ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 72464— 2025**

# Конструкции судовые металлические

# ЗАГОТОВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

## Ультразвуковой метод контроля сплошности

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2026

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 005 «Судостроение»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 декабря 2025 г. № 1727-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 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026

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 Обозначения и сокращения . . . . . 2
5 Общие положения . . . . . 3
6 Требования к применяемым материалам и оборудованию . . . . . 4
7 Подготовка к контролю . . . . . 5
8 Проверка оборудования и параметров контроля . . . . . 11
9 Настройка чувствительности контроля . . . . . 13
10 Проведение контроля . . . . . 15
11 Оформление результатов контроля и оценка качества . . . . . 18
12 Метрологическое обеспечение . . . . . 19
13 Требования безопасности . . . . . 20
Приложение А (обязательное) Особенности методики автоматизированного ультразвукового контроля . . . . . 21
Приложение Б (обязательное) Настройка чувствительности и оценка дефектов с помощью АРД-диаграмм . . . . . 22
Приложение В (обязательное) Преобразователи для контроля по выпуклой и вогнутой поверхности . . . . . 31
Приложение Г (обязательное) Требования к настроечным образцам для настройки чувствительности и настройка чувствительности по настроечным образцам . . . . . 32
Приложение Д (рекомендуемое) Формулировка нормативных требований к изделиям . . . . . 42
Приложение Е (рекомендуемое) Контроль массивных изделий и изделий с крупнозернистой структурой . . . . . 43
Приложение Ж (обязательное) Оценка условной протяженности . . . . . 44
Библиография . . . . . 46

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Конструкции судовые металлические**

# ЗАГОТОВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

**Ультразвуковой метод контроля сплошности**

Vessel metal structures. Metal workpieces.
Ultrasonic testing

**Дата введения — 2026—04—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на заготовки деталей, готовые изделия и полуфабрикаты (в дальнейшем — изделия), выполненные методом литья, свободной ковки, штамповки, прокатки из стали, сплавов на основе меди, титана и алюминия.

Стандарт распространяется на изделия, имеющие форму параллелепипеда с размером граней 10 мм и более, сплошного цилиндра диаметром 10 мм и более или полого цилиндра диаметром 50 мм и более с толщиной стенки 10 мм и более, а также на изделия более сложной конфигурации, включающей несколько указанных выше форм.

По согласованию с отраслевой головной организацией по материалам в судостроении, заказчиком или другими заинтересованными организациями стандарт может быть распространен на другие виды или формы изделий или другие виды сплавов.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 12.1.002 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах

ГОСТ 12.1.003 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 2789 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 24507 Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии

ГОСТ 25346 (ISO 286-1:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки

ГОСТ Р 55724 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые

ГОСТ Р 55725 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые пьезоэлектрические. Общие технические требования

ГОСТ Р ИСО 5577 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь

ГОСТ Р ИСО 16811 Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Настройка чувствительности и диапазона

**Издание официальное**

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины и определения

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

3.1 **зеркально-теневой метод:** Метод ультразвукового контроля, основанный на анализе ослабления амплитуды донного эхо-сигнала.

3.2 **направление контроля по оси (по образующей):** Направление контроля, в котором ультразвуковой пучок вводится в цилиндрическое изделие в направлении оси цилиндра.

3.3 **хордовое направление контроля:** Направление контроля, в котором ультразвуковой пучок вводится в цилиндрическое изделие в направлении, перпендикулярном к оси цилиндра.

3.4 **чувствительность контроля:** Параметр контроля, определяющий уровень чувствительности контроля и выраженный в площади плоскодонного отражателя соосного с преобразователем, перпендикулярного к акустической оси пучка.

3.5 **уровень чувствительности контроля:** Амплитуда сигнала от плоскодонного отражателя, соответствующего определенной чувствительности контроля, при определенной настройке усиления дефектоскопа.

3.6 **угол ввода:** Угол между нормалью к поверхности ввода и осью пучка преобразователя, измеренный в плоскости падения лучей, проходящей через ось пучка.

3.7 **стрела преобразователя:** Расстояние от точки выхода наклонного преобразователя до его передней грани.

3.8 **условная граница дефекта:** Геометрическое место положений центра прямого преобразователя или точки выхода наклонного преобразователя на поверхности контролируемого изделия, при которых амплитуда эхо-сигнала от дефекта достигает уровня фиксации на глубине, равной глубине залегания дефекта.

3.9 **условная протяженность дефекта:** Максимальное расстояние между двумя точками, находящимися на условной границе дефекта.

3.10 **эквивалентная площадь дефекта:** Площадь плоскодонного отражателя, соосного с преобразователем, перпендикулярного к акустической оси пучка, находящегося на таком же расстоянии и в таком же материале, что и дефект, и дающего эхо-сигнал такой же амплитуды.

## 4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

$D$ — диаметр круглого пьезоэлемента или ширина прямоугольного пьезоэлемента преобразователя, мм;

$a$ — радиус круглого пьезоэлемента или полуширина прямоугольного пьезоэлемента преобразователя, мм;

$f$ — частота ультразвука, МГц;

$c$ — скорость ультразвуковой волны, м/с;

$r$ — длина пути ультразвука, мм;

$x$ — проекция длины пути ультразвука, мм;

$\alpha$ — угол ввода, град;

$A$ — амплитуда эхо-сигнала, уровень чувствительности, дБ;

$D_{изд}$ — диаметр контролируемого изделия, мм;

$D_{НО}$ — диаметр настроечного образца, мм;
$D_н$ — наружный диаметр изделия, мм;
$D_{вн}$ — внутренний диаметр изделия, мм;
$R$ — радиус изделия;
$R_н$ — наружный радиус изделия, мм;
$R_{вн}$ — внутренний радиус изделия, мм;
$d$ — диаметр отверстия в настроечном образце, мм;
$S$ — чувствительность контроля, мм$^2$;
$S_1$ — площадь плоскодонного отражателя, определяющего уровень браковочной чувствительности, мм$^2$;
$S_0$ — площадь плоскодонного отражателя, определяющего уровень чувствительности фиксации, мм$^2$;
$S_д$ — эквивалентная площадь дефекта, мм$^2$;
$S_п$ — площадь плоскодонного отражателя, определяющего уровень поисковой чувствительности, мм$^2$;
$H$ — толщина изделия, толщина стенки цилиндрического изделия, мм;
$H_э$ — эквивалентная толщина цилиндрического изделия, мм;
$H_{эн}$ — эквивалентная толщина изделия при контроле снаружи, мм;
$H_{эвн}$ — эквивалентная толщина изделия при контроле изнутри, мм;
$N$ — ближняя зона пьезоэлектрического преобразователя;
$L_{усл}$ — условная протяженность дефекта, мм;
$L_0$ — условная протяженность точечного (непротяженного) дефекта, мм;
$h$ — глубина залегания дефекта, мм;
$\delta$ — коэффициент затухания ультразвука, дБ/мм;
$\lambda$ — длина волны ультразвука, мм;
1С — первая степень контроледоступности;
2С — вторая степень контроледоступности;
АРК (DAC) — кривая корректировки амплитуда-расстояние;
АРД (AVG, DGS) — диаграмма амплитуда-расстояние-диаметр;
БЦО — боковое цилиндрическое отверстие;
ВРЧ (TCG) — временная регулировка чувствительности;
КД — конструкторская документация;
КО — калибровочный образец (мера);
НО — настроечный образец;
НК — неразрушающий контроль;
НТД — нормативно-техническая документация;
ОГОМС — отраслевая головная организация по материалам в судостроении;
ПДО — плоскодонное отверстие;
ПЭП — пьезоэлектрический преобразователь;
РС ПЭП — раздельно-совмещенный пьезоэлектрический преобразователь;
УЗК — ультразвуковой контроль.

## 5 Общие положения

5.1 Методика УЗК, изложенная в настоящем стандарте, позволяет обеспечить выявление в изделиях дефектов типа трещин, расслоений, рыхлот, неметаллических включений и других видов дефектов макроструктуры без определения их характера и действительных размеров.

5.2 При контроле по настоящему стандарту определяют координаты дефектов, их эквивалентные площади и условные протяженности.

5.3 Не гарантируется выявление дефектов, которые:

- имеют амплитуду эхо-сигналов, превышающую средний уровень структурных помех менее чем на 6 дБ;
- вызывают ослабление донного сигнала менее чем на 6 дБ по сравнению с его уменьшением за счет изменения коэффициента затухания ультразвука или за счет неровностей поверхности ввода ультразвука;
- находятся в мертвой зоне.

5.4 Необходимость проведения УЗК, его объем и нормы оценки должны указываться в НТД на изделия или в КД.

5.5 Контроль изделий следует проводить ручным контактным способом. Допускается применение автоматизированных или механизированных систем контроля в соответствии с требованиями приложения А.

5.6 При проведении контроля следует использовать эхо-метод и зеркально-теневой метод с использованием одного преобразователя на каждое направление контроля. Допускается использовать другие методы по согласованию с ОГОМС или в соответствии с требованиями НТД или КД.

5.7 Контроль изделий следует проводить после окончательной термической обработки, если иное не предусмотрено НТД или КД.

5.8 Если на изделии проводят магнитопорошковый или капиллярный контроль, то УЗК следует проводить после данных видов контроля.

5.9 Ручной и механизированный контроль в ночную смену (от 0 до 6 ч) не допускается. При необходимости проведения УЗК в ночную смену требуется применение автоматизированных систем контроля.

## 6 Требования к применяемым материалам и оборудованию

6.1 Применяемые ультразвуковые дефектоскопы должны удовлетворять следующим требованиям:

- возможность работы с разверткой типа А;
- установка рабочей частоты в диапазоне как минимум от 1,0 до 5,0 МГц;
- возможность работы с совмещенными и РС ПЭП;
- наличие не менее одного канала «излучение-прием»;
- дискретность изменения усиления — не более 2 дБ;
- дискретность определения уровня сигнала — не более 2 дБ;
- диапазон регулировки усиления — не менее 80 дБ;
- динамический диапазон дефектоскопа — не менее 20 дБ;
- дискретность определения координат дефектов — не более 1 мм;
- диапазон отображаемых расстояний для продольных и поперечных волн по стали — как минимум от 10 мм до 1 м;
- возможность настройки частоты следования зондирующих импульсов;
- наличие как минимум одной из функций учета зависимости амплитуды сигнала от расстояния до дефекта — АРК (DAC), ВРЧ (TCG) или АРД (DGS, AVG). Допускается использовать накладные АРК и АРД, а также бумажные АРД согласно требованиям приложения Б. ВРЧ допускается настраивать по НО или получать из АРД, если дефектоскоп обладает подобными функциями.

6.2 Применяемые ПЭП должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 55725 и следующим требованиям:

- номинальная рабочая частота применяемых ПЭП — от 1 до 5 МГц. Допускается использовать преобразователи другой частоты при обеспечении требуемой чувствительности контроля;
- угол ввода наклонного ПЭП от 35° до 55°;
- при контроле изделий диаметром до 150 мм наклонный ПЭП для контроля в хордовом направлении должен соответствовать приложению В;
- каждый ПЭП должен иметь номер и паспорт или другой документ, в котором должны быть указаны его тип, угол ввода, рабочая частота, форма и геометрические размеры пьезоэлементов.

Требования к допустимым к применению ПЭП приведены в [1].

6.3 Для проверки и настройки основных параметров дефектоскопов и ПЭП должны применяться КО по ГОСТ Р 55724 (см. также [2] и [3]).

6.4 Настроечные образцы, применяемые для настройки чувствительности при использовании АРК, ВРЧ или применении метода сравнения, должны соответствовать требованиям, приведенным в приложении Г.

6.5 Допускается применять иные ПЭП, дефектоскопы, КО и НО по согласованию с ОГОМС.

# 7 Подготовка к контролю

## 7.1 Карта контроля

7.1.1 На каждый тип изделий должна быть составлена технологическая карта УЗК. Карту составляют в процессе технологической подготовки производства изделий, она является неотъемлемой частью технологической документации и руководящим документом для специалиста, выполняющего контроль.

7.1.2 В карте УЗК должны быть указаны:

- ссылка на данный стандарт;
- основные данные контролируемого изделия (номер чертежа, марка металла, номер документа, регламентирующего нормы оценки);
- геометрическая форма изделия, размер припуска (при необходимости) и требования к обработке поверхности;
- тип дефектоскопа;
- схема контроля;
- степень контроледоступности;
- используемые типы ПЭП, направления прозвучивания и поверхности, с которых проводится прозвучивание;
- номера используемых КО, НО и АРД-диаграмм (если применимо);
- чувствительность контроля и способы ее настройки, используемые поправки и корректировки;
- затухание и способы его определения;
- эквивалентная толщина (при необходимости);
- нормы оценки;
- ФИО и подпись специалиста, составившего карту;
- в случае необходимости согласующие ФИО и подписи служб предприятия, которые должны принять во внимание требования карты контроля к форме изделия, его обработке и технологическому месту контроля;
- иные сведения в случае необходимости.

7.1.3 Параметры контроля в карте УЗК должны быть указаны однозначно. Указание диапазона значений параметров не допускается.

7.1.4 Допускается составление типовых карт УЗК, объединенных одним или несколькими параметрами, например, для изделий одинаковой формы, контролируемых по одной схеме, но разных размеров.

## 7.2 Схема контроля

7.2.1 При подготовке к контролю следует прежде всего определять направления контроля, типы ПЭП и поверхности ввода. Совокупность этих параметров составляет схему контроля.

7.2.2 При выборе схемы контроля следует стремиться к тому, чтобы каждый элементарный объем изделия был проконтролирован эхо-методом не менее чем в трех взаимно перпендикулярных направлениях. В тех случаях, когда конфигурация изделия позволяет при контроле прямым ПЭП получить донный эхо-сигнал, следует выполнять также контроль зеркально-теневым методом.

7.2.3 Изделия в виде параллелепипеда следует контролировать прямым ПЭП с трех перпендикулярных граней, как показано на рисунке 1.

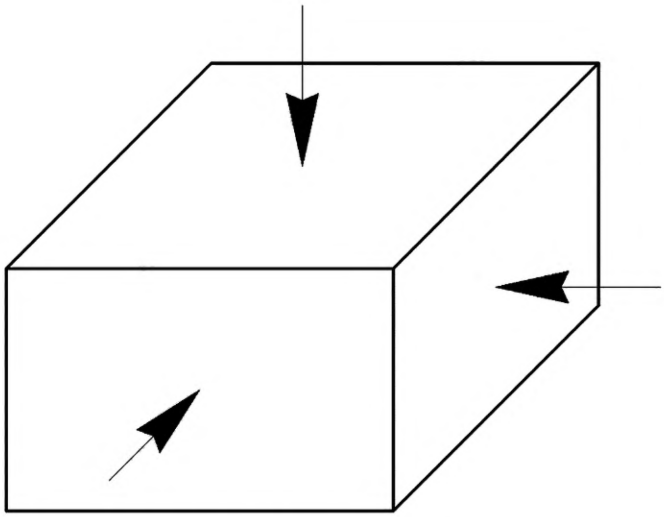
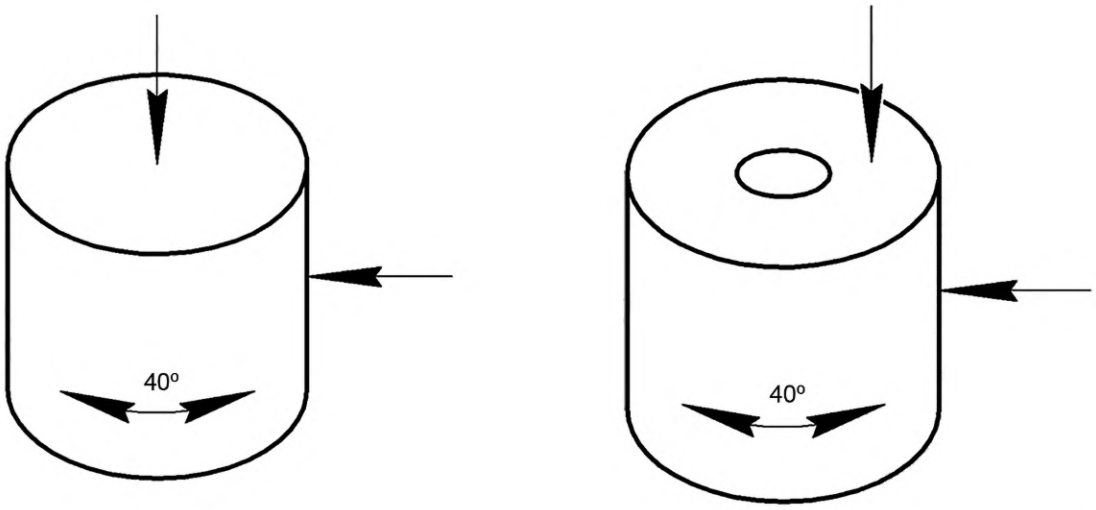


Рисунок 1 — Схема контроля изделий в виде параллелепипеда

7.2.4 Изделия цилиндрической формы следует контролировать прямым ПЭП с торцевой и боковой поверхностей и наклонным ПЭП с углом ввода от 35° до 45° с боковой поверхности в хордовом направлении, при этом контроль наклонным ПЭП следует выполнять в двух противоположных направлениях. Схема контроля приведена на рисунке 2.




*а* — цилиндрическое изделие

*б* — цилиндрическое изделие с отверстием

Рисунок 2 — Схемы контроля цилиндрических изделий

При контроле в хордовом направлении тонкостенных полых цилиндров допускается применять ПЭП с углом ввода от 45° до 55°.

Ручной контроль в хордовом направлении следует проводить только при наружном диаметре $D_н$ не менее 30 мм.

7.2.5 В случае, если один из размеров изделия (длина, ширина высота или толщина стенки) превышает другой в $m$ или более раз, где значение $m$ вычисляют по формуле

$$m = 830\frac{D \cdot f}{c}, \quad (1)$$

то контроль прямым или наклонным ПЭП с поверхности ввода, имеющей меньший размер, следует заменить контролем наклонным ПЭП с углом ввода от 45° до 55° в двух противоположных направлениях с поверхности ввода, имеющей больший размер. Значение $m$ округляется в меньшую сторону до целого числа. Примеры схем контроля приведены на рисунке 3.

При замене контроля с поверхностей детали в виде параллелепипеда направление контроля заменяющим наклонным ПЭП проводится в направлении заменяемого прямого ПЭП, как показано на рисунках 3 *а* и *б*.

При замене контроля с боковой цилиндрической поверхности ввода прямым ПЭП сканирование наклонным ПЭП следует проводить по радиусу торцевой поверхности, при замене контроля в хордовом направлении — перпендикулярно к радиусу. Пример схемы сканирования показан на рисунке 4.

Для изделий из стали и прямым ПЭП с параметрами $f$ = 2,5 МГц и $D$ = 12 мм принимают $m$ = 5.

### 7.3 Степень контроледоступности

7.3.1 Изделия обладают различной степенью контроледоступности в зависимости от их формы и размеров.

7.3.2 Первой степенью контроледоступности 1С характеризуются изделия, каждый элементарный объем которых может быть проконтролирован в направлениях, предусмотренных настоящим стандартом.

