

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ**

**ГОСТ  
ISO 13588 –  
20**

---

**Неразрушающий контроль сварных соединений.  
Ультразвуковой метод.  
Автоматизированная технология с применением  
фазированной решетки**

**(ISO 13588:2019)**

**Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Use of  
automated phased array technology, IDT)**

*Проект, окончательная редакция*

**Москва  
Стандартинформ  
20\_\_**

## Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

### Сведения о стандарте

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 перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5.

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

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004 – 97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004 – 97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Российская Федерация	RU	Росстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от \_\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_ межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 13588–201 \_\_\_\_\_ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 \_\_\_\_\_ 201 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 13588:2019 Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковая дефектоскопия. Применение автоматизированных систем с технологией фазированных решеток (Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Use of automated phased array technology).

Международный стандарт разработан Европейским Комитетом по Стандартизации (CEN) Техническим Комитетом TC 121 «Сварка» в сотрудничестве с Техническим Комитетом ISO/TC 44 «Сварка и смежные процессы», подкомитетом SC 5 «Диагностика и контроль сварных швов», в соответствии с Соглашением по техническому взаимодействию между ISO и CEN (Венское соглашение).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА.

## 6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.*

*В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»*

Стандартинформ, 201

В Российской Федерации 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.....	2
3 Термины и определения.....	4
4 Уровни контроля.....	4
5 Информация, необходимая для контроля.....	7
5.1 Вопросы, требующие согласования до разработки процедуры контроля.....	7
5.2 Особая информация, необходимая оператору перед проведением контроля.....	7
5.3 Письменная процедура контроля.....	8
6 Требования к персоналу и оборудованию.....	9
6.1 Квалификация персонала.....	9
6.2 Оборудование.....	9
7 Подготовка к контролю.....	10
7.1 Контролируемый объем.....	10
7.2 Проверка настройки.....	11
7.3 Установка шага сканирования.....	11
7.4 Анализ геометрии изделия.....	11
7.5 Подготовка поверхностей сканирования.....	13
7.6 Температура.....	13
7.7 Контактная среда.....	14
8 Контроль основного материала.....	14
9 Настройка диапазона развертки и чувствительности.....	14
9.1 Настройка.....	14
9.2 Проверка настроек.....	16
9.3 Настраиваемые образцы.....	17
10 Проверка оборудования.....	18

11 Проверка технологии.....	18
12 Контроль сварных соединений.....	19
13 Хранение данных.....	20
14 Интерпретация и анализ результатов контроля с использованием фазированной решётки.....	20
14.1 Общие положения.....	20
14.2 Оценка качества полученных результатов.....	20
14.3 Идентификация соответствующих индикаций.....	21
14.4 Классификация соответствующих индикаций.....	21
14.5 Определение местоположения и протяженности индикации.....	22
14.6 Определение протяженности и высоты .....	22
14.7 Оценка по критериям приёмки.....	23
15 Отчет о контроле.....	24
Приложение А (справочное) Настроечные образцы и отражатели.....	26
Приложение В (справочное) Примеры возможных используемых сигналов	32
Библиография.....	36



**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й   С Т А Н Д А Р Т**

---

**Неразрушающий контроль сварных соединений.**

**Ультразвуковой метод.**

**Автоматизированная технология с применением  
фазированной решетки**

Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing - Use of automated phased array  
technology

---

Дата введения – 201\_\_ - \_\_ - \_\_

**1 Область применения**

Настоящий стандарт определяет технологию применения фазированных решеток для полу- или полностью автоматизированного ультразвукового контроля металлических сварных соединений с минимальной толщиной 6 мм, полученных сваркой плавлением. Стандарт распространяется на соединения простых геометрических форм с полным проплавлением сварного шва листов, труб, сосудов, в которых материалом сварного шва и основного металла является низколегированная и (или) мелкозернистая сталь. Для контроля сварных соединений из других стальных материалов настоящий стандарт устанавливает рекомендации. Для крупнозернистых или аустенитных сталей в дополнение к настоящему стандарту следует применять ISO 22825.

Настоящий стандарт устанавливает зависящие от материала ультразвуковые параметры для сталей, в которых скорость распространения продольных волн  $5920 \pm 50$  м/с, а поперечных  $3255 \pm 30$  м/с. При контроле материалов с отличными от вышеуказанных скоростями звука ультразвуковые параметры могут изменяться.

Стандарт определяет возможности и ограничения применения фазированных решеток для обнаружения несплошностей, определения их местоположения, размеров и характеристик в соединениях, выполненных сваркой плавлением.

Фазированные решетки можно применять как отдельно, так и в сочетании с другими методами или способами неразрушающего контроля для производственного, доэксплуатационного контроля и контроля в процессе эксплуатации.

Настоящий стандарт определяет четыре уровня контроля, каждый из которых соответствует разной вероятности выявления несплошностей.

Стандарт позволяет проводить приемку на основе анализа индикаций по амплитуде (эквивалентного размера отражателя) и протяженности, либо по высоте и протяженности.

Стандарт не включает уровни приёмки несплошностей.

Настоящий стандарт не распространяется на:

- крупнозернистые металлические материалы и аустенитные сварные соединения;
- автоматизированный контроль сварных соединений при производстве стальных изделий, описанных в стандартах ISO 10893-8 [2], ISO 10893-11 [3] и ISO 3183 [1].

Примечание – стандарты ISO 10893-8, ISO 10893-11 и ISO 3183 идентичны стандартам ГОСТ ISO 10893-8, ГОСТ Р ИСО 10893-11 и ГОСТ ISO 3183 соответственно.

## **2 Нормативные ссылки**

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

ISO 5577 Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Vocabulary  
(Неразрушающий контроль. Ультразвуковая дефектоскопия. Словарь)



ISO 5817 Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections (Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества)

ISO 9712 Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel – General principles. (Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля)

ISO 17640 Non-destructive testing of welds – Ultrasonic testing – Techniques, testing levels, and assessment (Контроль неразрушающий сварных швов. Ультразвуковой контроль. Методы, контрольные уровни и оценка)

ISO 10863 Non-destructive testing of welds – Ultrasonic testing – Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD) (Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковая дефектоскопия. Применение дифракционно-временного метода (TOFD))

ISO 18563-1 Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic phased array systems – Part 1: Instruments (Неразрушающий контроль – Характеристика и поверка ультразвуковых систем с фазированной решёткой – Часть 1: Приборы)

ISO 18563-2 Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic phased array systems – Part 2: Probes (Неразрушающий контроль – Характеристика и поверка ультразвуковых систем с фазированной решёткой – Часть 2: Преобразователи)

ISO 18563-3 Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic phased array systems – Part 3: Complete systems (Неразрушающий контроль – Характеристика и поверка ультразвуковых систем с фазированной решёткой – Часть 3: Полные системы)

ISO 19285 Non-destructive testing of welds – Phased array ultrasonic testing (PAUT) – Acceptance levels (Неразрушающий контроль сварных соединений

Ультразвуковой контроль методом фазированных решеток (PAUT). Уровни приемки)

ISO 22825 Non-destructive testing of welds – Ultrasonic testing – Testing of welds in austenitic steels and nickel-based alloys (Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Контроль швов в аустенитных сталях и сплавах на никелевой основе)

EN 16018 Non-destructive testing – Terminology – Terms used in ultrasonic testing with phased arrays (Неразрушающий контроль – Терминология – Термины, используемые в ультразвуковом контроле с фазированными решётками)

### **3 Термины и определения**

В настоящем стандарте применяют термины по ISO 5577 и EN 16018, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 изображение данных фазированной решетки** (phased array image): Одно- или двумерное изображение, построенное на основе полученных данных работы фазированной решётки

**3.2 индикация фазированной решетки** (indication, phased array indication): набор сигналов или изменения в изображении данных фазированной решетки (п. 3.1), которые могут потребовать последующей оценки

**3.3 параметры фазированной решетки** (phased array setup): Параметры преобразователей, которые определяются их характеристиками (например, частотой, размером элемента преобразователя, углом ввода пучка, типом волны), положением преобразователя (п. 3.4) и количеством преобразователей

**3.4 положение преобразователя** (probe position, PP): Расстояние между фронтом призмы преобразователя и осью сварного шва.

