
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ГОСТ Р ИСО

16811 – 20

(Проект, первая редакция)

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Ультразвуковой контроль.

Настройка чувствительности и диапазона

ISO 16811:2012

**Non-destructive testing. Ultrasonic testing.
Sensitivity and range setting
(IDT)**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

**Москва
Стандартинформ
20**

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны», Негосударственным образовательным учреждением дополнительного профессионального образования «Научно-учебный центр «Контроль и диагностика» («НУЦ «Контроль и диагностика») и Открытым акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (ОАО «РосНИТИ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «__»_____ 201__ г. № _____

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16811:2012 «Неразрушающий контроль – Ультразвуковой контроль –Настройка чувствительности и диапазона развертки (ISO 16811:2012 «Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Sensitivity and range setting»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им аутентичные переводы, национальные стандарты Российской Федерации и межгосударственные стандарты.

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0 –2012 (раздел 8).

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 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.ru).

© Стандартиформ, 201_

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.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Общие положения.....	
3.1 Величины и обозначения.....	
3.2 Объект контроля, настроечные образцы и настроечные отражатели.....	
3.3 Категории объектов контроля	
3.4 Профилирование преобразователей	
3.4.1 Профилирование преобразователей в продольном направлении	
3.4.1.1 Выпуклая поверхность сканирования.....	
3.4.1.2 Вогнутая поверхность сканирования.....	
3.4.2 Профилирование преобразователей в поперечном направлении.....	
3.4.2.1 Выпуклая поверхность сканирования.....	
3.4.2.2 Вогнутая поверхность сканирования.....	
3.4.3 Вогнутая поверхность сканирования.....	
4 Определение точки выхода и угла.....	
4.1 Основные положения.....	
4.2 Непрофилированные преобразователи.....	
4.2.1 Способ определения с использованием калибровочного образца.....	
4.2.2 Способ определения с использованием настроечного образца.....	
4.3 Профилирование преобразователей в продольном направлении.....	
4.3.1 Расчетно-практическое определение.....	
4.3.2 Способ определения с использованием настроечного образца.....	
4.4 Профилирование преобразователей в поперечном направлении.....	
4.4.1 Расчетно-практическое определение.....	
4.4.2 Способ с использованием настроечного образца.....	
4.5 Профилирование преобразователей в поперечном и продольном направлении одновременно.....	

4.6 Применение преобразователей для материалов, отличающихся от нелегированной стали.....	
5 Настройка временной развертки.....	
5.1 Общие положения.....	
5.2 Настроечные образцы и настроечные отражатели.....	
5.3 Прямые преобразователи.....	
5.3.1 Способ с использованием одного отражателя.....	
5.3.2 Способ с использованием нескольких отражателей.....	
5.4 Наклонные преобразователи.....	
5.4.1 Способ с использованием радиуса.....	
5.4.2 Способ с использованием прямого преобразователя.....	
5.4.3 Способ с использованием настроечного образца.....	
5.4.4 Профилированные преобразователи.....	
5.5 Альтернативная настройка диапазона развертки для наклонных преобразователей.....	
5.5.1 Плоские поверхности.....	
5.5.2 Изогнутые поверхности.....	
6 Настройка чувствительности и оценка амплитуды эхо-сигналов.....	
6.1 Общие положения.....	
6.2 Угол падения.....	
6.3 Метод коррекции амплитуды в зависимости от расстояния (АРК).....	
6.3.1 Настроечный образец.....	
6.3.2 Создание кривой зависимости амплитуды от расстояния.....	
6.3.2.1 Построение на экране.....	
6.3.2.2 Построение отдельной зависимости.....	
6.3.2.3 Коррекция усиления.....	
6.3.3 Оценка сигнала с использованием Коррекции Амплитуды от Расстояния (АРК (DAC)).....	
6.3.3.1 Настройка чувствительности контроля.....	
6.3.3.2 Измерение амплитуды (высоты) эхо-сигнала.....	

6.3.4. Оценка высоты (амплитуды) сигнала с помощью опорного уровня.....	
6.4. Способ оценки амплитуды эхо-сигнала от отражателя по АРД-диаграмме.....	
6.4.1. Общие положения.....	
6.4.2 Настроечные образцы.....	
6.4.3 Применение АРД-диаграмм.....	
6.4.3.1 Способ опорной амплитуды.....	
6.4.3.1 Способ опорной амплитуды	
6.4.3.2 Способ опорной линии.....	
6.4.4. Ограничения на использование АРД-диаграмм, связанные с геометрическими особенностями.....	
6.5 Корректировка усиления.....	
6.5.1 Общие положения.....	
6.5.2 Способ с фиксированной длиной пути.....	
6.5.3 Сравнительный способ.....	
6.5.3.1 Прямой преобразователь.....	
6.5.3.2 Угловой преобразователь.....	
6.5.4 Учет местных отклонений в корректировке усиления.....	
Приложение А (обязательное) Величины и обозначения	
Приложение В (обязательное) Настроечные образцы и отражатели.....	
Приложение С (обязательное) Определение расстояния пути звука и угла падения в концентрических изогнутых объектах.....	
Приложение D (справочное) Общая АРД-диаграмма.....	
Приложение Е (справочное) Определение поправочного коэффициента на передачу в зоне контакта.....	

Введение

Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16811:2012, который был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 135 «Неразрушающий контроль», подкомитетом SC 3 «Ультразвуковой контроль».

Настоящий стандарт основан на стандарте EN 583-2:2001, *Неразрушающие испытания. Ультразвуковой контроль. Часть 2. Чувствительность и диапазон установки*. (Non-destructive testing — Ultrasonic examination — Part 2: Sensitivity and range setting).

Настоящий стандарт взаимосвязан со следующими стандартами:

ISO 16810, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Общие принципы* (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — General principles)

ISO 16811, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Регулировка чувствительности и диапазона развертки* (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Sensitivity and range setting)

ISO 16823, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Техника прохождения сигнала* (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Transmission technique)

ISO 16826, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Контроль несплошностей, перпендикулярных к поверхности* (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Examination for discontinuities perpendicular to the surface)

ISO 16827, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Определение характеристик и размера несплошностей* (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Characterization and sizing of discontinuities)

ISO 16828, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Техника с применением дифракции в зависимости от времени пролета в качестве метода обнаружения и определения размера несплошностей* (Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Time-of-flight diffraction technique as a method for detection and sizing of discontinuities)

Неразрушающий контроль.**Ультразвуковой контроль.****Настройка чувствительности и диапазона**Non-destructive testing. Ultrasonic testing. Sensitivity and range setting

Дата введения –

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие правила настройки диапазона временной развертки и чувствительности (т.е. настройка усиления) ручного ультразвукового дефектоскопа с разверткой А-типа, чтобы обеспечить повторяемость результатов при определении местоположения и амплитуды эхо-сигнала от отражателя.

Настоящий стандарт следует применять только для методов, в которых используется один контактный совмещенный или раздельно-совмещенный преобразователь. Настоящий стандарт не применяется для иммерсионного способа контакта и методов с использованием более чем одного преобразователя.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок используют только указанное издание документа, для недатированных ссылок – последнее издание ссылочного документа, включая все его изменения:

ISO 2400 Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Технические условия на блок для калибровки No. 1 (Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Specification for calibration block No. 1)

ISO 7963 Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Технические условия для эталонного образца № 2 (Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Specification for calibration block No. 2)

Издание официальное

EN 12668-3 Неразрушающий контроль. Определение характеристик и проверка оборудования для ультразвукового контроля. Часть 3. Комбинированное оборудование (Non-destructive testing -- Characterization and verification of ultrasonic examination equipment – Part 3: Combined equipment)

3 Общие положения

3.1 Величины и обозначения

Полный список величин и обозначений, использованных в настоящем стандарте, приведен в Приложении А.

3.2 Объект контроля, настроечные образцы и настроечные отражатели

Основные требования к геометрическим особенностям объекта контроля, настроечных образцов и настроечных отражателей приведены в Приложении В.

3.3 Категории объектов контроля

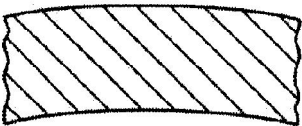
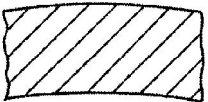
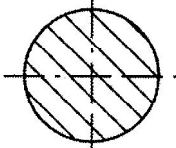
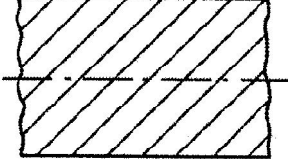
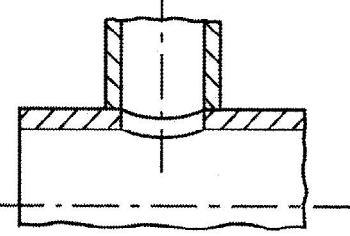
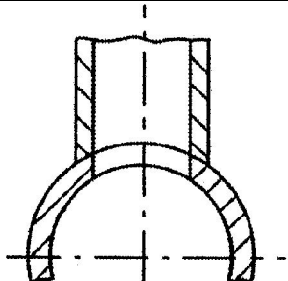
Требования для настройки диапазона и развертки зависят от геометрической формы объекта контроля. В таблице 1 определены пять категорий объектов контроля.

3.4 Профилирование преобразователей

Профилирование контактной поверхности преобразователей для категорий 2-5 необходимо в целях обеспечения устойчивости преобразователя, т.е. для обеспечения надежного, постоянного акустического контакта и постоянного угла ввода с объектом контроля. Профилирование возможно только для преобразователей имеющих жесткую основу из пластика (прямой раздельно-совмещенный преобразователь или наклонный преобразователь с призмой).

Существуют следующие условия для различных геометрических категорий
(см. Табл. 1 и Рис. 1):

Т а б л и ц а 1 – Категории объектов контроля

Класс	Характеристика	Сечение в направлении оси X	Сечение в направлении оси Y
1	Плоские параллельные поверхности (например, пластина/лист)		
2	Параллельные поверхности, изогнутые относительно одной оси (например, трубы)		
3	Параллельные поверхности, изогнутые более, чем в одном направлении (например, днища)		
4	Сплошной материал с круговым поперечным сечением (например, стержни и брусья)		
5	Различные варианты сложной формы (например, форсунки, патрубки)		

- категория 1: не требуется профилирования для сканирования по оси x или y;
- категории 2 и 4: при сканировании по оси x: контактная поверхность преобразователя закругляется в продольном направлении, при сканировании по оси y: контактная поверхность преобразователя закругляется в поперечном направлении;
- категории 3 и 5: при сканировании по оси x или y контактная поверхность преобразователя закругляется в продольном и поперечном направлении.

При использовании профилированных преобразователей для настройки диапазона развертки и чувствительности необходимо либо применение настроечных

образцов, имеющих форму аналогичную объекту контроля, либо применение математической поправки.

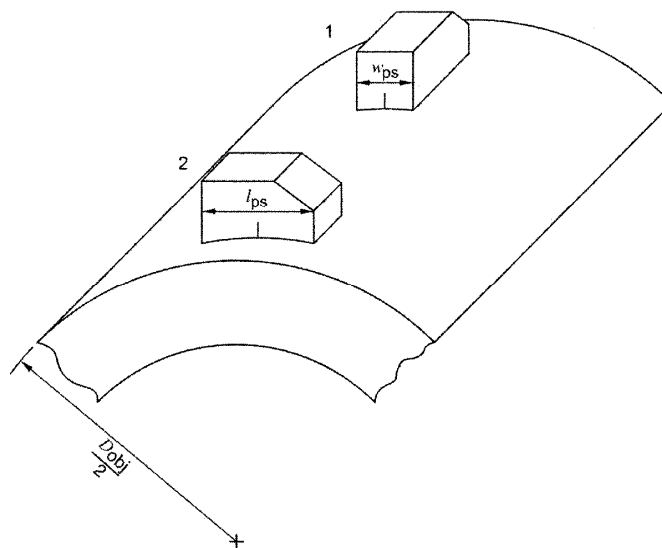
Использование условий зависимостей (1) или (2) позволяет избавиться от проблем связанных с большими потерями на акустический контакт или с отклонением акустической оси преобразователя.

3.4.1 Профилирование преобразователей в продольном направлении

3.4.1.1 Выпуклая поверхность сканирования

Для сканирования по выпуклой поверхности контактная поверхность преобразователя должна быть профилирована, если диаметр объекта контроля D_{obj} меньше десяти длин контактной поверхности преобразователя, l_{ps} , (см. Рис.1):

$$D_{obj} < 10 l_{ps} \quad (1)$$



Обозначения:

1 - профилированный в поперечном направлении

2 - профилированный в продольном направлении

Рисунок. 1 – Длина l_{ps} , и ширина w_{ps} , контактной поверхности в направлении кривизны объекта контроля

3.4.1.2 Вогнутая поверхность сканирования

Для сканирования по вогнутой поверхности контактная поверхность преобразователя должна быть всегда профилированной, кроме случая, когда достаточный контакт с поверхностью может быть достигнут вследствие очень большого радиуса кривизны сканируемой поверхности.