К таким изделиям относятся, например, параллелепипеды, сплошные цилиндры, диски, полые цилиндры с толщиной стенки:

$$H \le D_{н} \frac{1 - \sin\alpha}{2}. \qquad (2)$$

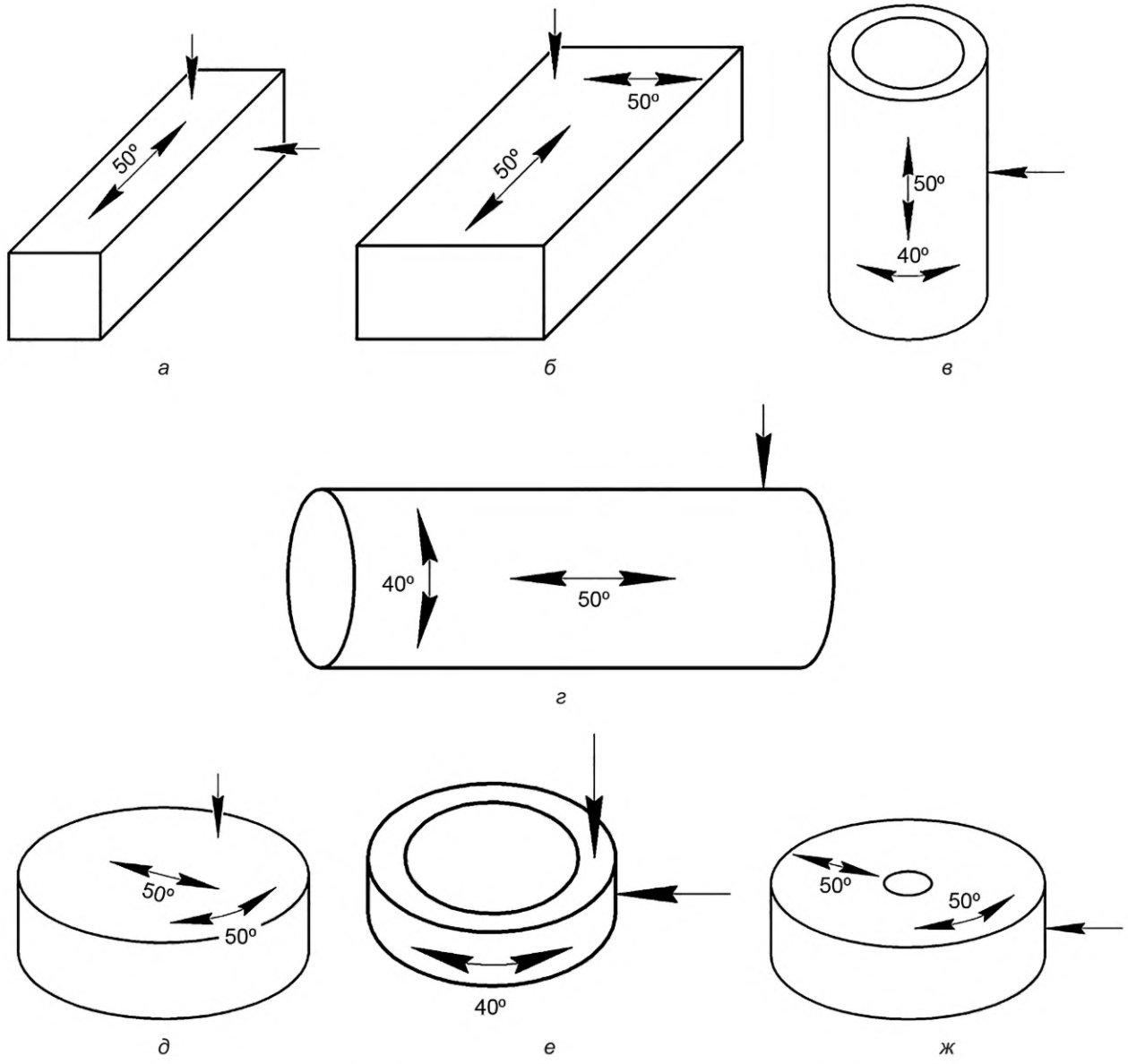


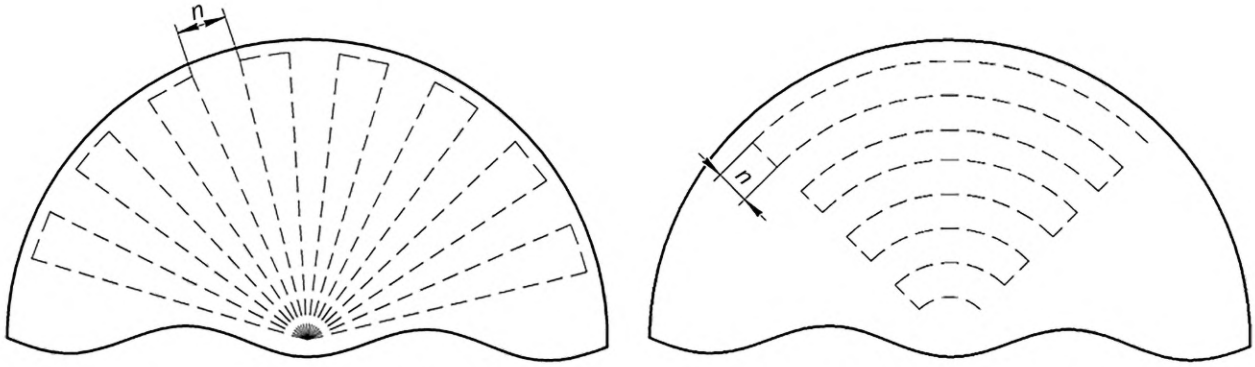

Рисунок 3 — Схемы контроля с заменой на наклонный ПЭП

7.3.3 Второй степенью контроледоступности 2С характеризуются изделия, имеющие участки, в которых каждый элементарный объем невозможно проконтролировать хотя бы в одном из направлений, предусмотренных настоящим стандартом.

К таким изделиям относятся полые цилиндры с толщиной стенки:

$$H > D_{н}\frac{1-\sin\alpha}{2}, \quad (3)$$

или изделия, имеющие резкие изменения сечения (ступени, выточки и т. п.), или изделия, не имеющие припуска на мертвую зону, которые невозможно проконтролировать в соответствии с 7.5.3—7.5.5, а также другие изделия сложной формы.




*а* — сканирование по радиусу

*б* — сканирование перпендикулярно к радиусу

Рисунок 4 — Схема сканирования с торцевой поверхности ввода цилиндрических изделий наклонным ПЭП

7.3.4 Для изделий с 2С на эскизе в карте УЗК указывают участки, в которых невозможно осуществить контроль. Карты УЗК изделий 2С должны быть согласованы с ОГОМС или, по требованию последней, с другими заинтересованными организациями, например с заказчиком, проектантом и т. п.

Если порядок согласования карт УЗК предусмотрен иной документацией на изделие, необходимо следовать этому порядку.

7.3.5 Если в НТД предусмотрено применение других методов НК (например, капиллярного или магнитопорошкового) для обеспечения полноты контроля 2С изделий, то согласование карт УЗК не требуется.

7.3.6 Для 2С изделий допускается обеспечивать повышение их контроледоступности, например, за счет контроля с внутренней поверхности полых цилиндров или применения нестандартизованных средств УЗК.

### 7.4 Требования к поверхности контроля

7.4.1 На основании выбранных направлений контроля и типов ПЭП определяют те поверхности изделия, с которых будет проводиться прозвучивание. Эти поверхности должны быть указаны в карте УЗК на эскизе изделия для учета требований к ним при механической обработке.

7.4.2 При УЗК предъявляются следующие требования к качеству поверхности изделий:

- поверхности контроля должны быть механически обработаны и иметь параметр шероховатости *Ra* не более 3,2 мкм или *Rz* не более 20 мкм по ГОСТ 2789;

- донные поверхности должны иметь параметр шероховатости *Ra* не более 6,3 мкм или *Rz* не более 40 мкм по ГОСТ 2789.

7.4.3 Допускается снижение требований к качеству поверхности при условии обеспечения заданной чувствительности контроля и размаха колебаний амплитуд донных эхо-сигналов не более 4 дБ.

7.4.4 Местные неровности (выступы и впадины) должны быть плавно разогнаны с уклоном не более 1:50.

### 7.5 Припуск под УЗК

7.5.1 Для обеспечения контроля всего объема изделия необходимо предусмотреть припуск под УЗК. Припуск обусловлен размером мертвой зоны, проверяемой согласно 8.4.

7.5.2 Если размер мертвой зоны не превышает припуска на чистовой размер детали, то дополнительный припуск под УЗК не требуется.

7.5.3 Припуск возможно сократить за счет дополнительного контроля подповерхностного слоя ПЭП с меньшей мертвой зоной, например РС ПЭП.

7.5.4 Допускается контроль без припуска при условии прозвучивания подповерхностной зоны пучком, падающим на поверхность со стороны металла под углом, например, при контроле наклонным ПЭП с противоположной стороны или отраженным пучком. Например, допускается контроль сплошных цилиндров без припуска, если при хордовом прозвучивании обеспечивается заданная чувствительность на конце хорды. Допускается также контроль полых цилиндров без припуска на наружной поверхности, если выполняется условие (2). В этом случае для контроля без припуска на наружной поверхности следует использовать отраженный луч.

Примечание — При контроле отраженным лучом зону контроля и чувствительность настраивают с учетом двойного пути ультразвука.

7.5.5 Допускается по согласованию с ОГОМС использовать для уменьшения припуска другие виды упругих волн, например поверхностные, а также другие виды НК.

### 7.6 Чувствительность контроля

7.6.1 При указании в карте УЗК чувствительности контроля следует руководствоваться требованиями раздела 9 и требованиями, заданными НТД. Типовая формулировка в НТД требований по УЗК приведена в ГОСТ 24507.

7.6.2 При указании в карте УЗК способа настройки чувствительности следует учитывать границы применимости основных способов настройки — по АРД-диаграммам или с помощью НО, приведенных в таблице 1. Расчет ближней зоны ПЭП приведен в приложении Б.

7.6.3 При использовании прямых ПЭП с диаметром пьезоэлемента 12 мм и менее с рабочей частотой 2,5 МГц и более допускается использование АРД-диаграмм при контроле цилиндрических изделий диаметром 150 мм и более по выпуклой поверхности и диаметром 300 мм и более по вогнутой поверхности.

7.6.4 При использовании прямых ПЭП с диаметром пьезоэлемента 18 и 25 мм с рабочей частотой 1,25 МГц допускается использовать АРД-диаграммы при контроле по выпуклой цилиндрической поверхности диаметром 300 мм и более.

7.6.5 При проведении контроля с факультативными результатами (например, для накопления статистических данных) чувствительность $S_0$ устанавливают в соответствии с приложением Д.

### 7.7 Выбор частоты ультразвука и размера ПЭП

7.7.1 При выборе частоты ультразвука учитывают следующие рекомендации:

- большинство изделий контролируют на частоте от 2,0 до 2,5 МГц;
- тонкие и мелкозернистые изделия рекомендуется контролировать на более высоких частотах, но не выше 5 МГц.

Таблица 1 — Границы применимости АРД-диаграмм и НО

| Условия применения | | | АРД-диаграммы | НО |
|---|---|---|---|---|
| Тип ПЭП | Параметры изделий | | | |
| | Наименование параметра | Значение параметра | | |
| Любой ПЭП | Однородность затухания ультразвука | Размах амплитуд донных эхо-сигналов внутри изделия более 4 дБ. Размах амплитуд донных эхо-сигналов от изделия к изделию более 6 дБ | Обязательно | Не допускается |
| | | Размах менее вышеуказанного | Рекомендуется | Допускается |

*Окончание таблицы 1*

| Условия применения | | | АРД-диаграммы | НО |
|---|---|---|---|---|
| Тип ПЭП | Параметры изделий | | | |
| | Наименование параметра | Значение параметра | | |
| Любой ПЭП | Толщина изделия | Толщина равна или более ближней зоны ПЭП | Рекомендуется | Допускается |
| | | Толщина менее ближней зоны ПЭП | Не допускается | Обязательно |
| Прямой совмещенный ПЭП | Форма поверхности ввода ультразвука | Плоская | Рекомендуется | Допускается (для ПЭП с мягким протектором допускаются плоские образцы) |
| | | Цилиндрическая выпуклая или вогнутая диаметром 500 мм и более | | |
| | | Цилиндрическая выпуклая или вогнутая диаметром менее 500 мм | Допускается при условиях, оговоренных в 7.6.3 и 7.6.4 | Рекомендуется (для ПЭП с мягким протектором допускаются плоские образцы при $D_н$ 300 мм и более и $D_{вн}$ 300 мм и более) |
| Прямой РС ПЭП | Форма поверхности ввода ультразвука | Любая | Допускается (экспериментальные АРД-диаграммы, согласованные с ОГОМС) | Рекомендуется (для цилиндрических изделий допускаются плоские образцы при $D_н$ 150 мм и более и $D_{вн}$ 300 мм и более) |
| Наклонный ПЭП | Форма поверхности ввода ультразвука | Плоская.<br>Цилиндрическая при контроле вдоль образующей:<br>- выпуклая — любого диаметра;<br>- вогнутая — насколько позволяет размер ПЭП.<br>Цилиндрическая при контроле в хордовом направлении:<br>- выпуклая с $D_н$ 150 мм и более;<br>- вогнутая с $D_{вн}$ 300 мм и более | Рекомендуется | Допускается (в том числе по плоским образцам) |
| | | Цилиндрическая выпуклая при контроле в хордовом направлении с $D_н$ менее 150 мм | Не допускается | Обязательно (ПЭП в соответствии с приложением В) |
| | | Цилиндрическая вогнутая при контроле в хордовом направлении с $D_{вн}$ менее 300 мм | Не контролируется | |

Примечание — Если при использовании расчетных АРД-диаграмм возникает необходимость в оценке дефектов на глубине, меньшей ближней зоны ПЭП, используют НО или экспериментальные АРД-диаграммы.

7.7.2 При выборе типов ПЭП для контроля учитывают следующие рекомендации по выбору размера пьезоэлемента:

- для большинства изделий применяют ПЭП с размером пьезоэлемента 10—25 мм;

- для контроля по криволинейным поверхностям рекомендуется использовать ПЭП с меньшим размером контактной поверхности;

- для контроля изделий больших толщин с крупнозернистой структурой рекомендуется использовать ПЭП с большим пьезоэлементом;

- для контроля по криволинейным и грубообработанным поверхностям используются прямые ПЭП с мягким протектором или, при малых толщинах изделий, прямые РС ПЭП;

- при контроле по цилиндрическим поверхностям следует соблюдать требования, изложенные в приложении В.

7.7.3 Рекомендуется, чтобы расчетная характеристика направленности поля излучения-приема используемых преобразователей *fD* была в диапазоне от 12 до 30 МГц · мм.

### 7.8 Проверка контролепригодности изделия

7.8.1 Перед проведением контроля изделий необходимо в первую очередь оценить степень однородности коэффициента затухания ультразвука по изменению амплитуд донных эхо-сигналов.

7.8.2 Измерение амплитуд донных эхо-сигналов осуществляют, располагая ПЭП в точках на поверхности сканирования, представляющих собой узлы сетки 50 × 50 мм, но не менее чем на расстоянии 0,2 толщины от края поковки.

В цилиндрических изделиях допускается измерять донные эхо-сигналы вдоль четырех равно отстоящих друг от друга образующих по точкам, отстоящим на 50 мм друг от друга.

Следует измерить амплитуду донных эхо-сигналов в каждом узле сетки, при этом необходимо выполнить не менее пяти измерений. Если размер изделия не позволяет провести измерения на расстоянии 50 мм друг от друга, то измерения проводят в равномерно распределенных по поверхности точках.

7.8.3 Если разность между максимальным и минимальным значениями $A_{дон}$ не превышает 4 дБ, изделие считают однородным. В таком случае для оценки коэффициента затухания и настройки чувствительности используют среднее значение амплитуды донного эхо-сигнала.

7.8.4 Если разность между минимальным и максимальным значениями донного эхо-сигнала превышает 4 дБ, то изделие размечают на участки, в которых разность донных эхо-сигналов не превышает 4 дБ, и для каждого участка выполняют отдельную оценку коэффициента затухания и настройку чувствительности.

7.8.5 Если не удается четко выделить участки, однородные по затуханию или если число участков более пяти, допускается выполнять оценку коэффициента затухания и настройку чувствительности по наименьшему значению донного эхо-сигнала в изделии, при условии, что разность донных эхо-сигналов не превышает 12 дБ.

7.8.6 Если разность донных эхо-сигналов превышает 12 дБ, изделие считают неконтролепригодным.

7.8.7 Особое внимание следует обратить на участки вблизи боковых стенок изделий больших толщин. Если донные эхо-сигналы в этих участках отличаются от эхо-сигналов в средней части изделия более чем на 4 дБ, то для них требуется отдельная настройка чувствительности.

7.8.8 Особенности оценки затухания и настройки чувствительности следует отметить в карте контроля.

## 8 Проверка оборудования и параметров контроля

### 8.1 Проверка состояния оборудования

8.1.1 Дефектоскоп, ПЭП, кабели, КО и НО следует визуально осмотреть на отсутствие физических повреждений и износа, которые могут повлиять на качество выполняемого контроля.

8.1.2 Для ПЭП особое внимание следует обратить на сплошность корпуса и степень износа рабочей поверхности преобразователя.

В случае нарушения сплошности корпуса, явного перекоса или износа рабочей поверхности ПЭП к эксплуатации не допускается. Если имеется допуск на износ рабочей поверхности, то ПЭП, не удовлетворяющие этому допуску, к эксплуатации не допускаются.

8.1.3 Если преобразователь собирается из нескольких компонентов (например, призма и преобразователь, линия задержки и преобразователь), необходимо убедиться в правильности сборки и обеспечении необходимого акустического контакта между компонентами.

8.1.4 Дефектоскоп, ПЭП и кабели должны иметь стабильный электрический контакт.

При выявлении нестабильного электрического контакта необходимо выяснить причину и заменить неисправный элемент системы.

### 8.2 Проверка наклонных ПЭП

8.2.1 При проверке параметров наклонного ПЭП следует проверить его угол ввода, точку выхода и стрелу преобразователя. Данную проверку следует проводить непосредственно перед началом контроля.

**8.2.2 Проверка точки выхода**

8.2.2.1 Точку выхода наклонного преобразователя определяют по отражению от вогнутых цилиндрических поверхностей КО типа СО-3 по ГОСТ Р 55724, № 1 (см. [2]), или № 2 (см. [3]). Преобразователь, ориентированный параллельно боковым поверхностям образца, перемещают до получения максимума эхо-сигнала. Точка выхода располагается над маркировкой, отмеченной «0» на образце.

8.2.2.2 Точка выхода должна отличаться не более чем на 1 мм от нанесенной на поверхность ПЭП точки выхода.

8.2.2.3 Если точка выхода отличается более чем на 1 мм от нанесенной на поверхность, следует нанести новую точку выхода на поверхность ПЭП.

8.2.3 Стрелу преобразователя определяют расстоянием от точки выхода до передней грани преобразователя.

**8.2.4 Угол ввода**

8.2.4.1 Угол ввода определяют по шкалам для определения угла ввода КО при контроле изделий из низколегированной стали или НО при контроле изделий из других материалов. Угол ввода соответствует маркировке, нанесенной на шкале образца, с которой совпадает точка выхода преобразователя при максимальной амплитуде эхо-сигнала от отверстия.

8.2.4.2 Отклонение от номинального угла ввода должно составлять не более 2°.

8.2.4.3 Если отклонение от номинального угла ввода составляет более 2°, ПЭП к эксплуатации не допускается.

8.2.5 Допускается проверка угла ввода или одновременная проверка точки выхода и угла ввода по методикам, приведенным в ГОСТ Р ИСО 16811.

### 8.3 Настройка развертки и глубиномера

8.3.1 Настройку развертки и глубиномера дефектоскопа следует выполнять по КО при контроле изделий из низколегированной стали или НО при контроле изделий из других материалов.