**3.5 шаг сканирования** (scan increment): Расстояние между последовательными точками регистрации данных в направлении сканирования (механическими или электронными средствами)

**3.6 сканирование с отклонением от плоскости качания УЗ-луча** (skewed scan): Сканирование, выполненное при отклоненном угле.

Примечание - угол отклонения можно выставить электронными средствами или при помощи ориентирования преобразователя.

**3.7 способы** (mode, phased array mode): комбинация ультразвуковых пучков, созданных фазированной решеткой, например, фиксированный угол, E-Scan, S-Scan

## 4 Уровни контроля

Требования к качеству сварных соединений зависят от материала, технологии сварки и условий эксплуатации. Для соблюдения всех этих требований настоящий стандарт определяет четыре уровня контроля (А, В, С и D).

От уровня контроля А до уровня контроля С возрастает вероятность выявления дефектов, достигаемая путем увеличения объема контроля, например, количеством углов ввода, комбинациями способов контроля.

Уровень контроля D может быть согласован для специального применения при использовании письменной процедуры контроля, которая должна учитывать общие требования настоящего стандарта. Он включает в себя контроль металлов отличных от ферритной стали, контроль сварных соединений с частичным проплавлением основного металла, автоматизированный контроль, контроль при температурах объекта, выходящих за допустимый диапазон. Для крупнозернистых или аустенитных сталей также должен использоваться ISO 22825.

В общем случае, уровни контроля имеют отношение к уровням качества (например, по ISO 5817). Соответствующий уровень контроля можно определить по стандартам на контроль сварных соединений (например, по ISO 17635), по стандартам на изделия или по другим документам. При использовании стандарта ISO 17635, следует применять уровни контроля по Таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Уровни качества по ISO 5817 и соответствующие им уровни контроля

Уровень контроля	Уровень качества по ISO 5817
A	C, D
B	B
C	по соглашению
D	особое применение

В Таблице 2 указаны минимальные требования по уровням контроля. Согласно п. 7.2, настройки следует проверять на настроечном образце. В случаях, когда сканирование ведется с одной поверхности (исключая дифракционно-временной метод контроля (TOFD)), нужно сохранять результаты контроля прямым и однократно отраженным лучом и сохранять результаты; если сканирование ведётся с обеих поверхностей, то достаточно результатов контроля прямым лучом.

Если выявлены дифракционные сигналы, их можно использовать для определения размеров.

Если применяется оценка индикаций только по амплитуде, отклонение пучка от нормали к разделке шва не должно превышать  $6^\circ$ . Если это невозможно из-за геометрии контролируемого объекта (например, не позволяет сварной валик усиления, недостаточная зона сканирования, примыкающая к сварному шву), план сканирования должен содержать описание корректирующих мер и объяснение того, как эти, подлежащие контролю области, должны быть просканированы с обеспечением необходимой чувствительности.

Т а б л и ц а 2 – Описание уровней контроля

Способы	Уровни контроля			Примеры
	A	B	C	
	Настроечный образец (см. Приложение А)			
	Образец А	Образец В	Образец С	
Схемы контроля				

Фиксированные углы при фиксированном положении преобразователя относительно оси сварного шва (продольное сканирование) <sup>a</sup>	с 2-х сторон	Не используется как отдельный метод	с 2-х сторон	
Фиксированные углы, продольно-поперечное сканирование <sup>a</sup>	с одной стороны	с одной стороны	с одной стороны	
Е-скан при фиксированном положении преобразователя (продольное сканирование) <sup>a</sup>	с одной стороны	с 2-х сторон, двумя различными углами <sup>c</sup>	с 2-х сторон	
S-скан при фиксированном положении преобразователя относительно оси шва (продольное сканирование) <sup>a</sup>	с одной стороны	с 2-х сторон или из 2-х положений преобразователя	с 2-х сторон или из 2-х положений преобразователя	
S-скан, продольно-поперечное сканирование	Не рекомендуется		с одной стороны	
TOFD-метод, реализуемый с использованием фазированных решеток	Не рекомендуется, TOFD-метод в соответствии с ISO 10863		одна схема	
Сканирование с отклонением от плоскости качания УЗ-луча <sup>b</sup>	Если требует спецификация			
<p><sup>a</sup> Для уровня контроля С следует применять совместно по меньшей мере две схемы из этой таблицы; по крайней мере одна из них должна быть S-сканом или TOFD.</p> <p><sup>b</sup> Если спецификацией установлено выявление поперечных несплошностей, необходимо применять подходящую дополнительную схему. Можно использовать преобразователь с отклонением луча или электронно отклоненный луч.</p> <p><sup>c</sup> Разница между углами не менее 10°.</p>				

## 5 Информация, необходимая для контроля

### 5.1 Вопросы, требующие согласования до разработки процедуры контроля

Требуемая информация:

- а) зоны и объём контроля;
- б) уровни контроля;

- с) критерии приёмки;
- д) спецификации на настроечные образцы;
- е) этап производства или эксплуатации, на котором необходимо провести контроль;
- ф) параметры сварных соединений и сведения о размере зоны термического влияния;
- г) требования к доступности и состоянию поверхности и температуре;
- h) квалификация персонала;
- і) требования к отчётности.

## **5.2 Особая информация, необходимая оператору перед проведением контроля**

Перед началом контроля сварного соединения, у оператора должен быть доступ ко всей информации, указанной в п. 5.1, вместе со следующими дополнительными сведениями:

- а) письменная процедура контроля;
- б) тип(ы) основного материала и форма изделия (т.е., отливка, поковка, прокат);
- с) подготовка сварного соединения и размеры;
- д) технология сварки и термообработки;
- е) время контроля относительно любой послесварочной термообработки;
- ф) результат какого-либо контроля основного металла, проведённого до и/или после сварки.

## **5.3 Письменная процедура контроля**

Для всех уровней контроля требуется наличие письменной процедуры контроля.

Процедура должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- а) цель и объём контроля;

- b) способы контроля;
- c) уровни контроля;
- d) требования к подготовке и квалификации персонала;
- e) требования к оборудованию (включая, как минимум, частоту, частоту оцифровки, шаг между элементами фазированной решетки, размер элемента);
- f) настроечные и/или испытательные образцы;
- g) настройка оборудования;
- h) доступность и состояние поверхности;
- i) контроль основного материала;
- j) оценка индикаций;
- k) уровни приёмки и/или уровни регистрации;
- l) требования к отчётности;
- m) окружающая среда и правила безопасности.

Процедура должна включать документально оформленный порядок контроля или схему сканирования с указанием расположения преобразователя, его перемещения и зону охвата объекта контроля, которая обеспечивает стандартизованную и воспроизводимую процедуру для контроля сварных швов. Схема сканирования должна также включать используемые углы ввода ультразвукового пучка, направления пучка по отношению к центральной оси шва и объём контроля для каждого сварного соединения.

## **6 Требования к персоналу и оборудованию**

### **6.1 Квалификация персонала**

Персонал, проводящий контроль в соответствии с настоящим стандартом, должен быть квалифицирован на определённый уровень согласно ISO 9712 или эквивалентным им документам в соответствующем производственном секторе.