3.4.2 Профилирование преобразователей в поперечном направлении

3.4.2.1 Выпуклая поверхность сканирования

Для сканирования по выпуклой поверхности контактная поверхность преобразователя должна быть профилирована, если диаметр объекта контроля D_{obj} меньше десяти поперечных размеров контактной поверхности преобразователя, w_{ps} , (см. Рис.1):

$$D_{obj} < 10 w_{ps} \quad (2)$$

3.4.2.2 Вогнутая поверхность сканирования

Для сканирования по вогнутой поверхности контактная поверхность преобразователя должна быть всегда профилированной, кроме случая, когда достаточный контакт с поверхностью может быть достигнут вследствие очень большого радиуса кривизны сканируемой поверхности.

3.4.3 Вогнутая поверхность сканирования

Контактная поверхность преобразователя должна соответствовать требованиям 3.4.1 и 3.4.2.

4 Определение точки выхода и угла

4.1 Основные положения

Для прямого преобразователя не требуется проверять значение точки выхода и угла ввода, т.к. предполагается, что точка выхода находится в центре контактной поверхности, а угол ввода составляет ноль градусов.

При использовании наклонных преобразователей, для определения местоположения отражателя относительно преобразователя, эти параметры следует определять. Способ определения и настроечный образец должны соответствовать профилированию контактной поверхности преобразователя.

Измеренный угол ввода зависит от скорости звука в используемом настроечном образце. Если образец выполнен не из нелегированной стали, то скорость в нем должна быть определена и зарегистрирована.

4.2 Непрофилированные преобразователи

4.2.1 Способ определения с использованием калибровочного образца

Точка выхода и угол ввода преобразователя должны быть определены по калибровочным образцам №1 или №2 в соответствии с описанием, данным в ISO 2400 или ISO 7963 соответственно, в зависимости от размеров преобразователя.

4.2.2 Способ определения с использованием настроечного образца

В качестве альтернативы может быть использован способ с использованием настроечного образца, содержащего, по крайней мере, 3 боковых отверстия, как установлено в EN 12668-3.

4.3 Профилирование преобразователей в продольном направлении

4.3.1 Расчетно-практическое определение

Перед профилированием преобразователя, точка выхода и угол ввода должны быть определены в соответствии с п. 4.2.1.

Угол наклона призмы (α_d) преобразователя следует вычислить, используя значение угла ввода (α), определенное выше. Затем на боковой поверхности преобразователя проводится линия через точку выхода, параллельную лучу в преобразователе, как показано на Рис.2.

Угол наклона призмы рассчитывается по формуле (3):

$$\alpha_d = \arcsin \left(\frac{c_d}{c_t} \sin \alpha \right) \quad (3)$$

где:

c_d - скорость продольной волны в призме преобразователя (обычно 2730 м/с для акрила)

c_t - скорость поперечной волны в объекте контроля (3255 м/с $\pm$ 15 м/с для не-легированной стали).

После профилирования точка выхода перемещается вдоль нанесенной линии, и ее новое положение определяется непосредственно на корпусе преобразователя, как показано на Рис.2.

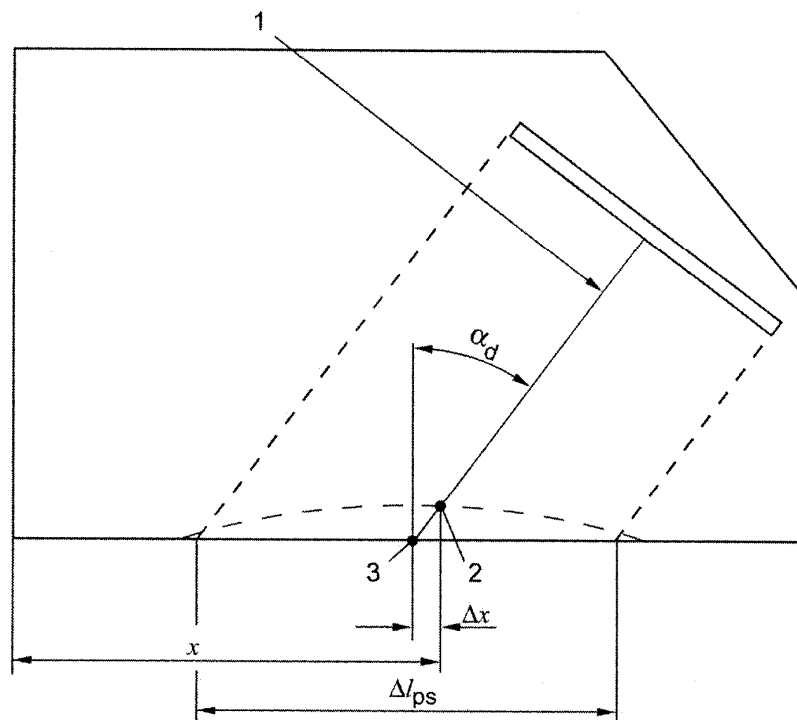
Угол ввода должен быть определен в соответствии с Приложением В по максимальному эхо-сигналу от бокового отверстия. Угол ввода может быть измерен непосредственно на объекте контроля, на настроечном образце или по масштабному чертежу (см. Рис. 3).

В качестве альтернативы, угол ввода может быть определен расчетом по формуле (4) с учетом измеренного в настроечном образце пути ультразвука. Это может быть выполнено совместно с настройкой диапазона, описанного в п. 5.4.4.

$$\alpha = \arccos \left\{ \frac{[(D_{SDH}/2)^2 + s^2 - t^2 + sD_{SDH} + tD_{Obj}]}{D_{Obj}[s + (D_{SDH}/2)]} \right\} \quad (4)$$

Обозначения, использованные в данной формуле, показаны на Рис. 3.

Радиус кривизны поверхности, по которому проводится настройка, должен быть в пределах $\pm 10\%$ от объекта контроля.



Обозначения:

- 1 - Линия, указывающая смещение точки выхода
- 2 - Точка выхода луча после профилирования
- 3 - Точка выхода луча до профилирования

Рисунок 2 – Определение смещения точки выхода для преобразователя, профилированного в продольном направлении

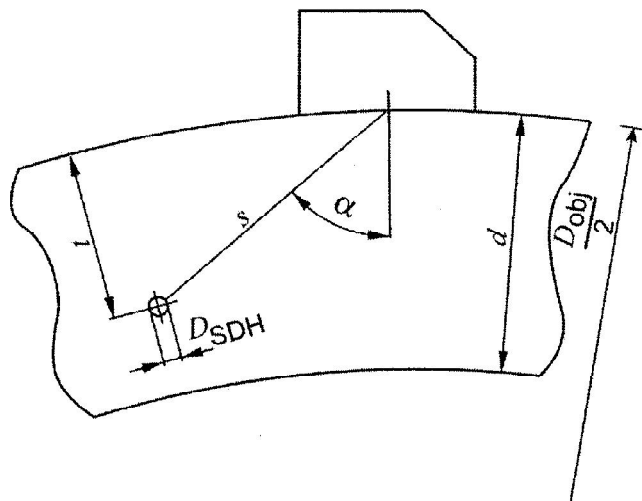


Рисунок 3 – Определение угла ввода луча для преобразователя, закругленного в продольном направлении

4.3.2 Способ определения с использованием настроечного образца

Этот способ аналогичен, описанному в п. 4.2.2, за исключением того, что настроечный образец должен иметь радиус кривизны поверхности в пределах $\pm 10\%$ от кривизны поверхности объекта контроля.

4.4 Профилирование преобразователей в поперечном направлении

4.4.1 Расчетно-практическое определение

Перед профилированием контактной поверхности преобразователя необходимо определить точку выхода и угол ввода преобразователя, как описано в п. 4.2.

После профилирования, выполняется одно из двух нижеследующих действий:

i) на боковую сторону преобразователя нанести линию, начинающуюся от точки выхода и соответствующую лучу в призме. Новое положение точки выхода должно быть определено на боковой поверхности преобразователя, как показано на Рис.4;

ii) смещение точки выхода преобразователя (Δx) должно быть рассчитано по формуле 5:

$$\Delta x = g \tan(\alpha_d) \quad (5)$$

Обозначения данной формулы проиллюстрированы на Рис. 4.

При использовании преобразователя с акриловой призмой ($c_l = 2730$ м/с) на объекте контроля из нелегированной стали ($c_t = 3255$ м/с), смещение для точки выхода (Δx) для трех чаще всего используемых углов ввода определяется в зависимости от глубины профилирования (g) по Рис. 5.

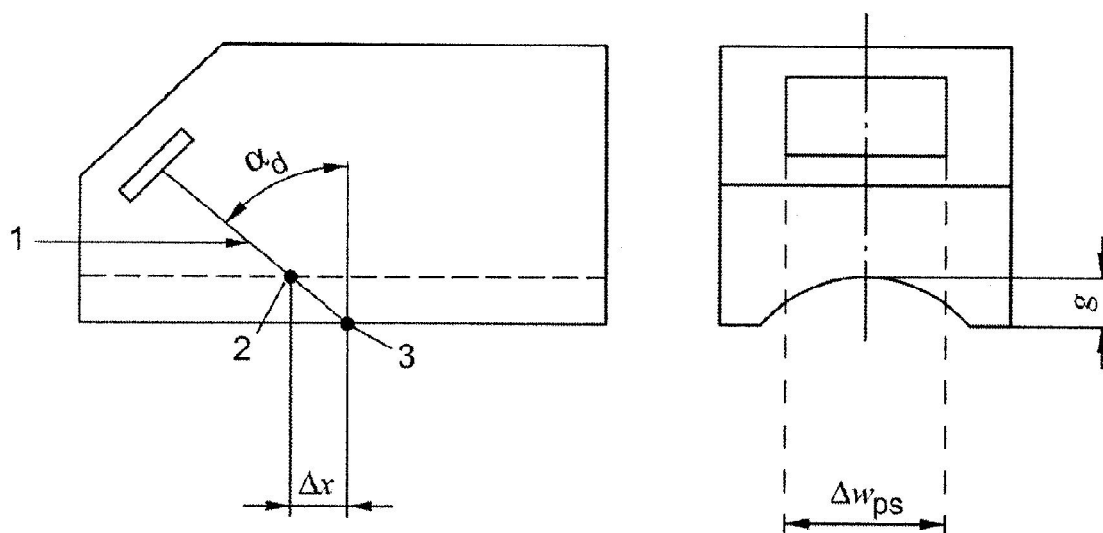
При профилировании преобразователей в поперечном направлении угол ввода преобразователя не изменяется.

Если неизвестно, имеется ли отклонение глубины профилирования по длине преобразователя, то угол ввода следует определить по боковым отверстиям подходяще профилированного настроечного образца, отвечающего условиям, установленным в Приложении В следующим образом:

iii) провести прямую линию на масштабном рисунке между боковым отверстием настроечного образца и точкой выхода преобразователя; или

iv) вычислить используя, например, формулу (6) для схемы на Рисунке 6.

$$\alpha = \arctan \left[\frac{A' + x - q}{t} \right] \quad (6)$$



Обозначения:

- 1 - Линия, обозначающая сдвиг точки выхода
- 2 - Точка выхода луча после профилирования
- 3 - Точка выхода луча до профилирования

Рисунок 4 – Определение точки выхода для профилированного в поперечном направлении преобразователя

4.4.2 Способ с использованием настроечного образца

Этот способ аналогичен, описанному в п. 4.2.2, за исключением того, что настроечный образец должен иметь радиус кривизны в поперечном к преобразователю направлении, отличающийся от кривизны поверхности объекта контроля не более, чем 10% больше радиуса объекта контроля и 30% - меньше.

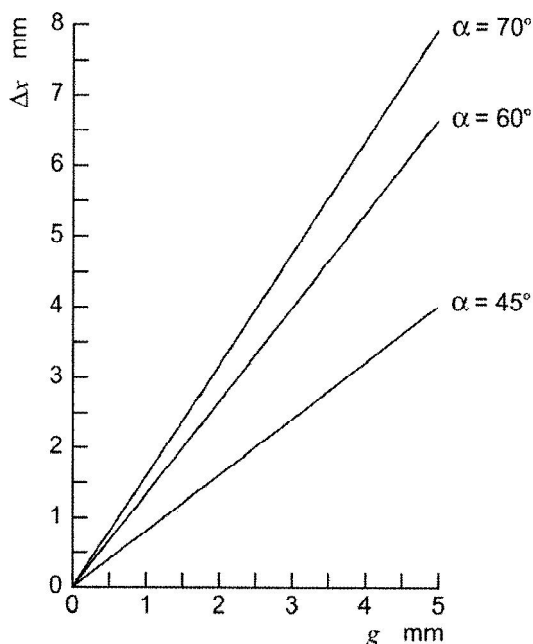


Рисунок 5 – Смещение точки выхода, Δx , для задержки в акриле

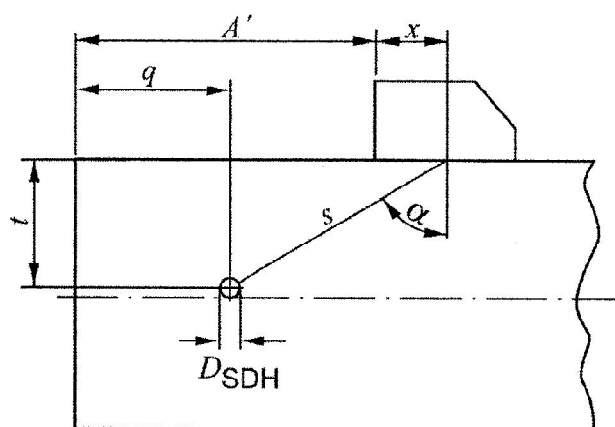


Рисунок 6 – Определение угла ввода с использованием бокового отверстия в настроечном образце

4.5 Профилирование преобразователей в поперечном и продольном направлении одновременно

Если избежать необходимости профилирования контактной поверхности преобразователя по различным осям одновременно не возможно, например, применяя более мелкие преобразователи, то необходимо соблюдать процедуры, описанные в п.4.2, 4.3, и 4.4.