8.3.2 Настройку развертки и глубиномера проводят путем настройки «0» (задержки в призме или протекторе) и настройки скорости звука в материале.

8.3.3 Настройку «0» проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации на дефектоскоп.

8.3.4 Настройку скорости звука проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации на дефектоскоп. Допускается не проводить настройку скорости, если скорость продольной волны в КО или НО отличается от скорости продольной волны в изделии менее чем на 300 м/с.

8.3.5 Начало и длительность развертки устанавливают в соответствии с инструкцией по эксплуатации на дефектоскоп, при этом необходимо обеспечить отображение на экране всей зоны контроля.

8.3.6 При контроле в хордовом направлении при настройке развертки следует использовать эквивалентную толщину $H_э$ (см. 9.13, 9.14).

### 8.4 Мертвая зона ПЭП

8.4.1 Мертвая зона у поверхности ввода оценивается по заднему фронту зондирующего импульса при настроенной поисковой чувствительности $A_п$ одним из следующих способов:

- по глубиномеру дефектоскопа. Границей мертвой зоны считается глубина, на которой задний фронт зондирующего импульса пересекает уровень, равный 25 % от высоты экрана;
- с помощью любого НО по глубине залегания отражателя (торца БЦО или дна плоскодонного отражателя). Отражатель считается выявленным, если его максимум превышает на 6 дБ место пересечения переднего фронта сигнала от него с задним фронтом зондирующего импульса. При поиске на НО соответствующего отражателя допускается снижение уровня чувствительности.

8.4.2 Для прямых ПЭП перед проведением контроля оценивается мертвая зона у донной поверхности по глубиномеру дефектоскопа, границей мертвой зоны считается глубина, на которой передний фронт донного эхо-сигнала пересекает уровень, равный 25 % от высоты экрана. Оценку мертвой зоны у донной поверхности проводят непосредственно на изделии.

8.4.3 Если мертвая зона превышает установленный припуск под УЗК, следует предусмотреть пути уменьшения мертвой зоны согласно 7.5.

### 8.5 Частота следования импульсов

8.5.1 Частота следования импульсов выбирается максимально возможной при условии отсутствия на А-развертке фантомных сигналов.

8.5.2 Отсутствие фантомных сигналов проверяется только для прямых ПЭП непосредственно на объекте контроля.

8.5.3 При наличии фантомного сигнала на бездефектном участке изделия частоту следования импульсов уменьшают до их исчезновения.

8.6 Частота импульса возбуждения устанавливается равной номинальной рабочей частоте преобразователя в соответствии с инструкцией по эксплуатации дефектоскопа.

### 8.7 Дополнительные настройки

8.7.1 Стрелу преобразователя, определенную из точки выхода, и угол ввода рекомендуется ввести в дефектоскоп для удобства определения координат выявленных дефектов.

8.7.2 Допускается применять другие функции и настройки дефектоскопа (например, стробы, фильтрация сигналов) в соответствии с инструкцией по эксплуатации при необходимости в случае, если они не ухудшают чувствительность контроля.

## 9 Настройка чувствительности контроля

9.1 При контроле эхо-методом различают следующие чувствительности:

- чувствительность фиксации $S_0$ и соответствующий ей уровень чувствительности фиксации $A_0$;
- чувствительность брака $S_1$ и соответствующий ей уровень чувствительности брака $A_1$;
- чувствительность поиска $S_п$ и соответствующий ей уровень чувствительности поиска $A_п$, которая превышает чувствительность фиксации в два раза, то есть на 6 дБ (это значит, что $S_п = 0{,}5S_0$ и $A_п = 2A_0$), и устанавливается во время проведения контроля для повышения вероятности выявления дефектов.

9.2 Чувствительность следует настраивать по НО (см. приложение Г) или по АРД-диаграммам (см. приложение Б).

9.3 АРК и ВРЧ следует настраивать на НО из материала объекта контроля, в качестве опорных отражателей следует использовать, такие же отражатели, в которых задана чувствительность контроля.

9.4 Заданная чувствительность поиска должна обеспечиваться по всей контролируемой глубине. Если чувствительность поиска невозможно обеспечить по всей толщине, контролируемую глубину следует разделить на отдельные зоны, контролируемые послойно.

9.5 Послойный контроль изделия следует выполнять с настройкой поисковой чувствительности не на максимальной глубине, а на нижнем уровне каждого слоя. Если это не позволяет обеспечить чувствительность, то рекомендуется выполнять прозвучивание изделия с двух противоположных сторон при настройке чувствительности на половину толщины изделия.

9.6 Если послойный контроль не обеспечивает требуемой чувствительности, то следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в приложении Е.

9.7 При контроле зеркально-теневым методом чувствительность следует выражать в значениях падения донного сигнала $A_{0дон}$ в месте дефекта по сравнению со средним значением донного сигнала в бездефектных участках изделия. Это ослабление должно быть указано в технических условиях на изделия.

9.8 Если требуемый уровень падения донного сигнала $A_{0дон}$ не превышает уровень чувствительности поиска для эхо-метода, то контроль эхо-методом и зеркально-теневым методом допускается проводить одновременно. В противном случае контроль этими методами проводится раздельно.

9.9 Если в НТД установлены разные значения чувствительности для разных диапазонов толщин изделий и изделие имеет размеры, попадающие в различные диапазоны, то контроль в каждом направлении следует выполнять с чувствительностью, установленной для соответствующего размера.

Допускается в этих случаях выполнять контроль, если возможно, на чувствительности, соответствующей наименьшей толщине. При выявлении дефектов оценку годности производят по фактической толщине участка изделия.

9.10 При контроле наклонным ПЭП чувствительность следует настраивать исходя из толщины изделия, а не из расстояния по лучу.

9.11 При контроле цилиндров наклонным ПЭП в хордовом направлении, чувствительность выбирают из нормативных требований НТД в соответствии с номинальной толщиной изделия $H$, а настройку выполняют на значение эквивалентной толщины $H_э$.

9.12 Для сплошных цилиндров и полых цилиндров, удовлетворяющих условию, определяемому выражением (3), эквивалентную толщину $H_э$ следует вычислять по формулам (4) и (5) или геометрическими построениями по схемам, приведенным на рисунках 5 *а* и *б*.

$$H_э = 2R\cos^2\alpha, \tag{4}$$

$$H_э = 2R_н\cos^2\alpha. \tag{5}$$

9.13 Для остальных случаев полых цилиндров эквивалентную толщину при контроле с наружной поверхности $H_{э.н.}$ и с внутренней поверхности $H_{э.вн}$ определяют по формулам (6) и (7) или геометрическими построениями по схемам, приведенным на рисунках 5 *в* и г.

$$H_{э.н} = \cos\alpha\left(R_н\cos\alpha - \sqrt{R_{вн}^2 - R_н^2\left(\sin\alpha\right)^2}\right), \tag{6}$$

$$H_{э.вн} = \cos\alpha\left(\sqrt{R_н^2 - R_{вн}^2\left(\sin\alpha\right)^2} - R_{вн}\cos\alpha\right). \tag{7}$$

9.14 Если $H_э > H$ и не удается реализовать заданную чувствительность на толщине $H_э$, допускается переход на пониженную чувствительность. При этом, если реализуемая чувствительность $S_{0р}$ соответствует уровню $S_0$, заданному в НТД для диапазона толщин, в который попадает $H_э$, допускается переход на пониженную чувствительность без согласования. В остальных случаях следует руководствоваться приложением Е.

9.15 Чувствительность следует проверять во время контроля не реже одного раза в 2 ч и по завершении контроля.

Если в процессе проверки обнаружены отклонения уровня чувствительности, следует провести повторную настройку чувствительности и выполнить следующие действия:

- при отклонении уровня чувствительности менее чем на 4 дБ следует скорректировать чувствительность и продолжить контроль;
- при уменьшении уровня чувствительности более чем на 4 дБ следует скорректировать чувствительность и выполнить повторный контроль всего объема, проверенного за предыдущий период;
- при увеличении уровня чувствительности более чем на 4 дБ следует скорректировать чувствительность и выполнить заново оценку зон с зарегистрированными дефектами.

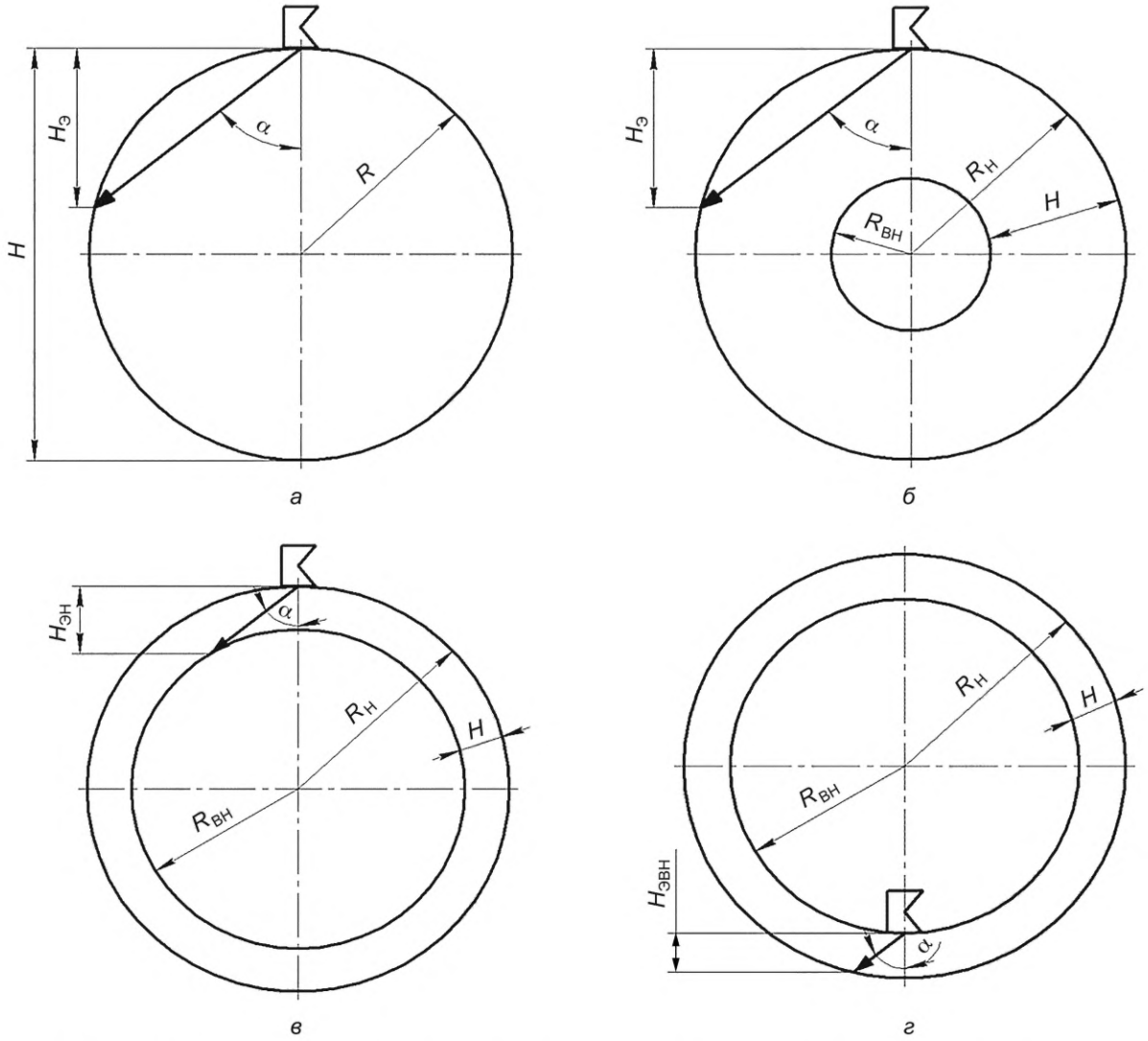



Рисунок 5 — Схема определения эквивалентной толщины цилиндрических изделий при контроле наклонным преобразователем в хордовом направлении

## 10 Проведение контроля

### 10.1 Подготовка изделия

10.1.1 Перед началом контроля поверхность изделия необходимо очистить от грязи, пыли и покрыть контактной средой поверхности сканирования. В качестве контактной среды рекомендуется применять техническое масло, глицерин, воду и другие жидкие смазки. При прозвучивании по наклонным и криволинейным поверхностям рекомендуется применять контактные среды с большей вязкостью. При выборе контактной среды следует учитывать последующие технологические операции.

10.1.2 Большие поверхности рекомендуется разбивать на участки и контролировать их последовательно.

### 10.2 Сканирование

10.2.1 После настройки дефектоскопа, разметки поверхности и нанесения контактной смазки следует выполнять поиск дефектов путем плавного построчного сканирования изделия со скоростью от 50 до 100 мм/с и с шагом, не превышающим половину размера пьезоэлемента ПЭП *а* в направлении, перпендикулярном к направлению его перемещения.

10.2.2 При контроле РС ПЭП следует ориентировать его акустический экран перпендикулярно к направлению сканирования.

10.2.3 При контроле по цилиндрическим поверхностям РС ПЭП следует ориентировать его акустический экран перпендикулярно к образующей.

### 10.3 Выявление дефектов эхо-методом

10.3.1 При контроле эхо-методом необходимо отмечать участки, в которых наблюдается эхо-сигнал с амплитудой, превышающей уровень поисковой чувствительности. В отмеченных участках путем сканирования с меньшей скоростью и с меньшим шагом следует найти положения преобразователя, при которых амплитуда эхо-сигнала максимальна. При этих положениях следует выполнить оценку параметров дефекта.

10.3.2 При оценке координат дефекта, выявленного эхо-методом, необходимо определять наименьшее расстояние от поверхности сканирования до дефекта.

10.3.3 В тех случаях, когда расстояние определяют с целью установления объема ремонта изделия, допускается выполнять эту оценку при чувствительности, превышающей уровень поисковой чувствительности, до максимально возможной чувствительности.

10.3.4 При контроле прямым ПЭП расстояние до дефекта называется глубиной его залегания и обозначается $h$. При контроле наклонным ПЭП следует определять глубину залегания дефекта $h$ и проекцию длины пути ультразвука $x$.

Если дефектоскоп не обладает возможностью автоматического определения $h$ и $x$, следует использовать формулы:

$$h = r \cos \alpha, \tag{8}$$

$$x = r \sin \alpha. \tag{9}$$

10.3.5 В хордовом направлении глубина залегания $h$ и проекция длины пути на цилиндрическую поверхность ввода $x_R$ определяются согласно формулам, приведенным в таблицах 2 и 3, или графическому построению.

10.3.6 Если амплитуда эхо-сигнала от дефекта $A_д$ больше или равна уровню брака $A_1$, то дефект следует считать недопустимым.

10.3.7 Если амплитуда эхо-сигнала от дефекта $A_д$ больше или равна уровню фиксации $A_0$, но меньше уровня брака $A_1$, то дефект подлежит фиксации и дальнейшей оценке по параметрам, указанным в НТД. В противном случае дефект не учитывается.

10.3.8 Если дефект выявляется различными ПЭП или с различных поверхностей и если сигнал от него превышает уровень фиксации хотя бы в одном направлении, то он подлежит фиксации. Оценку следует проводить в каждом направлении, в котором превышен уровень фиксации.

Таблица 2 — Формулы расчета глубины залегания $h$ для цилиндрических изделий при контроле в хордовом направлении

| Схема контроля | Глубина залегания $h$ |
|---|---|
| Рисунок 5 *б* и *в*, прямой луч ($R_{вн} < R_н \sin\alpha$) | $R_н - \sqrt{(r\cdot\sin\alpha)^2 + (R_н - r\cdot\cos\alpha)^2}$ |
| Рисунок 5 *в*, отраженный луч ($R_{вн} \geq R_н \sin\alpha$) | $R_н - \sqrt{\left(r - R_н\cdot\cos\alpha + 2\cdot R_{вн}\cdot\cos\left(\arcsin\left(\frac{R_н}{R_{вн}}\cdot\sin\alpha\right)\right)\right)^2 + (R_н\cdot\sin\alpha)^2}$ |
| Рисунок 5 *г*, прямой луч ($R_{вн} < R_н \sin\alpha$) | $\sqrt{(R_{вн}\cdot\sin\alpha)^2 + (R_{вн}\cdot\cos\alpha + r)^2} - R_{вн}$ |
| Рисунок 5 *г*, отраженный луч ($R_{вн} \geq R_н \sin\alpha$) | $\sqrt{\left(R_н\cdot\sin\left(\arcsin\left(\frac{R_{вн}}{R_н}\cdot\sin\alpha\right)\right)\right)^2 + \left(2\cdot R_н\cdot\cos\left(\arcsin\left(\frac{R_{вн}}{R_н}\cdot\sin\alpha\right)\right) - r - R_{вн}\cdot\cos\alpha\right)^2} - R_{вн}$ |

Таблица 3 — Формулы расчета проекции длины пути на цилиндрическую поверхность ввода $x_R$ при контроле в хордовом направлении

| Схема контроля | Проекция длины пути на поверхность ввода $x_R$ |
|---|---|
| Рисунок 5 *а* и *б* при $r\cos\alpha \leq R_н$<br>Рисунок 5 *в*, прямой луч ($R_{вн} < R_н \sin\alpha$) | $0{,}0175\cdot R_н\cdot\arcsin\frac{r\cdot\sin\alpha}{R_н - h}$ |
| Рисунок 5 *а* и *б* при $r\cos\alpha > R_н$ | $0{,}0175\cdot R\cdot\arccos\frac{2\cdot R_н^2 - 2\cdot R_н\cdot h + h^2 - r^2}{2\cdot R_н(R_н - h)}$ |
| Рисунок 5 *в*, отраженный луч ($R_{вн} \geq R_н \sin\alpha$) | $0{,}0175\cdot R_н\cdot(\arcsin\frac{\left(R_н\cdot\cos\alpha - R_{вн}\cdot\cos(\arcsin\left(\frac{R_н}{R_{вн}}\cdot\sin\alpha\right)\right)\cdot\sin\alpha}{R_{вн}} + \arcsin\frac{\left(r - R_н\cdot\cos\alpha - R_{вн}\cdot\cos(\arcsin\left(\frac{R_н}{R_{вн}}\cdot\sin\alpha\right)\right)\cdot R_н\cdot\sin\alpha}{R_{вн}(R_н - h)})$ |
| Рисунок 5 *г*, прямой луч ($R_{вн} < R_н \sin\alpha$) | $0{,}0175\cdot R_{вн}\cdot\arcsin\frac{r\cdot\sin\alpha}{R_{вн} + h}$ |
| Рисунок 5 *г*, отраженный луч ($R_{вн} \geq R_н \sin\alpha$) | $0{,}0175\cdot R_{вн}\cdot(\arcsin\frac{R_н\cdot\cos(\arcsin\left(\frac{R_{вн}}{R_н}\cdot\sin\alpha\right) - R_{вн}\cdot\cos\alpha)\cdot\sin\left(\arcsin\left(\frac{R_{вн}}{R_н}\cdot\sin\alpha\right)\right)}{R_{вн}} + \arcsin\frac{\left(r - R_н\cdot\cos\left(\arcsin\left(\frac{R_{вн}}{R_н}\cdot\sin\alpha\right)\right) - R_{вн}\cdot\cos\alpha\right)\cdot\sin\left(\arcsin\left(\frac{R_{вн}}{R_н}\cdot\sin\alpha\right)\right)}{R_{вн} + h})$ |
| Примечание — В данных формулах в качестве глубины залегания $h$ используется значение, рассчитанное по формулам, приведенным в таблице 2. | |

10.3.9 Если в НТД есть указание о недопустимости протяженных дефектов, то их классификацию на протяженные и непротяженные дефекты выполняют на основе сравнения их условной протяженности $L_{усл}$ с условной протяженностью $L_0$ эквивалентного по амплитуде ПДО, торец которого находится на той же длине пути ультразвука, что и выявленный дефект. При $L_{усл}$ более $L_0$ дефект называют протяженным, в противном случае — непротяженным.