В дополнение к общим знаниям по ультразвуковому контролю сварных соединений операторы должны быть ознакомлены с принципами работы фазированных решёток и иметь практический опыт в их применении. Для персонала необходимо провести специальное обучение и экзамен с использованием характерных образцов. Результаты этого обучения и экзамена необходимо документально оформить. В противном случае, специальное обучение и проверку знаний следует провести по разработанной процедуре и на выбранном оборудовании на характерных образцах, имеющих естественные или искусственные отражатели, подобные предполагаемым. Результаты этого обучения и экзамена должны быть документально оформлены.

## **6.2 Оборудование**

### **6.2.1 Общие положения**

Полезную информацию в выборе компонентов системы (аппаратное и программное обеспечение) даёт документ ISO/TS 16829.

Ультразвуковое оборудование, используемое для контроля с применением фазированных решёток, должно соответствовать требованиям ISO 18563-1, ISO 18563-2 и, где применимо, ISO 18563-3.

### **6.2.2 Ультразвуковое оборудование.**

Оборудование должно иметь возможность настройки временной развертки, в течение которой оцифровываются А-сканы.

Частота оцифровки А-скана должна минимум в 6 раз превышать номинальную частоту преобразователя.

### **6.2.3 Ультразвуковые преобразователи.**

Можно использовать продольные и поперечные волны.



Профилированные преобразователи должны отвечать требованиям ISO 17640. При использовании профилированных преобразователей нужно учитывать влияние профилирования на звуковой пучок.

Количество нерабочих элементов для каждой активной апертуры должно быть не более одного на 16 и они не должны находиться рядом. Для активных апертур, использующих менее 16 элементов, наличие нерабочих элементов, если не продемонстрированы требуемые характеристики, не допускается.

#### **6.2.4 Сканирующие устройства.**

Для получения однородности изображений (собранных данных) нужно пользоваться позиционирующими устройствами и датчиками перемещения.

### **7 Подготовка к контролю**

#### **7.1 Контролируемый объем**

Цель контроля определяется спецификацией. На этом основании необходимо определить подлежащий контролю объём.

При контроле на стадии изготовления объём контроля должен включать материал сварного шва и основной материал не менее чем по 10 мм с каждой стороны шва (5 мм для соединений, полученных лазерной и электронно-лучевой сваркой) или ширину зоны термического влияния (на основе данных производителя) – в зависимости от того, что больше.

Должна быть предоставлена схема сканирования. Она должна отображать зону действия пучка, толщину шва и его геометрию.

Необходимо убедиться, что ультразвуковые пучки перекрывают объём, который должен быть проконтролирован.

#### **7.2 Проверка настройки**

Проверка настройки оборудования должна быть проведена с помощью настроечных образцов (смотри п. 9.3).

### **7.3 Установка шага сканирования**

Выбор шага сканирования вдоль шва зависит от толщины контролируемой стенки. Для толщин до 10 мм шаг сканирования должен быть не более 1 мм. Для толщин между 10 мм и 150 мм шаг сканирования должен быть не более 2 мм. При толщине более 150 мм рекомендуется шаг сканирования 3 мм.

При необходимости проведения поперечного сканирования, нужно выбирать установку шага сканирования таким образом, чтобы обеспечить перекрытие контролируемого объёма.

При использовании TOFD контроля шаг сканирования должен соответствовать ISO 10863.

### **7.4 Анализ геометрии изделия**

При внешнем осмотре следует уделять внимание сварным соединениям сложной формы, например, разнотолщинным, угловым сварным соединениям или приварке штуцеров. Такой контроль следует тщательно планировать, что требует углублённых знаний в области распространения звука и всегда должен выполняться по уровню контроля D, если проведение контроля только с одной стороны не допускается в соответствии с таблицей 2.

Для проведения контроля по уровню D схема(ы) сканирования, настроечные образцы и демонстрация работоспособности являются обязательными (см. Приложение А).

Примечание: в некоторых случаях количество настроечных образцов можно снизить при использовании моделирующих программ.

### **7.5 Подготовка поверхностей сканирования**

Поверхность сканирования должна быть очищенной и достаточной для проведения указанного объема контроля.

Поверхность сканирования должна быть ровной и не иметь загрязнений, которые могут негативно повлиять на акустический контакт (например, ржавчина, рыхлая окалина, брызги металла, зарубки, бороздки). Зазор между поверхностью и преобразователем не должен быть более 0,5 мм. Эти требования должны быть обеспечены путём обработки сканируемой поверхности, если это необходимо.

Поверхности сканирования можно принять за удовлетворительные, если их шероховатость (Ra) составляет не более, чем 6,3 мкм для поверхностей с машинной обработкой и не более 12,5 мкм для поверхностей с дробеструйной обработкой.

Если на поверхностях присутствует покрытие из отличного от изделия материала, краска, наплавка металла и т.п. и их нельзя удалить, то следует использовать уровень контроля D.

## **7.6 Температура**

При использовании типовых преобразователей и контактных сред температура поверхности объекта контроля должна быть в диапазоне от 0 °С до 50 °С.

Для температур вне этого диапазона проводят проверку пригодности оборудования.

## **7.7 Контактная среда**

Для получения точных изображений следует использовать контактную среду, которая обеспечивает стабильный акустический контакт между преобразователями и изделием.

Контактная среда, используемая при настройке, должна быть той же, как и при последующем контроле.

## **8 Контроль основного материала**

При проведении контроля в соответствии с настоящим стандартом, необходимо проводить контроль на наличие расслоений. Это можно выполнить в процессе контроля или предварительно.

## **9 Настройка диапазона развертки и чувствительности**

### **9.1 Настройка**

#### **9.1.1 Общие положения**

Настройку диапазона развертки и чувствительности выполняют перед проведением контроля. Любое изменение в настройке фазированной решётки, например, положение преобразователя и параметры управления, требует новой настройки.

Соотношение сигнал шум не должно превышать 12 дБ для опорного сигнала при использовании А-развёртки или 6 дБ при использовании изображений данных фазированных решеток.

#### **9.1.2 Временная развертка**

Если применимо, временная развертка, используемая для эхо-импульсного способа, должна включать контролируемый объём и описываться в письменной процедуре контроля.

Необходимо убедиться, что комбинация используемых акустических пучков перекрывает область контроля.

#### **9.1.3 Настройка чувствительности**

##### **9.1.3.1 Общие положения**

После выбора способа (фиксированный угол, E-скан, S-скан) необходимо выполнить следующее:

а) установить чувствительность для каждого генерируемого преобразователем фазированной решетки пучка (угол ввода, фокусное расстояние и т.д.);

б) провести настройку чувствительности с призмой, если призма используется,

### **9.1.3.2 Фокусировка**

Для преобразователей с фазированной решёткой можно применять разные способы фокусировки, например, фокусировку с динамической глубиной (DDF).

При использовании фокусировки чувствительность настраивается на каждый сфокусированный пучок.

### **9.1.3.3 Поправки коэффициента усиления**

Использование регулировки усиления по углу (ACG) и временной регулировки усиления (TCG) позволяет отображать сигналы по углам всех пучков и всех расстояний с одинаковой амплитудой.

### **9.1.3.4 Настройки чувствительности на разные способы контроля фазированными решётками**

Для контроля сварных швов можно применять разные способы, например, фиксированные углы, E-скан, S-скан. После предыдущих шагов нужно согласно ISO 17640 выставить опорный уровень чувствительность для каждого генерируемого пучка, включая корректировку усиления, где применимо.

### **9.1.4 Настройки метода TOFD**

Если применяется метод TOFD, все настройки должны соответствовать требованиям ISO 10863.