4.6 Применение преобразователей для материалов, отличающихся от нелегированной стали

Если скорость в материале контролируемом объекте значительно отличается от нелегированной стали, то положение точки выхода и угла ввода может также значительно отличаться. Применение отражения от цилиндрической поверхности калибровочных образцов №1 или №2 может привести к неправильному результату.

Если скорость ультразвука известна, то угол ввода может быть определен следующим образом:

$$\alpha_t = \arcsin \left(\frac{c_t}{c_r} \sin \alpha_r \right) \quad (7)$$

где:

α_r угол ввода в настроечном образце из нелегированной стали;

α_t угол ввода в объекте контроля;

c_t скорость поперечной волны в объекте контроля;

c_r скорость поперечной волны в настроечном образце из нелегированной стали (3255м/с±15м/с).

Если скорость звука не известна, то в зависимости от ситуации угол ввода может быть определен по эхо-сигналу от бокового отверстия в образце, как показано на рисунке 6, или, как описано в п. 4.3.1 или п.4.4.1.

5 Настройка временной развертки

5.1 Общие положения

Для проведения любого контроля с применением эхо-импульсного метода, следует устанавливать временную развертку, чтобы на экране отображалось время распространения звука или, что применяется наиболее часто, некоторые параметры, непосредственно связанные с ним. Некоторыми из этих параметров могут быть длина пути звука до отражателя, его глубина относительно контролируемой поверхности, его проекционное расстояние, или уменьшенная длина L_a проекционного расстояния смотри Рисунок 7. Если не указано иное, процедуры, описанные ниже, относятся к установке временной развертки как длины пути звука (эхо-сигнал проходит этот путь дважды).

Настройка временной развертки должна проводиться с помощью двух настроечных эхо-сигналов, временной или пространственный интервал между которыми известен. В зависимости от предполагаемой настройки, должны быть известны соответствующие длины пути звука, глубины, проекционные расстояния или уменьшенные проекционные расстояния.

Применение данной процедуры гарантирует, что автоматически вносится поправка на время прохождения звука через блок задержки (например, через призму преобразователя). Только в случае применения оборудования, в котором используется электронная настройка временной развертки, достаточно одного эхо-сигнала, при условии, что известна скорость звука в настроечном образце.

Расстояние между настроечными эхо-сигналами должно быть настолько большим, насколько это достижимо в данном диапазоне временной развертки. Левый нарастающий фронт каждого эхо-сигнала должен быть установлен, с помощью функций временного сдвига и регулировки развертки, таким образом, чтобы он соответствовал определенной позиции на горизонтальной оси координатной сетки экрана.

Там где это возможно, настройка должна включать получение проверочного сигнала, который не совпадает ни с одним из настроечных сигналов, но должен появляться в рассчитанной точке на экране.

5.2 Настроечные образцы и настроечные отражатели

Для контроля ферритных сталей рекомендуется применение Калибровочного образца № 1 или Калибровочного образца № 2, в соответствии с ISO 2400 и ISO 7963. Если для настройки используется настроечный образец или сам объект контроля, то в зависимости от ситуации можно использовать противоположную поверхность, или подходящие для этой цели отражатели, расположенные на различных известных расстояниях.

Настроечные образцы должны иметь скорость прохождения звука, совпадающую со скоростью прохождения звука в объекте контроля с погрешностью $\pm 5\%$, иначе следует применять корректировку разницы скоростей.

5.3 Прямые преобразователи

5.3.1 Способ с использованием одного отражателя

Для данного способа требуется настроечный образец, толщина которого не больше, чем диапазон развертки, который необходимо установить. Подходящие донные сигналы могут быть получены от калибровочного образца № 1 толщиной 25 мм или 100мм, или от калибровочного образца № 2 толщиной 12,5 мм.

В качестве альтернативы можно использовать настроечные образцы, имеющие параллельные или концентрические поверхности, известную толщину и ту же скорость прохождения звука, что и объект контроля.

5.3.2 Способ с использованием нескольких отражателей

Для данного метода требуется настроечный образец (или отдельные образцы), имеющий два отражателя (например, боковых сверленных отверстия) на различных длинах пути звука.

Преобразователь следует поочередно перемещать, чтобы получить максимальные эхо-сигналы от каждого отражателя. Положение эхо-сигнала от ближайшего отражателя следует установить при помощи регулировки задержки нуля развертки, а эхо-сигнала от других отражателей – при помощи регулировки диапазона развертки, пока не будет достигнута необходимая временная развертка.

5.4 Наклонные преобразователи

5.4.1 Способ с использованием радиуса

Настройка диапазона может быть выполнена при помощи радиусных отражателей Калибровочного образца № 1 или Калибровочного образца № 2, как описано в ISO 2400 или ISO 7963 соответственно.

5.4.2 Способ с использованием прямого преобразователя

Для преобразователей, используемых для контроля поперечными волнами, настройка диапазона может проводиться при помощи прямого преобразователя, излучающего продольные волны, на участке толщиной 91 мм Калибровочного образца № 1 (описано в ISO 2400), соответствующего длине пути звука для поперечной волны, равной 50 мм.

Чтобы завершить настройку диапазона, необходимо получить эхо-сигнал, при помощи датчика, которым будет проводиться контроль, от подходящего отражателя, расположенного на известном длиной пути звука, и, при помощи только функции установки нуля, поместить этот эхо-сигнал в правильное положение вдоль временной оси.

5.4.3 Способ с использованием настроечного образца

Данный способ по своему принципу аналогичен способу, описанному в п. 5.3.2 для прямого преобразователя.

Однако, чтобы получить достаточную точность, сначала необходимо отметить точки входа луча на поверхности образца, в которых, эхо-сигнал достигает максимума, а затем измеряется расстояние между этими отметками и соответствующими отражателями. Для всех последующих настроек временной развертки преобразователь следует помещать на эти отметки.

5.4.4 Профилированные преобразователи

Настройку диапазона следует, в первую очередь, выполнить с помощью преобразователя с плоской поверхностью контакта, как описано выше.

Профилированный преобразователь следует, затем, поместить соответствующим образом на профилированный настроечный образец, имеющий, как минимум, один отражатель на известной длине пути звука. Положение эхо-сигнала от данного отражателя перемещается в надлежащее положение по временной оси при помощи только функции установки нуля.

5.5 Альтернативная настройка диапазона развертки для наклонных преобразователей

5.5.1 Плоские поверхности

Вместо настройки через длину пути звука временная развертка может быть установлена так, чтобы показывать непосредственно глубину отражателя относительно контролируемой поверхности или его расстояние впереди преобразователя, см. Рис.7.

Следовательно, после того, как выбрана временная развертка в величинах глубины или проекционного расстояния, эхо-сигналы от настроечного образца, на известных длинах пути звука, устанавливаются вдоль оси временной развертки в положениях, соответствующих эквивалентным глубинам, или проекционным расстояниям, которые могут определяться следующим образом:

Для плоской пластины они могут определяться для определенного угла ввода луча или при помощи масштабного чертежа, или через следующие выражения:

- глубина (t):

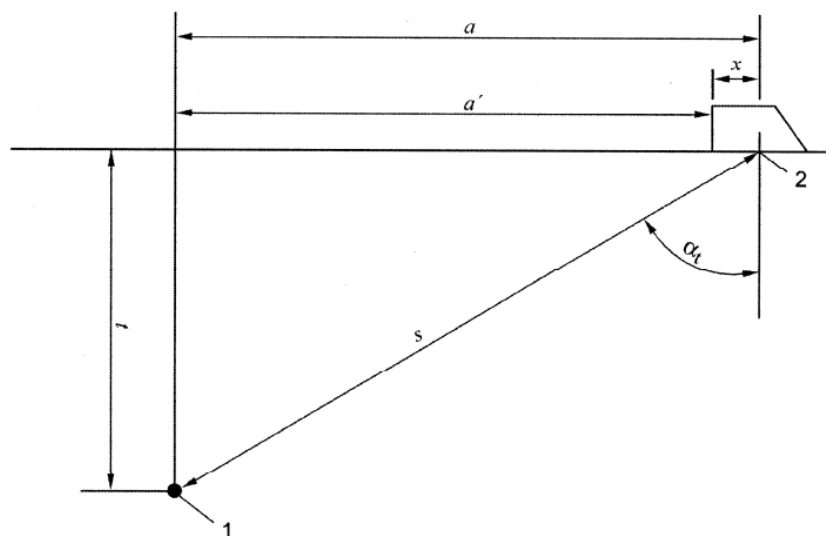
$$t = s \cos \alpha_t \quad (8)$$

- проекция расстояния (a):

$$a = s \sin \alpha_t \quad (9)$$

- сокращенная проекция расстояния (a'):

$$a' = (s \sin \alpha_t) - x \quad (10)$$



Обозначения:
1 – точка ввода;
2 – отражатель

Рисунок 7 Настройка временной развертки на основе, например сокращенной проекции расстояния

5.5.2 Изогнутые поверхности

В то время, как по-прежнему используются принципы настройки диапазона, описанные в 5.5.1, временная развертка при этом в отношении глубины или проекционного расстояния является нелинейной.

Нелинейная координатная шкала может быть построена при помощи проведения измерений в ряде положений на масштабированном рисунке, или при помощи вычислений с использованием подходящих выражений. Длина пути звука до противоположной поверхности концентрически изогнутого объекта может быть установлена с использованием выражений, приведенных в Приложении С.

В качестве альтернативы, интервалы координатной шкалы могут определяться в местах максимальных эхо-сигналов от ряда отражателей в изогнутом настроечном образце, промежуточные значения при этом следует получать при помощи интерполяции. Смотри рисунок 8.

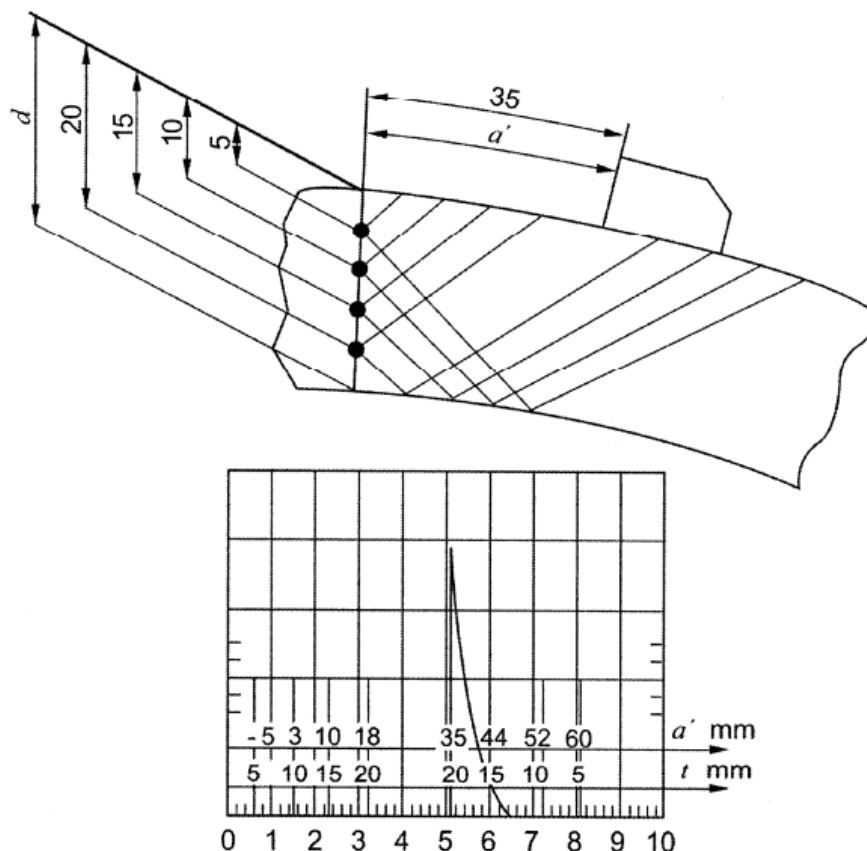


Рисунок 8 Пример сетки экрана для расположения отражателя полученной на основе сокращенной проекции расстояния и глубины (где $\alpha_t=51^\circ$, $s_{\max}=100\text{мм}$)

6 Настройка чувствительности и оценка амплитуды эхо-сигналов

6.1 Общие положения

После того как настроена временная развертка, должна проводиться настройка чувствительности (или установка усиления) одним из следующих способов:

- 1) Способ с использованием одного отражателя

Один отражатель, например дно или паз может быть использован, когда оцениваемый эхо-сигнал находится на том же расстоянии.