Методика оценки значений $L_{усл}$ и $L_0$ приведена в приложении Ж.

10.3.10 Если в НТД есть указание о недопустимости скоплений непротяженных дефектов, то размер скопления вычисляется как пространственное расстояние между наиболее удаленными дефектами с учетом их глубины залегания $h$ путем простейших геометрических построений. В скопление могут быть внесены дефекты, выявленные с любых направлений.

### 10.4 Выявление дефектов зеркально-теневым методом

10.4.1 При контроле зеркально-теневым методом необходимо отмечать участки, в которых наблюдается падение сигнала до уровня $A_{0дон}$.

10.4.2 Условные границы при контроле зеркально-теневым методом определяются положениями преобразователя, при которых донный сигнал достигает заданного уровня, а за пределами которых он выше этого уровня.

## 11 Оформление результатов контроля и оценка качества

11.1 Результаты УЗК следует оформлять в порядке, установленном на предприятии или в НТД, например, в виде сертификата, заключения, протокола и других подобных документов на изделие. Результаты контроля должны быть также занесены в журнал УЗК.

11.2 Сертификат, заключение, протокол и другие подобные документы на изделие и журнал УЗК должны содержать следующие сведения:

а) производитель контролируемого изделия;

б) идентификационные данные изделия:

1) номер изделия или партии (плавки);
2) номер чертежа;
3) количество изделий в партии;
4) марка металла;

в) стадия изготовления изделия, когда был выполнен УЗК;

г) состояние поверхности;

д) использованное оборудование:

1) дефектоскоп и его заводской номер;
2) ПЭП и их заводские номера;
3) КО и НО, если использованы, и их заводские номера;

е) способы настройки чувствительности;

ж) нормы оценки качества;

и) зафиксированные дефекты:

1) координаты;
2) эквивалентная площадь (для эхо-метода);
3) уровень донного сигнала (для зеркально-теневого метода);
4) условная протяженность (при необходимости);

к) заключение о годности;

л) ссылка на данный стандарт и карту контроля;

м) ссылка на документацию, содержащую нормы оценки качества;

н) отступления от данного стандарта или карты контроля;

п) идентификационные данные специалистов, выполнивших контроль и выдавших заключение о годности изделия;

р) дата выполнения контроля;

с) иные данные, предусмотренные НТД на изделие.

11.3 Зафиксированные дефекты рекомендуется отображать в виде эскиза-дефектограммы.

11.3.1 Непротяженные дефекты на дефектограмме обозначают следующим образом:

- при выявлении прямым ПЭП с центром в месте максимального отражения;

- при обнаружении наклонным ПЭП — крестом в месте проекции дефекта на поверхность сканирования.

11.3.2 Для протяженных дефектов указывают их условные границы, а при необходимости — условный размер в заданном направлении.

11.3.3 Для дефектов, обнаруженных зеркально-теневым методом, указывают условные границы.

11.4 Зафиксированные дефекты в документации на изделия, журнале УЗК или на эскизах-дефектограммах рекомендуется записывать условной краткой записью, состоящей из числителя и знаменателя.

11.4.1 Для обозначения дефектов, выявленных эхо-методом, в числителе записывают следующие буквы:

- «Д» — для дефектов, удовлетворяющих условию:

$$A_д \geq A_1; \quad (10)$$

- «А» — для дефектов, удовлетворяющих условиям:

$$A_0 \leq A_д < A_1, \quad (11)$$

$$L_{усл} \leq L_0; \quad (12)$$

- «Б» — для дефектов, удовлетворяющих условиям:

$$A_0 \leq A_д < A_1, \quad (13)$$

$$L_{усл} > L_0; \quad (14)$$

- «В» — для дефектов, входящих в недопустимое скопление.

Допускается при необходимости после буквы записывать амплитуду сигнала от дефекта или его эквивалентную площадь, если это требуется НТД.

11.4.2 В знаменателе указывается глубина залегания дефекта. Остальные координаты и условные границы дефекта следует отмечать на эскизе-дефектограмме или, если эскиз-дефектограмма не используется, любым установленным на предприятии способом.

11.4.3 Дефекты, выявленные зеркально-теневым методом, обозначаются буквой «Т» без знаменателя. Допускается при необходимости после буквы записывать амплитуду падения сигнала от дефекта относительно установленного уровня $A_{0дон}$.

11.5 Допустимые дефекты (дефекты, обозначающиеся буквой «А») следует указывать на эскизе-дефектограмме только в случае, если это требуется НТД.

11.6 Изделие следует считать годным, если в нем не выявлено дефектов, не удовлетворяющих НТД.

11.7 Если в НТД не указан уровень $A_{0дон}$, то не допускаются участки с ослаблением донного сигнала до уровня поисковой чувствительности.

## 12 Метрологическое обеспечение

12.1 Требования к метрологическому обеспечению дефектоскопов устанавливаются в зависимости от требований заказчика и текущих положений законодательства.

12.2 Параметры КО должны соответствовать документации на них, что должно быть подтверждено паспортом. Периодическая поверка или калибровка КО не требуется.

12.3 Параметры НО должны соответствовать приложению Б, что должно быть подтверждено паспортом. Поверка или калибровка НО не требуется.

12.4 ПЭП должны соответствовать требованиям раздела 6. Поверка или калибровка ПЭП не требуется.

12.5 Относительная погрешность оценки эквивалентной площади при соблюдении требований данного стандарта и использовании одного и того же оборудования не превышает 30 %.

Межлабораторная относительная погрешность оценки эквивалентной площади при соблюдении требований данного стандарта составляет не более 50 %.

## 13 Требования безопасности

13.1 При проведении работ по УЗК необходимо руководствоваться ГОСТ 12.1.001 и ГОСТ 12.1.002.

13.2 При эксплуатации ультразвуковых дефектоскопов следует выполнять требования безопасности в соответствии с [4].

13.3 К работе с ультразвуковыми приборами допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие проверку знаний вышеуказанных правил. При необходимости группа по электробезопасности специалистов, проводящих УЗК, устанавливается предприятием, проводящим УЗК, в зависимости от условий работы.

13.4 При организации работ по УЗК должны соблюдаться требования пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004.

13.5 Уровни шума, создаваемого на рабочем месте специалиста по УЗК, не должны превышать допустимых по ГОСТ 12.1.003.

13.6 При использовании на участке контроля подъемных механизмов должны соблюдаться требования [5].

13.7 При проведении УЗК вредные воздействия на окружающую среду отсутствуют.

13.8 Меры и средства защиты природной среды от вредных воздействий не требуются.

13.9 Компоненты природной среды не используются.

13.10 Выбросы загрязненных веществ в окружающую среду отсутствуют.

**Приложение А**
**(обязательное)**

## Особенности методики автоматизированного ультразвукового контроля

А.1 Автоматизированные установки УЗК должны обеспечивать контроль изделий в направлениях, предусмотренных разделом 7, а также контроль как эхо-методом, так и зеркально-теневым методом.

А.2 При контактном варианте контроля применяют прямые и наклонные ПЭП. Последние при УЗК цилиндров диаметром менее 150 мм должны быть притертыми.

При иммерсионном варианте контроля применяют прямые ПЭП, ориентированные в соответствии с требуемым углом ввода.

А.3 В комплект установки должны входить описание и инструкция по эксплуатации, ввод ее в эксплуатацию или возможность применения должны быть согласованы с ОГОМС.

А.4 При малом проценте брака рекомендуется автоматизировать только процесс поиска несплошностей, а их оценку выполнять вручную.

А.5 Настройку чувствительности автоматизированной установки проводят в статическом или динамическом режиме. При статическом режиме настройки ПЭП и изделие или НО неподвижны относительно друг друга при получении максимума сигнала от опорного отражателя. При динамическом режиме настройки ПЭП и изделие или НО двигаются относительно друг друга со скоростью, равной скорости при контроле.

А.6 Настройку чувствительности автоматизированной установки рекомендуется выполнять по АРД-диаграммам. При контроле изделий больших толщин рекомендуется дополнительно использовать ВРЧ, получаемую из АРД-диаграмм или настраиваемую по образцу.

А.7 При соблюдении требований к скорости и шагу сканирования, изложенных в 10.2.1, допускается настраивать чувствительность в статическом режиме по НО согласно приложению Г. При этом следует вести контроль на поисковой чувствительности, настроенной в соответствии с 9.1.

А.8 В динамическом режиме за уровень опорного эхо-сигнала принимают такой уровень чувствительности, при котором опорный эхо-сигнал надежно фиксируется. Надежность его фиксации проверяют следующим образом:

- при использовании в качестве опорного эхо-сигнала донного эхо-сигнала надежным считается такой уровень чувствительности, при котором донный эхо-сигнал фиксируется на всей поверхности изделия, а при снижении чувствительности на 2 дБ наблюдается хотя бы один участок, где фиксации не происходит. При контроле партии изделий допускается проводить настройку по первому изделию в партии;
- при использовании в качестве опорного эхо-сигнала отражения от какого-либо искусственного отражателя, например плоскодонного сверления, надежной считается фиксация его 10 раз из 10 при условии, что снижение чувствительности на 2 дБ уменьшает число срабатываний хотя бы на один раз.

А.9 При контроле цилиндрических изделий, когда сканирование осуществляется за счет вращательного движения, применение ПДО при настройке в динамике не допускается. В таких случаях рекомендуется использовать чувствительность, настраиваемую по БЦО или иным отражателям в НО, согласованных с ОГОМС.

А.10 При иммерсионном контроле цилиндрических изделий в хордовом направлении при настройке угла ввода следует убедиться, что в металле заготовки распространяется сдвиговая волна под заданным углом $\alpha$. Для этого в образце, предназначенном для настройки в динамическом режиме, должно быть выполнено БЦО с центром на расстоянии $e$ от центра цилиндрического изделия, равном:

$$e = \frac{D_{НО}}{2} \sin \alpha. \qquad (А.1)$$

При настройке в статическом режиме этой цели могут служить торцевые сверления в образцах, смещенные относительно оси (см. приложение Г).

## Приложение Б
## (обязательное)

## Настройка чувствительности и оценка дефектов с помощью АРД-диаграмм

### Б.1 Общие положения

Б.1.1 АРД-диаграмма представляет собой систему графиков, отражающих зависимость амплитуды эхо-сигнала от расстояния для ПДО различной площади или диаметра при нулевом значении коэффициента затухания. АРД-диаграмму строят для определенного материала (т. е. определенной длины волны), размера пьезоэлемента ПЭП и угла ввода колебаний.

Б.1.2 Используются АРД-диаграммы следующих видов:

- расчетные АРД-диаграммы, полученные на основе теоретических формул распространения ультразвука;
- экспериментальные АРД-диаграммы, полученные на основе сигналов от отражателей в НО.

Б.1.3 Границы применимости АРД-диаграмм указаны в таблице 1.

Б.1.4 Расчетные АРД-диаграммы следует применять для настройки и оценки дефектов только для толщин и расстояний до дефекта больше ближней зоны преобразователя.

Если при контроле дефект выявлен в ближней зоне, то для его оценки следует использовать НО.

Б.1.5 Протяженность ближней зоны $N$ прямого совмещенного ПЭП рассчитывают по формуле

$$N = \frac{D^2 f}{4c}. \quad (Б.1)$$

Б.1.6 Протяженность ближней зоны в изделии по пути луча $N_r$ наклонного совмещенного ПЭП рассчитывают по формуле

$$N_r = \frac{D^2 f}{4c} - \frac{c_п \cdot \cos\alpha}{c \cdot \cos\beta} r_п, \quad (Б.2)$$

где $c_п$ — скорость ультразвука в призме;

$r_п$ — длина пути ультразвука в призме;

$\beta$ — угол призмы.

Б.1.7 Протяженность ближней зоны в изделии по глубине $N_h$ наклонного совмещенного ПЭП рассчитывают по формуле

$$N_h = N_r \cos\alpha. \quad (Б.3)$$

Б.1.8 АРД-диаграммы могут быть как встроенные в дефектоскоп, так и напечатанные на бумаге.

Б.1.9 Настройка чувствительности по АРД-диаграмме состоит в определении значения разности уровней $\Delta_A$ между уровнем опорного эхо-сигнала $A_{оп}$ и уровнем $A$, соответствующим настраиваемой чувствительности.

Б.1.10 В качестве опорных отражателей для получения опорных сигналов могут использоваться отражатели, находящиеся непосредственно в изделии (донные сигналы, сигналы от двухгранного угла), или отражатели, находящиеся в КО или НО.

Б.1.11 При контроле по грубообработанным поверхностям применение опорных сигналов в КО не допускается.

Б.1.12 При контроле прямым ПЭП по цилиндрическим поверхностям применение опорных сигналов в КО не допускается. Опорным сигналом должен служить донный эхо-сигнал.

Б.1.13 Амплитуда опорного сигнала должна быть измерена не менее трех раз, и для настройки следует взять среднее значение.

Амплитуда донного сигнала должна быть измерена не менее чем в пяти точках контролируемой поверхности, отстоящих от краев не менее чем на 0,2 толщины заготовки. Для настройки следует взять среднее значение.

Б.1.14 При контроле полых цилиндров в качестве опорного сигнала используют донный сигнал от внутренней поверхности, но при этом следует брать поправку на их кривизну, которую вычитают из значения $\Delta_S$, определенного по АРД-диаграммам для плоского случая.

Поправку $\Delta_R$ определяют по номограмме, приведенной на рисунке Б.1, или по формуле

$$\Delta_R = 10 \log \frac{R_н}{R_{вн}}. \quad (Б.4)$$

При настройке по номограмме проводят линию через точки, соответствующие наружному и внутреннему диаметрам изделия. Точка пересечения этой прямой со шкалой «Поправка, дБ» указывает искомое значение поправки.

### Б.2 Настройка чувствительности

#### Б.2.1 Работа с бумажными АРД-диаграммами

Б.2.1.1 При настройке чувствительности по бумажной АРД-диаграмме определенное непосредственно на АРД-диаграмме значение разности уровней $\Delta_A$ между уровнем опорного сигнала $A_{оп}$ и уровнем чувствительности $A_S$ добавляют к уровню опорного сигнала на дефектоскопе с помощью регулировки усиления.

Примечание — Если уровень чувствительности $A_S$ выше уровня опорного сигнала $A_{оп}$, то разность уровней $\Delta_A$ получается со знаком «минус», если уровень чувствительности $A_S$ ниже уровня опорного сигнала $A_{оп}$, разность уровней $\Delta_A$ получается со знаком «плюс».

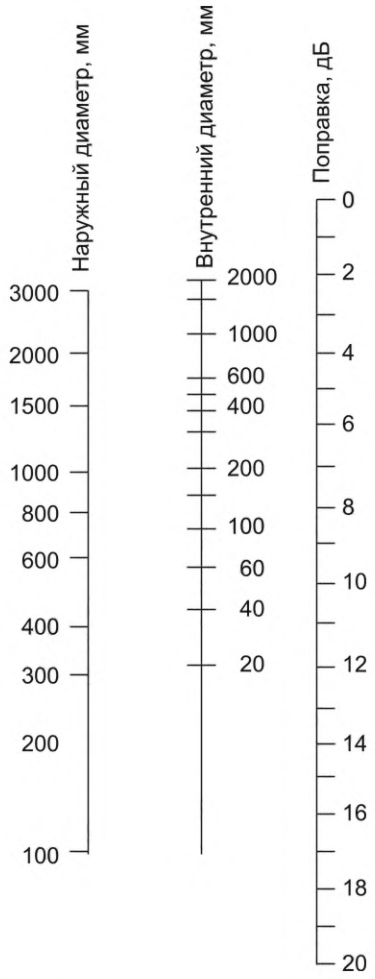



Рисунок Б.1 — Поправка на кривизну внутренней поверхности

Б.2.1.2 Уровень опорного сигнала $A_{оп}$ на бумажных АРД-диаграммах может быть представлен в виде отражения от опорных отражателей: донная поверхность, двухгранный угол, определенный отражатель в КО.

Б.2.1.3 Расстояние на бумажных АРД-диаграммах может быть представлено в длине пути ультразвука до отражателя или глубины залегания отражателя (толщины изделия).

Б.2.1.4 Уровень опорного сигнала $A_{оп}$ на бумажных АРД-диаграммах выбирается на расстоянии, на котором располагается опорный отражатель в изделии.

Б.2.1.5 Уровень $A_S$, соответствующий настраиваемой чувствительности, выбирается для отражателя с требуемой эквивалентной площади, расположенной на максимальном пути ультразвука при контроле.

Б.2.1.6 Измерение амплитуды опорного эхо-сигнала состоит в определении значения усиления дефектоскопа, при котором амплитуда этого эхо-сигнала на экране дефектоскопа равна стандартному уровню на экране дефектоскопа. Стандартный уровень следует устанавливать от 40 % до 80 % от полной высоты экрана.

Б.2.1.7 В большинстве случаев настройка проводится на чувствительность фиксации $S_0$ и к полученному уровню чувствительности фиксации $A_0$ добавляется усиление 6 дБ для установки уровня чувствительности поиска.

***Пример — Контролю подлежит стальная поковка толщиной 300 мм плоскопараллельными гранями. Требуемая чувствительность фиксации $S_0$ = 5 мм$^2$. При контроле прямым ПЭП в качестве опорного уровня чувствительности $A_{оп}$ допускается использовать донный эхо-сигнал. Контроль выполняется ПЭП с параметрами f = 2,5 МГц и D = 12 мм, АРД-диаграмма для которого приведена на рисунке Б.1. На АРД-диаграмме определяют точки, соответствующие $A_{дон}$ = 26 дБ и $A_0$ = 63 дБ на глубине 300 мм, и определяют разность между их уровнями $\Delta_{A0}$ = 37 дБ. Таким образом, уровень чувствительности фиксации $A_0$ должен на 37 дБ превышать уровень донного сигнала $A_{дон}$ в поковке. Например, чтобы***

***выставить реальный донный эхо-сигнал на стандартный уровень на экране, необходимо установить усиление 30 дБ. Для настройки уровня чувствительности фиксации $A_0$ необходимо увеличить усиление на 37 дБ, т. е., не изменяя остальных регулировок прибора, установить усиление на 30 + 37 = 67 дБ. Для установки уровня чувствительности поиска $A_п$ необходимо добавить еще 6 дБ; следовательно, $A_п$ = 67 + 6 = 73 дБ.***

Б.2.1.8 Во всех случаях, когда расстояние до источника опорного сигнала отлично от того расстояния, на котором следует установить заданную чувствительность, например при послойном контроле или при использовании ВРЧ, или опорный отражатель располагается в КО, следует учитывать коэффициент затухания ультразвука.

Б.2.1.9 Для учета затухания к полученной по АРД-диаграмме разности уровней $\Delta_A$ необходимо добавить поправку на затухание $\Delta_\delta$, вычисляемую по следующим формулам:

$$\Delta_{\delta r} = \delta_r r, \quad (Б.5)$$

$$\Delta_{\delta h} = \delta_h h, \quad (Б.6)$$

где $\delta_r$ — затухание в материале по пути ультразвука, дБ/мм;

$\delta_h$ — затухание в материале по глубине, дБ/мм.

Формула (Б.1) используется при определении затухания по длине пути ультразвука, формула (Б.2) используется при определении затухания по глубине.

Примечание — Для прямых ПЭП формулы (Б.1) и (Б.2) идентичны, так как длина пути пучка равна длине пути по глубине.