## 9.2 Проверка настроек

По завершении контроля проверка настройки должна проводиться не реже, чем каждые 4 часа. Если процедура контроля занимает более 4 часов, то после завершения контроля настройки необходимо проверить.

Если для первоначальных настроек использовался настроечный образец, то для проверки нужно брать тот же самый настроечный образец. В качестве альтернативы можно использовать меньший образец с известными акустическими свойствами.

Если согласно п. 9.1 во время этих проверок выявлены отклонения от начальных настроек, то необходимо выполнить корректировки, указанные в Таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Корректировка чувствительности и диапазона развертки

<b>Чувствительность</b>	
Отклонения $\leq 4$ дБ	Действий не требуется; данные можно откорректировать программными средствами
Отклонения $> 4$ дБ	Необходимо проверить всю цепочку измерений. Если дефекты не выявлены, настройки корректируют и весь контроль, выполненный с момента последней удовлетворительной проверки, нужно повторить.
Примечание 1: необходимо добиться требуемого значения отношения сигнал/шум Примечание 2: Отклонение в 4 дБ применимо к ультразвуковому контролю эхо-импульсным методом. Для TOFD контроля допускается отклонение в 6 дБ	
<b>Диапазон</b>	
Отклонения $\leq 0,5$ мм или 2 % от диапазона глубины - что больше	Действий не требуется
Отклонения $> 0,5$ мм или 2 % от диапазона глубины - что больше	Настройки нужно скорректировать и весь контроль, выполненный с момента последней удовлетворительной проверки, нужно повторить

## 9.3 Настроечные образцы

### 9.3.1 Общие положения

В зависимости от уровня контроля настроечный образец используют для определения соответствия требованиям контроля (например, контролируемый

объем, настройка чувствительности). Рекомендации для настроечных образцов приведены в приложении А.

### **9.3.2 Материал**

Настроечный образец изготавливают из того же (аналогичного по акустическим свойствам) материала, что и объект контроля, например, с учетом скорости звука, структурных шумов и состояния поверхности.

### **9.3.3 Размеры и форма**

Рекомендуется, чтобы толщина настроечных образцов была в пределах 0,8-1,5 от толщины объекта контроля при максимальной разнице в толщине 20 мм по сравнению с объектом контроля. Длину и ширину настроечного образца рекомендуется выбирать так, чтобы все искусственные отражатели могли быть полностью просканированы. Для контроля продольных швов в объектах контроля цилиндрической формы следует использовать настроечные образцы с диаметрами в пределах 0,9-1,5 от диаметра объекта контроля. Для объектов контроля с диаметрами 300 мм и более можно применять плоские настроечные образцы.

Во всех случаях, в отношении диаметра или кривизны, требования, указанные в 6.2.3 и 7.5, являются обязательными. Максимально допустимый зазор между призмой преобразователя и настроечным образцом составляет 0,5 мм.

### **9.3.4 Настроечные отражатели**

Для толщин  $t$  от 6 до 25 мм требуется как минимум 3 отражателя, для толщин более 25 мм требуется не менее 5 отражателей. Типовые отражатели – это боковые цилиндрические отверстия, пазы и плоскодонные отверстия.

Подробная информация о настроечных образцах в соответствии с уровнем контроля приведена в Таблице 4 и Приложении А.

#### Т а б л и ц а 4 – Уровни контроля и настроечные отражатели

Уровень контроля	Настроечный образец
A	см. Рисунок А.1
B	см. Рисунок А.2
C	см. Рисунок А.3
D	как указано в спецификации

### 10 Проверка оборудования

Ежедневно перед и после проведения контроля необходимо проверить работоспособность всех соответствующих звуковых трактов, преобразователей и кабелей системы ультразвуковой фазированной решетки. Если какой-то элемент системы неисправен, нужно принять корректирующие меры, а систему проверить повторно.

### 11 Проверка технологии

Проверка технологии требуется для уровней контроля B, C и D. Необходимо продемонстрировать порядок проведения контроля на настроечном образце (образцах). Примеры настроечных образцов описаны в Приложении А.

До проведения первого контроля необходимо, чтобы технология была признана удовлетворительной.

Удовлетворяющая требованиям технология включает:

- а) обнаружение всех требуемых отражателей;
- б) способность к определению размеров, как требует спецификация;
- с) доказательства объема контроля по глубине и протяженности.

### 12 Контроль сварных соединений

Перед началом контроля следует подтвердить объем контроля в соответствии со схемой сканирования и продемонстрировать на подходящем настроечном образце.



Допустимые отклонения в положении преобразователя относительно центральной оси шва нужно задокументировать в процедуре контроля, занести в план сканирования и подтвердить на настроечном образце.

Некоторые индикации, выявленные во время проведенного сканирования, могут потребовать дополнительного анализа путем смещения преобразователя, сканирования перпендикулярно несплошности, дополнительных настроек фазированной решётки и т.д.

Скорость сканирования нужно выбирать таким образом, чтобы получить изображения удовлетворительного качества (см. п. 14.1). Скорость сканирования подбирают в зависимости от факторов, таких как количество использованных законов задержки, разрешение изображений, усреднение сигнала, частоты следования импульса, частоты сбора данных и исследуемого объёма. Недостающие линии изображения указывают на то, что была использована слишком высокая скорость сканирования. На одиночном изображении может отсутствовать максимум 5% от общего числа собранных линий, при условии, что они не смежные. Если длина шва сканируется более чем одним участком, то необходимо обеспечить перекрытие не менее 20 мм между смежными участками. При сканировании кольцевых швов требуется такое же перекрытие между местом окончания последнего изображения и началом первого.

Если применимо, то рекомендуется контролировать качество акустического контакта.

### **13 Хранение данных**

Ультразвуковой контроль должен быть выполнен с использованием устройства, которое задействует компьютерный сбор данных. Все данные по А-сканам, охватывающие область контроля, должны сохраняться, а все наборы данных с параметрами установки должны вноситься в записанные данные.

Все данные должны храниться в установленном порядке.

## **14 Интерпретация и анализ результатов контроля с использованием фазированной решётки**

### **14.1 Общие положения**

Интерпретация и анализ данных фазированной решётки обычно выполняются следующим образом:

- a) оценивают качество полученных результатов;
- b) определяют соответствующие индикации;
- c) классифицируют соответствующие несплошности в соответствии со спецификацией;
- d) определяют местоположение и размер в соответствии со спецификацией;
- e) оценивают результаты по критериям приемки.

### **14.2 Оценка качества полученных результатов**

Контроль с использованием фазированных решёток необходимо проводить так, чтобы получать удовлетворительные по качеству изображения, которые можно достоверно проанализировать. Удовлетворительные изображения определяются следующим образом:

- a) по наличию акустического контакта;
- b) по настройкам временной развёртки;
- c) по настройкам чувствительности;
- d) по соотношению сигнал-шум;
- e) по индикации пропусков;
- f) по полноте собранных данных.

Оценка качества изображений с фазированных решёток требует привлечения операторов с опытом и навыками (см. п. 6.1). Оператор принимает решение о необходимости сбора данных по неудовлетворительным изображениям (нужно ли проводить повторное сканирование).

### **14.3 Идентификация соответствующих индикаций**

При использовании фазированных решёток отображаются не только несплошности в сварном соединении, но и геометрические особенности объекта контроля.

Чтобы отличать индикации от геометрических особенностей необходимо детальное знание объекта контроля.

Для определения, является ли индикация соответствующей (вызванной несплошностью) нужно провести оценку огибающих или изменений формы путем определения амплитуды сигнала относительно общего уровня шума.

### **14.4 Классификация соответствующих индикаций**

Амплитуда, местоположение и огибающая соответствующих индикаций могут содержать информацию о типе несплошности.