2) Способ с использованием кривой амплитуда-расстояние (АРК)

При этом способе используется эхо-сигналы от ряда одинаковых отражателей (например, боковое отверстие или отверстие с плоским дном) с различным расстоянием до них в подходящем настроечном образце (см. 6.3).

3) Способ с использованием зависимости амплитуда-расстояние-диаметр (АРД).

При этом способе используется ряд теоретически (расчетным путем) полученных кривых, устанавливающих связь между расстоянием, усилением оборудования и размером отверстия с плоским дном, расположенного перпендикулярно к оси луча (см. 6.4).

Способы 2 и 3 дают возможность учитывать амплитуду эхо-сигнала от отражателя с учетом увеличения расстояния до него. Однако для всех трех способов должна применяться корректировка усиления, где это необходимо, вводить поправку на потерю акустического контакта и при изменении затухания в материале (см. 6.5).

Использование идеальных отражателей простой формы, например боковое отверстие или плоскодонное отверстие, для определения размеров реальных дефектов не может дать возможность определить их действительный размер, а только эквивалентное значение. Действительный размер реального дефекта может быть больше этого эквивалентного значения.

6.2 Угол падения

Если используется наклонный преобразователь на криволинейном объекте контроля при контроле однократно отраженным лучом (т.е. в положении свыше $\frac{1}{2}$ проекции), угол попадания на донную поверхность, т.е. угол падения, должен быть рассчитан. В случае выпуклой цилиндрической поверхности, по которой проходит сканирование, угол падения на внутреннюю поверхность может быть сильно больше, чем угол ввода. И наоборот, если сканирование осуществляется с внутренней

поверхности, угол падения на донную поверхность может быть значительно меньше, чем угол ввода (см. Приложение С).

При использовании преобразователей, излучающих поперечную волну, угол ввода луча следует выбирать таким образом, чтобы угол падения на внутреннюю поверхность был в диапазоне от 35° до 70° , потому что в этом случае большая часть энергии волны будет уходить на трансформацию в другие типы волн. Кроме того дополнительные эхо-сигналы других типов волн будут давать помехи для оценки эхо-сигнала.

Способ определения угла падения на внутреннюю и наружную поверхность цилиндрической поверхности представлен в приложении С вместе с методом расчета пути ультразвуковой волны до противоположной поверхности.

6.3 Метод коррекции амплитуды в зависимости от расстояния (АРК)

6.3.1 Настраечный образец

Настраечный образец для АРК должен иметь ряд отражателей на различном расстоянии в интервале временной развертки, применяемой при контроле. Подробности о расположении и минимальном размере образца и отражателей приведены в Приложении В.

Спецификация приведенная в Приложении В применяется для объектов категории 1 и, когда это уместно, для объектов контроля категорий 2 – 5.

Следует отметить, что имеется минимальная длина пути звука, меньше которой сигнал не может быть удовлетворительно оценен по причине, например эффекта мертвой зоны или помех в ближней зоне.

Настраечный образец для метода АРК должен быть одним из следующих:

1) Универсальный образец с однородным низким затуханием и определенной обработкой поверхности, имеющий толщину в пределах 10% от толщины объекта контроля, или

2) Образец с такими же акустическими свойствами, обработкой поверхности, формы и радиуса кривизны как у объекта контроля

При использовании образца типа 1) перед непосредственным использованием кривой зависимости амплитуды от расстояния необходима поправка на любую разницу в затухании, кривизне и качестве акустического контакта.

6.3.2 Создание кривой зависимости амплитуды от расстояния

Кривая зависимости амплитуды от расстояния должна быть изображена непосредственно на экране дефектоскопа или начерчена на отдельном графике, как изображено ниже. Она может быть построена при помощи электронных средств. Если используется функция временной регулировки чувствительности ВРЧ (TCG), то зависимость усиления кривой АРК (DAC) станет прямой горизонтальной линией.

6.3.2.1 Построение на экране

Временная развертка в первую очередь должна соответствовать максимально-му пути звука в изделии, а усиление настроено таким образом, чтобы эхо-сигналы от серии отражателей попадали в диапазон от 20% до 80% полной высоты экрана (FSH). В случае с наклонным преобразователем один, из которых находится в диапазоне от 0 до 1/2 пути звука, а другой в диапазоне от 1/2 до 1 пути звука.

Места положения пиков максимальных эхо-сигналов, при определенной настройке усиления, отмечаются на экране и кривая АРК (DAC) соединяет них.

Если величина разницы между наибольшим и наименьшим эхо-сигналами выходит за пределы диапазона от 20% до 80% полной высоты экрана (FSH), то кривая должна быть разделена, и отображена отдельными кривыми при другой настройке усиления (см. Рисунок 9). Разница усилений между двумя кривыми должна быть зарегистрирована на экране.

Настройка усиления для построения АРК (DAC) в случае применения не профилированных (с плоской контактной поверхностью) преобразователей может проводиться, например, по эхо-сигналам от одного из отражателей или по 100 мм радиальной цилиндрической поверхности, или по боковому отверстию диаметром 3 мм в калибровочном образце №1. Это позволит в дальнейшем проводить настройку усиления без применения настроечного образца.

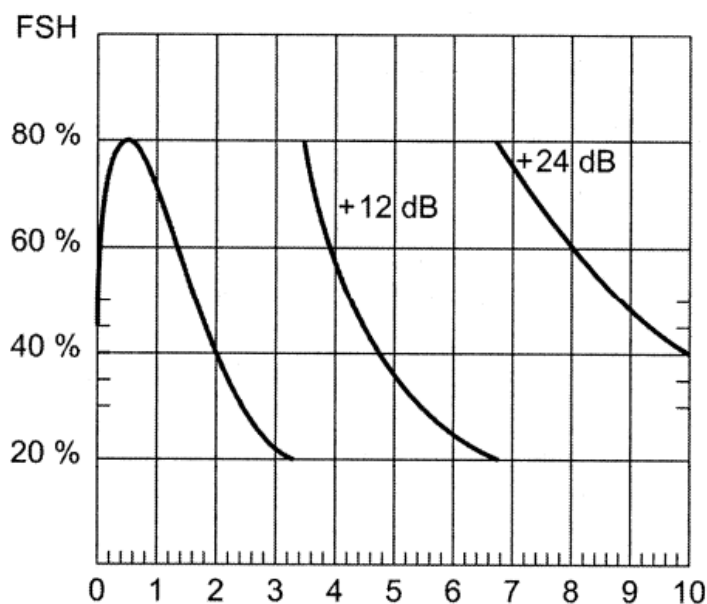


Рисунок 9 Экран ультразвукового прибора, показывающая разделение Кривой Амплитуда-Расстояние (АРК)

6.3.2.2 Построение отдельной зависимости

Общая процедура аналогична способу по п. 6.3.2.1, за исключением того, что максимальные эхо-сигналы от каждого отражателя доводят до одинакового уровня (как правило, до уровня 80% полной высоты экрана (FSH)) и отдельно фиксируется настройка усиления в зависимости от пути звука.

6.3.2.3 Коррекция усиления

После определения разницы для коррекции усиления данная величина используется согласно пункту 6.5 и соответствующим образом должна быть скорректирована Кривая Амплитуда-Расстояние (АРК), как указано в пунктах 6.3.2.1 и 6.3.2.2.

Это должно быть совершено одним из нижеперечисленных способов:

- 1) корректировать АРК (DAC) во время построения
- 2) нарисовать вторую, откорректированную АРК (DAC)
- 3) применять величину коррекции в процессе оценки

В то время как способы 1 и 2 необходимы для того чтобы учесть затухание, способ 3 более подходит в тех случаях, когда требуется корректировка только постоянных потерь на акустический контакт.

6.3.3 Оценка сигнала с использованием Коррекции Амплитуды от Расстояния (АРК (DAC))

6.3.3.1 Настройка чувствительности контроля

Чувствительность контроля следует устанавливать по максимумам эхо-сигналов от каждого из опорных отражателей в настроенном образце для АРК (DAC) и установить усиление таким образом, чтобы пики эхо-сигналов соответствовали кривой АРК.

При этом следует внести корректировку усиления для соответствующей длины пути звука, если это не учтено в кривой АРК (для способов 1 и 2 п. 6.3.2.3).

В качестве альтернативы, если кривая АРК была построена для другого отражателя, в этом случае ее можно использовать при условии соответствующей коррекции усиления.

Затем перед сканированием усиление увеличивают (или уменьшают) на величину, установленную в соответствующем стандарте или процедуре.

6.3.3.2 Измерение амплитуды (высоты) эхо-сигнала

Амплитуда (высота) любого эхо-сигнала, подлежащего оценке, устанавливается с помощью откалиброванной регулировки усиления до уровня АРК-кривой, и регистрируется с указанием разности, превышения или уменьшения, значения усиления в сравнении с исходными значениями усиления, которые использовались при построении АРК-кривой. Если в АРК-кривой не учтены значения потери в контактной среде и ослабление, то в тех случаях, когда это необходимо, добавляются соответствующие поправки для корректировки усиления.

Оценка разницы в амплитуде полученного эхо-сигнала выражается следующим образом:

Если усиление требуется увеличить по отношению к исходному значению на x дБ, то амплитуде эхо-сигнала присваивается значение (опорный уровень $-x$) дБ. Если усиление требуется уменьшить по отношению к исходному значению на y дБ, то

амплитуде (высоте) эхо-сигнала присваивается значение (настроечный уровень +у) дБ.

6.3.4. Оценка высоты (амплитуды) сигнала с помощью опорного уровня

При использовании данного способа эхо-сигнал от дефекта сравнивается с эхо-сигналом от настроечного отражателя на таком же или большем расстоянии. С помощью установки усиления V_u и V_r , соответственно, оба сигнала выводятся на равную высоту экрана (т.е. на опорный уровень). Опорный уровень устанавливается в пределах диапазона от 40% до 90% полной высоты экрана. Разница в высоте (амплитуде) эхо-сигнала ΔH_u затем вычисляется по формуле 11:

$$\Delta H_u = V_r - V_u \quad (11)$$

6.4. Способ оценки амплитуды эхо-сигнала от отражателя по АРД-диаграмме

6.4.1. Общие положения

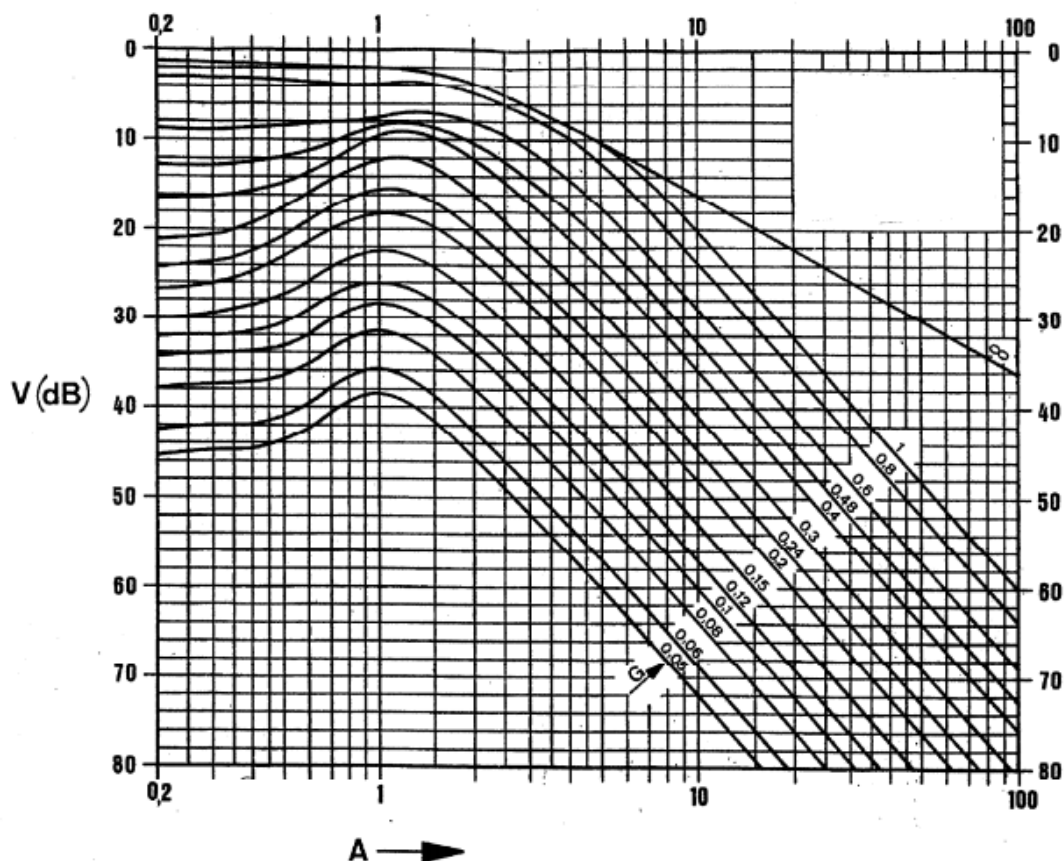
В способе оценки амплитуды (высоты) эхо-сигнала от неизвестного отражателя по АРД диаграмме используется теоретически полученные зависимости амплитуды от расстояния для плоскодонных отверстий.