***Пример — Контролю подлежит подприбыльная часть фасонной отливки на глубину 100 мм. Из-за сложной формы отливки донный сигнал отсутствует. В качестве опорного необходимо использовать сигнал от бокового отверстия КО типа СО-2. На АРД-диаграмме, приведенной на рисунке Б.3, амплитуда сигнала от него нанесена на оси ординат жирной точкой и обозначена «СО-2, Н = 44 мм». Например, $S_0$ = 5 мм$^2$, и коэффициент затухания звука в отливках данного типа известен заранее и составляет 0,02 дБ/мм. Следует определить $\Delta_A$ между опорным сигналом $A_{оп}$ и $A_0$, который в данном случае составляет 20 дБ. Вычисляют поправку на затухание $\Delta_\delta$ по формуле (Б.1) или (Б.2), которое для глубины 100 мм составляет 2 дБ. Таким образом, уровень чувствительности фиксации $A_0$ должен превышать амплитуду сигнала от СО-2 $A_{оп}$ на Δ = 20 + 2 = 22 дБ.***

Б.2.1.10 При послойном контроле $\Delta_A$ и $\Delta_\delta$ определяются для каждого слоя по наибольшему расстоянию для данного слоя.

Б.2.1.11 Если на АРД-диаграмме чувствительность представлена в эквивалентных диаметрах, то для настройки выбирается ближайший к требуемому диаметру, соответствующему требуемой эквивалентной площади из ряда, приведенного в Г.1.2.2.

**Б.2.2 Работа со встроенными АРД-диаграммами**

Б.2.2.1 Настройка по встроенным АРД-диаграммам проводится согласно инструкции по эксплуатации на дефектоскоп.

Б.2.2.2 При настройке чувствительности по встроенной АРД-диаграмме значение разности уровней $\Delta_A$ между уровнем опорного сигнала $A_{оп}$ и уровнем чувствительности $A_S$ вычисляется дефектоскопом на основе параметров ПЭП и изделия и автоматически добавляется к уровню опорного сигнала на дефектоскопе для построения АРД-диаграммы на экране или непосредственного расчета эквивалентных площадей выявляемых дефектов.

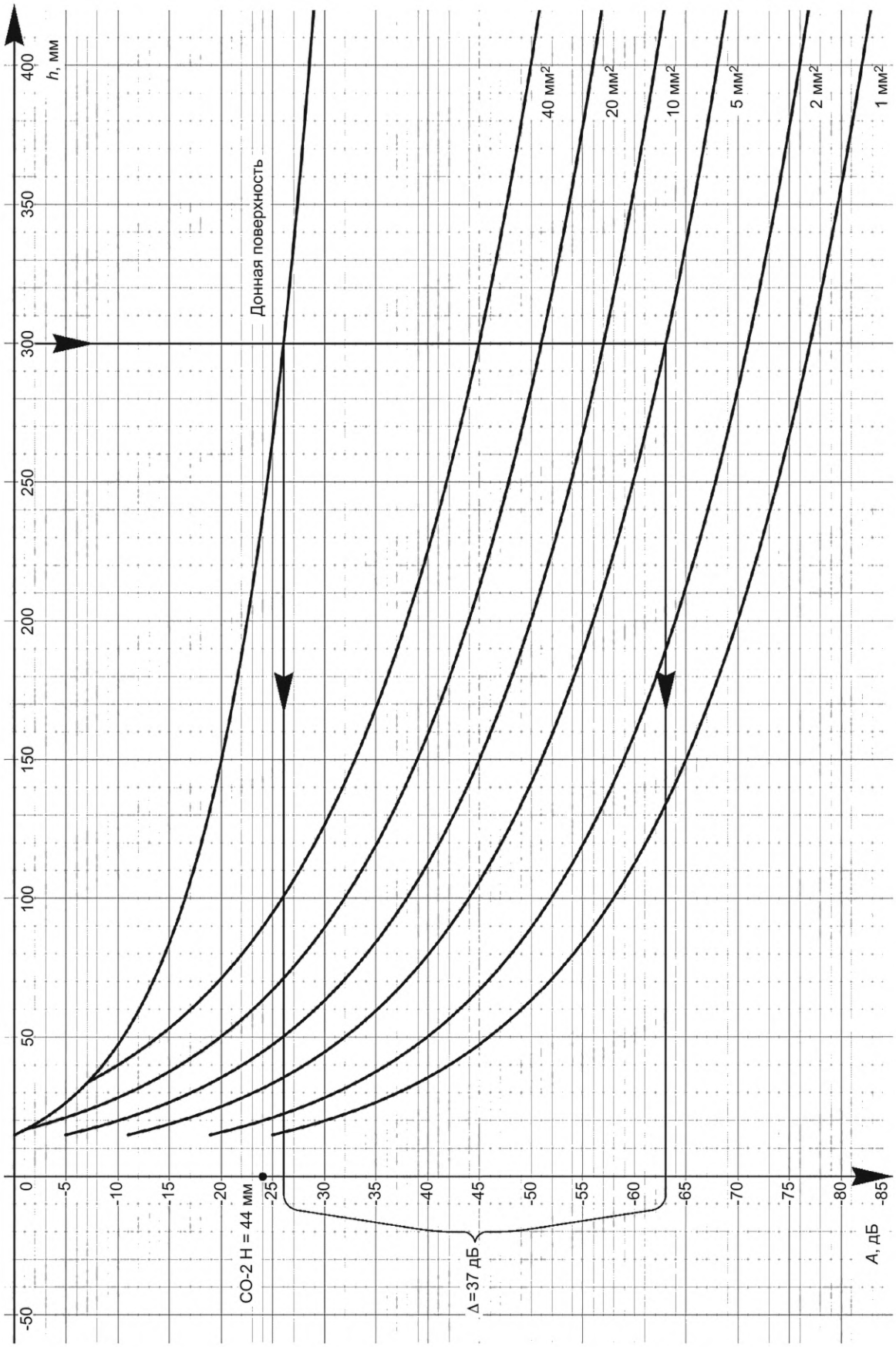



Рисунок Б.2 — Пример настройки уровня чувствительности фиксации $A_0$ по опорному сигналу $A_{оп}$ от донной поверхности $A_{дон}$

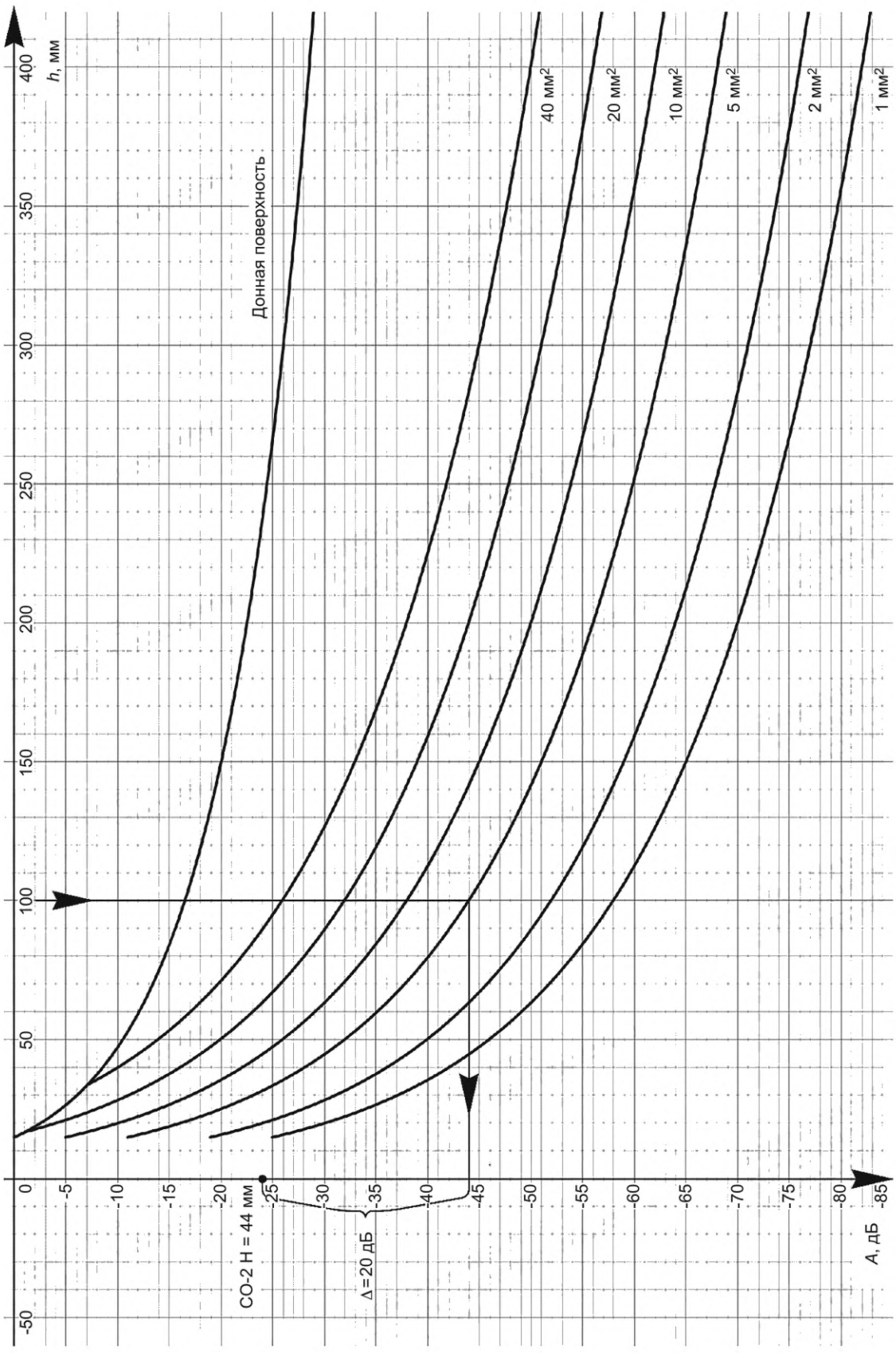



Рисунок Б.3 — Пример настройки уровня чувствительности фиксации $A_0$ по опорному сигналу $A_{оп}$ от БЦО в СО-2, расположенного на глубине 44 мм

Б.2.2.3 Построенная на экране АРД-диаграмма должна быть привязана к уровню опорного сигнала, то есть при изменении усиления кривые АРД-диаграммы должны смещаться по экрану в соответствии с измененным усилением. Допускается использовать не привязанную к опорному уровню АРД-диаграмму, если в процессе контроля не изменяется усиление дефектоскопа.

Б.2.2.4 Построенная на экране АРД-диаграмма должна находиться на уровне не менее 20 % от полной высоты экрана в зоне контроля.

Б.2.2.5 Рекомендуется отображать на экране все АРД-диаграммы, соответствующие чувствительности поиска, фиксации и брака.

Б.2.2.6 Дефектоскоп должен обладать возможностью внесения поправок чувствительности по затуханию $\Delta_\delta$ и на цилиндрическую поверхность $\Delta_R$. Данные поправки могут вноситься как вместе в виде рассчитанной самостоятельно поправки в дБ, так и раздельно, рассчитанные самостоятельно или рассчитанные дефектоскопом на основе введенных данных.

Б.2.2.7 Если дефектоскоп проводит расчет эквивалентных площадей без отображения АРД-диаграмм на экране, рекомендуется использовать ВРЧ, получаемую из АРД, если такая функция присутствует на дефектоскопе. При контроле материалов с высоким затуханием и высоким уровнем акустических шумов следует использовать ВРЧ в любом случае либо проводить контроль послойно. При послойном контроле $\Delta_A$ и $\Delta_\delta$ определяются для каждого слоя по наибольшему расстоянию для данного слоя.

Б.2.2.8 Если дефектоскоп может настраивать АРД-диаграммы только по эквивалентным диаметрам, то следует рассчитать этот диаметр из требуемой эквивалентной площади по формуле

$$d = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}}. \qquad (Б.7)$$

### Б.3 Оценка коэффициента затухания ультразвука

#### Б.3.1 Общие положения

Б.3.1.1 Оценка коэффициента затухания проводится для той же частоты ультразвука, которая будет использоваться при проведении контроля.

Б.3.1.2 Оценка коэффициента затухания проводится отдельно для продольных и поперечных волн.

#### Б.3.2 Определение коэффициента затухания продольных волн

Б.3.2.1 Для оценки коэффициента затухания продольных волн рекомендуется, используя прямой совмещенный ПЭП, измерять амплитуду $A_{\text{дон}}$ первого донного сигнала в бездефектной части изделия. Эту амплитуду сравнивают с амплитудой эхо-сигнала $A_{\text{оп}}$ от донной поверхности какого-либо КО с коэффициентом затухания, близким к нулю (например, образца СО-2), и рассчитывают коэффициент затухания $\delta$ по формуле

$$\delta = \frac{A_{\text{дон}} - A_{\text{оп}} - 20 \cdot \lg\left(\frac{H_0}{H}\right)}{2 \cdot H}, \qquad (Б.8)$$

где $H_0$ — толщина КО, мм;

$H$ — толщина изделия, мм.

Б.3.2.2 Допускается выполнять оценку затухания по разности амплитуд первого донного сигнала $A_1$ и второго донного сигнала $A_2$ на бездефектном участке изделия. При этом рекомендуется при измерении амплитуды первого донного сигнала прижать к донной поверхности соосно рабочему ПЭП второй (балластный) ПЭП, идентичный рабочему и не подключенный к дефектоскопу. Изменяя положение и степень прижатия балластного ПЭП, следует добиться наибольшего ослабления донного сигнала и при этом положении выполнить измерение. При измерении второго донного сигнала балластный ПЭП следует убрать. Коэффициент затухания $\delta$ вычисляют в таком случае по формуле

$$\delta = \frac{A_{\text{дон1}} - A_{\text{дон2}} - 6}{2 \cdot H}, \qquad (Б.9)$$

где $A_{\text{дон1}}$ — амплитуда первого донного сигнала на бездефектном участке изделия, дБ;

$A_{\text{дон2}}$ — амплитуда второго донного сигнала на бездефектном участке изделия, дБ;

$H$ — толщина изделия, мм.

#### Б.3.3 Определение коэффициента затухания поперечных волн

Б.3.3.1 Для оценки коэффициента затухания поперечных волн измеряют амплитуды прошедших сигналов или эхо-сигналов от двугранных углов в изделии, как показано на рисунке Б.4. При этом следует использовать наклонный ПЭП с углом ввода 45°. Измеряют амплитуды сигналов, полученных прямым лучом А1 и однократно отраженным лучом А2, как показано на рисунке Б.4, способом прохождения или способом отражения. Для способа прохождения используются одинаковые наклонные ПЭП. Коэффициент затухания по пути ультразвука $\delta_r$ следует вычислять по формуле

$$\delta_r = \frac{A_1 - A_2 - 6}{2 \cdot r}, \quad (Б.10)$$

где $A_1$ — амплитуда сигнала, прошедшего через изделие, или сигнала от двугранного угла, полученного прямым лучом, дБ;

$A_2$ — амплитуда сигнала, прошедшего через изделие дважды, или сигнала от двугранного угла, полученного однократно отраженным лучом, дБ;

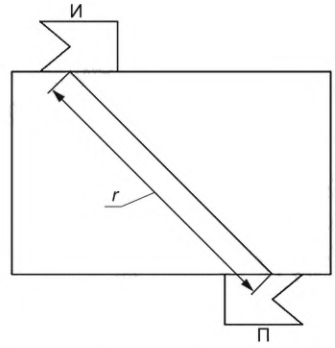
$r$ — длина пути ультразвука в изделии, мм.

Б.3.3.2 Коэффициент затухания по глубине $\delta_H$ для определенного угла ввода α следует вычислять по формуле

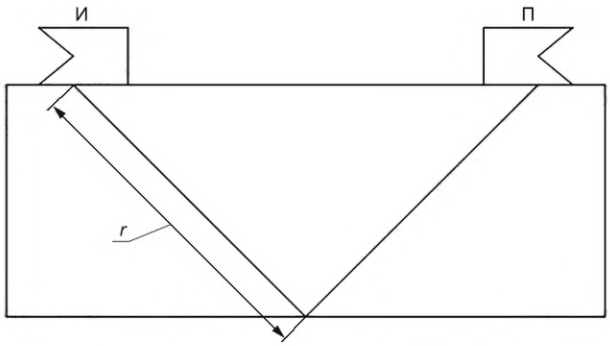
$$\delta_H = \delta_r \cos \alpha. \quad (Б.11)$$

**Б.4 Оценка дефектов**

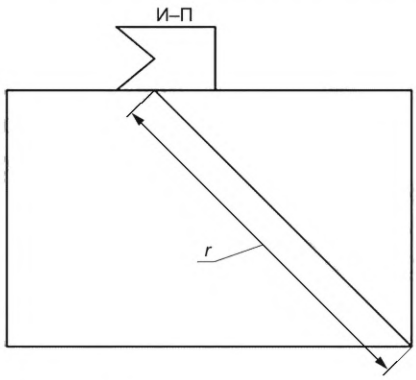
Б.4.1 При обнаружении дефекта оценку его допустимости выполняют в соответствии с разделами 10 и 11 на основе сравнения амплитуды отраженного от него сигнала с уровнями фиксации $A_{S0}$ и брака $A_{S1}$ с учетом расстояния до дефекта и затухания, соответствующими расстоянию до дефекта.



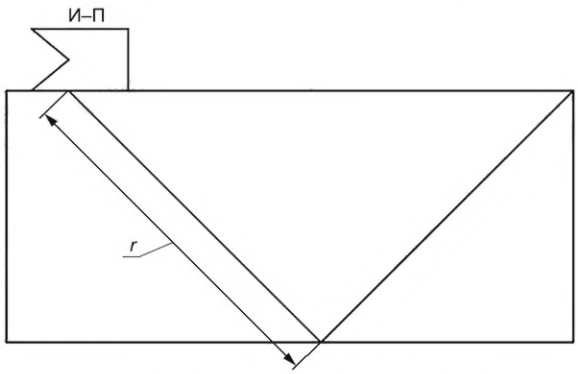

*а* — получение $A_1$ методом прохождения




*б* — получение $A_2$ методом прохождения




*в* — получение $A_1$ методом отражения




*г* — получение $A_2$ методом отражения

Рисунок Б.4 — Схема измерения затухания поперечной волны

Б.4.2 Для бумажных АРД-диаграмм операции при оценке допустимости проводятся в обратном порядке от настройки — определяют разность уровней $\Delta_A$ между уровнем сигнала от дефекта $A_{деф}$ и уровнем опорного сигнала $A_{оп}$. Эта разница с учетом затухания откладывается на АРД-диаграмме от опорного уровня и сравнивается с уровнями чувствительности на той же глубине, где выявлен дефект. Поправка на затухание $\Delta_\delta$ при этом рассчитывается по длине пути или глубине до выявленного дефекта.

***Пример — В поковке толщиной 300 мм обнаружен дефект на глубине 200 мм. Чувствительность брака $S_1$ = 20 мм$^2$. Опорным эхо-сигналом является донный эхо-сигнал; коэффициент затухания ультразвука в поковке δ = 0,02 дБ/мм, АРД-диаграмма приведена на рисунке Б.5. Измеренное значение разности между опорным сигналом $A_{оп}$ и сигналом от дефекта $A_{деф}$ составляет $\Delta_{деф}$ = 14 дБ. Поправка на затухание $\Delta_\delta$ составляет 200 · 0,02 = 4 дБ. Вычитают эту поправку из полученной разности и полу-***

***чают Δ = 18 – 4 = 14 дБ, которое откладывают от $A_{оп}$ на АРД-диаграмме. Проводят горизонтальную линию от отложенного Δ до глубины 200 мм и получают, что сигнал от дефекта превышает уровень чувствительности брака $A_1$. Выявленный дефект обозначают «Д/200».***

Б.4.3 При работе со встроенными АРД-диаграммами уровень сигнала сравнивается с отображаемой на экране кривой АРД, соответствующей требуемой чувствительности. Допускается непосредственно считывать значение эквивалентной площади или превышение уровня сигнала над уровнем кривой непосредственно с показаний дефектоскопа при наличии такой функции. Кривая АРД, с которой проводится сравнение, должна находиться на экране в пределах от 20 % до 80 % от полной высоты экрана.