Соответствующие индикации классифицируют в соответствии с установленными требованиями.

### **14.5 Определение местоположения**

Расположение несплошности вдоль и поперек оси шва и по глубине нужно определять по соответствующей индикации.

### **14.6 Определение протяженности и высоты**

#### **14.6.1 Общие положения**

Протяженность и высота несплошности определяется как протяженность и высота индикации от нее.

#### **14.6.2 Определение протяженности**

Протяженность определяется как разность координат между границами индикации по оси  $x$ . Протяженность индикации должна быть измерена, как

описано в ISO 11666. Если используется TOFD, протяженность индикации должна быть измерена, как описано в ISO 15626.

Могут быть использованы альтернативные способы измерения протяженности индикации, как указано в спецификации.

### **14.6.3 Определение высоты**

#### **14.6.3.1 Общие положения**

Высота определяется как максимальная разность координат по оси  $z$ . Для индикаций, высота которых изменяется по протяженности, высота определяется в положении, где ее значение является максимальным. Примеры приведены на рисунках В.1 – В.4.

#### **14.6.3.2 Определение высоты с использованием дифрагированных сигналов**

Если дифрагированные сигналы идентифицированы, они должны использоваться для определения высоты. Высота определяется с помощью:

- 2 дифрагированных сигнала, от одной и той же несплошности (верхняя и нижняя кромка);
- 1 дифрагированный сигнал и поверхностный сигнал, от одной и той же несплошности;
- 1 дифрагированный сигнал и известная толщина стенки для индикаций, выходящих на обратную поверхность; или
- 1 дифрагированный сигнал и поверхностный сигнал выходящей на поверхность несплошности.

В Приложении В приведены рисунки этих 4 случаев возможных дифрагированных сигналов.

Если используется TOFD, высота должна измеряться, как описано в ISO 15626.

### **14.6.3.3 Определение высоты с использованием иных сигналов**

Высота может быть определена:

- по амплитудам с использованием опорных уровней, как описано в ISO 11666. Могут использоваться другие способы определения размеров (с использованием TCG, DGS, способа 6 дБ);
- по времени прихода отраженных сигналов (например от непровара корня, );
- по времени прихода трансформированных сигналов

### **14.7 Оценка по критериям приёмки**

После классификации соответствующих несплошностей, определения их местоположения и протяженности и анализа, несплошности нужно оценить по установленным критериям приёмки ISO 19285, если договаривающимися сторонами не согласовано иное.

Несплошности следует отнести к “допустимым” или “недопустимым”.

## **15 Отчет о контроле**

В отчет о контроле должна быть включена следующая информация:

- a) ссылка на настоящий стандарт;
- b) информация об объекте контроля;
  - 1) идентификация объекта контроля;
  - 2) размеры, в т.ч. толщина стенок,
  - 3) материал и форма изделия,
  - 4) геометрическая форма,
  - 5) местоположение контролируемого сварного соединения (ий),
  - 6) технология сварки и термообработки,
  - 7) состояние и температура поверхности,
  - 8) этап, на котором проводится контроль;

с) информация об оборудовании:

1) изготовитель и тип, включая сканирующие приспособления с идентификационными номерами, если необходимо,

2) изготовитель, тип, частота преобразователей с фазированной решёткой, включая количество и размер элементов, материал и угол (углы) призмы с идентификационными номерами, если необходимо,

3) детали настроечных образцов с идентификационными номерами, если необходимо,

4) тип применяемой контактной среды;

d) Информация, относящаяся к технологии контроля:

1) уровень контроля и ссылка на письменную процедуру контроля,

2) зоны и объем контроля,

3) информация о применяемой опорной точке и системе координат,

4) способ и значения, применяемые для настроек диапазона и чувствительности,

5) способ обработки сигнала и шаг сканирования,

6) план сканирования,

7) ограничения доступа и отклонения от настоящего стандарта, если есть;

e) Информация, относящаяся к настройкам фазированной решётки:

1) шаг E-скана или угловой шаг S-скана,

2) шаг фазированной решетки и расстояние между элементами,

3) фокусное расстояние (калибровка должна быть такой же, как для сканирования),

4) размер эффективной апертуры, т.е., число элементов и их общая ширина,

5) номера элементов, использованных для законов задержки,

6) максимальное отклонение направления луча от нормали к скосу кромок сварного шва;

7) документация от изготовителя по разрешённому угловому диапазону призмы,

8) результаты калибровки, временная регулировка усиления (TCG) и угловая корректировка усиления (ACG);

f) Информация, относящаяся к результатам контроля:

- 1) название файла(ов) исходных данных,
- 2) распечатанные изображения как минимум тех мест, где обнаружены соответствующие индикации, а все имеющиеся изображения или данные – в электронном виде,
- 3) применяемые критерии приёмки,
- 4) обработанные данные классификации, места и размера соответствующих индикаций и результатов оценки,
- 5) информация о применяемой точке отсчета и системе координат,
- 6) дата проведения контроля,
- 7) ФИО, подписи и сертификат персонала, проводящего контроль.

## Приложение А

(справочное)

### Настроечные образцы и отражатели

#### А.1 Настроечные отражатели

Для толщин от 6 мм до 25 мм рекомендуется использовать не менее трёх настроечных отражателей, расположенных по всей толщине образца (смотри рисунок 1). Отражатели должны быть изготовлены механическим способом в одном или более образцах.

Для толщин свыше 25 мм рекомендуется использовать не менее пяти настроечных отражателей, расположенных по всей толщине образца (смотри рисунок 2). Отражатели должны быть изготовлены механическим способом в одном или более образцах.

Точность изготовления настроечных отражателей:

- диаметр:  $\pm 0,2$  мм

- длина:  $\pm 2$  мм

- угол:  $\pm 2^\circ$

- Таблицы А.1, А.2 и А.3 описывают настроечные отражатели на разные толщины стенок. При использовании TOFD контроля, необходимо ссылаться на ISO 10863 для получения деталей по настроечным пазам.

Т а б л и ц а А.1 - Длина и глубина пазов в настроечном образце

Размеры в мм

Толщина, $t$	Длина, $l$	Глубина, $h$	Ширина, $b$
$6 < t \leq 40$	$t$	$1 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,05$
$40 < t \leq 60$	$40 \pm 2$	$2 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,05$
$60 < t \leq 100$	$50 \pm 2$	$2 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,05$
$t > 100$	$60 \pm 2$	$3 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,05$



Т а б л и ц а А.2 - Диаметр  $D_d$  боковых цилиндрических отверстий

Толщина, $t$	Диаметр, $D_d$
$6 < t \leq 25$	$2,5 \pm 0,2$
$25 < t \leq 50$	$3,0 \pm 0,2$
$50 < t \leq 100$	$4,5 \pm 0,2$
$t > 100$	$6,0 \pm 0,2$

П р и м е ч а н и е - если требуется наличие отверстий вблизи наружной поверхности, они должны быть диаметром 2 мм; см. Рисунок А.2.