В общей АРД-диаграмме расстояние и размер отражателя нормализованы. По этой причине она не зависит от размера и частоты (активного элемента) преобразователя. На ней расстояние до отражателя указывается в длинах ближней зоны N_{eff} преобразователя, а размеры как отношение эквивалентного диаметра отражателя к диаметру D_{eff} активного элемента преобразователя (См. Рис. 10 и Приложение D).

Из этой общей диаграммы АРД выводятся специальные АРД-диаграммы для широко используемых типов преобразователей для стали, которые позволяют напрямую определять эквивалентный размер отражателя, не прибегая к вычислениям (См. Рис.11)

Амплитуда (высота) эхо-сигнала от отражателя записывается как:

- i) число дБ превышающее или ниже кривой АРД для указанного диаметра отражателя, либо
- ii) диаметр плоского отражателя, от которого в идеальных условиях и при том же расстоянии (эквивалентный плоский отражатель) будет получена такая же амплитуда (высота) эхо-сигнала.



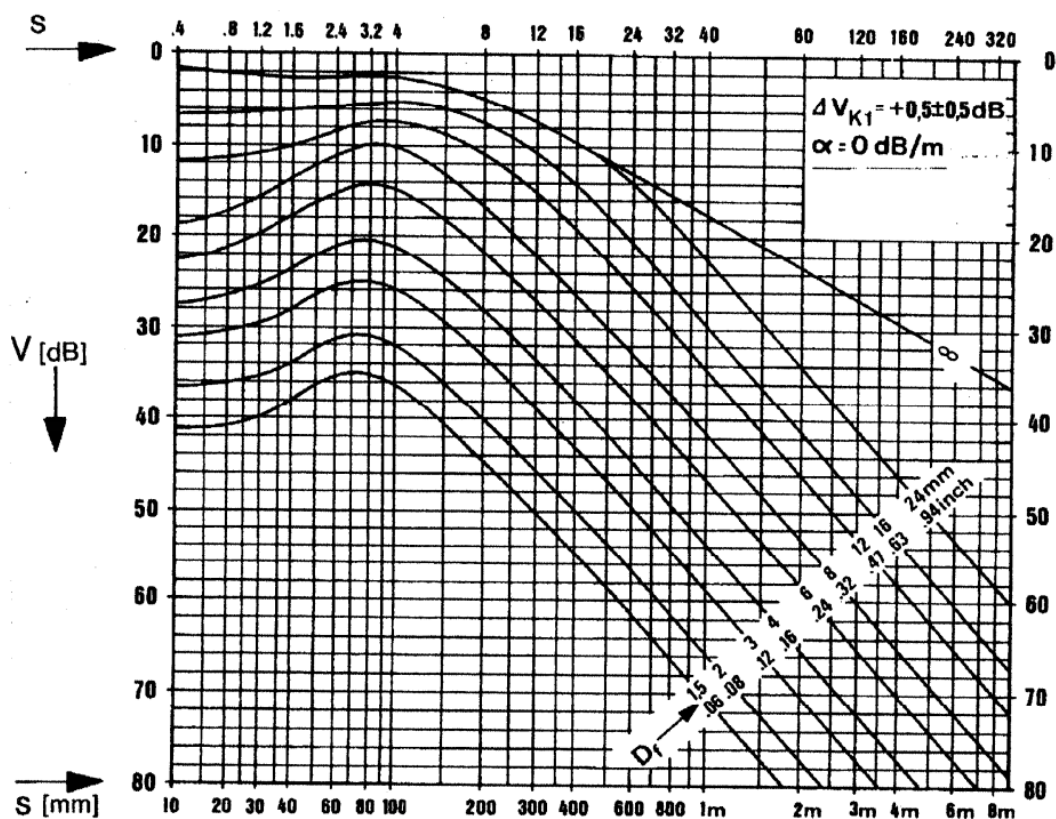
Обозначения :

A - нормализованное расстояние

V - усиление в дБ

G - нормализованный размер отражателя

Рисунок 10 - Общая АРД-диаграмма



Обозначения :

S - расстояние до отражателя

V - усиление в дБ

D_f - диаметр отражателя

Рисунок 11 – Специальная АРД-диаграмма для угла ввода преобразователя для стали

6.4.2 Настроечные образцы

Когда АРД диаграмма используется для настройки чувствительности контроля или для измерения амплитуды эхо-сигнала, применяется подходящий для этого настроечный образец, характеристики которого указаны в Приложении В. Это необходимо для того, чтобы соотнести значения усиления, приведенные в АРД-диаграмме, с амплитудой эхо-сигнала от соответствующего настроечного отражате-

ля. В качестве настроечного образца допускается использовать калибровочные образцы.

Настроечные образцы для наклонных преобразователей должны иметь достаточно большие размеры, которые позволили бы провести измерения прошедших сигналов, которые необходимы для определения затухания. Все поверхности, на которых проводятся измерения, настроечных образцов должны иметь одинаковое качество обработки поверхности.

Вогнутые цилиндрические поверхности (например, Калибровочного образца № 1 и Калибровочного образца № 2, в соответствии с ISO 2400 и ISO 7963) должны использоваться для настройки чувствительности с применением АРД-диаграмм только в том случае, если известен поправочный коэффициент преобразователя ΔV_k , для этих образцов. Это необходимо для компенсации разницы при сравнении сигнала, отраженного от вогнутой цилиндрической поверхности, с сигналом, отраженным от плоской донной поверхности. Если ΔV_c имеет положительный знак, то усиление, используемое при контроле, должно быть увеличено на такое же значение и наоборот.

Во избежание полного отражения звукового пучка от поверхности настроечного образца или объекта контроля, имеющих кривизну поверхности, диаметр их кривизны D_{obj} должен удовлетворять следующим условиям:

$$D_{obj} > D_{eff} \left(\frac{c_t}{c_d} \times \frac{1}{1 - \sin \alpha_t} \right) \quad (12)$$

где:

D_{eff} - эффективный диаметр преобразователя;

c_t - скорость звука поперечной волны в объекте контроля;

c_d - скорость продольной волны в блоке задержки;

α_t - угол ввода

Например, при эффективном диаметре преобразователя 20 мм для угла ввода 45°. значение D_{obj} (для стали) должно быть больше 82 мм.

6.4.3 Применение АРД-диаграмм

6.4.3.1 Способ опорной амплитуды

Устанавливаемое усиление V_r , на котором должно выполняться сканирование, вычисляется по формуле 13:

$$V_r = V_j + \Delta V + \Delta V_k + \Delta V_t \quad (13)$$

где:

V_j - значение усиления для эхо-сигнала от настроечного отражателя в соответствии с требованиями Приложения В для высоты эхо-сигнала на экране (не менее 20% от полной высоты экрана);

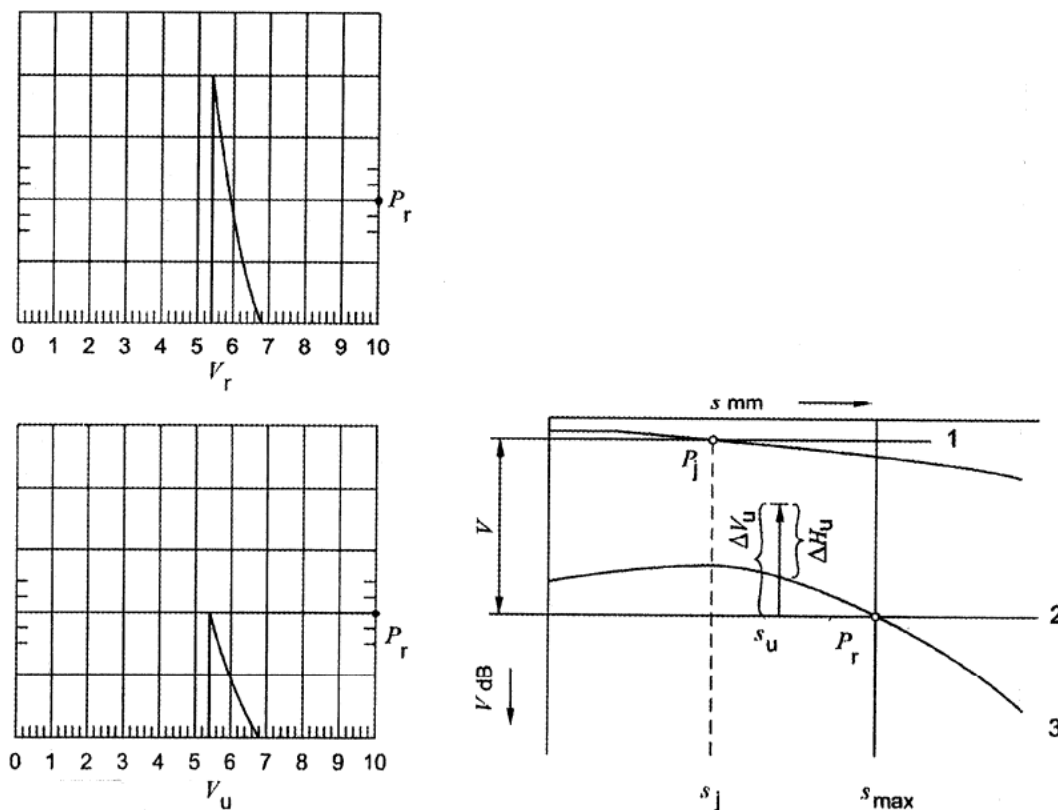
ΔV - разница в усилении между кривой АРД, соответствующей минимальному эквивалентному плоскодонного отражателя (т.е. регистрируемый уровень), измеренного при максимальной длине пути звука $s_{\max}$, и эхо-сигнала от настроечного отражателя, измеренного на расстоянии пути звука до него s_j ;

ΔV_k - поправочный коэффициент, применяемый при использовании вогнутого настроечного отражателя (См. 6.4.2);

ΔV_t - корректировка усиления (См. 6.5).

Оценка амплитуды любого эхо-сигнала, наблюдаемого в ходе сканирования, соответствующего или превышающего опорной высоты сигнала на экране, проводится следующим образом:

Фиксируется усиление V_u , необходимое для того, чтобы довести амплитуду эхо-сигнала до опорной высоты сигнала. Затем на АРД-диаграмме проводится линия, представляющая опорную амплитуду, и разница в усилениях $\Delta V_u = V_u - V_r$ откладывается от опорной амплитуды на значении расстояния, соответствующем длине пути звука, s_u (См. Рис. 12). Если отмеченная точка располагается выше кривой АРД, соответствующей регистрируемому пределу, амплитуда эхо-сигнала ΔH_u записывается как число дБ, на которую она превышает кривую АРД при том же значении расстоянии длины пути звука.



Обозначения:

- 1 - Калибровочная амплитуда [высота]
- 2 - Настроечная амплитуда
- 3 - Настроечная линия

Рисунок 12 – Пример оценки амплитуды эхо-сигнала с использованием способа опорной амплитуды

6.4.3.2 Способ опорной линии

Кривая АРД-диаграммы, соответствующая регистрируемому пределу, переносится на экран как опорная линия. Необходимо иметь в виду, что зависимость между разницей в усилении АРД- диаграммы (ΔV) для различных длин пути звука является логарифмической, в то время как соответствующая шкала на экране является линейной:

$$\Delta V \text{ (в дБ)} = -20 \log_{10} \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \quad (14)$$

где h_1 и h_2 являются фактическими амплитудами на экране, например, выраженными в процентах от полной высоты экрана.

Разница в усилении (ΔV) между эхо-сигналом от настроечного отражателя и кривой АРД, соответствующей регистрируемому пределу, при одинаковой длине пути звука измеряется на АРД-диаграмме.

После этого получают максимальный эхо-сигнал от настроечного отражателя, а усиление настраивается таким образом, чтобы максимум эхо-сигнала оказался на удобной высоте экрана (см. ниже).

Это положение фиксируется, и через него проводится перенесенная АРД кривая. Опорная линия должна оказаться в пределах от 20% до 80% полной высоты экрана. Для этого опорная линия и зафиксированное усиление могут перемещаться вверх или вниз в пределах соответствующей части экрана, как показано на Рисунке 9.

Затем усиление для сканирования изменяется на ΔV и по возможности корректируется, как это описано в п. 6.4.3.1.

Амплитуда любого эхо-сигнала, наблюдаемого в ходе сканирования, равная или превышающая откорректированную кривую АРД записываться в виде одного из следующих вариантов:

а) число дБ, на которое превышена откорректированная кривая АРД при том же расстоянии длины пути звука;

б) диаметр эквивалентного плоскодонного отражателя, показанного на АРД-диаграмме, который соответствует разнице в амплитуде эхо-сигнала, измеренного в пункте а), как указано выше.

