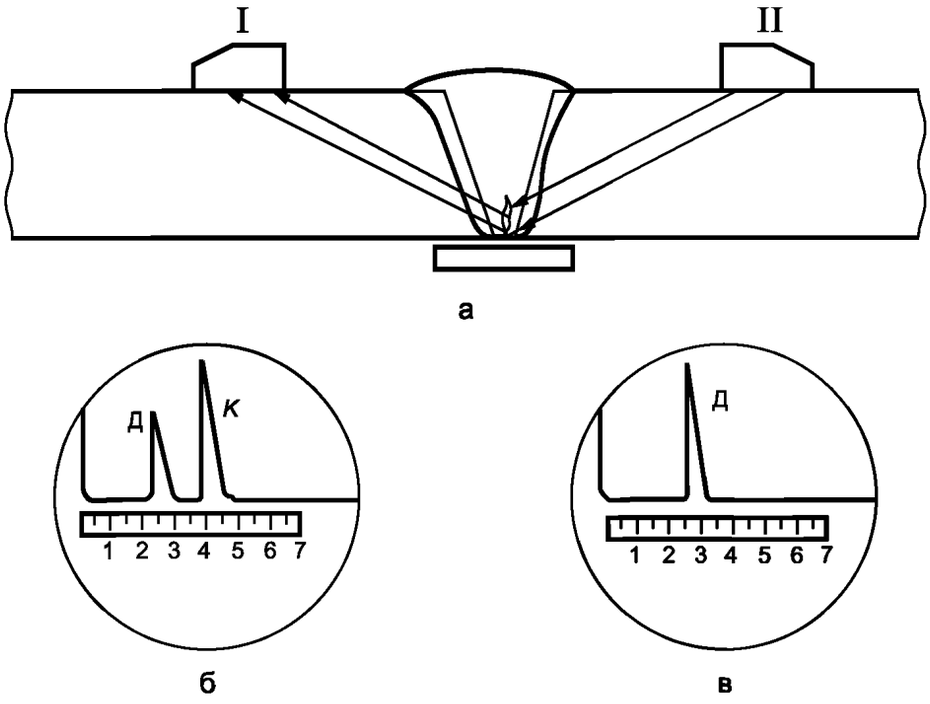
М.2.4 При проведении УЗК следует учитывать качественные признаки, позволяющие судить о характере некоторых несплошностей.

М.2.5 Трещины в корне шва, как правило, начинаются от зазора, образованного кромкой стыкуемой трубы и подкладным кольцом. Распространяясь по наплавленному металлу, трещины выходят после первого или второго слоя на его середину. В связи с этим окончательным признаком трещин в корне шва является то, что они частично или полностью экранируют сигнал от подкладного кольца (рисунок М.4) только при УЗК со стороны той из стыкуемых труб, у кромки которой они берут свое начало. При УЗК шва с противоположной стороны трещина не

экранирует подкладное кольцо, и УЗ-лучи свободно проходят в него. На экране дефектоскопа возникают два сигнала — от подкладного кольца и трещины. Сигнал от подкладного кольца имеет примерно ту же амплитуду и пробег на экране, как и на участках, где несплошность отсутствует. Трещины с этой стороны выявляются значительно хуже, а при небольшой высоте могут совсем не выявляться. На рисунке М.4 показана схема выявления корневой трещины высотой 3 мм.

М.2.6 Непровар, расположенный выше корневых слоев сварного шва, мало или совсем не экранирует отражение от подкладного кольца. На экране при УЗК с обеих сторон шва возникают сигналы от подкладного кольца и несплошности. Расстояние между этими сигналами более, чем в случае несплошностей, расположенных в корне шва. В некоторых случаях от несплошности и подкладного кольца на экране наблюдается несколько сигналов.

М.2.7 Для шлаковых включений или пор характерно наличие на экране дефектоскопа импульсов, быстро исчезающих или появляющихся вновь при незначительных перемещениях ПЭП в продольном или поперечном направлении. Скопление мелких шлаковых включений или пор в наплавленном металле дает на экране один сигнал или группу близко расположенных.