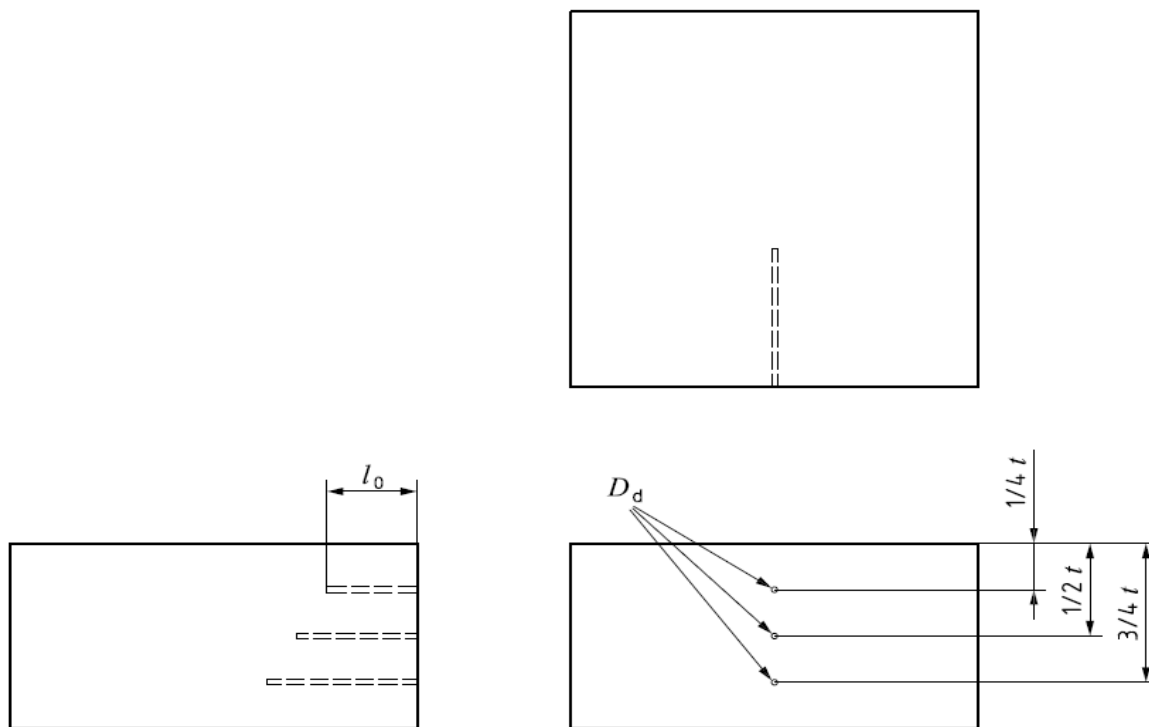
Т а б л и ц а А.3 - Длина боковых цилиндрических отверстий и пазов для толщин  $> 25$  мм

Глубина	Три отверстия в одном образце Минимальная длина, мм	Три отдельных образца, по одному отверстию в каждом Минимальная длина, мм	Три прямоугольных паза в одном образце Минимальная длина, мм	Три отдельных образца, по одному прямоугольному пазу в каждом Минимальная длина, мм
$1/4t$	$l_0 = 45$	45	40	40
$1/2t$	$l_0 + 15$	45	40	40
$3/4t$	$l_0 + 30$	45	40	40

## А.2 Типовые настроечные образцы

### А.2.1 Уровень контроля А (см. Рисунок А.1)

Размеры в мм

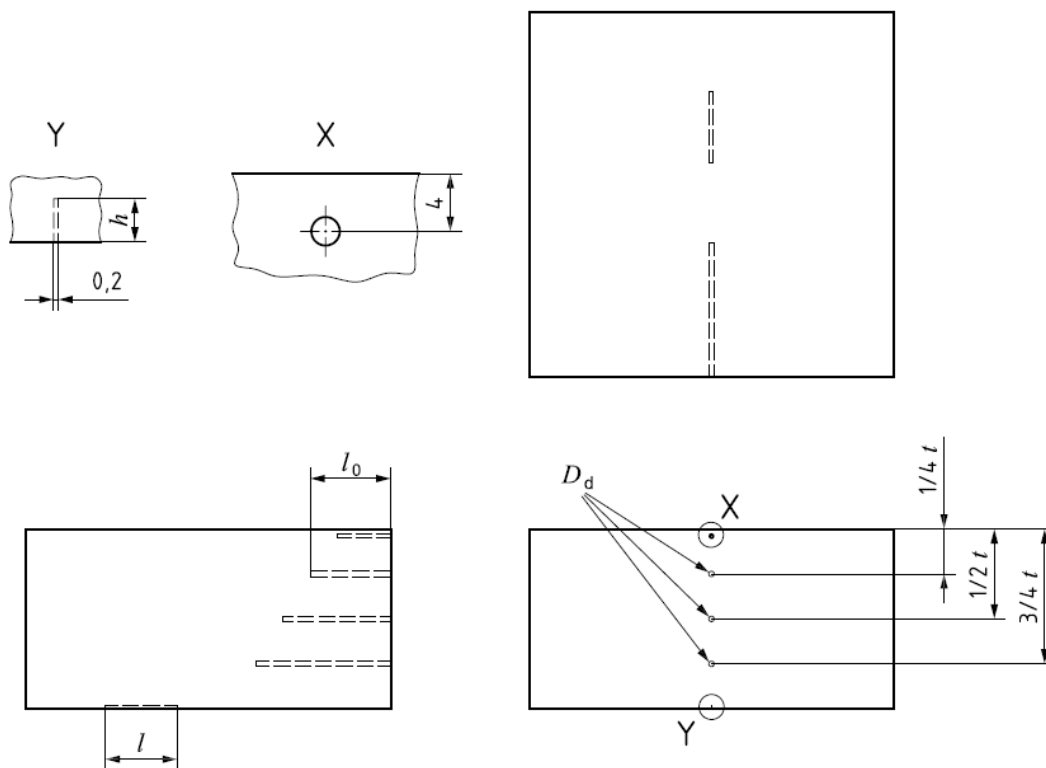


$D_d$  диаметр бокового цилиндрического отверстия  
 $l_0$  длина бокового цилиндрического отверстия  
 $t$  толщина образца

Рисунок А.1. Рекомендуемый настроечный образец для уровня контроля А

### А.2.2 Уровень контроля В (Рисунок А.2)

Размеры в мм



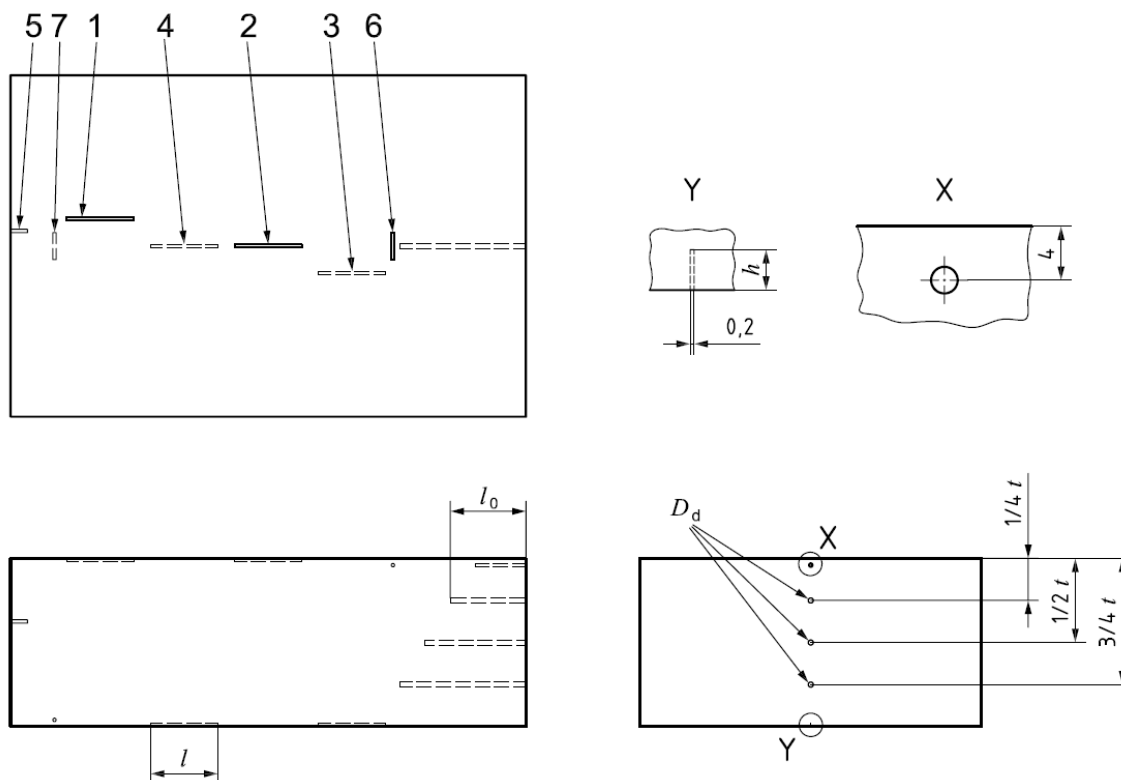
- $D_d$  диаметр бокового цилиндрического отверстия
- $h$  глубина прямоугольного паза
- $l$  длина прямоугольного паза
- $l_0$  длина бокового цилиндрического отверстия
- $t$  толщина образца