6.4.4. Ограничения на использование АРД-диаграмм, связанные с геометрическими особенностями

Применение АРД-диаграмм для оценки амплитуды эхо-сигнала применяется только в тех случаях, когда не требуется профилирование контактной поверхности преобразователя, см. 3.4.

Условия, которые определяются в Приложении В для настроечных образцов, должны распространяться на соответствующие поверхности объекта контроля. Для оценки амплитуды эхо-сигнала необходимо соблюдать следующие условия для нормализованного расстояния А (см. Приложение D для вычисления А):

$$A \geq 0,7 \quad (15)$$

По отношению к толщине стенки d , необходимо также соблюсти условия (16) и (17), соответственно, для сканирования прямым преобразователем без задержки и для сканирования наклонным преобразователем:

$$d > 0,7 N_{\text{eff}} \quad (N_{\text{eff}} - \text{эффективная протяженность ближней зоны}) \quad (16)$$

$$d > 5 \lambda \quad (\lambda - \text{длина волны в объекте контроля}) \quad (17)$$

6.5 Корректировка усиления

6.5.1 Общие положения

Если только чувствительность контроля устанавливается не на калибровочном образце, который по акустическим свойствам соответствует объекту контроля, то возникает необходимость определить корректировку усиления и применить ее в том случае, когда это потребуется, при установке чувствительности контроля или измерении амплитуды эхо-сигнала от любой несплошности.

Корректировка усиления ΔV_t состоит из двух параметров:

- 1) потери в контактной среде на контактной поверхности, не зависящие от длины пути звука;
- 2) затухание в материале, зависящее от длины пути звука

Имеется два способа коррекции, а именно: простой способ с фиксированной длиной пути, при котором корректировка осуществляется только для потерь в контактной среде и для затухания на максимальной длине пути звука; и сравнительный способ при котором полная компенсация выполняется для обоих параметров.

6.5.2 Способ с фиксированной длиной пути

Данный способ применим только в тех случаях, когда потери акустической энергии, вызванные затуханием, малы, в сравнении с потерями в контактной среде, либо когда проводится измерение амплитуды эхо-сигнала от отражателя, находящегося вблизи донной поверхности объекта контроля.

При использовании прямого преобразователя, значения усиления, необходимые для вывода на экран одинаковой амплитуды первых эхо-сигналов от донной поверхности настроечного образца и объекта контроля, измеряются в дБ ($V_{t,t}$ и $V_{t,r}$, соответственно). При использовании наклонного преобразователя, применяются два идентичных преобразователя, передатчик и приемник, устанавливаемые в форме буквы «V» для получения соответствующих эхо-сигналов.

Теоретическая разница в усилении между двумя эхо-сигналами (ΔV_s), возникающая вследствие различия в их длинах пути звука, измеряется по кривой АРД для бесконечного отражателя, а корректировка усиления (ΔV_t) вычисляется следующим образом:

$$\Delta V_t = V_{t,t} - V_{t,r} - \Delta V_s \quad (18)$$

6.5.3 Сравнительный способ

6.5.3.1 Прямой преобразователь

Преобразователь устанавливается на настроечном образце, и записываются значения усиления, необходимые для вывода на экран одинаковой амплитуды первого и второго эхо-сигналов от донной поверхности (значения V_{A1} , V_{A2} на Рисунке 13). Затем эти значения наносятся на график напротив значений длины пути звука, и через них проводится линия 2.

После этого преобразователь переставляется на объект контроля, и повторяется вышеописанная процедура (значения V_{B1} и V_{B2} и линия 1 на Рисунке 13).

Разница усиления между двумя линиями при соответствующей длине пути звука (s_u) является значением корректировки усиления (ΔV_t), см. Рис. 13.

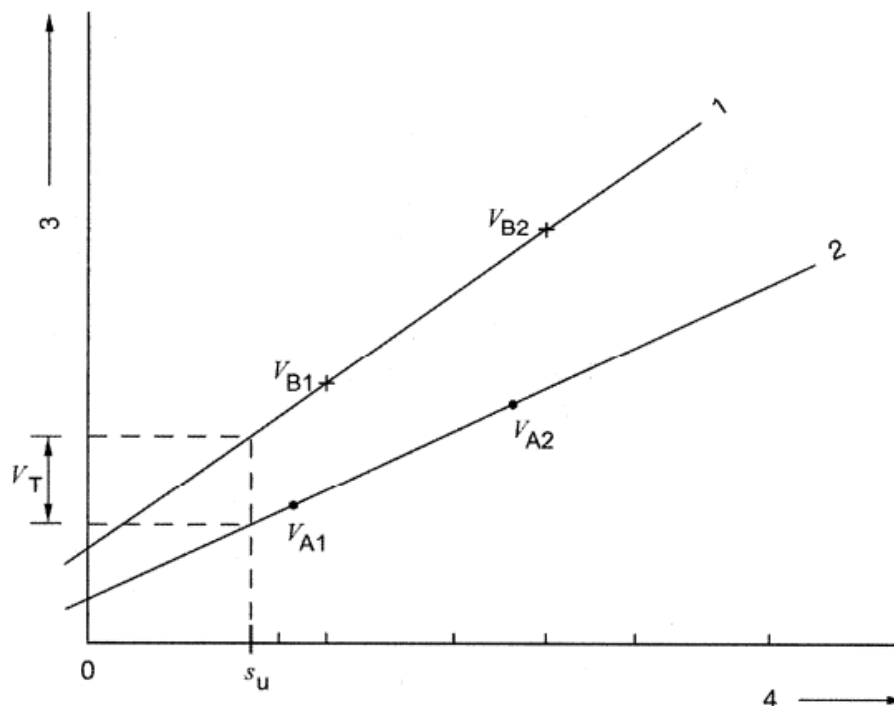
Необходимо иметь в виду, что наклон линии, нанесенной через точки V_{B1} и V_{B2} , не отражает истинного затухания в объекте контроля, поскольку не принимаются во внимание потери, вызванные расхождением луча и энергией, трансформируемой при каждом многократном отражении от поверхности. В Приложении Е приводится способ экспериментального определения потерь усиления при контакте при каждом многократном отражении.

6.5.3.2 Угловой преобразователь

В принципиальном плане данный способ аналогичен способу, в котором используется прямой преобразователь. Отличие заключается в том, что используются два одинаковых угловых преобразователя, которые работают как передатчик и приемник соответственно. Частота этих преобразователей должна быть такой же, как частота преобразователя, предназначенного для контроля объекта контроля.

Преобразователи размещаются на настроечном образце для АРК-способа таким образом, чтобы сначала образовалась фигура в форме буквы «V», а затем – в форме буквы «W», а при этом записываются установки усиления, необходимые для того, чтобы на экран выводились одинаковые по высоте амплитуды эхо-сигналов (значения V_{A1} и V_{A2} , соответственно). После этого преобразователи размещаются таким же образом на объекте контроля, и процедура повторяется (значения V_{B1} и V_{B2}). Определенные значения усиления наносятся на график напротив значений длины пути звука, и через каждую пару точек проводятся линии.

Корректировку усиления, ΔV_t , точно так же дает разница в усилении между двумя линиями на соответствующей длине пути звука.



Обозначения

1. Кривая для объекта контроля
2. Кривая для настроечного образца
3. Установка усиления для 80% полной высоты экрана
4. Длина пути звука

Рисунок 13 – Определение корректировки усиления при использовании сравнительного способа

6.5.4 Учет местных отклонений в корректировке усиления

В тех случаях, когда имеется основание предполагать, что могут существовать частные отклонения в значениях корректировки усиления в применении к какому-либо месту объекта контроля, измерение корректировки усиления должно производиться в нескольких характерных местах.

Если отклонения между верхним и нижним значениями корректировки усиления не превышают 6 дБ, должно применяться среднее значение ΔV_t , полученное с учетом всех выполненных измерений. В то же время, если наибольшие отклонения

превышают 6 дБ, то необходимо воспользоваться способами (а) или (б), описанными ниже:

а) увеличьте среднее значение корректировки усиления, ΔV_t , на величину, которая равняется среднему значению $\Delta V_{\sim}$, полученному от всех измерений, которые превышали ΔV_t . Пересмотренную корректировку усиления ($\Delta V_t + \Delta V_{\sim}$) следует применять в отношении всего места, подлежащего контролю;

б) разделите место, подлежащее контролю, на такие зоны, в каждой из которых отклонения в корректировке усиления не превышают 6 дБ. Затем к каждой из таких зон применяется индивидуальные значения ΔV_t .

Для наклонного значения вместо донных эхо сигналов должны применяться прошедшие сигналы 4.2

Приложение А
(обязательное)

Величины и обозначения

Т а б л и ц а 1 Величины и обозначения

Обозначения	Величины	Единица измерения
A	Нормализованное расстояние в АРД-диаграмме	
A'	Координата положения преобразователя	мм
a	Расстояние проекции	мм
a'	Уменьшенное расстояние проекции	мм
α	Измеренный угол ввода в сталь	°
α_r	Угол ввода в настроечный образец из нелегированной стали	°
α_d	Угол призмы (угол в блоке задержки)	°
α_t	Угол ввода в объект контроля	°
β	Угол падения	°
c_r	Скорость волны в настроечном образце	м/с
c_t	Скорость поперечных волн в объекте контроля	м/с
c_d	Скорость продольной волны в блоке задержки	м/с
D_{obj}	Наружный диаметр поверхности сканирования	мм
d	Толщина стенки	мм
D_{eff}	Эффективный диаметр преобразователя	мм
D_{SSH}	Диаметр отверстия со сферическим дном	мм
D_{DSR}	Диаметр плоскодонного отверстия	мм
D_P	Диаметр преобразователя	мм
D_{SDH}	Диаметр бокового отверстия	мм
$e1 - e7$	Размеры настроечного образца	мм
g	Глубина профилирования преобразователя	мм
G	Нормализованный диаметр плоскодонного отверстия	

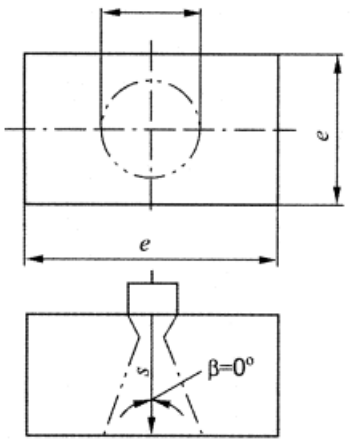
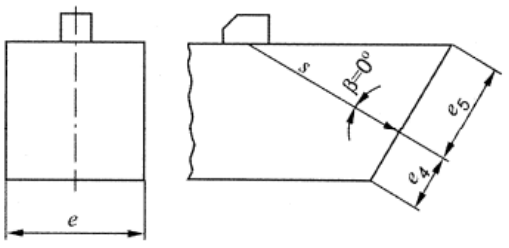
λ	Длина волны	мм
ΔH_u	Разница высоты сигнала между настроечным отражателем и дефектом	дБ
l_{ps}	Длина протектора преобразователя в направлении профилирования	мм
l_d	Длина пути задержки	мм
Δl_{ps}	Длина профилированной поверхности преобразователя	мм
N_{eff}	Эффективная длина ближней зоны	мм
P_r	Опорная точка для s_{max}	
P_j	Опорная точка для s_j	
q	Поперечная координата отражателя	мм
s	Длина пути звука	мм
s_j	Длина пути звука до настроечного отражателя	мм
s_{max}	Максимальная длина пути звука	мм
s_u	Длина пути звука измеряемого сигнала	мм
s_v	Акустический эквивалент длины пути для задержке в объекте контроля	мм
t	Координата отражателя по глубине	мм
V	Усиление по АРД-диаграмме	дБ
V_j	Опорное усиление при настройке	дБ
V_r	Усиление регистрации	дБ
V_t	Усиление при определении ΔV_t	дБ
V_u	Показание усиления	дБ
ΔV	Разница усиления	дБ
$\Delta V_{\sim}$	Коррекция для ΔV_t	дБ
ΔV_k	Коррекция усиления для скругленной поверхности	дБ
ΔV_s	Разница усиления для длины пути звука	дБ
ΔV_t	Корректировка усиления	дБ