Б.4.4 При необходимости получения значений эквивалентной площади дефекта $S_д$, например, для сбора статистических данных, для бумажных АРД-диаграмм:

- кроме операций, приведенных в Б.4.2, определяют разность $\Delta_{деф}$ уровня сигнала $A_{деф}$ от дефекта и ближайшего уровня чувствительности $A_S$;
- рассчитывают эквивалентную площадь по формуле

$$S_д = S \cdot 10^{\left(\frac{\Delta_{деф}}{20}\right)}, \quad (Б.12)$$

где $S_д$ — эквивалентная площадь дефекта, мм$^2$;

$S$ — эквивалентная площадь уровня, с которым сравнивается дефект, мм$^2$;

$\Delta_{деф} = A_{деф} - A_S$, дБ.

Для встроенных АРД-диаграмм значение эквивалентной площади дефекта считывается непосредственно с дефектоскопа, при этом сигнал от дефекта должен находиться на экране в пределах от 20 % до 80 % от полной высоты экрана.

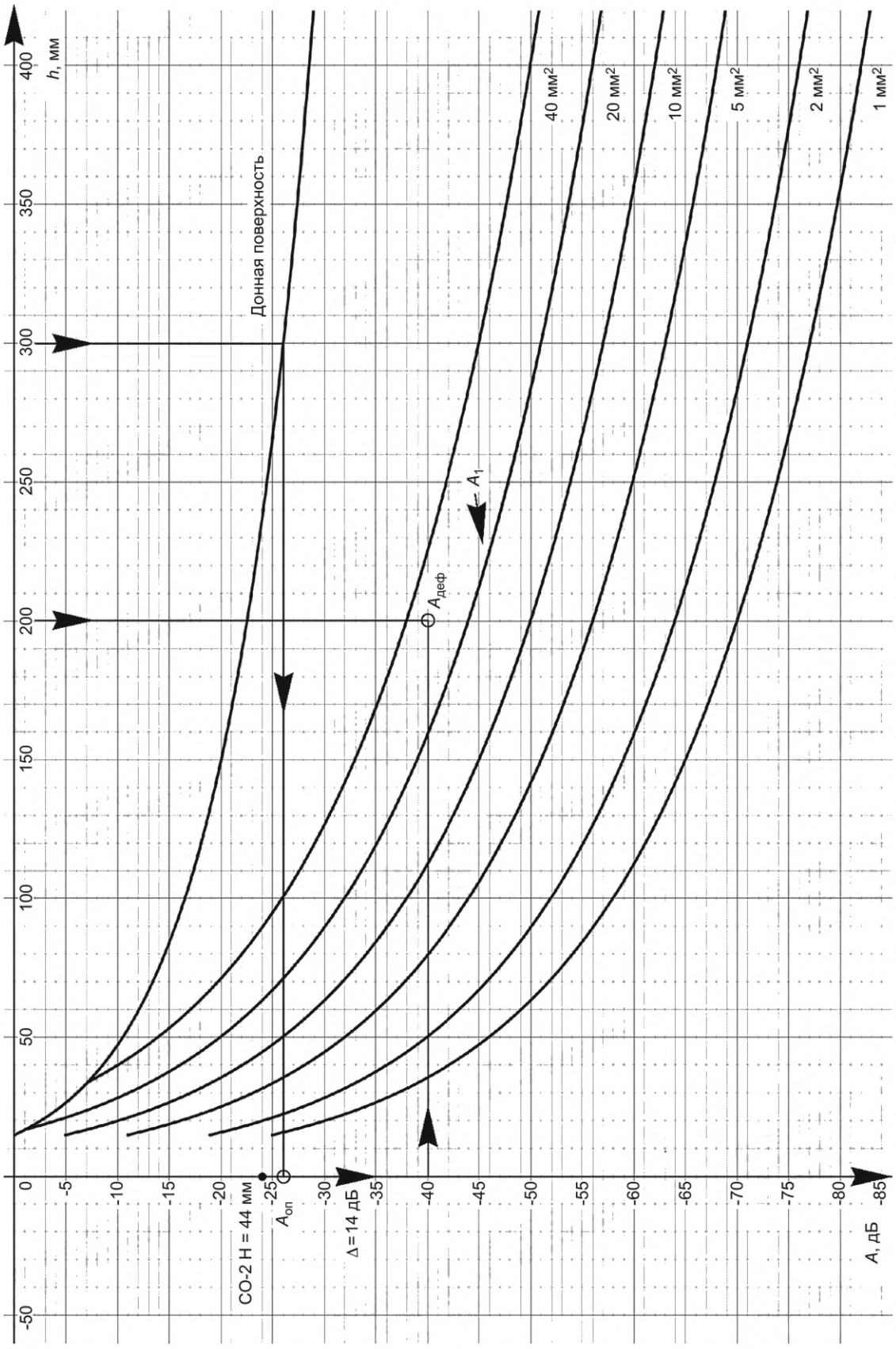



Рисунок Б.5 — Пример оценки допустимости дефекта с помощью АРД-диаграммы

**Приложение В**
**(обязательное)**

## Преобразователи для контроля по выпуклой и вогнутой поверхности

В.1 При контроле по выпуклым и вогнутым поверхностям рекомендуется использовать профилированные под диаметр поверхности ввода ПЭП.

В.2 Профилирование выполняют для ПЭП, имеющих линию задержки, например наклонных ПЭП или прямых РС ПЭП.

В.3 При контроле цилиндрических изделий по выпуклым поверхностям в направлении по оси ПЭП профилируют, если выполняется условие:

$$D_н < 10w_{ПЭП}, \quad (В.1)$$

где $w_{ПЭП}$ — ширина контактной поверхности преобразователя.

В.4 При контроле цилиндрических изделий по выпуклым поверхностям в хордовом направлении ПЭП профилируют, если выполняется условие:

$$D_н < 10l_{ПЭП}, \quad (В.2)$$

где $l_{ПЭП}$ — длина контактной поверхности преобразователя.

В.5 При контроле цилиндрических изделий по вогнутой поверхности ПЭП должны быть профилированы, кроме случаев, когда зазор между контактной поверхностью ПЭП и поверхностью ввода составляет не более 0,2 мм. Это следует проверить графическим построением.

В.6 РС ПЭП профилируют таким образом, чтобы ось профиля была перпендикулярна к акустическому экрану ПЭП.

В.7 Проверку угла ввода и точки выхода профилированных наклонных ПЭП проверяют в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 16811.

В.8 При контроле в хордовом направлении по выпуклой поверхности с диаметром не более 150 мм используемый наклонный ПЭП должен быть профилирован под требуемый радиус.

В.9 Допускается использовать вместо профилированных ПЭП, кроме случаев, описанных в В.5 и В.8, непрофилированные ПЭП с опорой, обеспечивающей стабильность акустического контакта.

Допускается по согласованию с ОГОМС использовать опору при контроле в хордовом направлении по выпуклой поверхности с диаметром не более 150 мм.

Примечание — Опора может применяться для любых типов ПЭП — как прямых, так и наклонных.

В.10 При использовании ПЭП с плоской контактной поверхностью при контроле цилиндрических поверхностей рекомендуется использовать более вязкие контактные среды.

## Приложение Г
## (обязательное)

# Требования к настроечным образцам для настройки чувствительности и настройка чувствительности по настроечным образцам

### Г.1 Требования к НО

#### Г.1.1 Общие положения

Г.1.1.1 НО применяют:

- для настройки чувствительности и оценки несплошностей при контроле тонкостенных изделий с криволинейной поверхностью, для которых не могут быть использованы АРД-диаграммы;
- для настройки чувствительности и оценки несплошностей при контроле поверхностных слоев металла раздельно-совмещенными и совмещенными ПЭП с уменьшенной мертвой зоной, если для них отсутствуют АРД-диаграммы;
- дополнительно к АРД-диаграммам для оценки несплошностей, обнаруженных в ближней зоне ПЭП (при необходимости);
- для оценки мертвой зоны.

Г.1.1.2 НО рекомендуется изготавливать из того же металла и с той же шероховатостью поверхности, что и контролируемые изделия.

Г.1.1.3 Допускается использование НО из отличающегося от изделия акустическими свойствами материала и имеющего отличную от изделия шероховатость, при применении корректировки усиления согласно Г.2.2. Угол ввода в НО из другого материала должен отличаться не более чем на 1° от угла ввода контролируемого материала, если этот НО используется для настройки наклонного ПЭП.

Г.1.1.4 В металле, из которого изготавливают НО, не должно быть естественных несплошностей, обнаруживаемых при УЗК на поисковой чувствительности, заданной для данного металла.

Г.1.1.5 НО, описанные в данном разделе, используются для ручного контроля, и приведенные требования не распространяются на НО для автоматического контроля.

#### Г.1.2 Контрольные отражатели

Г.1.2.1 Контрольными отражателями в НО следует использовать ПДО. Допускается по согласованию с ОГОМС использовать отражатели другого типа, например боковые отверстия, зарубки, сегментные отражатели.

Г.1.2.2 Площадь ПДО $S$ выбирают из ряда (в скобках указаны соответствующие диаметры $d$ в мм): 1 (1,1); 2 (1,6); 3 (1,9); 5 (2,5); 7 (3,0); 10 (3,6); 15 (4,4); 20 (5,0); 30 (6,2); 40 (7,2); 50 (8,0); 70 (9,5) мм$^2$.

Г.1.2.3 Торцы отверстий рекомендуется располагать на глубинах 5, 10, 20, 50, 75, 100, 150, 200 мм и далее через 100 мм. Максимальная глубина должна соответствовать толщине контролируемых изделий.

В НО, используемых для настройки с применением РС ПЭП, дополнительно должен быть выполнен отражатель на глубине 2 мм.

Г.1.2.4 На каждой глубине должно находиться либо одно отверстие с площадью торца $S_0$, либо два отверстия — $S_0$ и $S_1$.

Г.1.2.5 В НО, используемых для оценки эквивалентных площадей дефектов, выполняют на каждой глубине ряд отверстий разного размера. При этом площади торцов ближайших по размеру отверстий должны отличаться не менее чем в два раза, например: 5, 10, 20, 50 мм$^2$.

Г.1.2.6 Высота ПДО должна быть не менее:

- половины толщины НО при толщине их не менее 30 мм;
- 10 мм при толщине НО 30 мм и более.

Г.1.2.7 Расстояние между торцами отверстий $e$, расположенных на одной глубине, должно быть не менее 20 мм, а для ПЭП размером более 20 мм — не менее наименьшего размера ПЭП. Для НО толщиной более 100 мм расстояние $e$ должно удовлетворять условию:

$$e > \sqrt{1{,}5 \cdot r \cdot \lambda}, \qquad (Г.1)$$

где $r$ — длина пути ультразвука от торца ПДО до точки ввода, мм.

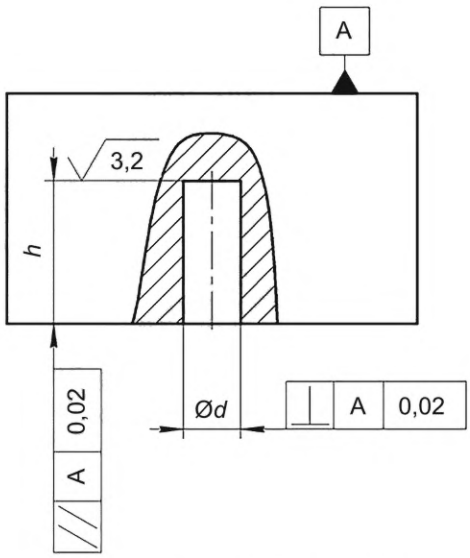
Расстояние отверстия до боковой стенки должно быть не менее 1,5$e$.

Г.1.2.8 Допуск на диаметр отверстий должен соответствовать IT12 квалитету по ГОСТ 25346. Остальные допуски на изготовление отверстий указаны на рисунке Г.1.

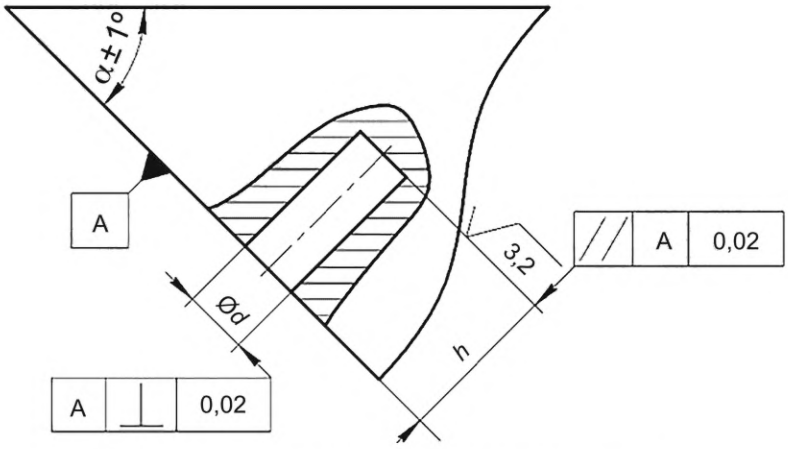
Г.1.2.9 На краю НО следует выполнить отпечаток, выполненный по той же технологии, что и ПДО, глубиной не более 1 мм для определения шероховатости торца и диаметра ПДО.

#### Г.1.3 Плоские НО для прямых ПЭП

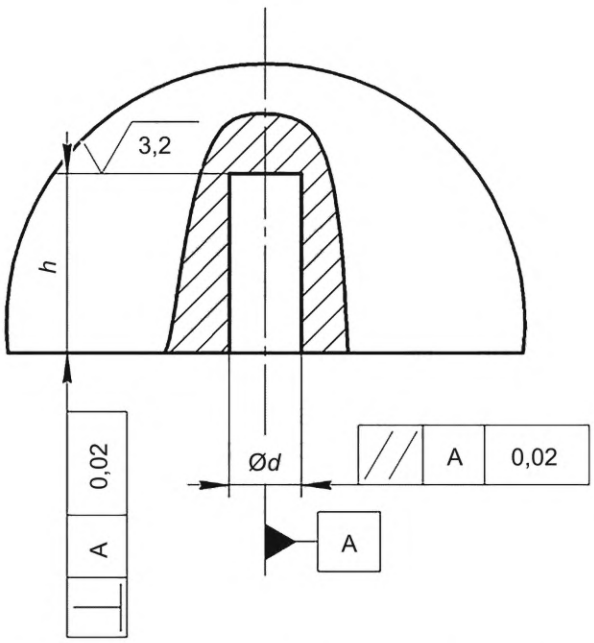
Г.1.3.1 НО для контроля прямым ПЭП по плоским поверхностям изготавливают либо в виде отдельных блоков на каждую ступень глубины, либо в виде многоступенчатого блока, пример которого показан на рисунке Г.2.




*а* — для прямого ПЭП и плоской поверхности НО




*б* — для наклонного ПЭП и плоской поверхности НО




*в* — для любого ПЭП и цилиндрической поверхности НО
*h* — глубина сверления ПДО; *d* — диаметр ПДО

Рисунок Г.1 — Допуски на изготовление ПДО

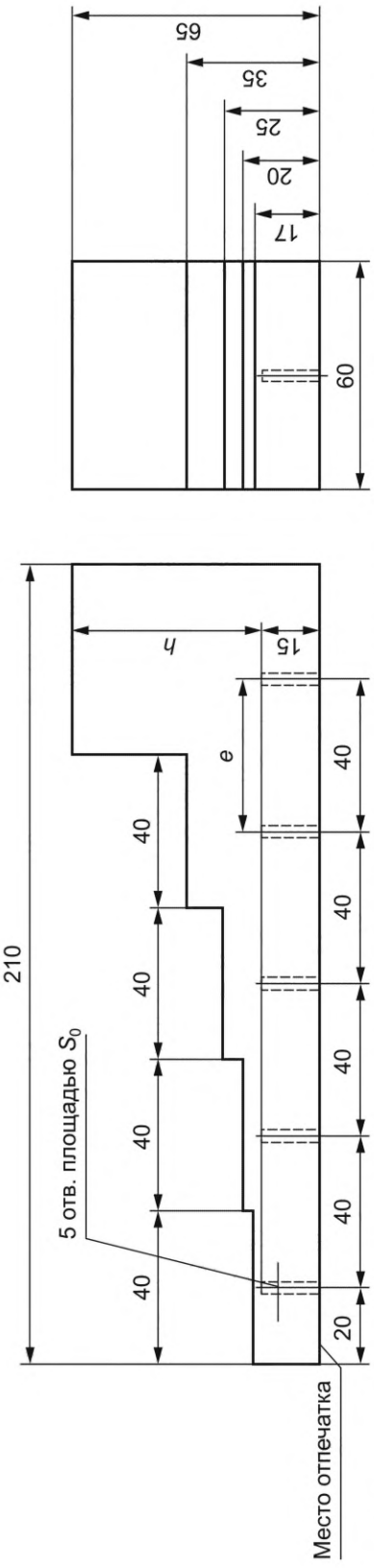



Рисунок Г.2 — Пример многоступенчатого НО для настройки прямых ПЭП и контроля изделий толщиной до 50 мм по плоским поверхностям

Г.1.3.2 Допускается использовать НО такого типа при контроле по цилиндрическим поверхностям диаметром 150 мм и более прямым РС ПЭП или прямым совмещенным ПЭП с мягким протектором.

**Г.1.4 Плоские НО для наклонных ПЭП**

Г.1.4.1 НО для контроля наклонным ПЭП по плоским поверхностям выполняют в виде блоков с отражателями, расположенными под углом к поверхности ввода, определяемым углом ввода используемых ПЭП. Пример такого образца для двух ПЭП с углами ввода 40° и 50° приведен на рисунке Г.3.

Г.1.4.2 Допускается использовать такие НО при контроле наклонными ПЭП по образующей цилиндра, а также при контроле в хордовом направлении по цилиндрической поверхности диаметром 150 мм и более.

**Г.1.5 НО с цилиндрической поверхностью**

Г.1.5.1 НО для контроля прямыми ПЭП по цилиндрической поверхности и для контроля в хордовом направлении наклонными ПЭП выполняют в виде цилиндров с ПДО, расположенными в два ряда:

- один ряд, используемый для настройки при контроле с прямыми ПЭП, располагается вдоль оси цилиндра;
- второй ряд, используемый для настройки при контроле в хордовом направлении с наклонными ПЭП, располагаемый вдоль линии, смещенной относительно оси на расстояние $e$:

$$e = \frac{D_{НО}}{2} \sin \alpha. \qquad (Г.2)$$

Смещение $e$ второго ряда должно быть выполнено с точностью ±0,1 мм от рассчитанного по формуле (Г.2) значения.

Г.1.5.2 В НО для цилиндрических изделий диаметром менее 80 мм допускается выполнять одно отверстие для каждого ряда, торец которого располагается на глубине, равной половине диаметра НО. На рисунке Г.4 приведен типовой эскиз таких НО для изделий диаметром менее 80 мм при $\alpha = 40°$.