а — схема обнаружения трещины; б — осциллограмма при положении ПЭП I; в — осциллограмма при положении ПЭП II; Д — сигнал от несплошности; *К* — сигнал от подкладного кольца

Рисунок М.4 (подкладное кольцо с проваром) — Схема обнаружения трещины в корне шва

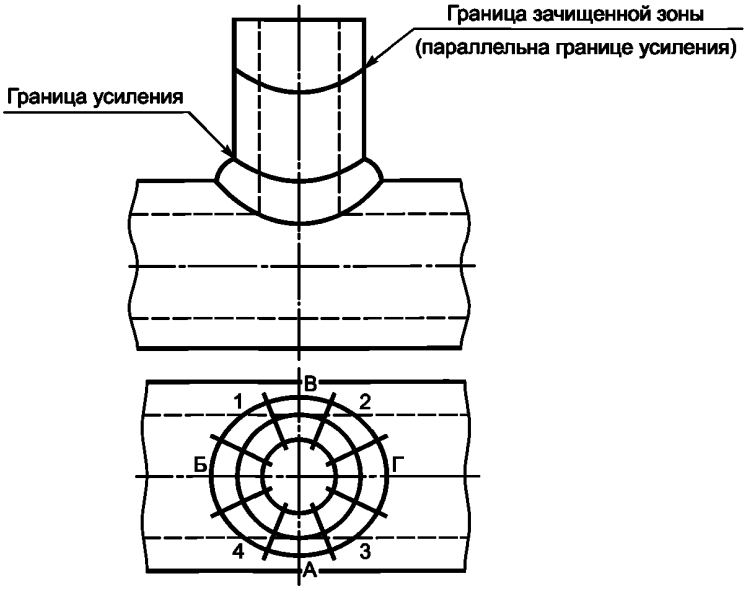
М.2.8 Прожог подкладного кольца характеризуется следующими признаками.

На экране дефектоскопа левее сигнала от подкладного кольца появляется сигнал от прожога. При этом амплитуда эхо-сигнала от кольца с прожогом менее, чем без прожога. При перемещении ПЭП вдоль образующей трубы на экране дефектоскопа в зоне расположения сигнала от подкладного кольца появляется один сигнал с двумя вершинами или два сигнала в непосредственной близости друг от друга. При УЗК с разных сторон шва форма и характер изменения сигналов от прожога аналогичны. Если прожог переходит в непровар наплавленного металла, то он обнаруживается как непровар.

М.2.9 Зазор между подкладным кольцом и основным металлом трубы сопровождается появлением на экране дефектоскопа сигнала в том же месте, что и от несплошности в корне шва (непровар, трещина), и поэтому может оказаться причиной перебраковки сварного шва. Отличительными признаками зазора являются следующие: при плавном перемещении ПЭП вдоль образующей трубы к шву сначала появляется сигнал от подкладного кольца, а затем от зазора. При этом сигнал от подкладного кольца имеет такую же амплитуду, как и в месте шва, где зазор отсутствует. Следует также учитывать, что зазоры величиной не более 0,5 мм, как правило, не обнаруживаются, а не более 1 мм дают эхо-сигналы, менее или примерно равные первому браковочному уровню.

М.3 Угловые соединения штуцеров (патрубков)

М.3.1 Перед началом УЗК рекомендуется разметить СС согласно рисунку М.5.