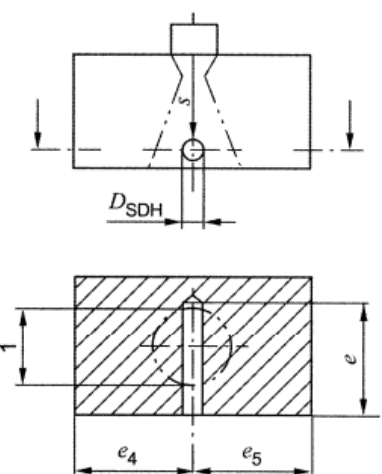
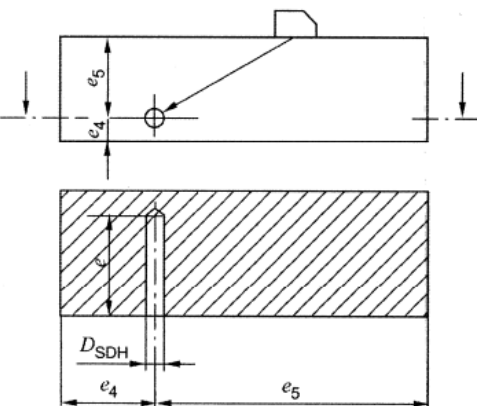
$V_{t,r}$	Усиление для сигнала от донной поверхности в на- строечном образце	дБ
$V_{t,t}$	Усиление для сигнала от донной поверхности в объек- те контроля	дБ
ΔV_u	Разница между показанием усиления и усилением ре- гистрации	дБ
w_{ps}	Ширина протектора преобразователя в направлении профилирования	мм
Δw_{ps}	Ширина профилированной поверхности преобразова- теля	мм
x	Расстояние от точки выхода до передней гранью для непрофилированного преобразователя	мм
Δx	Смещение точки выхода	мм

Приложение В
(обязательное)

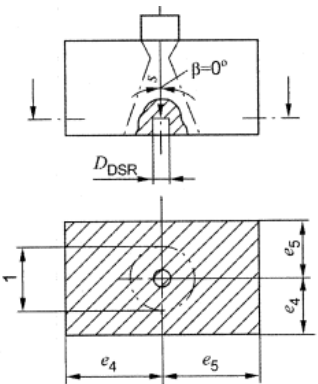
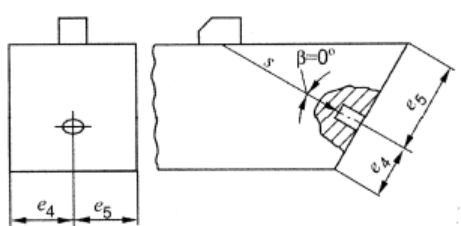
Настроечные образцы и отражатели

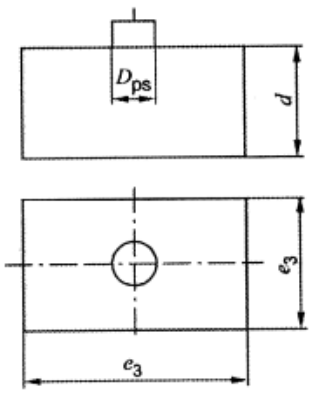
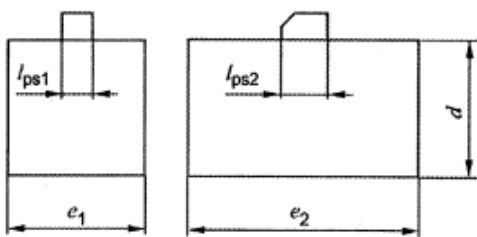
Т а б л и ц а В.1 Настроечный образец. Требования к поверхности сканирования, толщине стенки и донной поверхности.

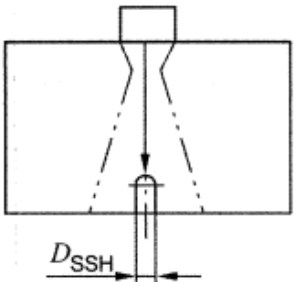
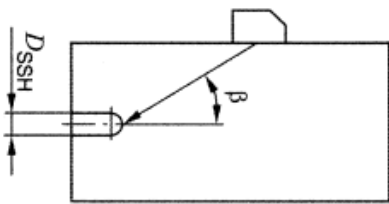
Требования, предъявляемые к донной поверхности:		
Прямой преобразователь	Наклонный преобразователь	Условия
 Обозначения: 1. Диаметр пучка		$e > \frac{2\lambda s}{D_{eff}}$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$

Требования, предъявляемые к донной поверхности:		
Прямой преобразователь	Наклонный преобразователь	Условия
		$D_{SDH} \geq 1,5\lambda$ $e > \frac{2\lambda s}{D_{eff}}$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$ $s > 1,5 N_{eff}$

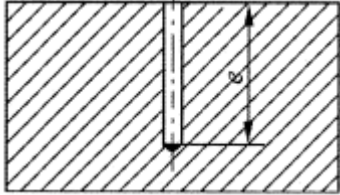
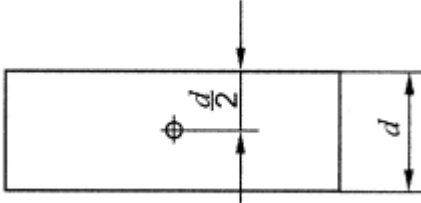
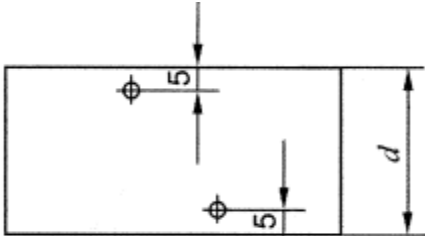
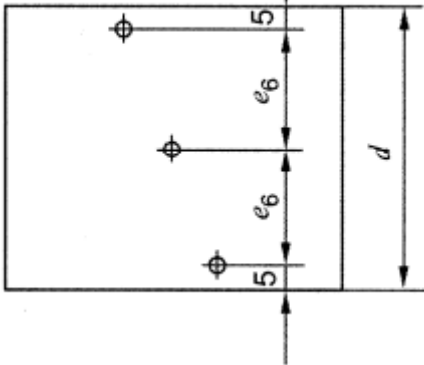
Продолжение таблицы В2

Требования к плоскодонному отражателю :		
Прямой преобразователь	Наклонный преобразователь	Условия
		$D_{DSR} < \frac{\lambda s}{D_{eff}}$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$ $s > 0,7 N_{eff}$

Требования к контролируемой поверхности и толщине стенки		
Прямой преобразователь	Наклонный преобразователь	Условия
		d - больше длины волны начального импульса в зоне воздействия для $\alpha=0^0$. для $\alpha>0^0$ – $d>5\lambda$. $e_1 > 1,5 l_{ps1}$ $e_2 > 1,5 l_{ps2}$ $e_1 > 1,5 D_{ps}$

Требования к отверстию со сферическим дном		
Прямой преобразователь	Наклонный преобразователь	Условия
		$s > 1,5 N_{eff} \text{ при}$ $D_{DSR} = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} D_{SSH}$ $\beta \leq 60^0.$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$

Т а б л и ц а В.2 Настроечные образцы и отражатели для объектов 1 класса

Толщина стенки, дв мм	Настроечные образцы и отражатели	Условия
		
$10 \leq d \leq 15$		
$15 < d \leq 20$		$e > \frac{2\lambda s}{D_{eff}}$
$20 < d \leq 40$		$D_{SDH} \geq 1,5\lambda$ $e_6 = \frac{d - 10}{2}$

$40 < d$		$e_7 \leq \frac{d - 10}{2}$
-------------------------------------	--------------	---

Приложение С (обязательное)

Определение расстояния пути звука и угла падения в концентрических изогнутых объектах.

С.1 Угол падения

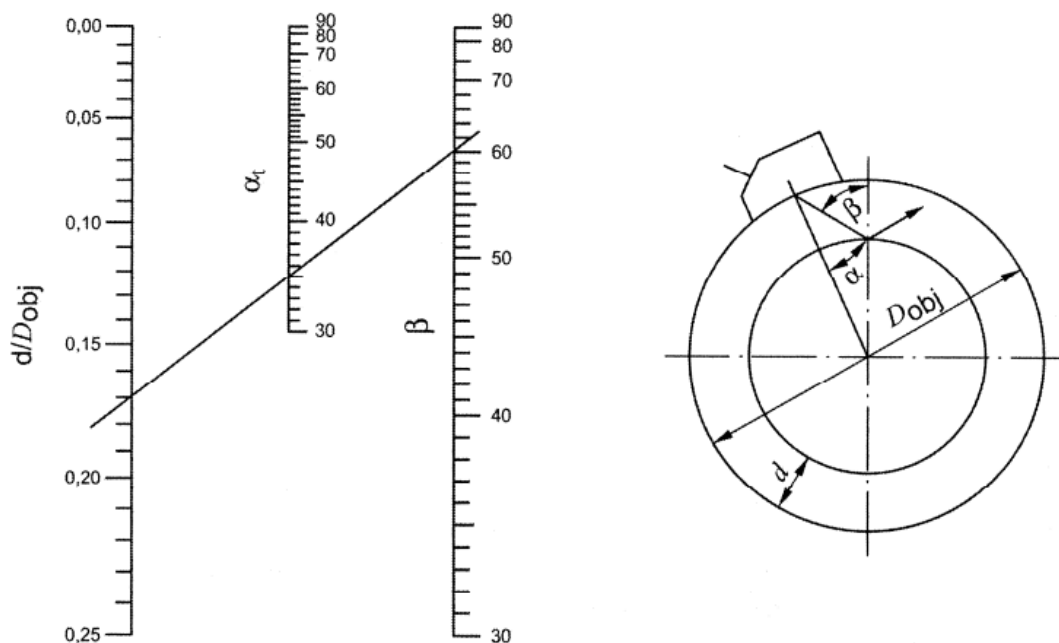


Рисунок С.1. Номограмма для определения угла падения β

С.2 Путь звука, когда сканирование производится от наружной изогнутой (выпуклой) поверхности.

$$s = (D_{obj} \cos \alpha) - \sqrt{(D_{obj} \cos \alpha)^2 - 4d(D_{obj} - d)} \quad (C.1)$$

С.2.1 Полное прохождение

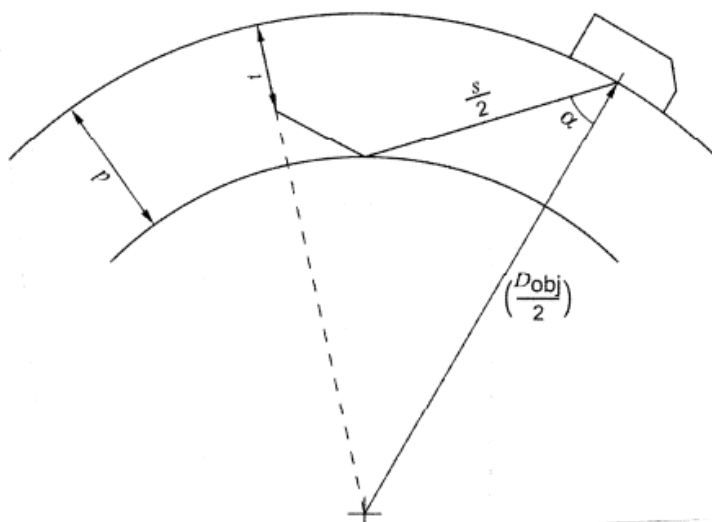


Рисунок С.2 – Определение пути звука для сканирования от наружной поверхности с полным прохождением.

$$s_t = \left(1 - \left(\frac{t}{2d}\right)\right) \left[(D_{obj} \cos \alpha) - \sqrt{(D_{obj} \cos \alpha)^2 - 4d(D_{obj} - d)} \right] \quad (C.2)$$

где s_t – полный путь звука

С.2.2 С неполным прохождением

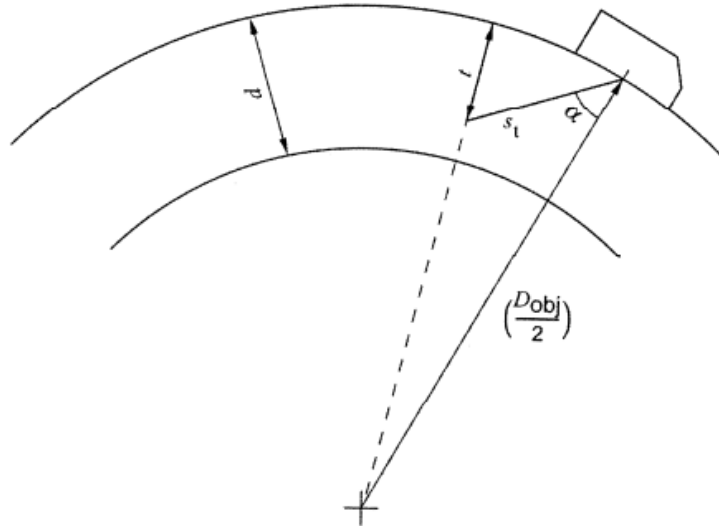


Рисунок С.3 -Определение пути звука для сканирования от наружной поверхности с неполным прохождением.

$$s_t = \left(\frac{t}{2d}\right) \left[(D_{obj} \cos \alpha) - \sqrt{(D_{obj} \cos \alpha)^2 - 4d(D_{obj} - d)} \right] \quad (C.3)$$

где s_t – полный путь звука

С.3 Путь звука, когда сканирование производится от внутренней изогнутой (вогнутой) поверхности.

$$s = -2 \left[\left(\frac{D_{obj}}{2} - d\right) \cos \alpha - \sqrt{\left(\left[\frac{D_{obj}}{2} - d\right] \cos \alpha\right)^2 + d(D_{obj} - d)} \right] \quad (C.4)$$