Г.1.5.3 НО для настройки при контроле изделий диаметром 80 мм и более выполняют в виде ступенчатого блока. В таких НО торцы ПДО для прямого ПЭП, ориентированные вдоль вертикальной оси, должны располагаться на глубинах, соответствующих ряду, приведенному в Г.1.2.2. Торец самого дальнего ПДО располагают на глубине $D_{НО}$ — 15 мм. Это ПДО допускается не выполнять, если ближайшая к нему ступень на глубине $D_{НО}$ — 25 мм и более.

Г.1.5.4 Глубина ПДО для хордового направления выбирается такой же, как для ПДО для прямых ПЭП. При этом они будут располагаться на отличной длине пути $r$ от ПДО для прямых ПЭП.

Для хордового направления допускается выполнять самое дальнее ПДО с торцом на глубине, равной половине диаметра НО.

Г.1.5.5 Пример НО для диаметра 120 мм и $\alpha = 40°$ приведен на рисунке Г.5. Допускается изготовление таких НО в виде отдельных блоков на каждую ступень глубины.

Г.1.5.6 Диаметр НО $D_{НО}$ должен быть равен диаметру изделий. Допускается применять НО другого диаметра при соблюдении условия:

$$0{,}9D_{н} \le D_{НО} \le 1{,}2D_{н}. \qquad (Г.3)$$

Г.1.5.7 Допускается использование дискретного набора цилиндрических НО, при этом их диаметры должны составлять часть из ряда диаметров: 30, 40, 50, 70, 130, 150, 200, 300, 350, 400, 500 мм. Например, для контроля изделий диаметром от 100 до 300 мм допускается изготовить ряд НО диаметром: 100, 130, 160, 200, 250, 300 мм.

**Г.1.6 НО для контроля полых цилиндрических изделий**

Г.1.6.1 При контроле изделий с наружным диаметром менее 150 мм для настройки следует применять цилиндрический НО для сплошного изделия, который описан в Г.1.5. Длина пути ультразвука от точки выхода ПЭП до торца отверстий должна соответствовать длине пути в контролируемом изделии.

Г.1.6.2 При контроле изделий с наружным диаметром 150 мм и более настройку допускается проводить по плоским НО при контроле прямым РС ПЭП или прямым совмещенным ПЭП с мягким протектором и контроле наклонным ПЭП по образующей.

**Г.1.7 Паспорт НО**

Г.1.7.1 Каждый НО или комплект НО должен иметь паспорт. Паспорт должен включать следующие сведения:

- геометрические параметры ПДО;
- шероховатость поверхностей ввода;
- амплитуды эхо-сигналов от контрольных отражателей.

Г.1.7.2 При составлении паспорта следует измерять следующие параметры контрольных отражателей:

- диаметр дна отверстия по отпечатку;
- шероховатость дна отверстия по отпечатку;
- диаметр отверстия;
- глубину отверстия и глубину залегания торца отверстия;
- параллельность или перпендикулярность оси отверстия и его дна относительно базы (см. рисунок Г.1).

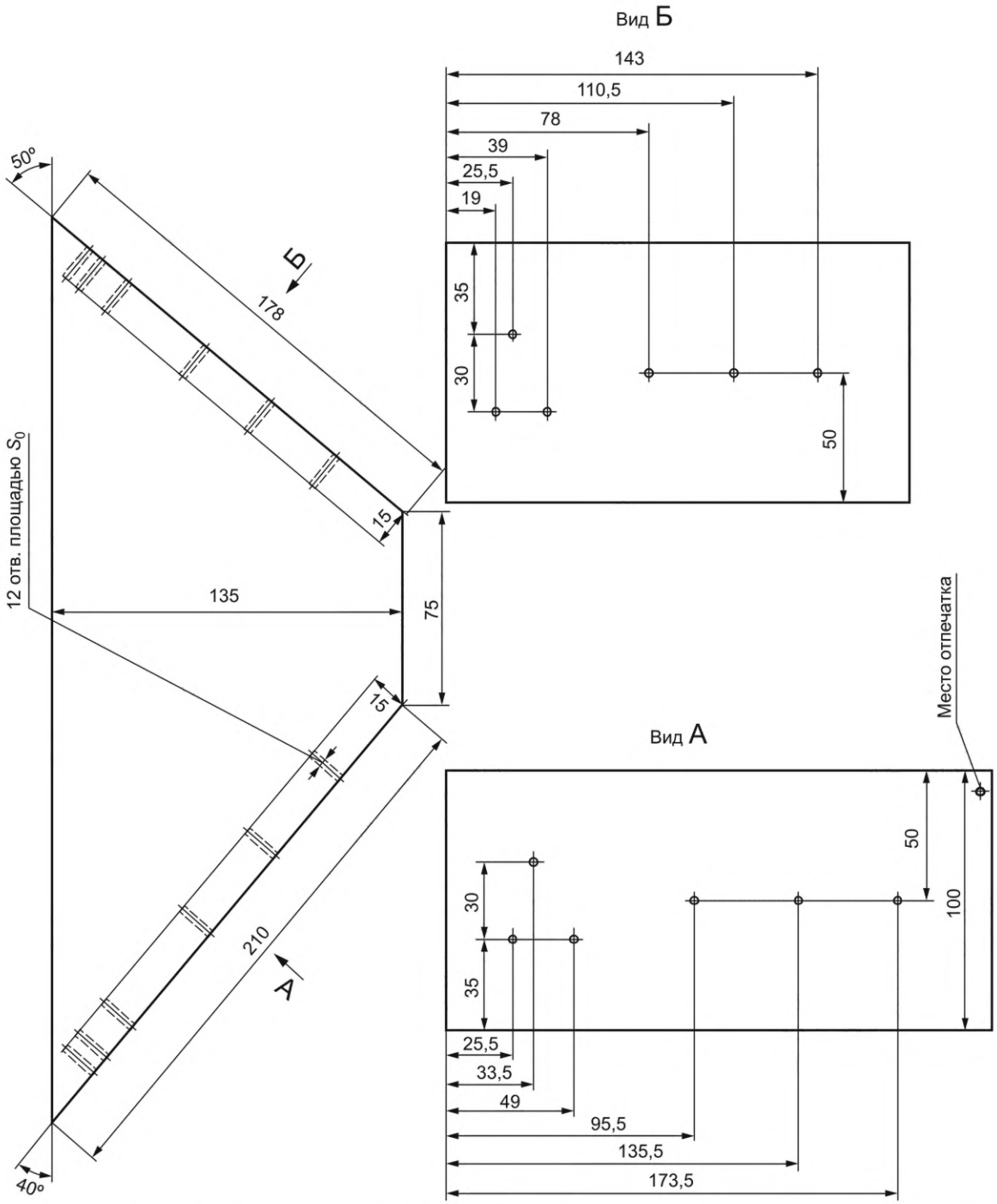



Рисунок Г.3 — Пример НО для настройки наклонных ПЭП и контроля изделий толщиной до 100 мм по плоским поверхностям

Г.1.7.3 Шероховатость следует измерять на всех поверхностях ввода в зонах, где устанавливается ПЭП при настройке.

Г.1.7.4 При измерении амплитуд эхо-сигналов используют дефектоскоп, позволяющий проводить измерения с шагом не более 1 дБ и те типы ПЭП, которые будут использованы при эксплуатации данных НО. При использовании ПЭП с плоской поверхностью ввода одновременно измеряют амплитуду опорного эхо-сигнала от подходящего отражателя в КО. КО, используемый в качестве источника опорного эхо-сигнала, должен храниться в лаборатории для повторных проверок НО.

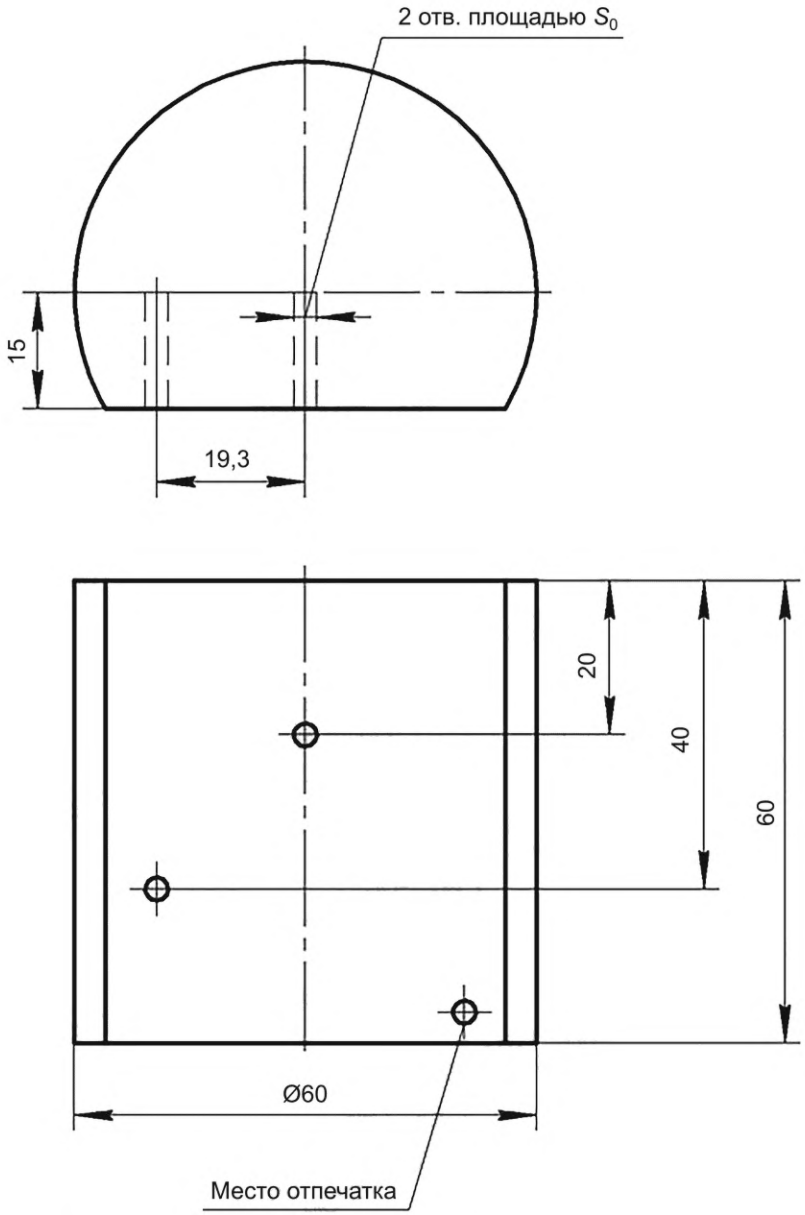



Рисунок Г.4 — Пример НО для настройки ПЭП и контроля по цилиндрическим поверхностям с наружным диаметром менее 80 мм

Г.1.7.5 В паспорте на НО должны быть указаны:

- номер НО;
- марка металла;
- амплитуды эхо-сигналов, площади и глубины залегания ПДО;
- амплитуда эхо-сигнала и тип отражателя в КО (при необходимости) с указанием его номера;
- результаты первичной и периодических проверок.

На каждый НО наносят маркировку, указывающую номер НО.

Г.1.7.6 Амплитуды эхо-сигналов от ПДО следует записывать в виде разности с опорным эхо-сигналом в КО.

Г.1.7.7 При периодических проверках НО следует измерить амплитуды эхо-сигналов от ПДО и опорного эхо-сигнала в КО. Для каждого ПДО вычисляют разность значений его амплитуды эхо-сигнала и амплитуды опорного эхо-сигнала в КО. Эти разницы должны отличаться от аналогичных разностей, полученных при первичной проверке, не более чем на 2 дБ.

Г.1.7.8 Периодическую проверку НО выполняют не реже чем один раз в три года.

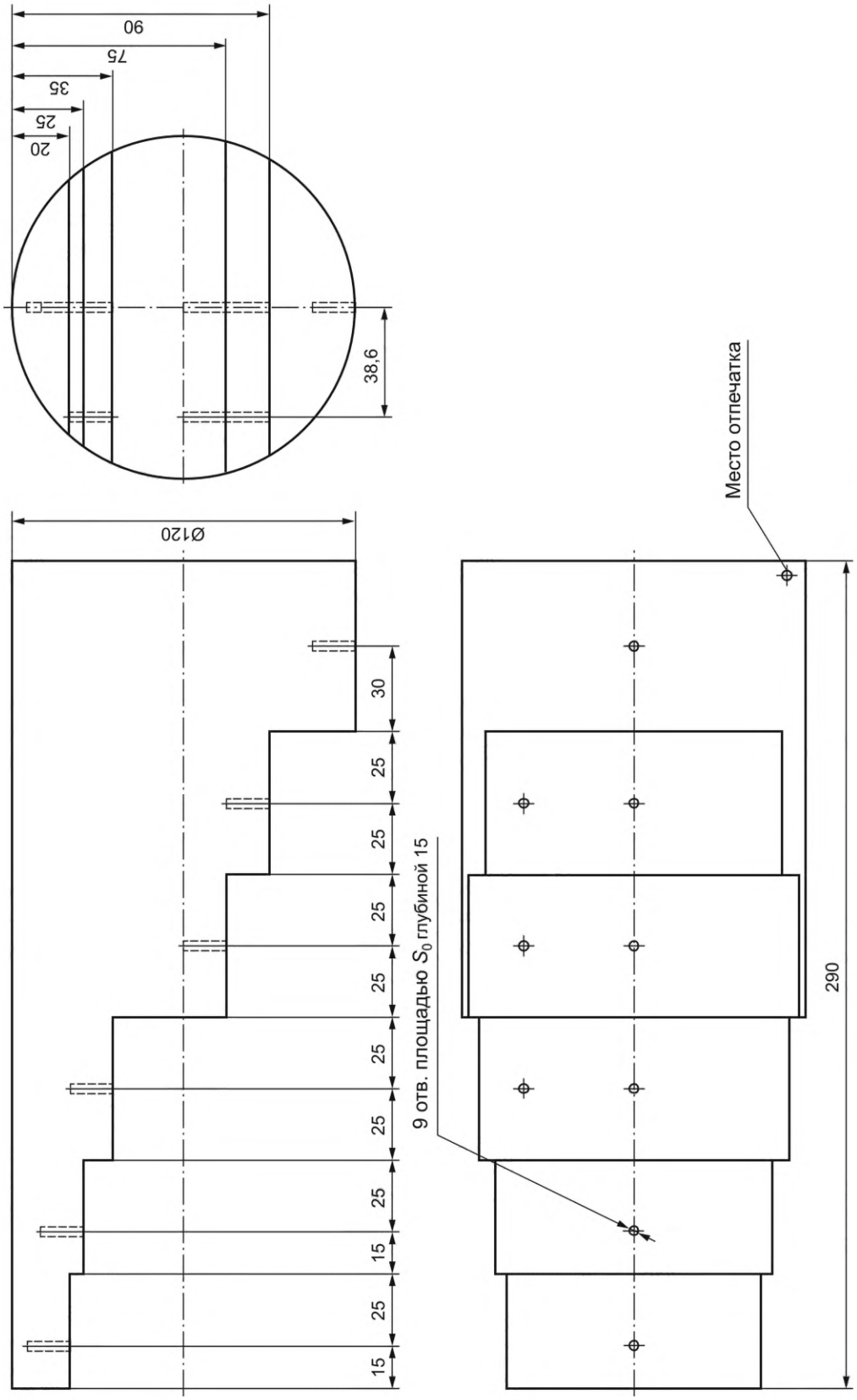



Рисунок Г.5 — Пример многоступенчатого НО для настройки ПЭП и контроля по цилиндрическим поверхностям с наружным диаметром 80 мм и более

Г.1.7.9 Измерение геометрических параметров ПДО и шероховатости поверхности НО осуществляет метрологическая служба предприятия, выполняющего УЗК. Допускается поручить измерение геометрических параметров НО специалисту УЗК, уполномоченному метрологической службой.

Г.1.7.10 Измерение амплитуд эхо-сигналов проводит специалист УЗК.

Г.1.7.11 Допускается использовать при УЗК те образцы, которые были изготовлены до введения настоящего стандарта, при условии составления на них соответствующего настоящему стандарту паспорта.

### Г.2 Настройка чувствительности

#### Г.2.1 Общие положения

Г.2.1.1 Для настройки чувствительности фиксации выбирают ПДО с эквивалентной площадью $S_0$, расположенное на глубине, наиболее близкой к толщине контролируемого слоя, и устанавливают эхо-сигнал от него до стандартного уровня.

Для настройки поисковой чувствительности увеличивают усиление дефектоскопа на 6 дБ.

Г.2.1.2 Допускается для настройки использовать ПДО с отличной от требуемой эквивалентной площади $S_0$. Для этого следует рассчитать поправку $\Delta_{ПДО}$, дБ:

$$\Delta_{ПДО} = 20\log\frac{S_0}{S_{ПДО}}, \qquad (Г.4)$$

где $S_{ПДО}$ — площадь ПДО в НО, мм$^2$.

Поправка $\Delta_{ПДО}$ при этом не должна превышать 12 дБ.

Г.2.1.3 Следует использовать одну и ту же контактную среду при настройке чувствительности и проведении контроля.

#### Г.2.2 Корректировка усиления

Г.2.2.1 Если для настройки используется НО с отличными акустическими свойствами от изделия или имеющий другую шероховатость, то следует определить корректировку усиления $\Delta_{НО}$.

Г.2.2.2 Корректировка усиления $\Delta_{НО}$ определяется сравнением амплитуд сигналов в НО и объекте контроля.

Г.2.2.3 Для прямых ПЭП на изделии и на НО следует получить первые два донных сигнала $A_{дон1}$ и $A_{дон2}$ и записать усиление при сигнале, расположенном на стандартном уровне, а также значение длины пути для этих сигналов. Допускается получение значений усиления и длин пути для большего количества донных сигналов.

Г.2.2.4 Для наклонных ПЭП на изделии и на НО получают прошедший сигнал $A_{п1}$ и однократно отраженный прошедший сигнал $A_{п2}$ и записывают усиление при сигнале, расположенном на стандартном уровне, а также значение длины пути для этих сигналов. Схема измерения приведена на рисунке Г.6. Допускается получение трехкратно отраженного прошедшего сигнала вместо одного из приведенных сигналов, например при отсутствии доступа к донной поверхности или в дополнение к приведенным сигналам.

Для получения сигналов используются одинаковые наклонные ПЭП.

Г.2.2.5 Для оценки используются ПЭП с той же частотой, что и при контроле.

Г.2.2.6 По данным значениям строятся две прямые — одна для сигналов в изделии и одна для сигналов в НО. Разность между этими прямыми является требуемой корректировкой усиления $\Delta_{НО}$ в зависимости от длины пути ультразвука. Корректировка усиления может быть как отрицательной, так и положительной по требуемому изменению усиления.

Если полученная с помощью НО корректировка усиления $\Delta_{НО}$ составляет более 12 дБ в контролируемом диапазоне, данный НО не допускается для настройки чувствительности.