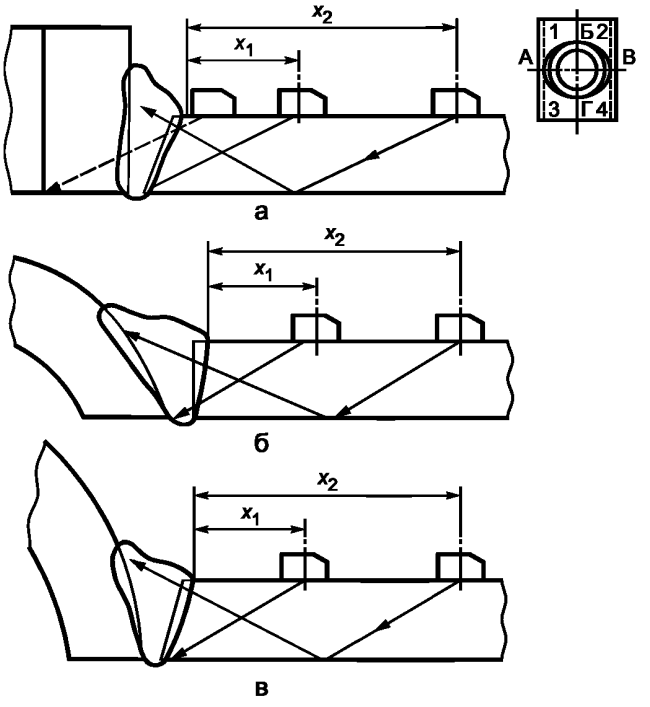
1, *2*, *3*, *4*, А, Б, В, Г — сектора

Рисунок М.5 — Схема разметки углового кольцевого сварного соединения на секторы

М.3.2 УЗК СС в разных секторах проводят в соответствии со схемами, приведенными на рисунке М.6.

УЗК проводят перемещением ПЭП между краем усиления шва и границей зачищенной зоны штуцера. При сканировании ПЭП следует поворачивать вокруг точки ввода таким образом, чтобы обеспечить его перпендикулярность относительно оси шва. Однако в процессе сканирования ПЭП не должен постоянно находиться в перпендикулярном к оси шва положении, так как при этом ухудшается контакт с поверхностью штуцера.

От двух до трех циклов перемещения ПЭП прозвучивается весь объем шва в данном сечении, после чего ПЭП смещается вдоль шва и цикл сканирования повторяется.



а — УЗК в секторах Б и Г; б — УЗК в секторах А и Б; в — УЗК в промежуточных секторах 1—4

Рисунок М.6 — Схемы УЗК углового кольцевого сварного соединения

М.3.3 При УЗК угловых СС о наличии несплошностей в сварном шве судят по результатам измерения координат. При УЗК СС с толщиной стенки штуцера менее 20 мм точно измерить координаты не удается, поэтому о наличии несплошностей в шве судят по положению ПЭП относительно края усиления шва. Для этого при появлении эхо-сигнала в рабочей зоне развертки следует измерить расстояние от точки ввода ПЭП до ближайшей границы усиления шва x_1 (рисунок М.6), если эхо-сигнал на экране расположен вблизи левой границы рабочей зоны развертки, или x_2, если эхо-сигнал расположен вблизи правой границы. Измеренные значения x_1 или x_2 сравнивают с соответствующими данными в таблице М.1. Совпадение измеренных и табличных значений с точностью $\pm$ 5 мм свидетельствует о наличии несплошности. При УЗК СС с толщиной стенки штуцера 20 мм и более измеряют координаты h и x.

Примечание — Сигналы от несплошностей, находящихся выше корня шва, могут быть получены прямым лучом при расстояниях, меньших x_1, и однократно отраженным лучом при расстояниях, больших x_1.

Таблица М.1 — Положения ПЭП при УЗК угловых сварных соединений

Толщина стенки штуцера, мм	x_1 в секторах, мм			x_2 в секторах, мм		
	А, Б (Б, В)	Б, Г	*1—4*	А, Б	Б, Г	*1—4*
4,5	7	5	5	От 17 до 30	От 17 до 30	От 17 до 30
6	10	5	7	От 20 до 32	От 20 до 32	От 20 до 32
9	20	15	17	От 35 до 50	От 35 до 50	От 35 до 50
От 11 до 12	25	20	23	От 45 до 60	От 45 до 60	От 45 до 60
16	23	15	20	От 40 до 60	От 40 до 60	От 40 до 60
18	25	17	21	От 45 до 65	От 45 до 65	От 45 до 65

На внутренней поверхности штуцера после механической обработки могут оставаться мелкие неровности (риски, впадины, бугры) и давать ложные сигналы. Признаком неровностей внутренней поверхности штуцера является несоответствие положения эхо-сигнала на развертке положению ПЭП на поверхности штуцера. Так, если на экране появляется эхо-сигнал у левой рабочей зоны развертки, а ПЭП при этом находится в положении, при котором луч не может попасть в корень шва, то причиной появления эхо-сигнала становятся неровности внутренней поверхности.

М.3.4 При УЗК СС с толщиной стенки штуцера от 40 до 50 мм в центре секторов Б и Г (рисунок М.6) может появляться эхо-сигнал от двугранного угла внутри трубы. Признаком принадлежности сигнала двугранному углу является то, что сигнал находится на экране у левой границы рабочей зоны развертки, ПЭП при этом вплотную придвинут к усилению.