Сечение X показывает боковое отверстие, расположенное на 4 мм от поверхности с диаметром 2 мм и минимальной длиной 30 мм. В качестве альтернативы может быть использован паз на поверхности с теми же размерами, что описаны в Таблице А.1

Рисунок А.2. Рекомендуемый настроечный образец для уровня контроля В

### А.2.3 Уровень контроля С (Рисунок А.3)

Размеры в мм



$D_d$  диаметр бокового цилиндрического отверстия  
 $h$  глубина прямоугольного паза  
 $l$  длина прямоугольного паза  
 $l_0$  длина бокового цилиндрического отверстия  
 $t$  толщина образца

1, 2 прямоугольные пазы ближней поверхности  
 3, 4 прямоугольные пазы на дальней поверхности  
 5 паз на мнимом скосе кромки сварного шва  
 Если требуется в техническом задании:  
 6 поперечный паз на ближней поверхности  
 7 поперечный паз на дальней поверхности

Рисунок А.3. Рекомендуемый настроечный образец для уровня контроля С

Сечение X показывает боковое отверстие, расположенное на 4 мм от поверхности с диаметром 2 мм и минимальной длиной 30 мм. В качестве альтернативы может быть использован паз на поверхности с теми же размерами, что описаны в Таблице А.1.

Пазы 2 и 4 расположены на мнимой центральной оси шва. Пазы 1 и 3 расположены на границе контролируемого объема. Паз 5 расположен на мнимой

центральной оси шва и ориентирован  $\pm 5^\circ$  по отношению к углу разделки шва. Размеры и местоположение паза 5 должно быть определено спецификацией.

В настроечном образце должна быть часть, в которой отсутствуют искусственные отражатели. Величина этого объёма должна превышать ширину звукового пучка. Этот объём должен быть симметричным относительно центральной оси шва.

#### **A.2.4 Уровень контроля D**

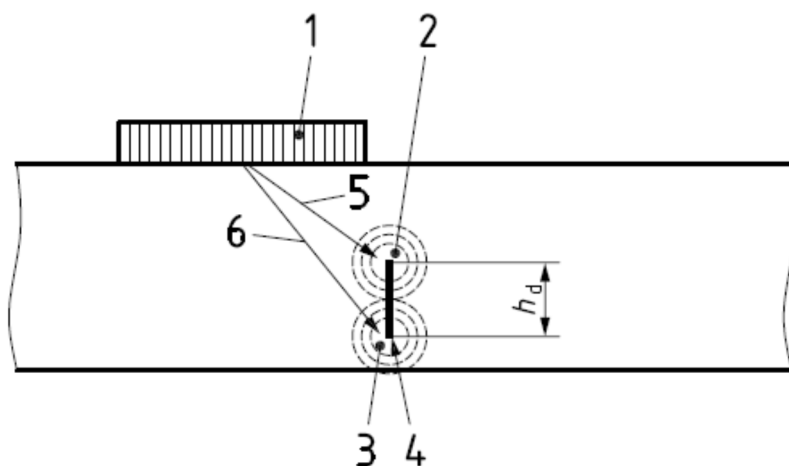
Для уровня контроля D должны быть сделаны специальные образцы той же конфигурации, с теми же характеристиками основного материала, теми же характеристиками сварного шва, сделанные по той же технологии сварки и к испытательным образцам, используемым для уровней контроля B и C нужно добавить дополнительные отражатели.

## Приложение В

(справочное)

### Примеры возможных используемых сигналов

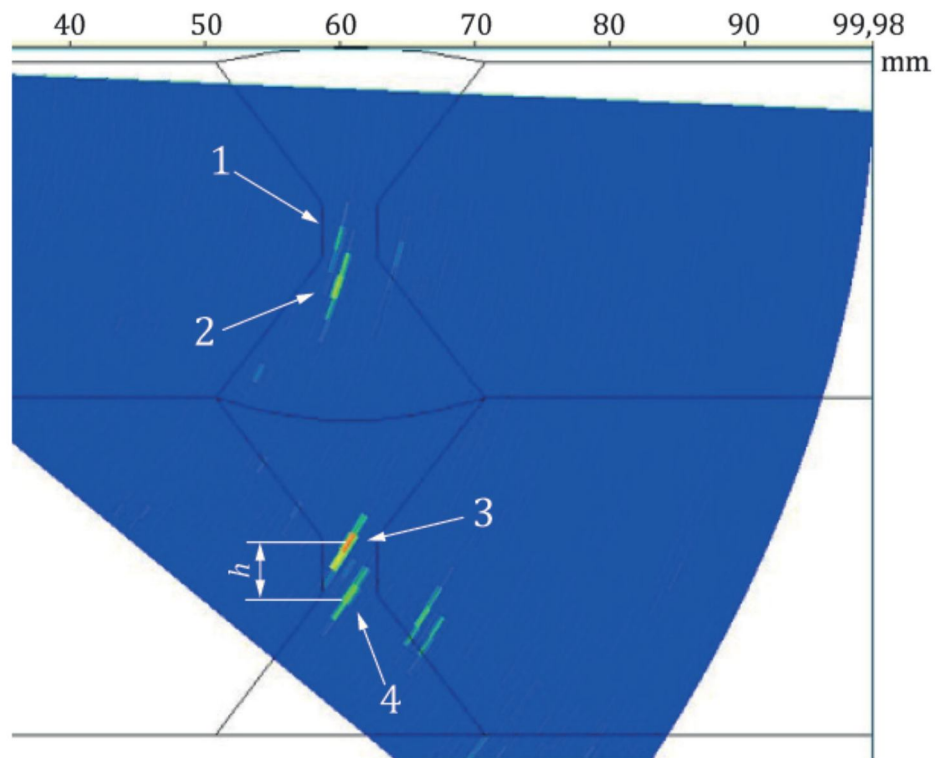
**В.1 2 дифрагированных сигнала, от одной и той же несплошности  
(верхняя и нижняя кромка)**



1 преобразователь фазированной решетки  
2 дифрагированный сигнал от верхней кромки  
3 дифрагированный сигнал от нижней кромки  
4 несплошность

5 путь (прямой луч) до верхней кромки, для  
определения размера  
6 путь (прямой луч) до нижней кромки, для  
определения размера  
 $h_d$  высота несплошности

Рисунок В.1. Дифрагированные сигналы, используемые для определения  
высоты (можно использовать E-Scan или S-Scan)