Г.2.2.7 Вместо графического построения допускается рассчитать корректировку усиления $\Delta_{НО}$ по формуле

$$\Delta_{НО} = \left(\frac{A_{НО2} - A_{НО1}}{r_{НО2} - r_{НО1}} - \frac{A_{и2} - A_{и1}}{r_{и2} - r_{и1}}\right) r + \frac{A_{НО1} r_{НО2} - A_{НО2} r_{НО1}}{r_{НО2} - r_{НО1}} - \frac{A_{и1} r_{и2} - A_{и2} r_{и1}}{r_{и2} - r_{и1}}, \qquad (Г.5)$$

где $r_{и1}$ — длина пути первого сигнала в изделии;

$r_{и2}$ — длина пути второго сигнала в изделии;

$r_{НО1}$ — длина пути первого сигнала в НО;

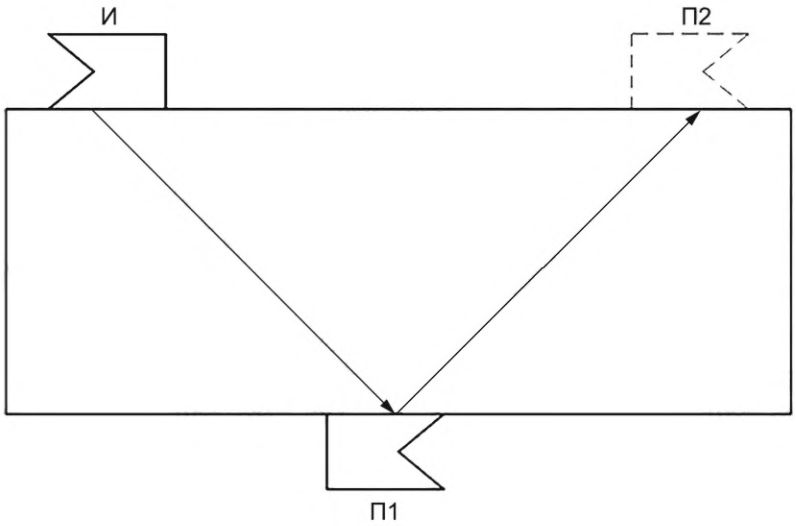
$r_{НО2}$ — длина пути второго сигнала в НО;

$A_{и1}$ — значение усиления дефектоскопа при установке первого сигнала в изделии на стандартный уровень;

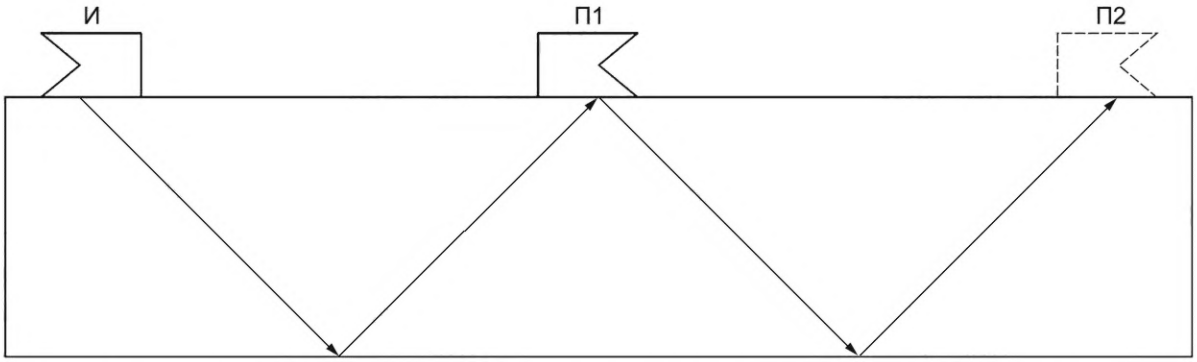
$A_{и2}$ — значение усиления дефектоскопа при установке второго сигнала в изделии на стандартный уровень;

$A_{НО1}$ — значение усиления дефектоскопа при установке первого сигнала в НО на стандартный уровень;

$A_{НО2}$ — значение усиления дефектоскопа при установке второго сигнала в НО на стандартный уровень.




*а* — измерение прямого и однократно отраженного прошедшего сигнала




*б* — измерение однократно отраженного и трехкратно отраженного прошедшего сигнала

И — излучатель; П1 — приемник при измерении первого сигнала; П2 — приемник при измерении второго сигнала

Рисунок Г.6 — Схема измерения сигналов для определения корректировки усиления с помощью наклонного ПЭП

Г.2.2.8 Если изделие однородное согласно 7.8.3, то определяется одна корректировка усиления. Если изделие делится на участки согласно 7.8.4 и 7.8.7, то корректировка усиления определяется для каждого участка.

Г.2.2.9 Если изделие неоднородное и его невозможно разделить на участки (случай, описанный в 7.8.5), то корректировка усиления определяется для наихудшего участка изделия.

Г.2.2.10 Корректировку усиления $\Delta_{НО}$ допускается определять только на НО, диаметры поверхностей ввода и донных поверхностей соответствуют условию, приведенному в формуле (Г.3).

**Г.2.3 Настройка чувствительности с применением АРК и ВРЧ**

Г.2.3.1 При контроле рекомендуется использование функций учета изменения амплитуды эхо-сигнала от расстояния — АРК или ВРЧ.

Г.2.3.2 Настройка АРК и ВРЧ проводится в соответствии с инструкцией по эксплуатации на дефектоскоп.

Г.2.3.3 Кривые АРК настраивают по серии ПДО с одинаковой эквивалентной площадью $S$ и различной глубиной залегания в НО. Глубины залегания ПДО должны соответствовать контролируемому диапазону в изделии. Следует использовать все находящиеся в диапазоне контроля ПДО в НО для настройки кривой АРК.

Г.2.3.4 Для настройки кривой АРК, соответствующей уровню фиксации, используют ПДО с эквивалентной площадью $S_0$. Если эквивалентная площадь ПДО в НО отличается от $S_0$, то следует добавить поправку $\Delta_{ПДО}$, рассчитываемую по формуле (Г.4), к построенной кривой АРК.

Г.2.3.5 Рекомендуется настроить кривые АРК для всех уровней чувствительности при наличии такой функции в дефектоскопе. При отсутствии такой функции следует добавить усиление 6 дБ для установки поисковой чувствительности.

Г.2.3.6 При проведении контроля с использованием АРК кривые АРК отображаемые на экране, должны находиться на уровне не менее 20 % от полной высоты экрана дефектоскопа.

Г.2.3.7 ВРЧ настраивается аналогично АРК. Допускается не выводить на экран дефектоскопа уровни чувствительности, а для изменения уровня чувствительности использовать регулировку усиления дефектоскопа. Требуемое количество децибел усиления рассчитывают по формуле (Г.4). Для поискового уровня чувствительности $A_п$ требуемое количество децибел составляет 6 дБ относительно уровня чувствительности фиксации $A_1$.

Г.2.3.8 При проведении контроля с использованием ВРЧ стандартный уровень должен устанавливаться в пределах от 40 % до 60 % от полной высоты экрана.

Г.2.3.9 Если используется корректировка усиления $\Delta_{НО}$, то ее следует учесть при настройке АРК или ВРЧ, если это позволяют функции дефектоскопа. В противном случае корректировку чувствительности $\Delta_{НО}$ следует учесть при оценке дефекта.

### Г.3 Оценка дефекта

Г.3.1 При обнаружении дефекта измеряют расстояние до него и сравнивают амплитуду отраженного от него эхо-сигнала с амплитудой эхо-сигнала от ПДО с эквивалентной площадью $S_0$ или $S_1$ на ближайшей по глубине залегания НО. Дальнейшую оценку выполняют в соответствии с разделами 10 и 11. Если при настройке чувствительности использовалось ПДО с отличной от $S_0$ или $S_1$ эквивалентной площадью, то следует учесть при оценке поправку $\Delta_{пдо}$.

Г.3.2 При использовании АРК эхо-сигнал от дефекта сравнивается с кривыми АРК, соответствующими уровню фиксации и брака.

Г.3.3 При оценке эхо-сигнала от дефекта кривая АРК должна находиться в пределах от 20 % до 80 % от полной высоты экрана в области оцениваемого эхо-сигнала.

Г.3.4 При использовании ВРЧ эхо-сигнал от дефекта сравнивается с уровнем чувствительности, соответствующим уровню фиксации и брака.

Г.3.5 Если корректировка усиления $\Delta_{НО}$ не была учтена при настройке АРК и ВРЧ, ее следует учесть при оценке.

## Приложение Д
## (рекомендуемое)

## Формулировка нормативных требований к изделиям

Д.1 Нормы оценки годности изделий по результатам УЗК задают в виде значений эквивалентных площадей для чувствительности брака $S_1$ и фиксации $S_0$ при эхо-методе, значений уровня падения донного сигнала $A_{0дон}$ при зеркально-теневом методе, а также дополнительных параметров, если в этом есть необходимость. Типовая формулировка норм приведена в ГОСТ 24507.

Д.2 При составлении нормативных требований следует учитывать свойства контролируемого материала.

В таблице Д.1 указаны минимальные значения, которые могут быть реализованы при ручном контроле.

В отдельных случаях (например, при отборе приборов или ПЭП или при благоприятных свойствах металла) могут быть реализованы меньшие значения $S_0$, и наоборот, в ряде крупнозернистых и массивных изделий указанные значения $S_0$ не могут быть реализованы. В последнем случае составлению требований должно предшествовать статистическое исследование реальных возможностей УЗК.

Д.3 При составлении нормативных требований значения $S_0$ и $S_1$ должны отличаться не менее чем в два раза. Если есть необходимость задания других уровней чувствительности (например, при различной допустимости непротяженных несплошностей разной эквивалентной площади), ряд значений $S$ должен быть таким, чтобы ближайшие значения отличались не менее чем в два раза.

Таблица Д.1 — Минимальные значения $S_0$, реализуемые в различных металлах при ручном контроле

| Тип металла | Тип ПЭП | Толщина изделия $H$, мм | Чувствительность фиксации $S_0$, мм$^2$ |
|---|---|---|---|
| Сталь перлитного и мартенситного классов, сплавы на основе алюминия, а также другие металлы с коэффициентом затухания продольных волн менее 17 дБ/м (на частоте 2,5 МГц) | Прямой | $H \le 100$ | 3 |
| | | $100 < H \le 400$ | 5 |
| | | $H > 400$ | 10 |
| | Наклонный | $H \le 70$ | 3 |
| | | $70 < H \le 150$ | 5 |
| | | $150 < H \le 200$ | 10 |
| | | $200 < H \le 250$ | 20 |
| | | $H > 250$ | 40 |
| Сталь аустенитного класса, сплавы на основе титана, а также другие металлы с коэффициентом затухания продольных волн, равным или более 17 дБ/м (на частоте 2,5 МГц) | Прямой | $H \le 300$ | 5 |
| | | $300 < H \le 400$ | 10 |
| | | $H > 400$ | 20 |
| | Наклонный | $H \le 70$ | 3 |
| | | $H \le 100$ | 5 |
| | | $100 < H \le 200$ | 20 |
| | | $200 < H \le 300$ | 40 |
| | | $H > 300$ | 70 |

**Приложение Е**
**(рекомендуемое)**

## Контроль массивных изделий и изделий с крупнозернистой структурой

Е.1 При контроле массивных изделий могут встречаться случаи, когда вследствие повышенного затухания, или структурных шумов, или собственных шумов аппаратуры при большой чувствительности не может быть реализован контроль с заданным уровнем чувствительности $A_п$ на всей толщине изделия. В таких случаях следует прозвучать изделие с двух противоположных сторон с настройкой на заданную чувствительность на половине толщины.

Для сплошных цилиндров это соответствует настройке на заданную чувствительность на оси и (или) на половине хорды.

Е.2 Если и на половине толщины не удается реализовать заданную чувствительность, допускается переход на пониженную частоту, но не ниже 0,5 МГц или на ПЭП большего размера. При этом в документе, фиксирующем результаты УЗК, должна быть сделана запись о значениях частоты и размеров ПЭП, использованных при контроле.

Е.3 Если при переходе на пониженную частоту, и даже при контроле на пониженной частоте с двух сторон, не может быть реализован уровень чувствительности $A_п$ на всей толщине изделия, допускается проведение контроля на уровне чувствительности $A_0$ при условии снижения скорости и шага сканирования в два раза.

Е.4 Допускается также контролировать на уровне чувствительности $A_п$ максимально возможный слой с двух сторон при сохранении скорости, шага сканирования, а оставшуюся зону — на пониженной чувствительности. Понижение чувствительности выполняют последовательно в соответствии с рядом значений площадей, указанных в приложении Г. Например, с 5 мм$^2$ переходят последовательно на 7 мм$^2$, затем 10 мм$^2$ и т. д. до тех пор, пока в данной зоне амплитуда максимального шума не будет ниже уровня поисковой чувствительности на 4 дБ или более. В таком случае в документе, фиксирующем результаты контроля, должны быть указаны размер и местоположение зоны, проконтролированной на пониженной чувствительности, и величина реализованной в этой зоне чувствительности фиксации $S_{0р}$.

Решение о годности такого изделия должно быть согласовано с заказчиком.

Е.5 Во всех случаях, когда не реализуется заданная чувствительность у донной поверхности, контроль эхометодом не может быть совмещен с зеркально-теневым. В этих случаях требуется отдельный контроль зеркально-теневым методом.

Е.6 Кроме структурных шумов в изделиях могут встретиться другие виды помех, например, отражения от различных выточек и других мест изменения сечения или конфигурации изделия. Их следует учитывать путем построения хода ультразвукового луча с учетом его расхождения.

Е.7 При контроле крупных изделий дефектоскопами с большой частотой следования импульсов ложные эхо-сигналы могут возникнуть за счет неполного затухания многократно отраженных донных эхо-сигналов за время между двумя посылками зондирующих импульсов. Ложные эхо-сигналы такого типа перемещаются по экрану при изменении частоты следования и могут быть исключены при ее уменьшении.

## Приложение Ж
## (обязательное)

## Оценка условной протяженности

### Ж.1 Общие положения

Ж.1.1 При обнаружении эхо-сигнала от дефекта, превышающего уровень чувствительности фиксации, отмечают на поверхности сканирования условные границы дефекта. Они определяются положениями центра прямого ПЭП или точки ввода наклонного ПЭП, при которых амплитуда эхо-сигнала от дефекта достигает уровня чувствительности фиксации (с учетом глубины залегания несплошности).

Ж.1.2 Условной протяженностью $L_{усл}$ несплошности в каком-либо направлении называется максимальное расстояние между условными ее границами в данном направлении.

### Ж.2 Перемещение преобразователя при оценке условной протяженности

Ж.2.1 При контроле прямым преобразователем по плоской поверхности условную протяженность следует измерять в том направлении, в котором она имеет максимальное значение для данного дефекта.

Ж.2.2 При контроле изделий наклонным преобразователем по плоской поверхности условную протяженность следует измерять в двух направлениях, из которых одно лежит в плоскости падения ультразвукового луча при положении преобразователя в момент максимальной амплитуды эхо-сигнала, а другое — перпендикулярно первому.

Ж.2.3 При контроле по цилиндрической поверхности прямым преобразователем условную протяженность следует измерять в двух направлениях: вдоль образующей и перпендикулярно ей. В последнем случае следует учесть поправку на кривизну поверхности ввода. Тогда условная протяженность дефекта $L_{усл}$ определяется по формуле

$$L_{усл} = \frac{L_и(R - h)}{R}, \qquad (Ж.1)$$

где $L_и$ — измеренное значение условной протяженности.

Ж.2.4 При контроле наклонным преобразователем цилиндрических изделий в направлении, перпендикулярном образующей, условную протяженность следует измерять вдоль образующей цилиндра.

Ж.2.5 При контроле наклонным преобразователем цилиндрических изделий вдоль образующей условную протяженность следует измерять в направлении, перпендикулярном образующей. В таком случае также следует учитывать поправку на кривизну по формуле (Ж.1).

Ж.2.6 Наклонный преобразователь при измерении условной протяженности следует перемещать во всех случаях перпендикулярно к плоскости падения луча.

Ж.2.7 При измерении условной протяженности в сплошных цилиндрах преобразователь следует располагать так, чтобы он находился с дефектом по одну сторону оси цилиндра.

### Ж.3 Классификация дефектов по условной протяженности

Ж.3.1 Для классификации несплошностей на протяженные и непротяженные необходимо определить величину $L_0$ — условную протяженность ПДО, имеющего ту же эквивалентную площадь $S_{деф}$ и находящегося на том же расстоянии по пути ультразвука, что и выявленный дефект.

Ж.3.2 Для определения значения $L_0$ следует использовать для ПЭП с круглым пьезоэлементом данные, приведенные в таблице Ж.1, и формулу (Ж.2), для ПЭП с прямоугольным пьезоэлементом — данные таблицы Ж.2 и формулу (Ж.2).

Ж.3.3 При длине пути $r$ до дефекта не более 135 мм $L_0$ следует считать равным 10 мм.

Таблица Ж.1 — Исходные данные для определения $L_0/r$ для преобразователя с круглым пьезоэлементом

| $A_д - A_0$, дБ | $k$ |
|---|---|
| 2 | 0,15 |
| 4 | 0,21 |
| 6 | 0,26 |
| 8 | 0,3 |
| 10 | 0,32 |
| 12 | 0,35 |

Таблица Ж.2 — Исходные данные для определения $L_0/r$ для преобразователя с прямоугольным пьезоэлементом

| $A_д$—$A_0$, дБ | $k$ |
|---|---|
| 2 | 0,13 |
| 4 | 0,18 |
| 6 | 0,22 |
| 8 | 0,25 |
| 10 | 0,28 |
| 12 | 0,3 |

$$\frac{L_0}{r} = 2\text{tg}(\arcsin\frac{k \cdot c}{a \cdot f}). \quad (Ж.2)$$

Ж.3.4 При $A_д$ — $A_0$ менее 2 дБ следует считать данную разность равной 2 дБ.

Ж.3.5 При вычислении по формуле (Ж.2) для ПЭП с прямоугольным пьезоэлементом размер $a$ выбирается в направлении перемещения преобразователя при оценке условной протяженности.

Ж.3.6 Допускается не учитывать мнимый размер пьезоэлемента в наклонном ПЭП и использовать реальный размер пьезоэлемента.

***Пример — Определяют значение $L_0$ для следующих условий: используется преобразователь B2SN — прямой совмещенный преобразователь с круглым пьезоэлементом с параметрами a = 12 мм, f = 2 МГц. Например, обнаружен дефект на длине по пути r = 150 мм, при этом $A_д - A_0$ = 8 дБ. Контролируемый материал — сталь со скоростью продольной волны c = 5,9 мм/мкс. По таблице Ж.1 находят, что для разности амплитуд 8 дБ значение k = 0,3; следовательно, $L_0/r$ = 0,15; $L_0$ = 22,5 мм. Таким образом, условная протяженность точечного отражателя $L_0$ составляет для данных условий 22,5 мм.***

Ж.3.7 Допускается вместо приведенных таблиц исходных данных использовать для вычисления значения $L_0$ формулу

$$L_0 = 0,2 \cdot \frac{r \cdot c}{a \cdot f} \cdot \sqrt{A_д - A_0}. \quad (Ж.3)$$

Ж.3.8 Для наклонного ПЭП в случае определения глубины залегания дефекта $h$ вместо длины пути ультразвука $r$ до дефекта $r$ в формулах (Ж.2) и (Ж.3) допускается заменить согласно формуле

$$r = \frac{h}{\cos\alpha}. \quad (Ж.4)$$

Ж.3.9 При использовании НО $L_0$ допускается определять по ПДО в НО, торец которого расположен на той же глубине, что и выявленный дефект, имеющий площадь, равную чувствительности брака $S_1$.

## Библиография


[1] ИСО 22232-2:2020 Контроль неразрушающий. Определение характеристик и верификация оборудования для ультразвукового контроля. Часть 2. Преобразователи (Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 2: Probes)

[2] ИСО 2400:2025 Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Технические требования к стандартному образцу № 1 (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Specification for calibration block No. 1)

[3] ИСО 7963:2022 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Требования к калибровочному образцу № 2 (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Specification for calibration block No. 2)

[4] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н)

[5] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 ноября 2020 г. № 461)



УДК 621.74:006.354 ОКС 19.100

Ключевые слова: изделия, поковки, ультразвуковой контроль

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 18.12.2025. Подписано в печать 02.02.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 4,74.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.


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

gost.e-ecolog.ru