М.4 Сварные соединения секторных отводов

М.4.1 Особенностью УЗК секторных отводов является неперпендикулярность оси шва образующей трубы. При УЗК СС отводов диаметром 160 мм следует перемещать ПЭП перпендикулярно оси шва. Контролируя соединения секторных отводов меньших диаметров, следует перемещать ПЭП параллельно образующей трубе.

М.4.2 При оценке качества СС во избежание ложной браковки необходимо учитывать признаки смещения кромок и превышение проплава по М.1.3 и М.1.4.

М.5 Сварные соединения сосудов

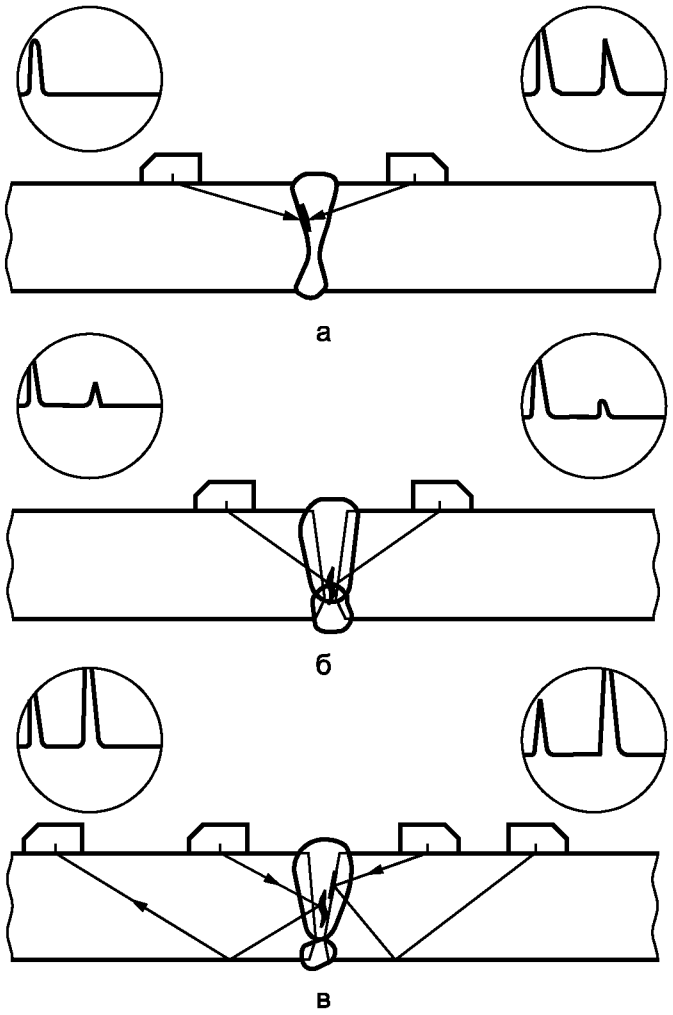
При проведении УЗК следует учитывать качественные признаки, позволяющие судить о характере некоторых несплошностей. Для сварных швов сосудов характерны непровары (несплавления) в корне *X*-образного шва и по кромкам СС, трещины, шлаковые включения в виде цепочек и скоплений.

М.5.1 Непровары по кромке характеризуются наличием эхо-сигнала при прозвучивании со стороны основного металла (рисунок М.7а).

М.5.2 При УЗК совмещенными ПЭП трещины дают небольшие эхо-сигналы или совсем не обнаруживаются (рисунок М.7б). В этом случае рекомендуется проведение УЗК по схеме «тандем» (рисунок М.7в).

М.5.3 Отдельные шлаковые включения и поры характеризуются тем, что при прозвучивании с разных направлений эхо-сигнала слабо изменяют свое расположение и величину на экране дефектоскопа (рисунок М.8). Рыхлость характеризуется появлением широкого эхо-сигнала неопределенной формы (рисунок М.9).