С.3.1 Полное прохождение

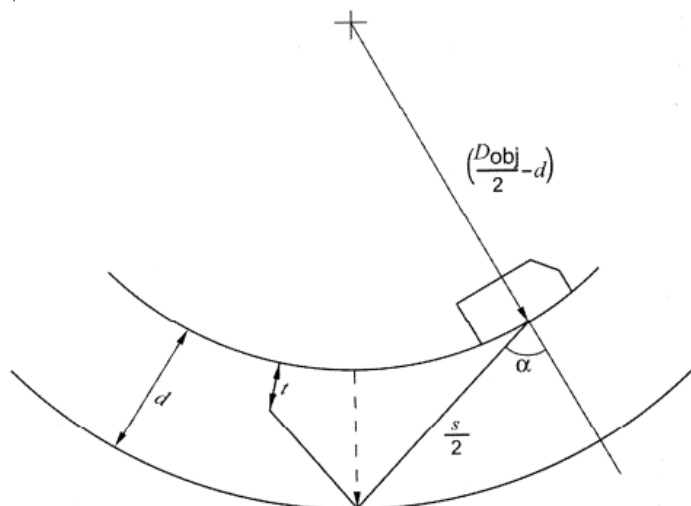


Рисунок С.4 – Определение пути звука для сканирования от внутренней поверхности с полным прохождением.

$$s_t = -2 \left(1 - \left(\frac{t}{2d} \right) \right) \left[\left(\frac{D_{obj}}{2} - d \right) \cos \alpha - \sqrt{\left(\left[\frac{D_{obj}}{2} - d \right] \cos \alpha \right)^2 + d(D_{obj} - d)} \right] \quad (C.5)$$

где s_t – полный путь звука

С.3.2 С неполным прохождением

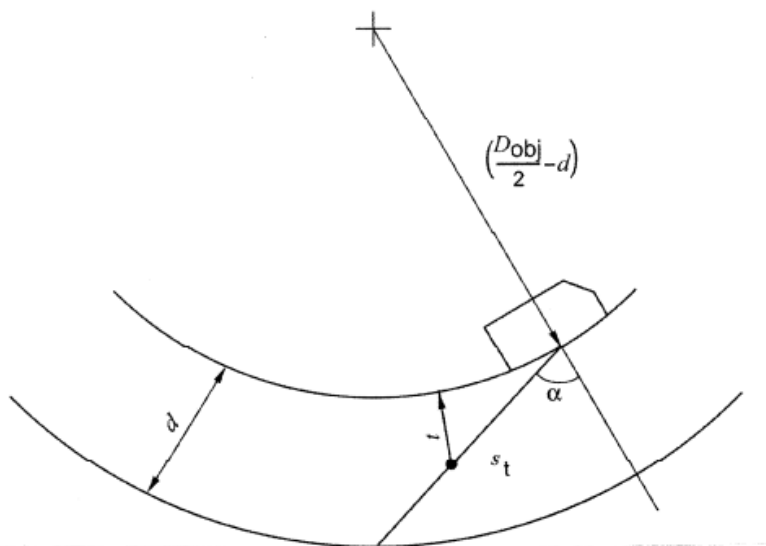


Рисунок С.5 -Определение пути звука для сканирования от внутренней поверхности с неполным прохождением.

$$s_t = - \left(\frac{t}{d} \right) \left[\left(\frac{D_{obj}}{2} - d \right) \cos \alpha - \sqrt{\left(\left[\frac{D_{obj}}{2} - d \right] \cos \alpha \right)^2 + d(D_{obj} - d)} \right] \quad (C.6)$$

где s_t – полный путь звука

Приложение D (справочное)

Общая АРД-диаграмма

Это теоретически полученная диаграмма может быть применена для всех преобразователей с одним пьезоэлементом, прямых и наклонных, имеющих известный естественный фокус (эффективную ближнюю зону N_{eff}). Она отображает зависимость высоты эхо-сигнала или усиления (в дБ) для ряда плоскодонных отверстий от длины пути звука, выраженного в количестве ближних зон для применяемого преобразователя. Размер отражателей выражается в количестве эффективных диаметров D_{eff} , используемого преобразователя. Общая АРД-диаграмма показана на рисунке 10.

D.1 Расстояние

Нормализованное расстояние, A , вычисляется по формулам:

$$A = \frac{s + s_d}{N_{eff}} \quad (D.1)$$

и

$$s_d = l_d \left(\frac{c_d}{c_t} \right) \quad (D.2)$$

где

s – длина пути звука до отражателя;

s_d – акустический эквивалент длины пути для задержке в объекте контроля;

N_{eff} – длина ближней зоны в объекте контроля;

l_d – длина блока задержки;

c_d – скорость продольной волны в блоке задержки;

c_t – скорость волны в объекте контроля.

Для прямых преобразователей без задержки формула упрощается:

$$A = \frac{s}{N_{eff}} \quad (D.3)$$

D.2 Усиление

Усиление V – логарифм отношения высоты сигнала по экрану ($[H_R]A \rightarrow 0$) от бесконечного плоского отражателя (например, от донной поверхности), ориентированной перпендикулярно преобразователю к высоте эхо-сигнала ($[H_{DSR}]A$) от плоскодонного отверстия на расстоянии A .

$$V = -20 \log_{10} \left(\frac{[H_R]A \rightarrow 0}{[H_{DSR}]A} \right) \quad (D.4)$$

В общем, разница усиления ΔV между двумя сигналами определяется как необходимое изменение настройки усиления при котором оба сигнала имеют один и тот же уровень по высоте экрана.

D.3 Размер (диаметр)

Нормализованный размер G отражателя выражается как отношение диаметра плоскодонного отверстия D_{DSR} к эффективному размеру элемента D_{eff} , используемого преобразователя.

$$G = \frac{D_{DSR}}{D_{eff}} \quad (D.5)$$

Приложение Е (справочное)

Определение поправочного коэффициента на передачу в зоне контакта.

Е.1 Общие положения

Обычно, усиление V (дБ) определяется:

$$V = 20 \log_{10} \left(A/A_0 \right), \quad (\text{Е.1})$$

где A и A_0 – амплитуды сигнала

В процессе распространения звуковая волна претерпевает потери от трех факторов:

- Потери от расхождения V_D , вызванные преобразователем и материалом.

С увеличением расстояния звуковое давление уменьшается. Зависимости показываются, например, на АРД – диаграмме (рисунок 10);

- Потери на затухание V_A вызванные свойствами материала объекта контроля (поглощение, рассеивание).

Обычно, звуковое давление уменьшается в зависимости от расстояния в экспоненциальном виде.

- Потери в контакте V_{CT} , вызванные контактным соответствием преобразователя, объекта контроля и контактной жидкости.

Каждый раз при прохождении отраженной волны этой области, часть энергии поступает в преобразователь, а другая часть отражается обратно образуя несколько эхо – сигналов (смотри рисунок Е.1).

Е.2 Измерение

Для измерения потерь в контакте, которые не постоянны и зависят от расстояния, потери от расхождения V_D и потери на затухание V_A должны быть устранены.

Чтобы сохранить потери (V_A и V_D) постоянными в процессе измерений, используется набор как минимум из трех параллельных плоских листов из того же материала, с тем же преобразователем при постоянных условиях контакта (жидкость,

нагрузка, времени отсутствия колебаний, температура). Толщина t_1 , t_2 , t_3 этих листов соотносятся как $t_3 = 2t_2 = 4t_1$.

Используя лист 1 с толщиной t_1 , генерируются четыре эхо-сигнала с амплитудами $V_1(t_1)$, $V_1(2t_1)$, $V_1(3t_1)$, $V_1(4t_1)$, которые записываются.

Аналогично для листа 2 с толщиной t_2 генерируются два эхо-сигнала с амплитудой $V_2(t_2)$, $V_2(2t_2)$.

Для листа 3 с толщиной t_3 генерируется эхо-сигнал с амплитудой $V_3(t_3)$.

Е.3 Оценка.

Второй эхо-сигнал от листа 2 с толщиной t_2 и первый эхо-сигнал от третьего листа t_3 имеют одинаковую длину пути звука, поэтому потери V_A и V_D равны.

Разница их сигналов (в дБ) дает потери в контакте на расстоянии t_2 :

$$V_2(2t_2) - V_3(t_3) = V_{CT}(t_2) \quad (E.2)$$

Второй эхо-сигнал от листа 1 с толщиной t_1 и первый – от листа 2 с толщиной t_2 дают потери в контакте на расстоянии t_1 :

$$V_1(2t_1) - V_2(2t_2) = V_{CT}(t_1) \quad (E.3)$$

Четвертый эхо-сигнал от листа 1 с толщиной t_1 и первый эхо-сигнал от листа 3 имеют одинаковые потери V_A и V_B , но измененное значение $V_1(4t_1)$ включает потери в контакте на трех разных расстояниях t_1 , $2t_1$, $3t_1$.

Потери на t_1 и $2t_1 = t_2$ определены уравнениями (E.2) и (E.3). Таким образом, неизвестные потери $V_{CT}(3t_1)$ могут быть рассчитаны:

$$V_1(4t_1) - V_3(t_3) - V_{CT}(t_1) - V_{CT}(t_2) = V_{CT}(3t_1) \quad (E.4)$$

По этим трем значениям контактных потерь на трех различных расстояниях может быть построен график, как показано на рисунке Е.2.

Значения контактных потерь могут быть получены по графику без дополнительных измерений.

Значения приемлемы только для той же комбинации преобразователя, контактной жидкости, материала.

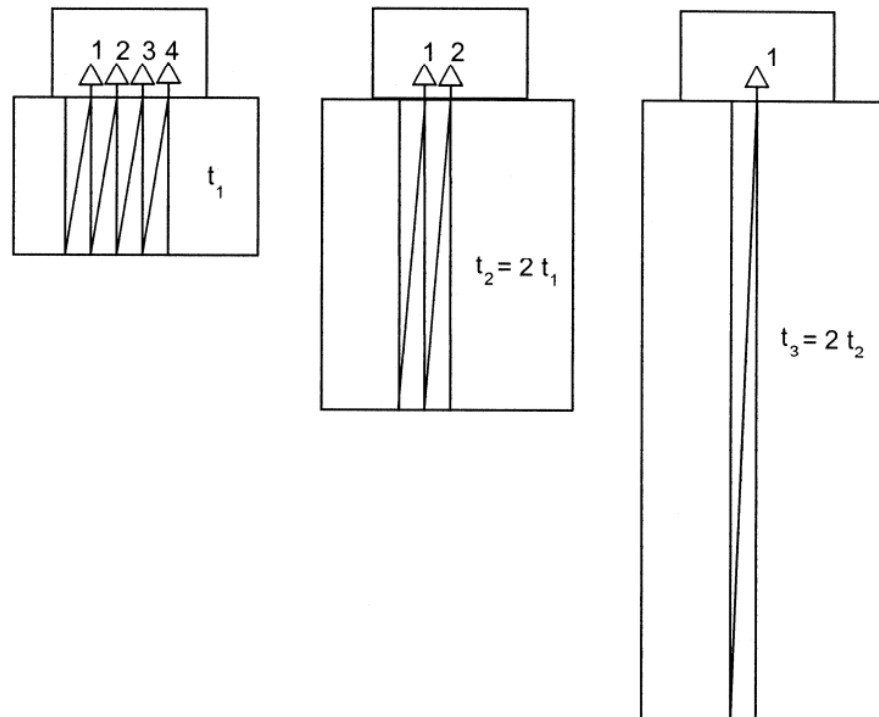
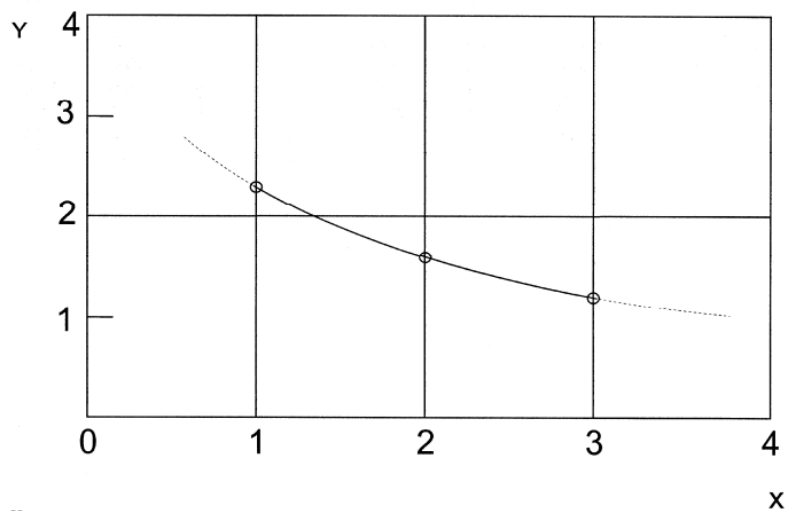


Рисунок Е.1 Определение контактных потерь



Обозначение:

1 – контактные потери V_{CT} (дБ);

2 – расстояние звукового пути (множитель t_l)

Рисунок Е.2 Определение потерь в контакте