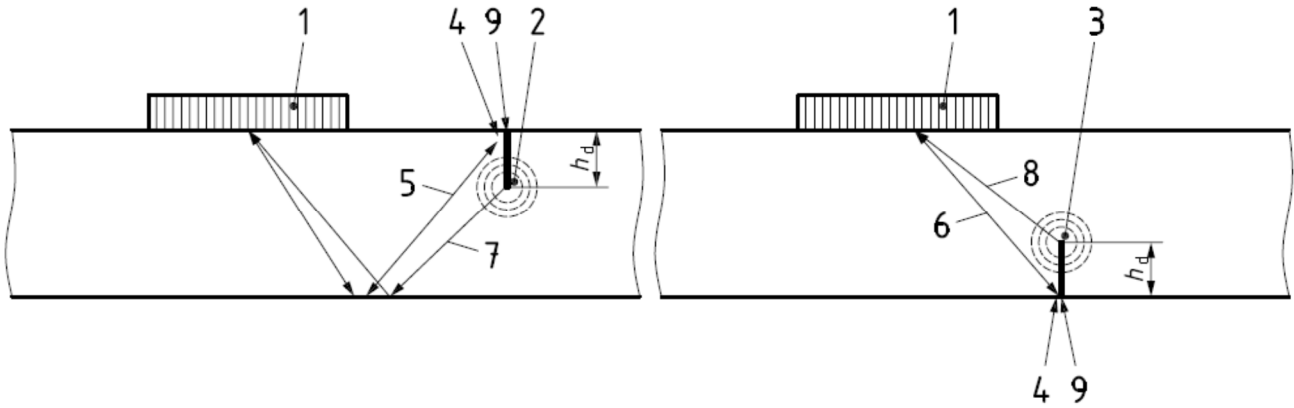


- |   |  |
|---|--|
| 1 отображение дифрагированного сигнала от верхней кромки прямым лучом | 3 отображение дифрагированного сигнала от верхней кромки однократно отраженным лучом |
| 2 отображение дифрагированного сигнала от нижней кромки прямым лучом  | 4 отображение дифрагированного сигнала от нижней кромки однократно отраженным лучом  |
| $h$ измеренная высота   |  |

Рисунок В.2. Изображения внутренней несплошности на секторном сканировании

Выбираются дифрагированные сигналы (3 и 4). Курсоры установлены на максимальную амплитуду, соответствующих дифрагированных сигналов. Измеренная высота  $h$  определяется как разность координат по оси  $z$ .

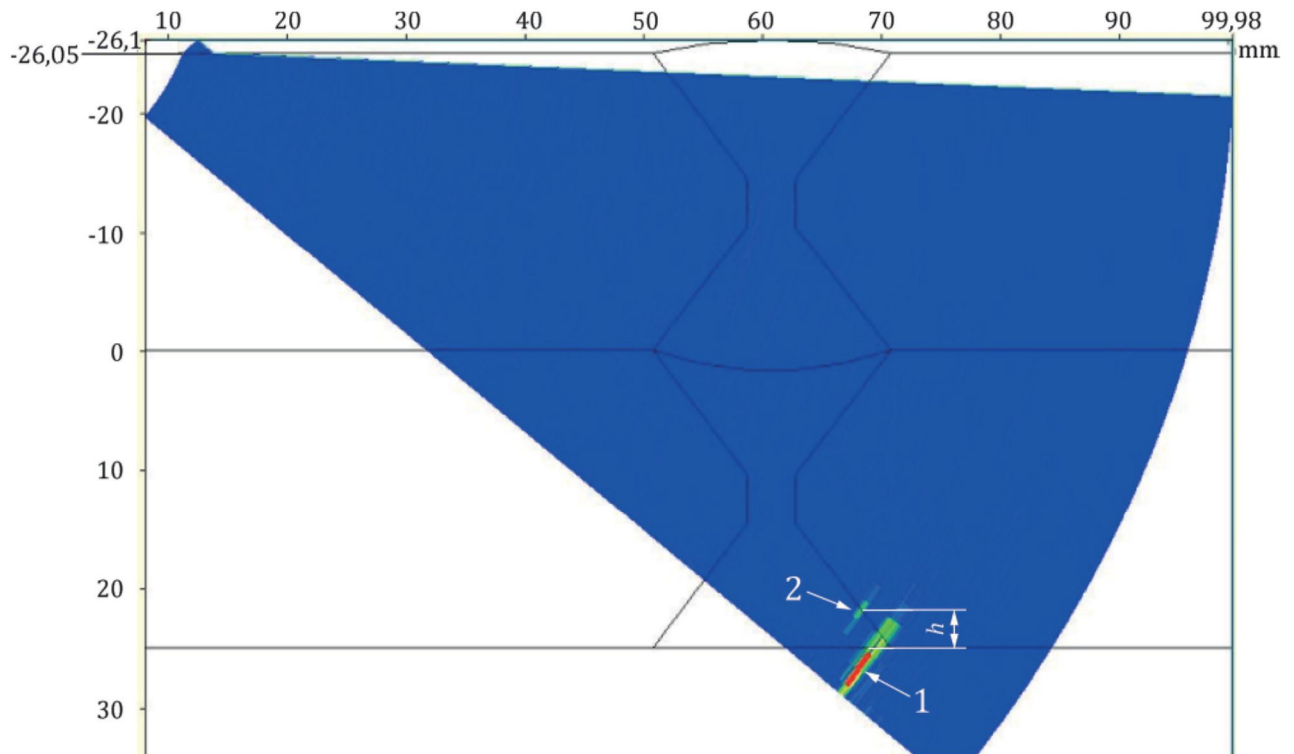
## В.2 Дифрагированный и отраженный сигналы от одной и той же несплошности



- 1 преобразователь фазированной решетки
- 2 дифрагированный сигнал от нижней кромки
- 3 дифрагированный сигнал от верхней кромки
- 4 отражение от угла
- 5 путь (однократно отраженный луч) до угла, для определения размера
- 6 путь (прямой луч) до угла, для определения размера
- 7 путь (однократно отраженный луч) до нижней кромки, для определения размера
- 8 путь (прямой луч) до верхней кромки, для определения размера
- 9 несплошность
- $h_d$  высота несплошности

Рисунок В.3. Сигналы, используемые для определения высоты несплошности выходящей на поверхность





2 отображение отраженного сигнала  
от угла однократно отраженным лучом  
 $h$  измеренная высота

4 отображение дифрагированного сигнала от нижней  
кромки однократно отраженным лучом

Рисунок В.4 Изображения выходящей на поверхность несплошности на  
секторном сканировании

Курсоры установлены в места максимальной амплитуды соответствующих  
сигналов. Высота несплошности  $h$  определяется как разность координат по оси  $z$ .

## Библиография

[1] ISO 3183, *Нефтяная и газовая промышленность – Стальные трубы для трубопроводно-транспортных систем*

[2] ISO 10893-8, *Неразрушающий контроль стальных труб – Часть 8: Автоматизированный ультразвуковой контроль бесшовных и сварных стальных труб для обнаружения ламинарных дефектов*

[3] ISO 10893-11, *Неразрушающий контроль стальных труб – Часть 11: Автоматизированный ультразвуковой контроль сварных стыков на сварных стальных трубах для обнаружения продольных и/или поперечных дефектов*

[4] ISO 11666, *Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Уровни приемки*

[5] ISO 15626, *Неразрушающий контроль сварных соединений. Времяпролетный дифракционный метод (TOFD). Уровни приемки*

[6] ISO 16810, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Общие принципы*

[7] ISO 16811, *Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Регулировка чувствительности и диапазона развертки*

[8] ISO/TS 16829, *Контроль неразрушающий. Автоматизированный ультразвуковой контроль. Выбор и применение систем*

[9] ISO 17635, *Неразрушающий контроль сварных швов. Общие правила для металлических материалов*