М.5.4 При контроле прямым и однократно отраженным НП стыковых, а также угловых, тавровых и крестообразных СС со стороны привариваемого элемента следует исключить из обзора сигналы, появляющиеся правее границы, соответствующей координате h, равной одной (прямой луч) или двойной (однократно отраженный луч) толщине элемента, как показано на рисунке М.10.



а — непровар (несплавление) по кромке; б — трещина; в — УЗК по схеме «тандем»

Рисунок М.7 — Выявление непроваров и трещин в СС

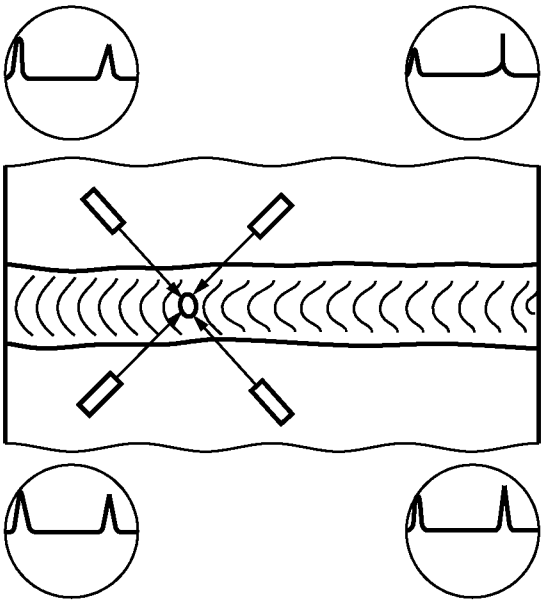


Рисунок М.8 — Выявление отдельных шлаковых включений и пор в СС сосудов

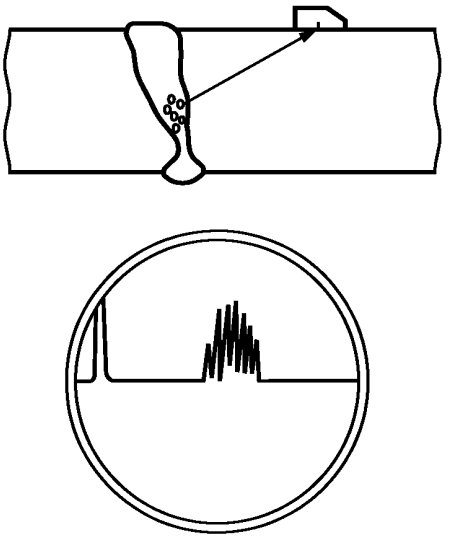
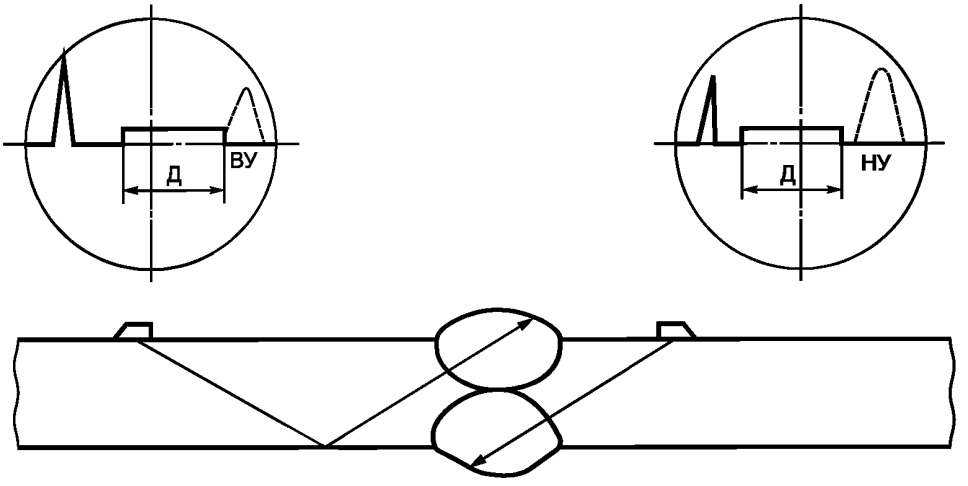


Рисунок М.9 — Выявление рыхлости в СС сосудов

М.6 Особенностью УЗК СС листовых конструкций является наличие систематически появляющихся эхо-сигналов от неровностей формирования внутреннего и наружного усилений шва. Для исключения возможной ошибки при оценке результатов УЗК руководствуются следующими правилами.

М.6.1 При УЗК прямым и однократно отраженным лучами наклонным ПЭП стыковых, а также угловых, тавровых и крестообразных соединений со стороны привариваемого элемента следует исключить из обзора сигналы, появляющиеся на экране дефектоскопа правее границы, соответствующей координате *h*, равной одной (прямой луч) или двойной (однократно отраженный луч) толщине элемента, как показано на рисунок М.10.



Д — зона появления эхо-сигналов от несплошностей шва;
ВУ, НУ — зона появления эхо-сигналов от неровностей верхнего и нижнего усиления шва соответственно

Рисунок М.10 — Схема обнаружения эхо-сигналов от неровностей формирования усиления шва при УЗК стыковых (угловых, тавровых, крестообразных) СС при УЗК со стороны привариваемого элемента

М.6.2 При УЗК наклонными ПЭП угловых и тавровых соединений прямым лучом со стороны основного элемента зону перемещения ПЭП следует ограничивать положением, соответствующим координате *X*, равной расстоянию от точки ввода до дальней от ПЭП поверхности привариваемого элемента, как показано на рисунке М.11.

М.6.3 При УЗК РС ПЭП угловых и тавровых соединений со стороны основного элемента зону перемещения ПЭП ограничивают положением, соответствующим появлению эхо-сигнала от противоположной поверхности основного элемента (рисунок М.11).

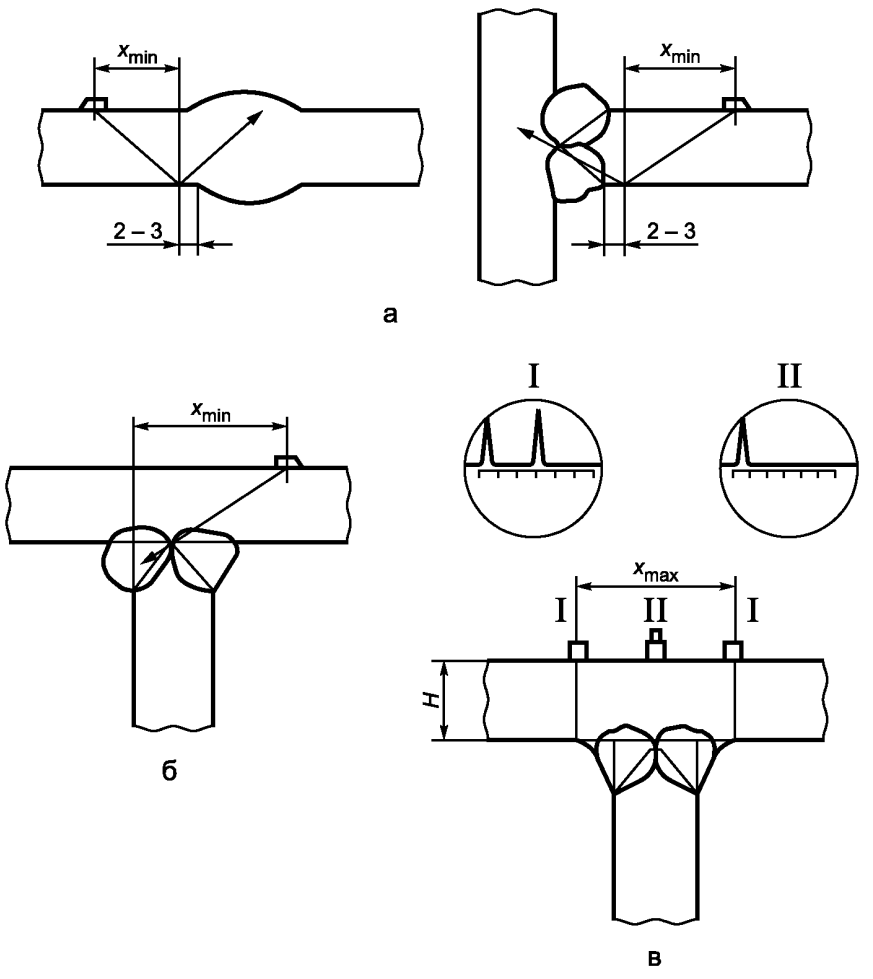


Рисунок М.11 — Определение границ зон перемещения ПЭП при УЗК СС листовых конструкций

Приложение Н
(обязательное)

Методика классификации несплошностей по условной протяженности

Н.1 Настоящая методика предназначена для классификации зафиксированных несплошностей на протяженные и непротяженные (точечные).

Н.2 Классификацию проводят путем сравнения измеренной по 7.3.1.5 условной протяженности ΔL несплошности с условной протяженностью ΔL_0 плоскодонного отражателя площадью $S_{бр}$, равной наибольшей допустимой площади одиночной несплошности по ПК для данной толщины изделия, расположенного на глубине залегания несплошности.

Н.3 Условную протяженность ΔL_0 определяют путем измерения условной протяженности соответствующего плоскодонного отражателя в образце.

Н.4 Допускается вычислять ΔL_0 по формуле

$$\Delta L_0 = 0{,}67r\sqrt{N} / af, \qquad (Н.1)$$

где r — расстояние от ПЭ до несплошности вдоль УЗ-луча;
N — разность между браковочным и контрольным уровнями чувствительности по 7.1.4.11, дБ;

$$r = r_М + r_{пр},$$

где $r_М$ и $r_{пр}$ — расстояние в металле и призме ПЭП, мм;
a — радиус (полуширина) ПЭ в плоскости, ортогональной плоскости прозвучивания, мм;
f — частота УЗ-колебаний, МГц.

Примечания

1 — При $r \le 135$ мм принимают $\Delta L_0 = 10$ мм.

2 — При работе ПЭП типа ИЦ и ПНЦ на частоте 1,8 и 2,5 МГц принимают $N = 3$, $af = 15{,}5$ и расчет проводят по формуле $\Delta L_0 = 0{,}075r$.

Н.5 Несплошность считают протяженной, если $\Delta L > \Delta L_0$, и компактной, если $\Delta L \le \Delta L_0$ или $\Delta L \le 10$ мм.

Приложение П
(обязательное)

Сокращенная форма описания несплошностей

При описании несплошностей применяют следующие обозначения: А — несплошность с амплитудой эхо-сигнала, не превышающей браковочный уровень (допустимый по амплитуде); Д — несплошность с амплитудой эхо-сигнала, превышающей браковочный уровень (недопустимый по амплитуде); Г — непротяженная несплошность; Е — протяженная несплошность; У — несплошность, недопустимая по условной высоте; О — несплошность с измеренными признаками объемной несплошности; П — несплошность с измеренными признаками плоскостной несплошности; Н — несплошность с измеренной ориентацией (наклонная); Т — поперечная несплошность (тип «Т»).

При описании несплошностей применяют следующую последовательность записи:

- значение глубины залегания, мм;
- индекс амплитуды эхо-сигнала (А или Д);
- индекс условной протяженности (Г или Е);
- индекс условной высоты (У); для допустимой по условной высоте несплошности индекс не записывают;
- индекс поперечной несплошности (Т);
- индекс объемной и плоскостной несплошностей (О или П);
- индекс ориентации (Н);
- значение координаты несплошности вдоль шва (выраженное в часах для трубопроводов и миллиметрах для конструкций).

После каждой буквы (индекса) проставляют измеренное значение (в цифрах) соответствующей характеристики несплошности.

После индекса амплитуды сигнала записывают значение эквивалентной площади несплошности. Для непротяженной несплошности после индекса «Г» цифру не записывают.

Библиография

[1] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

[2] Стандарт организации СТО 1.1.1.02.001.0673 от 11 апреля 2007 г. «Правила охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования и тепловых сетей атомных станций»

[3] Правила ПБ 03-372 от 2 июня 2000 г. «Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля»

[4] Руководящий документ РД 153-34.0-03.301 от 9 марта 2000 г. «Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий»

[5] СанПиН 2.2.4.3359—16 от 21 июня 2016 г. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

УДК 620.179:1:006.354 ОКС 27.120

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, неразрушающий контроль

БЗ 3—2018/36

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Л.В. Софейчук*

Сдано в набор 28.02.2018. Подписано в печать 22.03.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 9,26. Тираж 30 экз. Зак. 460.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001, Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru