Изображение государственного Герба Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Контроль неразрушающий**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ВЕРИФИКАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АППАРАТУРЫ С ФАЗИРОВАННЫМИ РЕШЕТКАМИ**

**Часть 1**

**Приборы**

**СТ РК ISO 18563-1**

*(**ISO 18563-1:2022* Non-destructive testing – Characterization and verification

of ultrasonic phased array equipment – Part 1: Instruments*, IDT)*

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения*

**Комитет технического регулирования и метрологии**

**Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан**

**(Госстандарт)**

**Астана**

**Предисловие**

**1 ПОДГТОВЛЕН И ВНЕСЕН** Республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан от \_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

**3** Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 18563-1:2022 Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment – Part 1: Instruments (Контроль неразрушающий. Определение характеристик и верификация ультразвуковой аппаратуры с фазированными решетками. Часть 1. Приборы)

Международный стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 135/SC 3 «Ультразвуковой контроль»

Перевод с английского языка (en)

Официальный экземпляр международного стандарта, на основе которого подготовлен (разработан) настоящий стандарт, и на которые даны ссылки, имеются в Едином государственном фонде нормативных технических документов

Сведения о соответствии стандарта (межгосударственному) ссылочному международному стандарту, приведены в дополнительном приложении В.А.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

**4** В настоящем стандарте реализованы нормы Закона Республики Казахстан от 5 октября 2018 года № 183-VІ ЗРК «О стандартизации»

**5** **ВВЕДЕН ВЗАМЕН** СТ РК ISO 18563-1-2018 «Контроль неразрушающий. Определение характеристик и верификация ультразвуковой аппаратуры с фазированными решетками. Часть 1. Приборы»

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном каталоге «Документы по стандартизации», а текст изменений и поправок – в периодически издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном каталоге «Национальные стандарты».*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Контроль неразрушающий**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ВЕРИФИКАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АППАРАТУРЫ С ФАЗИРОВАННЫМИ РЕШЕТКАМИ**

**Часть 1**

**Приборы**

**Дата введения**

# **1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает функциональные характеристики многоканальных ультразвуковых приборов с фазированной решеткой, используемых для матричных датчиков, и предоставляет методы их измерения и проверки.

Настоящий стандарт также применим к ультразвуковым приборам с фазированной решеткой в автоматизированных системах; однако для обеспечения удовлетворительных характеристик могут потребоваться другие испытания. Если прибор с фазированной решеткой является составной автоматизированной системы, критерии приемки могут быть изменены по соглашению между участвующими сторонами.

Настоящий стандарт также может частично применяться к приборам FMC и приборам TFM.

Настоящий стандарт устанавливает степень верификации и определяет критерии приемки в диапазоне частот от 0,5 МГц до 10 МГц.

# **2 Нормативные ссылки**

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы по стандартизации. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения):

ISO 5577 Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Vocabulary (Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь)

ISO 22232-1 Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic test equipment – Part 1: Instruments (Контроль неразрушающий. Определение характеристик и верификация оборудования для ультразвукового контроля. Часть 1. Приборы)

ISO 23243 Non-destructive testing – Ultrasonic testing with arrays – Vocabulary (Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль методом фазированных решеток. Словарь)

# **3 Термины и определения**

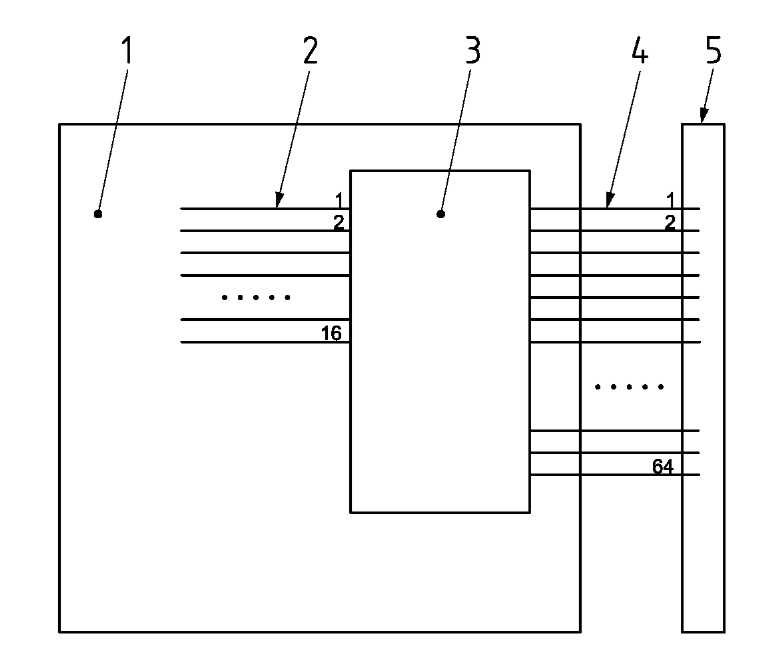
В настоящем стандарте применяются следующие термины по ISO 5577, ISO 22232-1, ISO 23243, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 Максимальное количество каналов, которые могут быть одновременно активированы: максимальное количество передающих и (или) принимающих каналов, которые могут использоваться для одного импульса.

Примечание – Ультразвуковой прибор с фазированной решеткой, имеющий максимальное количество каналов, которые могут быть одновременно активированы ([3.1](#bookmark4)), равное количеству каналов в приборе с фазированной решеткой, обозначается как параллельный ультразвуковой прибор с фазированной решеткой.

3.2 Мультиплексный ультразвуковой прибор с фазированной антенной решеткой: ультразвуковой прибор с фазированной решеткой, включающий максимальное количество каналов, которые могут быть одновременно активированы (см. [3.1](#bookmark4)) и количество которых меньше, чем количество каналов в ультразвуковом приборе и которые управляются внутренним устройством мультиплексирования.

**Пример** – В мультиплексном ультразвуковом приборе типа 16/64 количество каналов, которые могут быть одновременно активировано 16, а количество доступных каналов – 64. См. [рисунок 1](#bookmark5).



Условные обозначения

1 ультразвуковой прибор с фазированной антенной решеткой

2 входные каналы мультиплексора (от 1 до 16)

3 мультиплексор

4 выходные каналы мультиплексора (от 1 до 64)

5 матричный датчик

Примечание – Число 16 – максимальное количество каналов, которые могут быть активированы одновременно. Число 64 – это количество каналов в ультразвуковом приборе с фазированной решеткой.

Рисунок 1 – Схема прибора типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой

3.3 Временная разрешающая способность ультразвукового прибора с фазированной решеткой: инверсия максимальной частоты оцифровки без обработки.

4 Обозначения и сокращения

Для целей настоящего стандарта применяются обозначения и сокращения, приведенные в Таблице 1.

Таблица 1 – Обозначения и сокращения, их единицы измерения и определения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение/С­окращения | Единица измерения | Определение |
| Amin | % | Минимальные амплитуды, измеряемые на экране |
| Amax | % | Максимальные амплитуды, измеряемые на экране |
| *A*0, *A*n | дБ | Настройки аттенюатора, используемые во время испытаний |
| CT | дБ | Ослабление перекрестных помех |
| f0 | Гц | Центральная частота |
| fu | Гц | Верхний частотный предел на уровне -3 дБ |
| fl | Гц | Нижний частотный предел на уровне -3 дБ |
| fmax | Гц | Частота с максимальной амплитудой в частотном спектре |
| fh | Гц | Самая высокая цифровая частота |
| Δf | Гц | Полоса пропускания частоты |
| fR | Гц | Частота повторения импульсов (PRF) |
| FMC | - | Сбор данных с полным захватом |
| FSH | - | Полная высота экрана |
| ΔG | дБ | Изменение коэффициента усиления канала |
| *G*D | дБ | Динамический диапазон входного сигнала |
| Gi | дБ | Усиление прибора на канале i |
| HR | % | Исходная высота экрана |
| Imax | A | Амплитуда максимального тока, который может управляться с пропорционального выхода строба |
| *N*in |  | Уровень шума на корень полосы пропускания для входа приемника |
| RA, RB, Rl | Ω | Согласующие резисторы |
| S | дБ | Настройка аттенюатора |
| Δt | s | Приращение времени |
| t | s | Временная задержка |
| t0 | s | Время до начала корректировки кривой расстояние-амплитуда |
| t1 | s | Время простоя |
| td | s | Длительность импульса |
| tfinal | s | Время до конца корректировки кривой расстояние-амплитуда |
| tr | s | Время нарастания импульса передатчика с амплитудой от 10% до 90% от пиковой амплитуды |

Таблица 1 *(окончание)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| tRT | s | Время отклика |
| tTarget0, tTarget i, tPi, tP 0, tdift, tdif | s | Временные задержки передатчика или приемника |
| TFM | - | Метод общей фокусировки |
| tTOF | s | Время полета |
| *V*A, *V*B | V | Амплитуда импульса напряжения |
| Vein | V | Эквивалентный входной шум |
| Vin | V | Входное напряжение при измерении эквивалентного входного шума |
| Vl | V | Выходное напряжение, изменяемое при измерении выходного импеданса аналогового строба |
| Vmin | V | Минимальное входное напряжение приемника |
| Vmax | V | Максимальное входное напряжение приемника |
| *V*O | V | Выходное напряжение для получения индикации при 80 % FSH при измерении выходного сопротивления аналогового строба |
| V50 | V | Амплитуда напряжения импульса передатчика с нагрузкой 50 n |
| *Z*0 | Ω | Выходное сопротивление передатчика |
| *Z*A | Ω | Выходное сопротивление пропорционального выхода |

# **5 Общие требования к соответствию**

Ультразвуковой прибор с фазированной решеткой соответствует настоящему стандарту, если он удовлетворяет всем следующим требованиям:

а) прибор ультразвуковой с фазированной решеткой должен соответствовать разделу 7;

b) должна быть доступна декларация о соответствии, выданная либо изготовителем, имеющим сертифицированную систему управления качеством (например, в соответствии с ISO 9001), либо организацией, управляющей аккредитованной испытательной лаборатории (например, в соответствии с ISO/1EC 17025);

с) прибор ультразвуковой с фазированной решеткой должен иметь уникальный серийный номер;

d) должна быть доступна техническая спецификация изготовителя, соответствующая прибору с фазированной решеткой, которая определяет рабочие характеристики в соответствии с разделом 6.

6 Техническая спецификация производителя для ультразвуковых приборов с фазированной решеткой

Техническая спецификация изготовителя относительно конкретной модели прибора ультразвукового с фазированной решеткой должна содержать, как минимум, информацию, указанную в Таблице 2. В Таблице 2 приведена информация, которая должна быть предоставлена изготовителем в технической спецификации прибора ультразвукового с фазированной решеткой.

Значения, полученные в результате испытаний, описанных в разделе 7, должны быть установлены как номинальные значения с указанными допусками.

Таблица 2 – Технические характеристики. которые должны быть приведены в технической спецификации прибора ультразвукового с фазированной решеткой

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Информация | Тип информации | Примечания |
| Общие сведения | | |
| Размер | OI | Ширина (мм) × Высота (мм) × Глубина (мм) |
| Вес | OI | На этапе эксплуатации, включая все аккумуляторные батареи |
| Тип(ы) источников питания | OI |  |
| Тип (ы) гнездовой части разъемного соединения | OI | Включая электрическую схему |
| Время работы от аккумуляторной батареи | M | На полностью заряженных новых аккумуляторных батареях |
| Количество и тип аккумуляторных батарей | OI |  |
| Устойчивость к воздействию температуры | M |  |
| Стабильность после прогрева | M |  |
| Устойчивость к колебаниям напряжения | M |  |
| Диапазоны температуры и напряжения (сети и (или) аккумуляторной батареи), в которых ультразвуковой прибор с фазированной решеткой работает в соответствии с техническим описанием (эксплуатация и хранение) | OI | Если необходимо время после прогрева, указать его продолжительность |
| Форма индикации, выдаваемой, когда низкое напряжение аккумуляторной батареи выводит характеристики ультразвукового прибора с фазированной решеткой за пределы спецификации | OI |  |
| Частота следования импульсов | M | Минимальное и максимальное значения |
| Максимальная потребляемая мощность | OI | ВА (вольт-амперы) |
| Степень защиты | OI |  |
| Окружающая среда | OI | Например: ограничение опасных ­веществ (RoHS), взрывоопасная атмосфера (ATEX), вибрация, влажность |
| Многоканальная конфигурация | OI | Количество каналов, управляемых одновременно, и количество доступных каналов |

Таблица 2 *(продолждение*)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Информация | Тип информации | Примечания |
| Расширение количества каналов путем объединения ультразвуковых приборов с фазированной решеткой | OI |  |
| Доступные единицы измерения | OI | Например: мм, дюймы, %, дБ, В |
| Дисплей | | |
| Размер и разрешение экрана | OI |  |
| Диапазон скоростей звука | OI |  |
| Диапазон временной развертки | OI |  |
| Диапазон задержки временной развертки | OI |  |
| Список доступных представлений | OI |  |
| Время отклика для представления A-скана | M |  |
| Максимальная частота оцифровки без обработки | OI |  |
| Частота оцифровки с обработкой | OI | Например: интерполяция |
| Вертикальное разрешение преобразователя | OI | В битах |
| Самая высокая цифровая частота | M |  |
| Ошибка временной базы | M |  | |
| Входы/выходы | | | |
| Невыпрямленный выходной сигнал (т.е. радиочастота, RF) и (или) выпрямленный сигнал, имеющийся на выходном гнезде | OI |  | |
| Количество и характеристики логических и аналоговых выходов управления | OI | Включая электрическую схему | |
| Количество и характеристики входов энкодера | OI | Включая электрическую схему | |
| Потребляемая мощность | OI | Переменный, постоянный ток, диапазон напряжений, мощность (Вт) | |
| Доступный источник питания для внешних устройств | OI | Напряжение, мощность | |
| Ввод/вывод синхронизации | OI |  | |
| Формирование луча | | | |
| Максимальное количество одновременно активных каналов | OI |  | |
| Максимальное количество законов задержки | OI |  | |

Таблица 2 *(продолждение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Информация | | | Тип информации | | | Примечания | |
| Максимальное количество групп снимков | OI | | |  | | |
| Суммирование | M | | |  | | |
| Передатчик | | | | | | |
| Количество одновременно доступных передатчиков | OI | | |  | | |
| Форма импульса передатчика и, где применимо, полярность | OI | | | Т.е. прямоугольный, однополярный, биполярный, произвольный импульс | | |
| Время нарастания напряжения передатчика | M | | |  | | |
| Время спада напряжения передатчика | M | | |  | | |
| Продолжительность напряжения передатчика | M | | |  | | |
| Выходное сопротивление | M | | |  | | |
| Максимально допустимое время задержки | OI | | |  | | |
| Разрешение временной задержки | M | | |  | | |
| Линейность временных задержек | M | | |  | | |
| Возможность подачи различных напряжений на каждый канал | OI | | |  | | |
| Максимальная мощность, доступная для каждого передатчика | OI | | |  | | |
| Приемник | | | | | | |
| Количество одновременно доступных приемников | OI | | |  | | |
| Характеристики регулятора усиления, т.е. диапазон в децибелах, величина приращения | OI | | |  | | |
| Характеристики логарифмического усилителя | OI | | |  | | |
| Входное напряжение при FSH | OI | | |  | | |
| Максимальное входное напряжение | M | | |  | | |
| Линейность вертикального отображения | M | | |  | | |
| Линейность вертикального дисплея в частотных диапазонах ультразвукового прибора с фазированной решеткой | | M | | |  | | |
| Частотная характеристика | | M | | |  | | |
| Время простоя после импульса передатчика | | M | | |  | | |

Таблица 2 *(продолждение*)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Информация | | Тип информации | | Примечания |
| Эквивалентный входной шум | M | |  | |
| Динамический диапазон | M | |  | |
| Входное сопротивление | M | |  | |
| Максимально допустимое время задержки | OI | |  | |
| Разрешение временной задержки | M | |  | |
| Временная регулировка чувствительности (TCG) | M | |  | |
| Возможность применения различных значений усиления на каждом канале | OI | |  | |
| Ослабление перекрестных помех между приемниками | M | |  | |
| Линейность временных задержек | M | |  | |
| Линейность усиления | M | |  | |
| Изменение коэффициента канала | M | |  | |
| Сбор данных | | | | |
| Скорость передачи данных и тип соединения между внешним запоминающим устройством и ультразвуковым прибором с фазированной решеткой | OI | | Тип интерфейса; Мегабайт/с | |
| Максимальное количество А-сканов, сохраняемых в секунду | OI | | Должны быть указаны характеристики А-скана | |
| Максимальное количество C-сканов, сохраняемых в секунду | OI | | Должны быть указаны характеристики А-скана | |
| Максимальное количество образцов на А-скан | OI | |  | |
| Объем памяти | OI | | Мбайт | |
| Стробы | | | | |
| Количество стробов | OI | |  | |
| Пороговое срабатывание | OI | | Например: совпадение или антисовпадение | |
| Режим измерения | OI | | Например: пороговое значение, максимальное значение, переход через нулевое значение | |
| Синхронизация стробов | OI | | Например: импульс передачи, первое эхо | |
| Характеристика стробов | OI | | Порог, положение, продолжительность | |
| Разрешение измерений | OI | |  | |

Таблица 2 *(окончание*)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Информация | Тип информации | Примечания | |
| Срабатывание сигналов тревоги | OI | Например: количество последовательностей до срабатывания сигнала тревоги | |
| Линейность амплитуды строба монитора | M |  | |
| Линейность времени пролета в затворе | M |  | |
| Импеданс аналогового выхода | M |  | |
| Линейность аналогового выхода | M |  | |
| Влияние положения измерительного сигнала в стробе на аналоговый выход строба | M |  | |
| Время нарастания аналогового выхода строба | M |  |
| Время спада аналогового выхода строба | M |  |
| Время удержания аналогового выхода строба | M |  |
| Обработка сигналов | | |
| Возможности обработки | OI | Например: усреднение, быстрое преобразование Фурье (FFT), выпрямление, огибающая, сжатие, размерные измерения |
| Условные обозначения  M – Измерение  OI – Другая информация | | |

7 Требования к характеристикам для ультразвуковых приборов с фазированной решеткой

Для выполнения требований настоящего стандарта ультразвуковые приборы с фазированной решеткой должны верифицироваться с помощью следующих двух групп испытаний.

– Группа 1: Испытания, выполняемые изготовителем (или его агентом) на репрезентативной выборке ультразвуковых приборов с фазированной решеткой.

Для данных испытаний требуются приборы измерения высокого уровня.

– Группа 2: Испытания, выполняемые на каждом ультразвуковом приборе с фазированной решеткой:

а) изготовителем (или его агентом) перед поставкой ультразвукового прибора с фазированной решеткой (испытания нулевой точки);

b) изготовителем, владельцем или лабораторией с интервалом в 12 месяцев для проверки работы ультразвукового прибора с фазированной решеткой в течение его срока службы;

с) после ремонта ультразвукового прибора с фазированной решеткой. Для испытаний группы 2 необходимы только основные электронные измерительные приборы.

По соглашению между участвующими сторонами эти испытания могут быть дополнены дополнительными испытаниями из группы 1.

Третья группа испытаний комбинированной системы (ультразвуковой с фазированной решеткой и подключенных преобразователей) указана в ISO 18563-3. Во время их службы испытания выполняются через определенные промежутки времени на месте.

Для ультразвуковых приборов с фазированной решеткой, продаваемых до введения настоящего стандарта, непрерывная пригодность для целей должна быть продемонстрирована путем проведения групповых (периодических) испытаний каждые 12 месяцев.

После ремонта все параметры, на которые мог повлиять ремонт, должны быть проверены с использованием соответствующих испытаний Группы 1 или Группы 2.

[Таблица 3](#bookmark12) содержит испытания, которые должны быть выполнены на ультразвуковых приборах с фазированной решеткой.

Таблица 3 – Список испытаний для ультразвуковых приборов с фазированной решеткой

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование испытания | Группа 1 Производственные испытания | Группа 2 Периодические испытания и испытания после ремонта |
| Подраздел | Подраздел |
| Физическое состояние и внешние факторы | [9.2](#bookmark87) | [9.2](#bookmark87) |
| Портативные или работающие от аккумуляторной батарей ультразвуковые приборы с фазированной решеткой | | |
| Время работы от аккумуляторной батареи | [8.2](#bookmark16) |  |
| Стабильность | | |
| Стабильность после прогрева | [8.3](#bookmark20) |  |
| Устойчивость к воздействию температуры | [8.4](#bookmark24) |  |
| Устойчивость к колебаниям напряжения | [8.5](#bookmark27) |  |
| Дисплей | | |
| Ошибка временной базы | [8.6](#bookmark30) |  |
| Самая высокая цифровая частота | [8.10](#bookmark73) |  |
| Время отклика ультразвукового прибора с фазированной решеткой | [8.11](#bookmark80) |  |
| Формирование луча | | |
| Суммирование | [8.8.9](#bookmark57) |  |
| Передатчик | | |
| Частота повторения импульсов | [8.7.2](#bookmark37) |  |
| Эффективный выходной импеданс | [8.7.3](#bookmark38) |  |
| Разрешение временной задержки | [8.7.4](#bookmark40) |  |
| Напряжение импульса передатчика, время нарастания и длительность | [9.3.2](#bookmark92) | [9.3.2](#bookmark92) |

**Таблица 3** *(окончание)*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Линейность временных задержек | | 9.3.3 | | 9.3.3 | |
| Приемник | | | | | |
| Разрешение временной задержки | | [8.7.4](#bookmark40) | |  | |
| Ослабление перекрестных помех между приемниками | | [8.8.2](#bookmark43) | |  | |
| Время простоя после импульса передатчика | | [8.8.3](#bookmark46) | |  | |
| Динамический диапазон и максимальное входное напряжение | | [8.8.4](#bookmark49) | |  | |
| Входное сопротивление приемника | | [8.8.5](#bookmark52) | |  | |
| Временная регулировка чувствительности (TCG) | | [8.8.6](#bookmark53) | |  | |
| Линейность вертикального отображения в экстремальных частотных диапазонах прибора | | [8.8.8](#bookmark56) | |  | |
| Частотная характеристика | | [9.4.2](#bookmark99) | | [9.4.2](#bookmark99) | |
| Линейность усиления | | [9.4.4](#bookmark106) | | [9.4.4](#bookmark106) | |
| Эквивалентный входной шум | | [9.4.3](#bookmark103) | | [9.4.3](#bookmark103) | |
| Изменение коэффициента канала | | [9.4.5](#bookmark107) | | [9.4.5](#bookmark107) | |
| Линейность вертикального отображения | | [9.4.6](#bookmark109) | | [9.4.6](#bookmark109) | |
| Линейность временных задержек | | [9.4.7](#bookmark112) | | [9.4.7](#bookmark112) | |
| Строб монитора | | | | | |
| Линейность амплитуды затвора | | [8.9.2](#bookmark61) | |  | |
| Линейность времени пролета в затворе | | [8.9.3](#bookmark63) | |  | |
| Импеданс аналогового выхода | | [8.9.4.1](#bookmark66) | |  | |
| Линейность аналогового выхода | | [8.9.4.2](#bookmark69) | |  | |
| Влияние положения сигнала в затворе | | [8.9.4.3](#bookmark71) | |  | |
| Время нарастания, спада, задержки и удержания аналогового выхода | [8.9.4.4](#bookmark72) | |  | |

8 Испытания группы 1

8.1 Оборудование, необходимое для испытаний группы 1

Оборудование, используемое для получения требуемой информации, не должно влиять на характеристики ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

Оборудование, необходимое для испытаний группы 1 на ультразвуковых приборах с фазированной решеткой, включает следующие пункты или функции:

а) Осциллограф с минимальной полосой пропускания 100 МГц;

b) нереактивные резисторы (50 ± 0,5) Ом;

с) нереактивные резисторы со значениями RA и RB;

d) стандартный аттенюатор на 50 Ом с шагом 1дБ и полным диапазоном 100 дБ. Аттенюатор должен иметь кумулятивную ошибку меньше, чем 0,3 дБ в любом диапазоне 10 дБ для сигналов с частотой до 15 МГц;

e) средства переключения;

f) генератор произвольной формы сигнала, способный создавать стробированные всплески синусоидальных сигналов;

g) генератор сигналов, способный производить определенный синусоидальный сигнал или синусоидальный импульсный сигнал;

Примечание – Генератор сигналов произвольной формы может использоваться для замены одного или обоих перечисленных выше генераторов благодаря своей многофункциональной конструкции.

h) схема защиты (см. [рисунок 2](#bookmark15));

i) анализатор импеданса;

j) камера для проведения испытаний на воздействие окружающей среды;

k) регулируемый источник питания постоянного тока (для проверки характеристик ультразвуковых приборов с фазированной решеткой, работающих от аккумуляторной батарей);

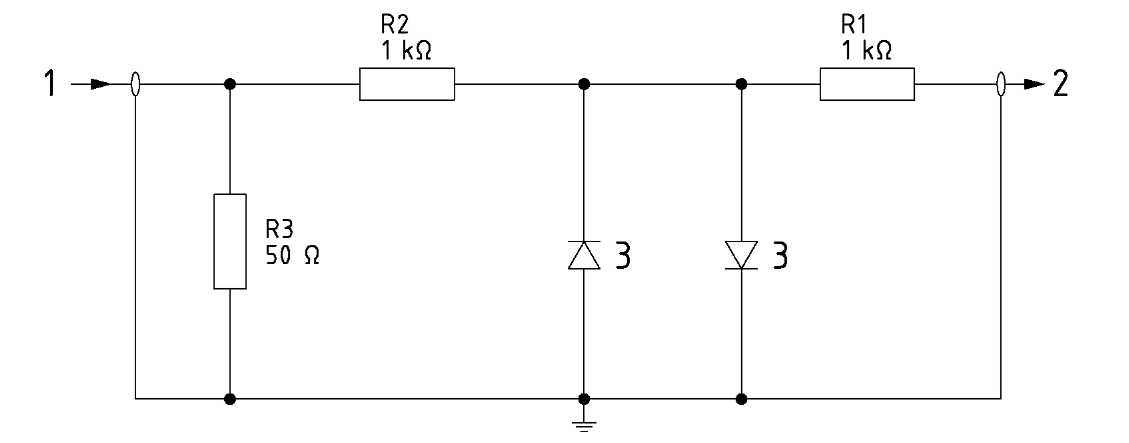
l) матричный датчик (2 МГц – 6 МГц);

m) опорный блок для генерации эхосигнала от задней стенки (например, калибровочный блок № 1 в соответствии с ISO 2400).

Все испытания группы 1, за исключением испытания на устойчивость к температуре (см. [8.4](#bookmark24)), используют электронные средства генерирования требуемых сигналов.

Характеристики используемого оборудования и его устойчивость должны быть адекватны назначению испытаний.

Прежде чем осциллограф будет подключен к излучатель ультразвукового прибора с фазированной решеткой, как указано в некоторых процедурах испытаний в настоящем стандарте, следует проверить, что осциллограф не будет поврежден высоким напряжением излучателя.



Условные обозначения

1 от ультразвукового прибора с фазированной антенной решеткой

2 на вход генератора импульсов, генератора сигналов или осциллографа

3 кремниевые переключающие диоды R1, R2, R3 резисторы

Рисунок 2 – Цепь для защиты прибора(ов) от импульсов передатчика

8.2 Время работы от аккумуляторной батареи

8.2.1 Общие положения

Это испытание применяется только к ультразвуковым приборам с фазированной решеткой, работающим от аккумуляторной батареи.

8.2.2 Процедура

Время работы от аккумуляторной батареи ненагруженного (без подключенного датчика) ультразвукового фазированного прибора с использованием только батарей измеряется при следующих условиях (т.е. ультразвуковой прибор с фазированной решеткой должен быть отключен от основного источника питания):

a) полностью заряженная аккумуляторная (ые) батарея (и);

b) температура окружающей среды от 20 °C до 30 °C;

c) усиление установлено в среднее положение;

Если ультразвуковой прибор с фазированной решеткой оснащен экраном:

d) отображение презентаций A-скана и S-скана;

e) яркость установлена на среднем уровне.

Если это возможно благодаря характеристикам ультразвукового прибора с фазированной решеткой:

f) частота повторения импульсов на 1 кГц;

g) 16 каналов активны одновременно;

h) 10 законов задержки;

i) напряжение импульса на 50 В;

j) ширина импульса на 100 нс;

k) временная база на 50 мs.

Во всех остальных случаях установить типичные значения для этих параметров.

Параметры, которые были изменены, должны быть указаны производителем.

8.2.3 Критерий приемки

Измеренная продолжительность должна равняться или не превышать продолжительность, указанную в технической спецификации производителя.

8.3 Стабильность после прогрева

8.3.1 Процедура

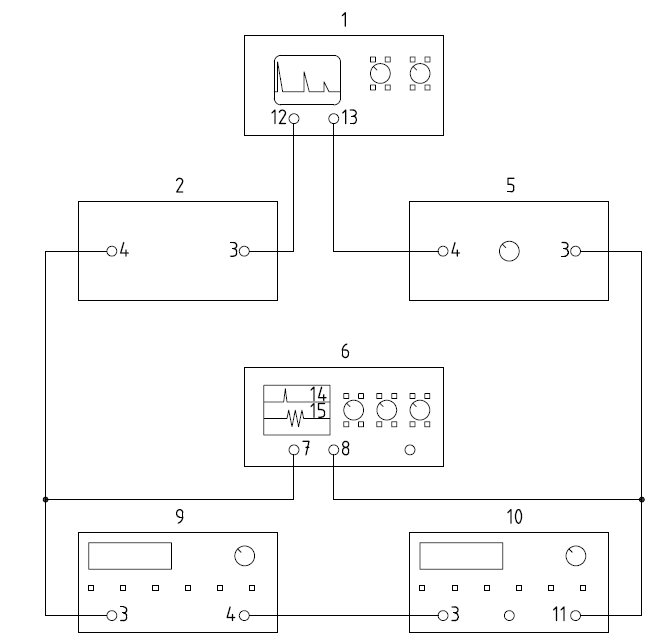
Процедура проверки стабильности после прогрева выполняется следующим образом:

a) Запрограммировать ультразвуковой прибор с фазированной решеткой с одним активным каналом передатчика и одним другим активным каналом приемника.

b) Использовать сигнал с активного канала передатчика для запуска генератора импульсов.

c) Подключить выход генератора импульсов к триггерному входу генератора сигналов.

d) Подключить выход генератора сигналов через переменный аттенюатор к активному каналу приемника, см. [рисунок 3.](#bookmark22)

****

Условные обозначения

1 ультразвуковой прибор с фазированной решеткой

2 схема защиты (см. [рисунок 2](#bookmark15))

3 вход

4 выход

5 регулируемый аттенюатор

6 осциллограф 100 МГц

7 входной канал A

8 входной канал B

9 генератор импульсов

10 генератор сигналов

11 радиочастотный выход

12 выход передатчика

13 вход приемника

14 представление ограниченного по напряжению импульса передатчика

15 представление испытательного сигнала

Рисунок 3 – Установка для измерения стабильности после разогрева и в зависимости от температуры

e) Установить диапазон ультразвукового прибора с фазированной решеткой на 50 мм для скорости 5 920 м/с, полная ректификация.

f) Установить задержку генератора импульсов на 10 мс.

g) Установить генератор сигналов на генерацию всплеска из трех циклов с частотой от 2 МГц до 6 МГц.

h) Установить амплитуду всплеска на 100 мВ от пика к пику.

i) Отрегулировать усиление ультразвукового прибора с фазированной решеткой так, чтобы отображаемый сигнал составлял 80 % от FSH.

j) Наблюдать за амплитудой и положением на временной базе с интервалом в 10 минут в течение 30 минут.

k) Провести испытание в среде, температура которой поддерживается в пределах ±5 °C от диапазона, указанного в технической спецификации производителя ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

l) Убедиться, что напряжение сети или аккумуляторной батареи находится в пределах диапазона, предусмотренного спецификацией производителя.

8.3.2 Критерии приемки

В течение 30 минут с учетом времени на разогрев в соответствии со спецификацией производителя:

a) амплитуда сигнала не должна отклоняться более чем на ±2 % от FSH;

b) максимальный сдвиг по временной базе должен быть менее ±1 % от полной ширины экрана.

8.4 Устойчивость к воздействию температуры

8.4.1 Процедура

Процедура проверки устойчивости к воздействию температуры выполняется следующим образом:

a) Запрограммировать ультразвуковой прибор с фазированной решеткой с одним активным каналом передатчика и одним другим активным каналом приемника.

b) Использовать сигнал с активного канала передатчика для запуска генератора импульсов.

c) Подключить выход генератора импульсов к триггерному входу генератора сигналов.

d) Подключить выход генератора сигналов через переменный аттенюатор к активному каналу приемника. См. [рисунок 3](#bookmark22).

e) Установить диапазон ультразвукового прибора с фазированной решеткой на 50 мм для скорости 5 920 м/с, полная ректификация.

f) Установить задержку генератора импульсов на 10 мс.

g) Установить генератор сигналов на генерацию всплеска из трех циклов с частотой от 2 МГц до 6 МГц.

h) Установить амплитуду всплеска на 100 мВ от пика к пику.

i) Отрегулировать усиление ультразвукового прибора с фазированной решеткой так, чтобы отображаемый сигнал составлял 80 % от FSH.

j) Поместить ультразвуковой прибор с фазированной решеткой в климатическую камеру под воздействие переменной температуры окружающей среды.

k) Высота и положение опорных эхо-сигналов должны считываться и регистрироваться с максимальным интервалом в 10 °C в диапазоне температур, указанном изготовителем.

8.4.2 Критерии приемки

При каждом изменении температуры на 10 °C амплитуда и положение опорного эхосигнала не должны отклоняться более чем на ±5 % от FSH и ±1 % от полной ширины экрана соответственно.

8.5 Устойчивость к колебаниям напряжения

8.5.1 Процедура

Процедура проверки устойчивости к колебанию напряжения выполняется следующим образом:

a) Подключить ультразвуковой прибор с фазированной решеткой к регулируемому источнику питания.

Приложенное напряжение должно находиться в центре диапазона, определенного для использования ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

b) Применить закон нулевой задержки одновременно ко всем доступным каналам.

c) Вывести на экран суммированное представление А-скана, например, с помощью матричного датчика с центральной частотой от 2 МГц до 6 МГц и испытательного стенда для генерации эхо-сигнала от задней стенки.

d) Амплитуда эха устанавливается на 80% от FSH; а временная база устанавливается так, чтобы отображаемый сигнал находился на 50% от полной ширины экрана, с расстоянием, равным или превышающим 50 мм стали для продольных волн.

Во время испытания следует приняты меры предосторожности, чтобы избежать колебаний муфты.

e) Следить за согласованностью амплитуды и положением на временной базе опорного сигнала в диапазоне рабочего напряжения.

f) Если установлена система автоматического отключения или предупреждающее устройство, уменьшить напряжение сети и (или) батареи и обратить внимание на амплитуду сигнала, при которой срабатывает система отключения или предупреждающее устройство.

8.5.2 Критерии приемки

a) Амплитуда и положение опорного сигнала должны оставаться постоянными в пределах, указанных в технической спецификации производителя.

b) Срабатывание системы отключения или сигнальной лампы (при наличии) должно происходить до того, как амплитуда опорного сигнала изменится более чем на ±2 % от FSH или положение на временной базе изменится более чем на ±1 % от полной ширины экрана по сравнению с начальной установкой.

8.6 Ошибка временной базы

8.6.1 Общие положения

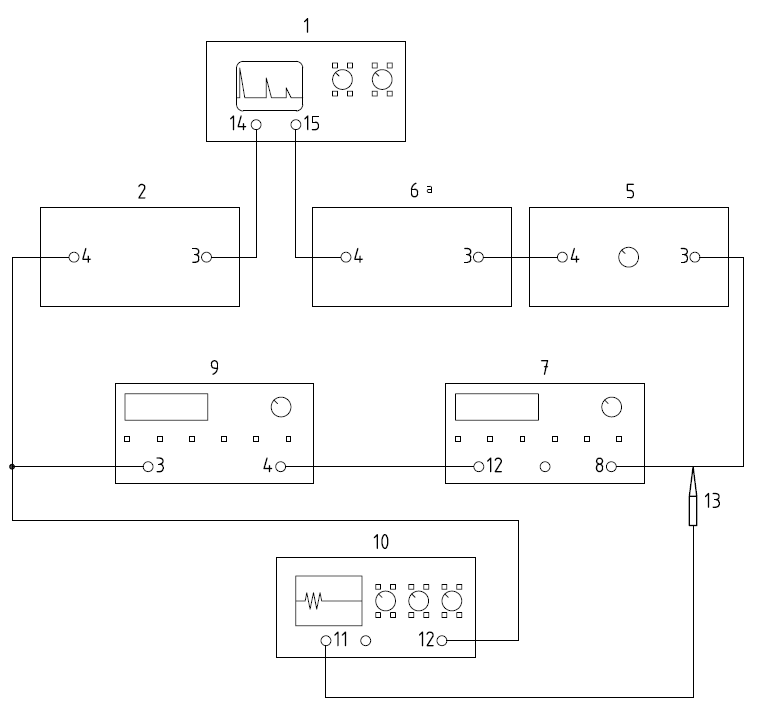
Испытания, описанные в пунктах [8.6.2](#bookmark32) и [8.6.3](#bookmark34), должны проводиться как минимум на одном канале.

8.6.2 Процедура

Это испытание сравнивает линейность временной базы ультразвукового прибора с фазированной решеткой с линейностью калиброванного генератора сигналов.

a) Подключить ультразвуковой прибор с фазированной решетки, как показано на [рисунке 4](#bookmark33).

b) Установить генератор сигналов для получения одноцикловой синусоиды с частотой на центральной частоте /0 в самом широком диапазоне частот.

****

Условные обозначения

1 ультразвуковой прибор с фазированной антенной решеткой

2 схема защиты (см. [рисунок 2](#bookmark15))

3 входной сигнал

4 выходной сигнал

5 регулируемый радиочастотный аттенюатор

6 контактная площадка

7 генератор сигналов

8 Радиочастотный выход

9 генератор импульсов

10 Осциллограф 100 МГц

11 входной канал A

12 вход запуска

13 × 10 осциллографический щуп (100 МГц)

14 выходной сигнал передатчика

15 входной сигнал приемника

a Контактная площадка требуется только для согласования импеданса ультразвукового прибора с фазированной решеткой с испытательной установкой.

Рисунок 4 – Установка оборудования для многократных испытаний

c) Установить временную базу поочередно в минимальное, максимальное и среднее положение.

d) При каждой настройке отрегулировать задержку срабатывания, коэффициент усиления ультразвукового прибора с фазированной решеткой и калиброванный аттенюатор для получения сигнала, составляющего не менее 80% от FSH в центре временной базы.

Этот шаг определяет временные ссылки генератора импульсов.

e) Изменять значение времени задержки генератора импульсов с шагом, меньшим или равным 5 % от полной ширины экрана.

f) Записывать каждую задержку и измерять момент, соответствующий месту индикации (передний край или максимальная амплитуда) на ультразвуковом приборе с фазированной решеткой.

g) Для каждого измерения рассчитать разницу между временем, считанным на ультразвуковом приборе с фазированной решеткой, и задержкой, заданной генератором импульсов.

8.6.3 Критерий приемки

Максимальная разница не должна превышать ни ±0,5 % ширины экрана, ни временного разрешения ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

8.7 Передатчик

8.7.1 Общие положения

Этот подпункт содержит испытания для частоты повторения импульсов и эффективного выходного импеданса. Методы испытаний и критерии приемки для напряжения передатчика, времени нарастания и длительности приведены в [9.3.2](#bookmark92).

8.7.2 Частота повторения импульсов

8.7.2.1 Процедура

Процедура измерения частоты повторения импульсов выполняется следующим образом:

a) Подключить осциллограф к одному из терминалов передатчика.

b) Измерить частоту повторения импульсов, используя осциллограф, при 10 равномерно распределенных значениях, включая минимальное и максимальное значения, указанные в технической спецификации.

8.7.2.2 Критерий приемки

Измеренные частоты повторения импульсов не должны отличаться более чем на ±5 % от запрограммированного значения.

8.7.3 Эффективный выходной импеданс

8.7.3.1 Процедура

Перед подключением осциллографа убедиться, что вход осциллографа не повреждается высоким напряжением передатчика.

Измерения проводятся при промежуточном импульсном напряжении, ширине импульса и частоте повторения импульсов.

Указываются параметры, отображаемые на используемом ультразвуковом приборе с фазированной решеткой.

a) С помощью осциллографа измерить импульсное напряжение передатчика *V*A, если передатчик подключен к нереактивному резистору *R*A (например, 50 Ом).

b) Замените этот резистор на резистор *R*B (например, 75 Ом) и измерить импульсное напряжение передатчика, *V*B.

c) Это измерение проводится при среднем значении энергии импульса и частоты импульсов передатчика.

d) Повторить это измерение по крайней мере на 10 % доступных каналов передатчика (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на шести каналах).

[e](#bookmark39)) Для каждого излучателя рассчитать выходной импеданс, *Z*0, используя [формулу (1)](#bookmark39):

 (1)

где *V*A и *V*B – значения амплитуды соответствующих импульсов от базовой линии, исключая пиковые значения (превышение или понижение).

8.7.3.2 Критерий приемки

Эффективный выходной импеданс должен быть в пределах ±20 % от значения, указанного в технической спецификации производителя, или в пределах ±5 Ом, если импеданс меньше 25 Ом.

8.7.4 Разрешение временной задержки

8.7.4.1 Процедура

Процедура измерения разрешающей способности временной задержки выполняется следующим образом:

a) Выберите максимальное количество каналов, которые могут быть активированы одновременно.

b) Установить амплитуду импульса передатчика на промежуточное значение.

c) Синхронизировать осциллограф, используя сигнал синхронизации ультразвукового прибора с фазированной решеткой (по умолчанию можно использовать импульс из первого канала).

d) Установить задержку передачи на ноль для каждого канала.

e) Для каждого канала измерить на осциллографе время *t*P0 между сигналом синхронизации и импульсом.

f) Для каждого канала применить задержку передачи, равную разрешению временной задержки из спецификации.

g) Для каждого канала измерить на осциллографе время *t*P1 между сигналом синхронизации и импульсом.

Измеренное разрешение временной задержки соответствует среднему значению разности времени *t*P1 – *t*P0, измеренной на всех каналах.

h) Повторить это измерение на каждом канале излучателя (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

8.7.4.2 Критерий приемки

Измеренное разрешение временной задержки равняется значению, указанному в технической спецификации производителя, плюс/минус один шаг разрешения.

8.8 Приемник

8.8.1 Общие положения

В этом подпункте приводятся испытания для измерения затухания перекрестных помех между различными приемниками, чувствительности приемника, времени простоя из-за импульсов передатчика, динамического диапазона, входного импеданса, поправки на расстояние-амплитуду и временного разрешения ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

Методы и критерии приемки для полосы пропускания усилителя, эквивалентного входного шума, точности калиброванного аттенюатора, линейности вертикального дисплея приведены в [9.4.6](#bookmark109).

8.8.2 Ослабление перекрестных помех между приемниками

8.8.2.1 Процедура

Условия измерения должны быть следующими:

– отключить все передатчики;

– проводить все измерения в среде 50 Ом (передатчик и приемник подключены с нагрузкой 50 Ом);

– активировать один канал приемника.

Процедура измерения затухания перекрестных помех между приемниками выполняется следующим образом:

a) На канале приемника 1 установить коэффициент усиления (G1) ультразвукового прибора с фазированной решеткой на минимальное значение, а затем увеличить его на 10 дБ.

b) Используя генератор сигналов, подать на канал 1 приемника непрерывный синусоидальный сигнал с частотой 5 МГц, см. [рисунок 4](#bookmark33).

c) Установить амплитуду так, чтобы пиковая амплитуда сигнала на канале приемника 1 достигала 60 % от FSH.

При необходимости увеличить коэффициент усиления (*G*1) для достижения 60 % от FSH.

d) Изменить активный канал приемника на канал приемника 2 и увеличить коэффициент усиления (*G*2) ультразвукового прибора с фазированной решеткой так, чтобы пиковая амплитуда сигнала канала 2 достигла 60 % от FSH, обеспечивая постоянное подключение генератора сигнала к каналу приемника 1.

Затухание перекрестных помех между приемным каналом 1 и приемным каналом 2 определяется в дБ по [формуле (2)](#bookmark44):

CT2,1 = G2 – G1 (2)

e) Повторить измерение, последовательно меняя активный канал приемника и коэффициент усиления на другие каналы приемника ультразвукового с фазированной решеткой.

Затухание перекрестных помех между приемным каналом 1 и приемным каналом i определяется по [формуле (3)](#bookmark45):

CTi,1 = Gi – G1 (3)

Затухание перекрестных помех ультразвукового прибора с фазированной решеткой является наименьшим зарегистрированным значением в дБ.

8.8.2.2 Критерий приемки

Затухание перекрестных помех ультразвукового прибора с фазированной решеткой должно быть больше значения, указанного в технической спецификации производителя.

8.8.3 Время простоя после импульса передатчика

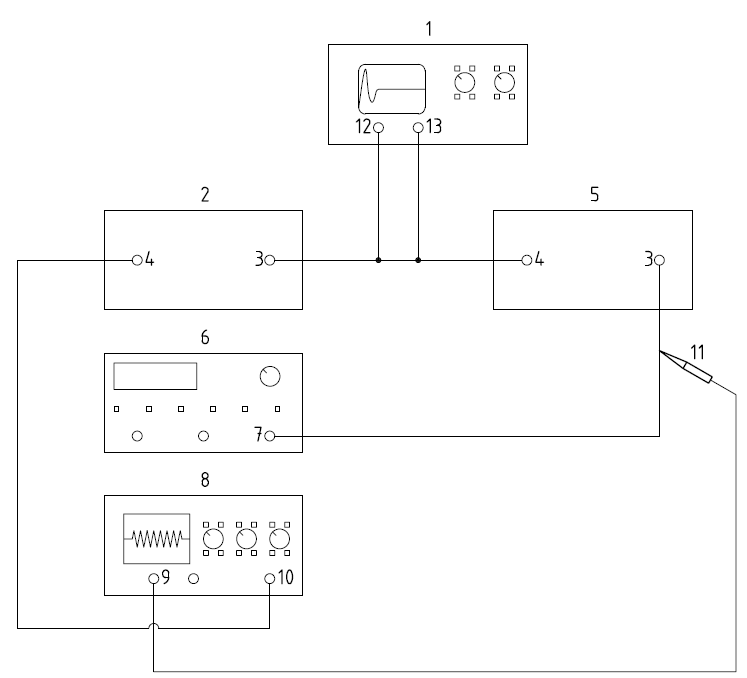
8.8.3.1 Процедура

Процедура измерения мертвого времени после импульса передатчика выполняется следующим образом:

a) Установить ширину экрана ультразвукового прибора с фазированной решеткой от 0 до 25 мс на полной шкале.

b) Затем отрегулировать смещение нуля так, чтобы передний фронт импульса передатчика совпадал с делением нулевого экрана.

c) Используйте настройку оборудования, как показано на [рисунке 5](#bookmark47), с ультразвуковым прибором с фазированной решеткой в режиме одного преобразователя (подключенные излучатель и приемник).



Условные обозначения

1 ультразвуковой прибор с фазированной решеткой

2 фиксированный аттенюатор

3 вход

4 выходной сигнал

5 фиксированный аттенюатор

6 генератор сигналов

7 Радиочастотный выход

8 осциллограф 100 МГц

9 входной канал A

10 вход запуска

11 ×10 осциллографический щуп (100 МГц)

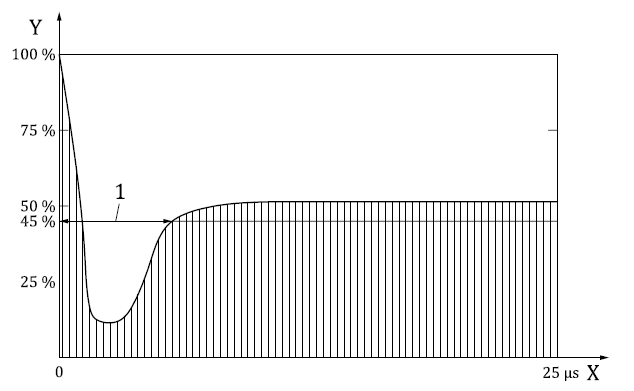
12 выход передатчика

13 вход приемника

Рисунок 5– Установка оборудования, используемого для измерения времени простоя после импульса передатчика

d) Выбрать поочередно каждую настройку частотного диапазона ультразвукового прибора с фазированной решеткой и отрегулировать выход генератора сигнала так, чтобы он находился в середине диапазона настроек частотного диапазона.

e) Используя настройку среднего усиления ультразвукового прибора с фазированной решеткой, отрегулировать выходной уровень генератора сигнала так, чтобы сигнал составлял 50 % от FSH на максимальном диапазоне экрана, как показано на [рисунке 6](#bookmark48).

****

Условные обозначения

X время

Y высота экрана

1 время простоя

Рисунок 6 – Форма волны, используемая для измерения времени простоя после импульса передатчика, отображаемая во время испытания

f) Установить напряжение передатчика на 50 % от максимального значения и установить длительность импульса, соответствующую половине временного цикла выбранной частоты, если применимо.

Время простоя после импульса передатчика *t*1 – это длительность от переднего фронта импульса передатчика до стабилизации амплитуды между 45 % и 55 % от FSH.

g) Записать значения длительности импульса и напряжения импульса, используемые для измерения.

Примечание – Схема защиты, показанная на [рисунке 2](#bookmark15), используется для защиты входа триггера осциллографа. Фиксированный аттенюатор используется для защиты генератора сигналов от импульсов передатчика.

8.8.3.2 Критерий приемки

Время простоя ультразвуковых приборов с фазированной решеткой должно быть меньше или равно значению, указанному в технической спецификации производителя.

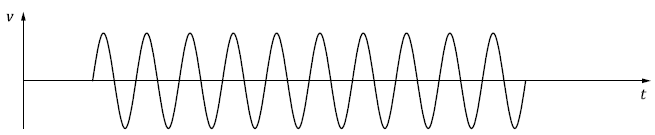
8.8.4 Динамический диапазон и максимальное входное напряжение

8.8.4.1 Процедура

Процедура измерения динамического диапазона и максимального входного напряжения выполняется следующим образом:

a) Динамический диапазон проверяется с помощью испытательного оборудования, показанного на [рисунке 4](#bookmark33), при этом центральная частота, *f*0, каждой полосы частот измеряется, как указано в 9.4.2.

b) Испытательный сигнал из 10 циклов, который должен генерироваться этим оборудованием, показан на [рисунке 7](#bookmark50).

****

Условные обозначения

v напряжение

t время

Рисунок 7 – Испытательный сигнал, генерируемый генератором сигналов

c) Установить усиление регуляторов ультразвукового прибора с фазированной решеткой на минимальное значение.

d) Увеличивать амплитуду входного сигнала до тех пор, пока сигнал не будет отображаться на уровне 100 % от FSH или не будет заметно линейное изменение амплитуды сигнала при увеличении входного сигнала.

Примечание – Входное напряжение приемника на FSH – это входное напряжение, которое достигает FSH при минимально возможном усилении.

e) При помощи осциллографа измерить (с учетом стандартной настройки аттенюатора) амплитуду входного напряжения, *V*max, и соответствующую высоту экрана.

f) Если максимальное напряжение, подаваемое генератором сигналов, недостаточно, установить коэффициент усиления ультразвукового прибора с фазированной решеткой на 20 дБ выше минимального коэффициента усиления и выполнить необходимую коррекцию измерений.

g) Отключить испытательный сигнал от входа ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

h) Установить регуляторы усиления на максимальное усиление.

i) Если средний уровень шума превышает 5 % от FSH, уменьшать усиление до тех пор, пока средний уровень шума не составит 5 % от FSH.

g) Снова подключить испытательный сигнал к входу ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

k) Отрегулировать амплитуду входного сигнала так, чтобы он отображался на уровне 10 % от FSH.

l) Измерить амплитуду входного напряжения, *V*min (с учетом стандартной настройки аттенюатора).

m) Повторить это измерение для каждого канала приемника излучателя (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

[П](#bookmark51)рименимый динамический диапазон, GD, определяется по [формуле (4)](#bookmark51):

 (4)

Динамический диапазон ультразвукового прибора с фазированной решеткой характеризуется наименьшим значением дБ из динамических диапазонов, измеренных на всех каналах.

8.8.4.2 Критерий приемки

Динамический диапазон ультразвукового прибора с фазированной решеткой и Vmax ультразвукового прибора с фазированной решеткой должны быть больше или равны значению, указанному в технической спецификации производителя.

8.8.5 Входное сопротивление приемника

8.8.5.1 Процедура

Процедура измерения входного импеданса приемника выполняется следующим образом:

a) Определить действительную и мнимую части входного импеданса с помощью анализатора импеданса. Импульс передатчика отключается во время измерения входного импеданса.

b) Выполнить измерения на центральной частоте ультразвукового прибора с фазированной решеткой, применяя среднее усиление.

c) Повторить это измерение не менее чем на 10 % доступных каналов приемника (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется по крайней мере на шести каналах).

8.8.5.2 Критерий приемки

Модуль входного импеданса, полученный для каждого канала, должен находиться в пределах ±20 % от значения, указанного в технической спецификации производителя.

8.8.6 Временная регулировка чувствительности (TCG)

8.8.6.1 Общие положения

a) Эффективность временной регулировки чувствительности (TCG) или компенсации амплитуды расстояния проверяется путем сравнения теоретической кривой DAC (кривой «расстояние-амплитуда»), запрашиваемой оператором, с фактической кривой, генерируемой ультразвуковым прибором с фазированной решеткой.

b) Теоретическая кривая рассчитывается на основе информации, предоставленной производителем о работе средств управления TCG.

c) Это сравнивается с фактической кривой, которая измеряется по изменению амплитуды испытательного импульса (один цикл синусоиды) в ряде n позиций на горизонтальной временной базе, в течение которой TCG активна.

8.8.6.2 Процедура

Процедура измерений временной регулировки чувствительности выполняется следующим образом:

а) Активировать один канал.

b) Отключить функцию передачи используемого канала.

c) Подключить испытательное оборудование, как показано на [рисунке 4](#bookmark33).

d) Установить коэффициент усиления ультразвукового прибора с фазированной решеткой на минимальное значение, чтобы максимизировать динамический диапазон TCG.

e) Кривая, выбранная для этого испытания, должна иметь как можно более крутой наклон, если ультразвуковой прибор с фазированной решеткой позволяет регистрировать не менее 11 точек измерения через равные промежутки времени.

f) На протяжении всего испытания избегать насыщения усилителя, предшествующего цепи TCG.

g) Когда тестовый сигнал находится в позиции на горизонтальной временной базе непосредственно перед началом теоретической кривой, отрегулировать внешний стандартный аттенюатор так, чтобы амплитуда испытательного сигнала составляла 80 % от FSH, и установить стандартную настройку аттенюатора A0.

h) Если сигнал насыщен, уменьшить амплитуду испытательного сигнала и записать значение как высоту контрольного экрана, HR.

[i](#bookmark54)) Увеличить задержку испытательного сигнала, чтобы сдвинуть сигнал по временной базе на Δ*t*, как указано в [формуле (5)](#bookmark54):

 (5)

где

t0 – время в начале теоретической кривой;

*t*final – время в конце теоретической кривой;

n– число измерений, которое должно быть больше или равно 11.

j) Отрегулировать стандартный аттенюатор, чтобы установить испытательный сигнал на 80 % от FSH (или HR), и записать настройку аттенюатора, An.

k) Увеличить положение временной базы испытательного сигнала, увеличив временную задержку еще на Δ*t*, и снова записать настройку аттенюатора, *A*n, чтобы установить испытательный сигнал на 80 % от FSH (или *H*R).

l) Продолжать увеличивать временную задержку и регулировать стандартный аттенюатор, пока не будет выполнено n измерений.

m) После последнего измерения проверить TCG на насыщение, увеличив внешнее калиброванное ослабление на 6 дБ и убедившись, что сигнал находится между 38 % и 42 % от FSH (или *H*R/2 ± 2 %).

n) Если сигнал не находится в указанных пределах, уменьшить диапазон на At и повторить тест на насыщение.

o) Динамический диапазон TCG измеряется в точке, где насыщение больше не происходит.

p) Построить фактическую кривую DAC и теоретическую.

q) Повторить измерение на всех каналах приемника, обладающих TCG (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

8.8.6.3 Критерий приемки

Разница между теоретической кривой, запрошенной оператором, и фактической кривой не должна превышать ±2 дБ.

8.8.7 Разрешение временной задержки

8.8.7.1 Процедура

Испытание проводится только на одном канале.

a) Подключить испытательное оборудование, как показано на [рисунке 4](#bookmark33).

b) Синхронизировать генератор импульсов и генератор сигналов с помощью сигнала синхронизации ультразвукового прибора с фазированной решеткой (по умолчанию может использоваться передающий импульс первого канала с помощью схемы защиты, как показано на [рисунке 4](#bookmark33)).

c) Создать испытательный сигнал с одноцикловой синусоидой с помощью генератора сигналов.

d) Установить частоту испытательного сигнала на центральную частоту фильтра ультразвукового прибора с фазированной решеткой с самой широкой полосой.

e) Подключите испытательный сигнал к каналу 2.

f) Выбрать самую широкую полосу частот ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

g) Установив ультразвуковой прибор с фазированной решеткой на среднее усиление, отрегулировать амплитуду выходного сигнала генератора сигналов, пока амплитуда отображаемого сигнала на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой не составит 80 % от FSH.

h) Установить временную задержку базы ультразвукового прибора с фазированной решеткой на 0 мс.

i) Установить задержку приема на 0 для каждого канала.

j) Отрегулировать время задержки генератора импульсов так, чтобы сигнал отображался в центре временной базы.

k) Отрегулировать ширину временной базы ультразвукового прибора с фазированной решеткой таким образом, чтобы все испытательные сигналы, полученные в ходе испытания, оставались отображенными.

l) Увеличить временную задержку ультразвукового прибора с фазированной решеткой на один или несколько шагов, каждый из которых равен разрешению временной задержки, заявленному производителем, пока сигнал не будет смещен на временную базу.

m) Записать используемую задержку и соответствующее положение сигнала (можно использовать стробы).

n) Продолжать увеличивать временную задержку ультразвукового прибора с фазированной решеткой, чтобы поочередно получить пять смещений сигнала.

8.8.7.2 Критерий приемки

Разрешение временной задержки является приемлемым, если для всех пяти измерений максимальное отклонение положения сигнала от записанных значений меньше или равно временному разрешению ультразвукового прибора с фазированной решеткой, указанному в технической спецификации производителя.

8.8.8 Линейность вертикального отображения в экстремальных частотных диапазонах прибора

8.8.8.1 Процедура

Метод испытания линейности вертикального отображения приведен в пункте [9.4.6.1](#bookmark110).

Испытания проводятся на центральных частотах (*f*0) следующих аналоговых фильтров (как измерено в п. [9.4.2](#bookmark99)):

a) фильтр, включающий самую низкую центральную частоту ультразвукового прибора с фазированной решеткой;

b) фильтр, включающий самую высокую центральную частоту ультразвукового прибора с фазированной решеткой;

c) фильтр с наибольшей полосой пропускания ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

8.8.8.2 Критерий приемки

Для каждого значения частоты измеренные амплитуды должны находиться в пределах допусков, указанных в [таблице 7.](#bookmark111)

8.8.9 Суммирование

8.8.9.1 Общие положения

Это испытание предназначено для проверки способности ультразвукового прибора с фазированной решеткой суммировать сигналы при приеме.

8.8.9.2 Процедура

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Подключить испытательное оборудование, как показано на [рисунке 4](#bookmark33).

b) Синхронизировать генератор импульсов и генератор сигналов с помощью сигнала синхронизации ультразвукового прибора с фазированной решеткой (по умолчанию может использоваться передающий импульс первого канала с помощью схемы защиты, как показано на [рисунке 4](#bookmark33)).

c) Создать испытательный сигнал с одноцикловой синусоидой 5 МГц с помощью генератора сигналов.

d) Подавать одноцикловую синусоиду параллельно только на первые четыре канала.

e) Включить первые четыре канала на прием с задержкой в 1 мс между каждым, начиная с канала 1 (0 мс) и заканчивая каналом 4 (3 мс).

f) Установить усиление на минимум и отрегулировать амплитуду первого цикла синусоиды суммированного сигнала до 80 % от FSH, используя генератор сигналов.

g) Измерить изменение амплитуды относительно 80 % FSH для трех других сигналов.

h) Измерить временные позиции максимумов трех других сигналов.

i) Определить изменение времени между двумя последовательными сигналами.

8.8.9.3 Критерии приемки

a) Максимальное изменение амплитуды менее ±2 дБ.

b) Максимальное изменение времени меньше или равно временному разрешению ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

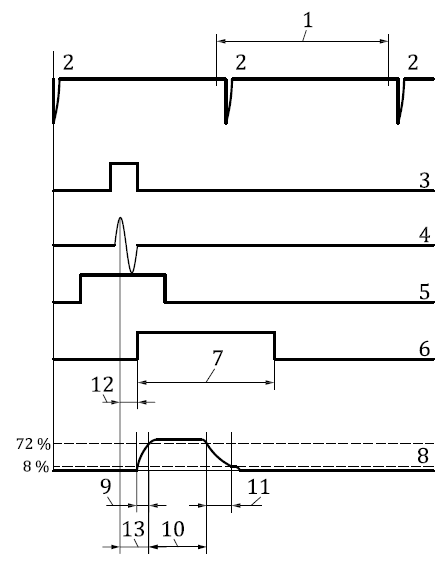
Примечание – Максимальное отклонение амплитуды включает в себя отклонение канала, измеренное в пункте [9.4.5](#bookmark107), увеличенное на допуск ±0,5 дБ.

8.9 Стробы

8.9.1 Общие положения

Для всех испытаний стробов использовать установку оборудования, как показано на [рисунке 4](#bookmark33).

Генераторы позволяют этой установке генерировать испытательный сигнал, как показано на [рисунке 8](#bookmark60).

****

Условные обозначения

1 ширина экрана

2 импульс передатчика

3 сигнал разрешения испытания

4 испытательный сигнал

5 строб монитора

6 переключаемый сигнал строба монитора

7 время удержания переключаемого сигнала строба монитора

8 пропорциональный выход стробов

9 время нарастания

10 время удержания

11 время спада

12 время задержки цифрового выхода

13 время задержки аналогового выхода

Рисунок 8 – Временная диаграмма сигналов, используемых для испытания строба монитора

8.9.2 Линейность амплитуды затвора

8.9.2.1 Процедура

Процедура измерения линейности амплитуды строба выполняется следующим образом:

a) Запрограммировать ультразвуковой прибор с фазированной решеткой с одним активным каналом передатчика и одним другим активным каналом приемника.

b) Используя установку, показанную на [рисунке 4](#bookmark33), сгенерировать испытательный импульс, синхронизированный с импульсом передатчика.

c) Выбрать настройку, при которой регуляторы усиления находятся в середине своего диапазона, и настройку самой широкой полосы ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

d) Отрегулировать запуск испытательного сигнала таким образом, чтобы получить сигнал для каждого импульса передатчика.

e) Отрегулировать амплитуду испытательного сигнала, чтобы получить индикацию на уровне 80 % FSH от строба ультразвукового прибора с фазированной решеткой, называя это опорной амплитудой.

f) Поэтапно изменять амплитуду испытательного сигнала в соответствии с относительным затуханием, указанным в [таблице 4](#bookmark62).

g) Записать отклонение значения амплитуды в стробе от номинального значения (см. [таблицу 4](#bookmark62)).

h) Если ультразвуковой прибор с фазированной решеткой может измерять амплитуду сигнала выше 100 % FSH (с использованием строба), [таблица 4](#bookmark62) должна быть соответственно расширена до максимально возможного измерения с шагом 2 дБ.

Таблица 4 – Ожидаемая амплитуда строба монитора для заданных настроек аттенюатора

|  |  |
| --- | --- |
| Относительное затухание  дБ | Номинальное значение  % от FSH |
| 1 | 90 |
| 0 | 80 |
| -2 | 64 |
| -4 | 50 |
| -6 | 40 |
| -8 | 32 |
| -10 | 25 |
| -12 | 20 |
| -14 | 16 |
| -16 | 13 |
| -18 | 10 |

8.9.2.2 Критерий приемки

[Р](#bookmark62)езультаты измерений равны номинальным значениям, указанным в [таблице 4](#bookmark62), в пределах ±2 % FSH

8.9.3 Линейность времени пролета в затворе

8.9.3.1 Процедура

Процедура измерения линейности времени пролета в стробе выполняется следующим образом.

a) Для генерации испытательного сигнала для каждого импульса передатчика должна использоваться установка оборудования, показанная на [рисунке 4](#bookmark33).

b) Выбрать среднее положение усиления и настройку самой широкой полосы ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

c) Отрегулировать запуск испытательного сигнала таким образом, чтобы получить сигнал для каждого импульса передатчика.

d) Отрегулировать амплитуду сигнала с помощью центральной частоты, *f*0, таким образом, чтобы получить индикацию на уровне 80% от FSH.

e) Установить временную базу от 0 до 40 мс. Отрегулировать строб монитора от 5 мс до 35 мс и высоту на уровне 50 % от FSH.

f) Расположить испытательный сигнал в первой пятой части ширины экрана, считать значение времени пролета (*t*TOF) со строба ультразвукового прибора с фазированной решеткой и принимать его за опорное значение.

g) С помощью генератора импульсов изменить время пролета испытательного сигнала с шагом в соответствии с задержкой, указанной в [таблице 5](#bookmark64).

h) Записать отклонение значения времени пролета tTOF в стробе от номинального значения tTOF, см. [таблицу 5](#bookmark64).

Таблица 5 – Ожидаемое время пролета в стробе монитора для заданных положений по ширине экрана

|  |  |
| --- | --- |
| Положение по ширине экрана % | Номинальное значение времени полета tTOF  мс |
| 20 | Стандарт |
| 40 | Эталонная величина + 8 мс |
| 60 | Эталонная величина + 16 мс |
| 80 | Эталонная величина + 24 мс |

8.9.3.2 Критерий приемки

[Ре](#bookmark64)зультаты измерений должны находиться в пределах ±40 нс от значений, указанных в [таблице 5.](#bookmark64)

8.9.4 Стробы монитора с аналоговыми выходами

8.9.4.1 Импеданс аналогового выхода

8.9.4.1.1 Процедура

Процедура измерения импеданса аналогового выхода выполняется следующим образом:

a) Выбрать настройку, при которой регуляторы усиления находятся в середине своего диапазона, и настройку самой широкой полосы ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

b) Настроить триггер измерительного сигнала таким образом, чтобы измерительный сигнал с несущей частотой, *f*0, измеренной в п. [9.4.2](#bookmark99), генерировался при каждом импульсе передатчика.

c) Установить амплитуду измерительного сигнала для получения индикации при 80 % FSH и измерить выходное напряжение, Vo.

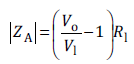
d) Замкнуть аналоговый выход резистором со значением Rl, удовлетворяющим [формуле (6)](#bookmark67):

 (6)

где *I*max – максимальный ток, который может управляться аналоговым выходом.

e) Записать измененное выходное напряжение, Vl.

f) Рассчитать резистивную часть выходного импеданса, используя [формулу (7)](#bookmark68):

 (7)

8.9.4.1.2 Критерий приемки

Измеренный выходной импеданс должен оставаться в пределах, указанных в технической спецификации производителя.

8.9.4.2 Линейность аналогового выхода

8.9.4.2.1 Процедура

Процедура измерения линейности аналогового выхода выполняется следующим образом:

a) Выбрать настройку, при которой регуляторы усиления находятся в середине своего диапазона, и настройку самой широкой полосы ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

b) Отрегулировать запуск испытательного сигнала таким образом, чтобы получить сигнал для каждого импульса передатчика.

c) Отрегулировать амплитуду испытательного сигнала так, чтобы он давал индикацию при 80 % FSH, и измерить напряжение на аналоговом выходе, назвав его опорным напряжением.

d) Выходное напряжение, обеспечивающее индикацию на FSH, должно быть в 1,25 раза больше опорного напряжения.

e) Поэтапно изменять амплитуду испытательного сигнала в соответствии с [таблицей 6.](#bookmark70)

f) Записать отклонение выходного напряжения от номинального значения.

8.9.4.2.2 Критерий приемки

Результат измерения должен оставаться в пределах, указанных в технической спецификации производителя.

8.9.4.3 Влияние положения сигнала в затворе

8.9.4.3.1 Процедура

Процедура влияния положения сигнала внутри строба выполняется следующим образом:

a) Для генерации испытательного сигнала для каждого импульса передатчика должна использоваться установка оборудования, показанная на [рисунке 4](#bookmark33).

b) Выбрать среднее положение усиления и настройку самой широкой полосы ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

c) Отрегулировать амплитуду сигнала с помощью центральной частоты, *f*0, таким образом, чтобы получить индикацию на уровне 80% от FSH.

d) Расположить испытательный сигнал в первой пятой, в центре, затем в последней пятой части строба и измерить напряжение на аналоговом выходе.

Таблица 6 – Ожидаемое выходное напряжение для заданных настроек аттенюатора

|  |  |
| --- | --- |
| Относительное затухание  дБ | Номинальное значение  % от FSH выходного напряжения |
| +1 | 90 |
| 0 | 80 |
| -2 | 64 |
| -4 | 50 |
| -6 | 40 |
| -8 | 32 |
| -10 | 25 |
| -12 | 20 |
| -14 | 16 |
| -16 | 13 |
| -18 | 10 |

8.9.4.3.2 Критерий приемки

Результаты измерений должны оставаться в пределах, указанных в технической спецификации производителя.

8.9.4.4 Время нарастания, спада, задержки и удержания аналогового выхода

8.9.4.4.1 Процедура

Процедура измерений выполняется следующим образом:

a) Установка оборудования, показанная на [рисунке 4](#bookmark33), используется для настройки запуска испытательного сигнала таким образом, чтобы получить сигнал для каждого импульса передатчика.

b) Также использовать среднее положение усиления, самую широкую настройку диапазона ультразвукового прибора с фазированной решеткой и тестовый сигнал с несущей частотой, *f*0, измеренной в п. [9.4.2](#bookmark99).

c) Отрегулировать испытательный сигнал таким образом, чтобы на аналоговом выходе появилось напряжение, равное 80 % выходного напряжения для FSH.

d) Изменить запуск испытательного сигнала таким образом, чтобы на аналоговом выходе между двумя последовательными импульсами наблюдалось минимальное выходное напряжение (например, за импульсом передатчика, создающим испытательный сигнал, следует примерно тысяча импульсов, в течение которых сигнал не создается).

e) Время нарастания, спада, задержки и удержания измеряются и записываются следующим образом:

1) время нарастания задается как интервал времени, в течение которого выходное напряжение увеличивается от 8 % до 72 % выходного напряжения на FSH (см. [рисунок 8](#bookmark60)); эти значения эквивалентны 10 % и 90 % выходного сигнала, создаваемого испытательным сигналом;

2) время спада задается как интервал времени, в течение которого выходное напряжение снижается с 72 % до 8 % от выходного напряжения FSH (см. [рисунок 8](#bookmark60));

3) время задержки задается как интервал времени от пика испытательного сигнала до момента, когда выходное напряжение превысит 72 % (см. [рисунок 8](#bookmark60));

4) время удержания задается как интервал времени, в течение которого выходное напряжение находится выше 72 % от выходного напряжения FSH, после окончания испытательного сигнала (см. [рисунок 8](#bookmark60)).

8.9.4.4.2 Критерий приемки

Результаты измерений должны оставаться в пределах, указанных в технической спецификации производителя.

8.10 Самая высокая цифровая частота

8.10.1 Процедуры

8.10.1.1 Общие положения

Это испытание определяет самую высокую цифровую частоту (*f*h) в полосе пропускания ультразвукового прибора с фазированной решеткой, при которой сигнал не зависит от его положения на временной базе. *f*h – это наивысшая частота, на которой вариация меньше ±5 % от FSH.

Выбрать один из методов, указанных в пунктах [8.10.1.2](#bookmark75) и [8.10.1.3](#bookmark77).

8.10.1.2 Метод А

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Запрограммировать ультразвуковой прибор с фазированной решеткой с одним активным каналом передатчика и одним другим активным каналом приемника.

b) Используя установку, показанную на [рисунке 4](#bookmark33), сгенерировать испытательный импульс, синхронизированный с импульсом передатчика.

c) Установить значение задержки сигнала, *t*, на *t*0, больше значения времени простоя приемника, измеренного в п. [8.8.3.](#bookmark46)

d) Установить частоту генератора сигналов на верхнем пределе 3 дБ, *f*u, измеренном в п. [9.4.2](#bookmark99), для фильтра с наибольшей полосой пропускания, включая самую высокую частоту.

e) Настроить генератор сигналов на получение одноцикловой синусоидальной волны с амплитудой 80% от значения FSH.

[f](#bookmark76)) Используя переменную временную задержку, увеличить t на следующий небольшой шаг, как указано в [формуле (8)](#bookmark76):

 (8)

где *f*u – верхний частотный предел на уровне -3 дБ для фильтра, как измерено в п. [9.4.2.](#bookmark99)

g) На каждом приращении *Δ*t измерить амплитуду сигнала на ультразвуковом приборе с фазированной решеткой.

h) Продолжать увеличивать временную задержку и измерять амплитуду, пока не будет записано 30 измерений (т.е. три периода).

i) Сигнал не должен изменяться более чем на ±5% от FSH, от наибольшей до наименьшей зарегистрированной амплитуды.

j) Если отклонение больше, повторить испытание, уменьшая частоту испытательного сигнала, пока не будет достигнуто отклонение ±5 % от FSH.

8.10.1.3 Метод В

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Установить ультразвуковой прибор с фазированной решеткой в режим отдельного передатчика-приемника, используя установку, показанную на [рисунке 4.](#bookmark33)

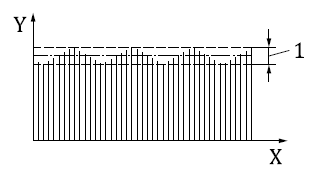
b) Откалибровать экран ультразвукового прибора с фазированной решеткой от 0 до 25 мс на полной шкале.

c) Затем отрегулировать смещение нуля так, чтобы деление нулевого экрана начиналось намного позже времени простоя, определенного в п. [8.8.3.](#bookmark46)

d) Установить частоту генератора сигналов на fu, как определено в п. [9.4.2](#bookmark99), для выбранной настройки фильтра ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

e) Настроить генератор сигналов таким образом, чтобы получить непрерывную синусоидальную волну со средней амплитудой 80 % от FSH.

f) Записать минимальную и максимальную амплитуды сигнала, отображаемые на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой, как показано на [рисунке 9.](#bookmark78)

******

Условные обозначения

X время

Y высота экрана

1 ошибка выборки оцифровки

Рисунок 9 – Форма волны, используемая в методе B для измерения ошибки выборки оцифровки

g) Для этого измерения важно, чтобы частота, генерируемая генератором сигналов, не была синхронизирована с тактовой частотой ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

Это можно проверить, установив частоту генератора сигналов на частоту *f*u – 0,1 МГц.

h) Снова отметить минимальную и максимальную амплитуды сигнала, отображаемые на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

i) Наблюдаемые значения не должны измениться из-за этой небольшой вариации частоты.

j) Записать наименьшую минимальную амплитуду, наибольшую максимальную амплитуду и используемую частоту сигнала.

8.10.2 Критерий приемки

Измеренная частота, *f*h, должна равняться или не превышать значение, указанное в технической спецификации производителя.

8.11 Время отклика ультразвукового прибора с фазированной решеткой

8.11.1 Общие положения

Дисплеи имеют ограниченную частоту обновления, и она может не соответствовать частоте повторения ультразвуковых импульсов *f*R. Поэтому переходные эхо-сигналы, которые обнаруживаются только в течение короткого периода времени, могут не отображаться на экране с полной амплитудой.

Целью этого испытания является измерение времени, в течение которого переходное эхо должно быть обнаружено, прежде чем оно отобразится на экране прибора с ультразвуковой фазированной решеткой при 90 % его полной амплитуды.

8.11.2 Процедура

Испытание выполняется при работе с одним каналом.

a) Использовать установку, как показано на [рисунке 4](#bookmark33), для получения одноциклового синусоидального тестового сигнала с частотой, *f*u, измеренной в п. [9.4.2,](#bookmark99) для фильтра с наибольшей полосой пропускания, включающей самую высокую частоту.

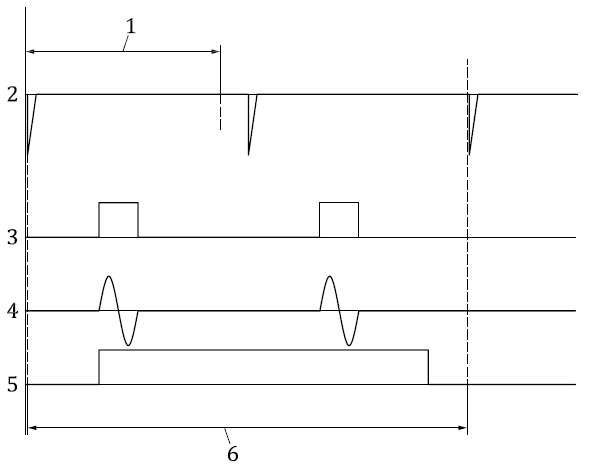
b) Отрегулировать усиление ультразвукового прибора с фазированной решеткой до середины его динамического диапазона, а амплитуду тестового импульса до 80 % от FSH.

c) Установить частоту повторения импульсов на средний диапазон.

d) Установить генератор импульсов для получения однократного импульса, после чего генератор импульсов потребует перезарядки перед генерацией следующего импульса (для запуска генератора сигналов).

После подачи испытательного сигнала на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой должна появиться индикация при 80 % FSH.

e) Если эхо не появляется или амплитуда не находится в диапазоне между 75 % и 85 % от FSH, увеличить количество выстрелов (путем увеличения ширины строба испытательного сигнала, используемого для включения генератора сигналов, как показано на [рисунке 10](#bookmark83), или путем установки генератора импульсов в многоцикловый режим), пока сигнал не будет находиться в диапазоне между 75 % и 85 % от FSH.

****

Условные обозначения

1 ширина экрана

2 импульс передатчика

3 разрешающие испытательные сигналы

4 испытательный сигнал

5 строб испытательного сигнала

6 время отклика

Рисунок 10 – Временная диаграмма, показывающая, как измерить время отклика цифровых ультразвуковых приборов

f) Измерить время отклика (*t*RT) ультразвукового прибора с фазированной решеткой путем измерения времени от начала импульса излучателя, запускающего стробирование тестового сигнала, до начала импульса излучателя после окончания стробирования тестового сигнала, как показано на [рисунке 10](#bookmark83).

g) Повторить это испытание для каждой настройки для соответствующих параметров, влияющих на время отклика ультразвукового прибора с фазированной решеткой, таких как максимальный диапазон или максимальная частота повторения импульсов.

8.11.3 Критерий приемки

Измеренное время отклика должно быть в пределах допуска, указанного в спецификации производителя.

9 Испытания группы 2

9.1 Оборудование, необходимое для испытаний группы 2

Оборудование, необходимое для испытаний группы 2 на ультразвуковых приборах с фазированной решеткой, включает следующие пункты или функции:.

а) Осциллограф с минимальной полосой пропускания 100 МГц;

b) нереактивный резистор (50 ± 0,5) Ом;

c) стандартный аттенюатор 50 Ом, с шагом 1 дБ и общим диапазоном 100 дБ. Аттенюатор должен иметь кумулятивную ошибку меньше, чем 0,3 дБ в любом диапазоне 10 дБ для сигналов с частотой до 15 МГц;

d) генератор произвольной формы сигнала, способный создавать стробированные всплески синусоидальных сигналов;

e) генератор сигнала, способный создавать определенный синусоидальный сигнал или синусоидальный импульсный сигнал.

Примечание – Генератор сигналов произвольной формы может использоваться для замены одного или обоих перечисленных выше генераторов благодаря своей многофункциональной конструкции.

Все испытания группы 2 используют электронные средства для генерации требуемых сигналов.

Характеристики и стабильность используемого оборудования должна быть достаточной для целей испытаний.

9.2 Физическое состояние и внешние факторы

9.2.1 Процедура

Визуально осмотреть снаружи ультразвуковой прибор с фазированной решеткой на предмет физического повреждения, который может повлиять на его текущую работу или будущую надежность.

9.2.2 Критерии приемки

Оборудование считается приемлемым, если не отмечено никаких физических повреждений.

9.3 Передатчик

9.3.1 Общие положения

[9](#bookmark95)[.3.2](#bookmark92) и [9.3.3](#bookmark95) содержат испытания формы импульсов передатчика и временных задержек.

9.3.2 Напряжение импульса передатчика, время нарастания и длительность

9.3.2.1 Процедура

Процедура измерений выполняется следующим образом:

a) Перед подключением осциллографа убедиться, что вход не поврежден высоким напряжением передатчика.

b) Провести измерения при типичном импульсном напряжении и ширине импульса и максимальной частоте повторения импульсов. Эти типичные значения указываются производителем.

c) Сообщить параметры, отображаемые на используемом ультразвуковом приборе с фазированной решеткой.

d) Для измерений на отдельных каналах подключить нереактивный резистор 50 Ом через выходное гнездо передатчика.

e) Для измерений с одновременно активированными каналами используются только внутренние оконечные резисторы.

f) С помощью осциллографа измерить

1) время нарастания импульса от 10 % до 90 % амплитуды,

2) длительность импульса при 50 % амплитуды, и

3) импульсное напряжение передатчика.

Примечание – Измеренное время нарастания включает в себя время нарастания, присущее осциллографу и датчику, при использовании.

g) Фактическое время нарастания *t*r ультразвукового прибора с фазированной решеткой задается [формулой (9)](#bookmark93):

*t*r2 = *t*m2 – *t*s2 (9)

где

tm – измеренное время нарастания в наносекундах;

ts – время нарастания осциллограммы в наносекундах.

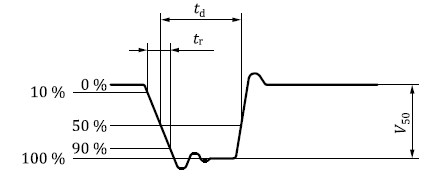
h) Измерения, которые необходимо выполнить для сигнала передатчика, показаны на [рисунке 11.](#bookmark94)

i) Повторить измерение импульсного напряжения излучателя на всех отдельных каналах излучателя (например, на мультиплексированном ультразвуковом приборе с фазированной решеткой 16/64 измерение выполняется на 64 каналах).

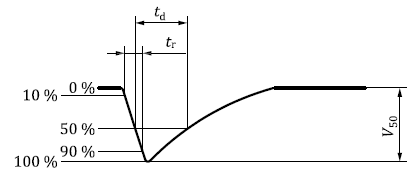
j) Повторить измерение импульсного напряжения излучателя при активации всех каналов излучателя, которые могут быть активированы одновременно (например, на мультиплексированном ультразвуковом приборе с фазированной решеткой 16/64 измерение выполняется на группе из 16 активированных каналов).

k) Повторить измерение времени нарастания и длительности импульса на каналах передатчика, которые могут быть активированы одновременно (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

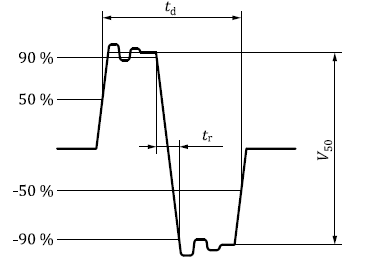
l) Изменение амплитуды импульсов передатчика задается измерениями напряжения передатчика для каждого канала.

****

а) Прямоугольный импульс

****

b) Единичный импульс

****

c) Биполярный импульс

Условные обозначения

tr время нарастания импульса

td длительность импульса

V50 импульсное напряжение передатчика

Рисунок 11 – Измеряемые параметры импульсов передатчика

9.3.2.2 Критерии приемки

Должны соблюдаться следующие критерии:

a) Импульсные напряжения передатчика (нагруженные, т.е. *V*50) каждого отдельно измеряемого канала находится в пределах ±10 % от напряжения, указанного в технической спецификации производителя.

b) Напряжение импульсов передатчика (без внешней нагрузки) каждого из одновременно включенных каналов находится в пределах ±10 % от напряжения, указанного в технической спецификации производителя.

c) Время нарастания импульса, tr, каждого отдельно измеряемого канала должно быть короче максимального значения, указанного в технической спецификации производителя.

d) Для прямоугольных и биполярных форм импульсов длительность импульса, td, каждого отдельно измеренного канала должна быть в пределах ±10 % от значения, указанного в технической спецификации производителя.

e) При использовании единичного импульса длительность импульса, *t*d, должна быть меньше максимального значения, указанного в технической спецификации производителя, а разброс между каналами должен быть в пределах допуска ±20 %.

9.3.3 Линейность временных задержек

9.3.3.1 Процедура

Процедура измерения линейности временных задержек выполняется следующим образом:

a) Выберите максимальное количество каналов, которые могут быть активированы одновременно.

b) Установить амплитуду импульса передатчика на промежуточное значение.

c) Установить задержку передачи на ноль для каждого канала.

d) Синхронизировать осциллограф с помощью сигнала синхронизации ультразвукового прибора с фазированной решеткой

Примечание – По умолчанию можно использовать импульс из первого канала.

e) Измерить на осциллографе время *t*P0 между сигналом синхронизации и импульсом от проверяемого канала.

f) Применить девять задержек передачи к проверенному каналу с шагом, равным 10 % от максимальной задержки передачи из спецификации.

Эти девять задержек передачи соответствуют девяти целевым временным задержкам.

g) Для каждой целевой временной задержки (*t*Target *i*) измерить на осциллографе время (*t*Pi) между сигналом синхронизации и импульсом и рассчитать разницу, tdif, используя [формулу (10)](#bookmark96):

** (10)

h) Повторить измерения для определения разности времени (tdif) на всех каналах излучателя, которые могут быть активированы одновременно (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

9.3.3.2 Критерий приемки

Максимальная разница (tdif) составляет менее 1% от значения максимальной временной задержки, указанной в технической спецификации производителя.

9.4 Приемник

9.4.1 Общие положения

В этом подпункте приводятся испытания для измерения частотной характеристики, изменения усиления канала, эквивалентного входного шума, линейности усиления, линейности вертикального отображения и линейности временных задержек.

9.4.2 Частотная характеристика

9.4.2.1 Процедура

Условия измерения должны быть следующими:

– один активный канал;

– все измерения проводились в среде 50 Ом;

– все передатчики отключены.

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Используя схему, показанную на [рисунке 4](#bookmark33), подключить первый канал к синусоидальному напряжению с помощью генератора сигналов.

b) Установить амплитуду синусоидального сигнала на входе прибора с фазированной решеткой, чтобы получить сигнал 80% FSH при средней настройке усиления.

c) Если ультразвуковой прибор с фазированной решеткой обеспечивает переменную фильтрацию сигнала, обработку, отличную от фильтрации полосы пропускания, например, сглаживание или алиасинг, он должен отключаться.

d) Выбрать по очереди каждую полосу частот, определяемую аналоговыми фильтрами.

e) Для каждого диапазона изменять частоту входного сигнала в рабочем диапазоне ультразвукового прибора с фазированной решеткой и отметить частоту (*f*max), дающую максимальную амплитуду сигнала, отображаемую на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой, а также высоту этого уровня (*A*max).

Примечание – Цифровые фильтры считаются стабильными, поэтому не нуждаются в проверке.

f) Необходимо убедиться, что усилитель не перегружен и что амплитуда входного сигнала, отображаемая на осциллографе, остается постоянной.

g) Поочередно увеличивать и уменьшать частоту, от *f*max, с небольшим шагом, не превышающим 5 % от номинальной полосы пропускания, и отмечать верхнюю (*f*u) и нижнюю (*f*l) частоты (пределы -3 дБ), при которых отображаемая высота на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой на 3 дБ ниже максимальной высоты, *A*max.

При этом необходимо убедиться, что входной сигнал на калиброванный внешний аттенюатор постоянен.

Для *f*l, fmax и *f*u см. [рисунок 12.](#bookmark102)

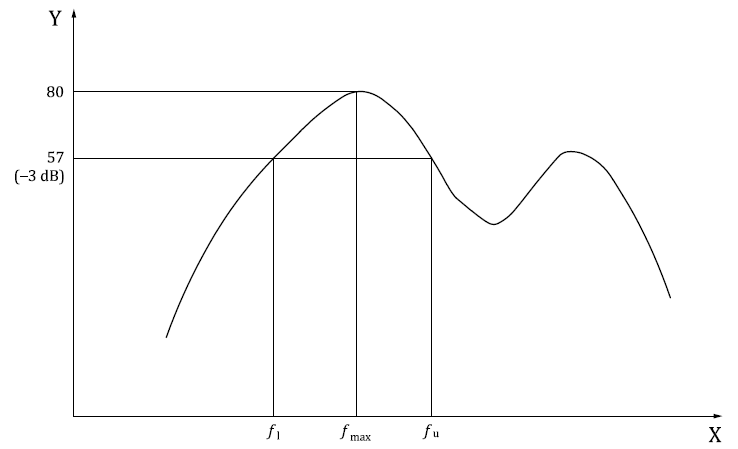
h) Рассчитать центральную частоту (*f*0) для каждой полосы частот, используя [формулу (11)](#bookmark100):

 (11)

[i](#bookmark101)) Рассчитать полосу пропускания A/(между границами -3 дБ) каждого частотного диапазона, используя [формулу (12)](#bookmark101):

 (12)

j) Повторить это измерение на каналах, которые могут быть одновременно активны (например, для ультразвукового прибора типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

****

Условные обозначения

X частота

Y амплитуда, % от FSH

fl нижний частотный предел на уровне -3 дБ

fmax частота с максимальной амплитудой в частотном спектре

fu верхний частотный предел на уровне -3 дБ

Рисунок 12 – Частотные характеристики приемника

9.4.2.2 Критерии приемки

a) Центральная частота *f*0 должна находиться в пределах ±10 % от значения, указанного в технической спецификации производителя или обозначенного на регуляторе.

b) Полоса пропускания Δ*f* должна находиться в пределах ±10 % от полосы пропускания, указанной в технической спецификации производителя.

9.4.3 Эквивалентный входной шум

9.4.3.1 Процедура

Условия измерения должны быть следующими:

– один активный канал;

– все измерения проводились в среде 50 Ом;

– все передатчики отключены.

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Использовать схему, показанную на [рисунке 4](#bookmark33).

b) Провести измерения эквивалентного входного шума следующим образом для наибольшей полосы пропускания, используя сигнал на центральной частоте, *f*0, полосы.

c) Установить ультразвуковой прибор с фазированной решеткой на максимальное усиление.

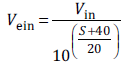
d) Отключить входной сигнал и обратить внимание на уровень шума на ультразвуковом приборе с фазированной решеткой.

e) Уменьшить усиление на 40 дБ и снова подключить входной сигнал.

f) Отрегулировать калиброванный внешний аттенюатор и (или) уровень входного сигнала, пока радиочастотные импульсы не появятся на том же уровне, что и предыдущий уровень шума.

g) Измерить входной сигнал, *V*in, в вольтах от пика до пика с осциллографа и ослабление калиброванного внешнего аттенюатора (*S*, дБ).

h) Рассчитать эквивалентный входной шум, *V*ein, (в вольтах), используя [формулу (13)](#bookmark104):

 (13)

i) Рассчитать уровень шума на корень полосы пропускания, используя [формулу (14)](#bookmark105):

 (14)

где *f*u и *f*l – частоты, измеренные в п. [9.4.2](#bookmark99).

j) Повторить это измерение на каналах, которые могут быть одновременно активны (например, для ультразвукового прибора типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

9.4.3.2 Критерий приемки

Измеренные значения должны быть меньше значения, указанного в технической спецификации производителя.

9.4.4 Линейность усиления

9.4.4.1 Процедура

Условия измерения должны быть следующими:

– активен один канал;

– все измерения проводились в среде 50 Ом;

– все передатчики отключены.

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Используя схему, показанную на [рисунке 4](#bookmark33), подключить первый канал к синусоидальному сигналу от генератора сигналов на центральной частоте (*f*0) наибольшей полосы пропускания, измеренной в п. [9.4.2](#bookmark99).

b) Установить усиление ультразвукового прибора с фазированной решеткой на минимум и отрегулировать опорный сигнал, вырабатываемый генератором сигналов, чтобы он отображался без насыщения.

c) Увеличить коэффициент усиления ультразвукового прибора с фазированной решеткой на достаточное количество шагов во всем диапазоне изменения.

d) Для каждого значения усиления отрегулировать калиброванный внешний аттенюатор, чтобы поддерживать сигнал на постоянной высоте.

e) Для каждого приращения отметить отклонение (в дБ) между значением коэффициента усиления и значением внешнего аттенюатора.

f) Повторить это измерение на каналах, которые могут быть одновременно активны (например, для прибора типа 16/64 с мультиплексированной ультразвуковой фазированной решеткой измерение должно быть выполнено на 16 каналах) и для каждой полосы частот, определенной аналоговыми фильтрами.

g) Поскольку шум может возникать при высоких уровнях усиления, измерения проводятся в диапазоне усиления, указанном в спецификации производителя.

9.4.4.2 Критерии приемки

Должны соблюдаться следующие критерии:

a) отклонение усиления не должно превышать ±0,5 дБ в любом последовательном интервале 1 дБ в диапазоне усиления, указанном в технической спецификации производителя;

b) отклонение усиления не должно превышать ±1 дБ в любом последовательном интервале 20 дБ в диапазоне усиления, указанном в технической спецификации производителя;

c) отклонение усиления не должно превышать ±2 дБ в диапазоне усиления, указанном в технической спецификации производителя.

9.4.5 Изменение коэффициента канала

9.4.5.1 Процедура

Условия измерения должны быть следующими:

– один активный канал;

– все измерения проводились в среде 50 Ом;

– все передатчики отключены.

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Использовать схему, показанную на [рисунке 4](#bookmark33).

b) Включить канал 1 и, подключив генератор сигналов, подать синусоидальный сигнал с частотой (*f*0), которая соответствует центральной частоте самой широкой полосы.

c) Установить коэффициент усиления ультразвукового прибора с фазированной решеткой на средний диапазон.

d) Отрегулировать сигнал с генератора сигналов таким образом, чтобы пиковая амплитуда сигнала с канала 1 составляла 80% от FSH.

e) Измерить амплитуду синусоиды на А-скане.

f) Повторить это измерение на всех каналах (например, для ультразвукового прибора типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 64 каналах).

g) *A*max и *A*min соответствуют максимальной и минимальной зарегистрированным амплитудам соответственно.

h) Рассчитать изменение коэффициента усиления канала ультразвукового прибора с фазированной решеткой, используя [формулу (15)](#bookmark108):

 (15)

9.4.5.2 Критерий приемки

Значение изменения коэффициента усиления канала ультразвукового прибора с фазированной решеткой должно составлять менее 3 дБ.

9.4.6 Линейность вертикального отображения

9.4.6.1 Процедура

Условия измерения должны быть следующими:

– активен один канал;

– все измерения проводились в среде 50 Ом;

– все передатчики отключены.

Процедура измерения выполняется следующим образом:

a) Используя схему, показанную на [рисунке 4](#bookmark33), подключить первый канал к синусоидальному сигналу с центральной частотой (*f*0), входящему в самую широкую полосу пропускания имеющихся фильтров (как измерено в п. [9.4.2](#bookmark99)), с помощью генератора сигналов.

b) Установить внешний калиброванный аттенюатор на низкое значение X, например, 4 дБ (см. [таблицу 7](#bookmark111)) и отрегулировать входной сигнал и усиление ультразвукового прибора с фазированной решеткой так, чтобы сигнал был на уровне 80 % от FSH.

c) Сообщить соответствующую настройку усиления (опорное усиление).

d) Не изменяя усиления ультразвукового прибора с фазированной решеткой, установить калиброванный внешний аттенюатор на значения, указанные в [таблице 7](#bookmark111).

e) Для каждой настройки измерить амплитуду сигнала на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой.

f) Если прибор может измерять амплитуду сигнала выше 100 % от FSH (с использованием строба), [таблица 7](#bookmark111) должна быть соответственно расширена до максимально возможного измерения.

g) Повторить это измерение на каналах, которые могут быть одновременно активны (например, для ультразвукового прибора типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

Таблица 7 – Уровни приемки для линейности вертикального дисплея

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Настройка внешнего аттенюатора  дБ | Целевая амплитуда на экране  % от FSH | Допустимая амплитуда, % от FSH |
| X – 2 | 100 | 98 – 102 |
| X – 1 | 90 | 88 – 92 |
| X | 80 | Опорная линия |
| X + 2 | 64 | 62 – 66 |
| X + 4 | 50 | 48 – 52 |
| X + 6 | 40 | 38 – 42 |
| X + 10 | 25 | 23 – 27 |
| X + 12 | 20 | 18 – 22 |
| X + 18 | 10 | 8 – 12 |
| X + 24 | 5 | 3 – 7 |

9.4.6.2 Критерий приемки

[Д](#bookmark111)ля каждой настройки измеренная амплитуда должна находиться в пределах допусков, указанных в [таблице 7](#bookmark111).

9.4.7 Линейность временной задержки

9.4.7.1 Процедура

Процедура измерения линейности временной задержки выполняется следующим образом:

a) Синхронизировать генератор импульсов и генератор сигналов с помощью сигнала синхронизации ультразвукового прибора с фазированной решеткой (по умолчанию может использоваться импульс первого канала).

b) Создать испытательный сигнал с одноцикловой синусоидой с помощью генератора сигналов.

c) Установить частоту испытательного сигнала на центральную частоту фильтра ультразвукового прибора с фазированной решеткой с самой широкой полосой.

d) Установив ультразвуковой прибор с фазированной решеткой на среднее усиление, отрегулировать амплитуду выходного сигнала генератора сигналов, пока амплитуда отображаемого сигнала на экране ультразвукового прибора с фазированной решеткой не составит 80 % от FSH.

e) Установить задержку временной базы ультразвукового прибора с фазированной решеткой на 0 мс и подключить испытательный сигнал к прибору.

f) Запрограммировать задержку приема на 20 % от максимальной задержки приема, *t*Target 0.

g) Отрегулировать ширину временной базы ультразвукового прибора с фазированной решеткой, чтобы обеспечить отображение сигнала для максимальной задержки.

h) Измерить опорное временя *t*P 0, испытательного сигнала (например, с помощью строба), соответствующего целевой задержки времени, *t*Target 0.

i) Четыре последовательные задержки приема применяются с шагом, равным 20 % от максимальной задержки приема по спецификации.

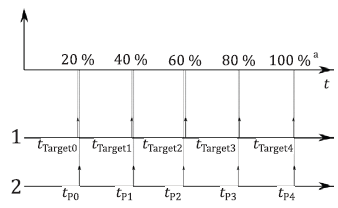
j) Эти четыре задержки приема должны соответствовать четырем целевым задержкам времени, *t*Target *i*.

k) Для каждой целевой задержки времени (*t*Target измерить (например, с помощью строба) время, *t*P *i*, между опорным временем tP0 и импульсом.

l) Вычислить разности (см. [рисунок 13](#bookmark114)), используя [формулу (16)](#bookmark113):

 (16)

m) Повторить измерения разности времени (tdif) на всех каналах приемника, которые могут быть активированы одновременно (например, на ультразвуковом приборе типа 16/64 с мультиплексированной фазированной решеткой измерение выполняется на 16 каналах).

****

Условные обозначения

1 программируемые значения

2 измеренные значения

a максимальной задержки приема.

Рисунок 13 – Процедура измерения линейности временных задержек приемника

9.4.7.2 Критерий приемки

Максимальное абсолютное значение разницы, tdif, должно быть меньше или равно 1% от значения максимальной временной задержки или временного разрешения ультразвукового прибора с фазированной решеткой, указанного в технической спецификации производителя.

# **Приложение В.А**

*(информационное)*

**Таблица В.А.1 – Сведения о соответствии стандартов, ссылочным международным, региональным стандартам, стандартам иностранных государств другого года издания**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта стандартов | Степень соответствия | Обозначение и наименование национального стандарта |
| ISO 5577 Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Vocabulary (Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь) | IDT | СТ РК ISO 5577-2021. / ISO 5577:2017 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь. |
| ISO 23243 Non-destructive testing – Ultrasonic testing with arrays – Vocabulary (Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль методом фазированных решеток. Словарь) |  | \* СТ РК ISO 5577/ ISO 23243:2020 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль фазированными решетками. Словарь |
| \*На стадии разработки | | |

# **Библиография**

[1] ISO 2400 Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Specification for calibration block No. 1 (Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Спецификация для калибровочного блока № 1)

[2] ISO 7963 Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Specification for calibration block No. 2 (Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Технические условия для стандартного образца № 2)

[3] ISO 9001 Quality management systems — Requirements (Системы менеджмента качества. Требования)

[4] ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий)

[5] ISO 18563-2 Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment — Part 2: Probes (Контроль неразрушающий. Определение характеристик и верификация ультразвукового оборудования с фазированной антенной решеткой. Часть 2. Зонды)

[6] ISO 18563-3 Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment — Part 3: Combined systems (Контроль неразрушающий. Определение характеристик и верификация ультразвукового оборудования с фазированной антенной решеткой. Часть 3. Комбинированные системы)

|  |
| --- |
| **МКС 19.100** |
|  |
| **Ключевые слова:** фазированная решетка, неразрушающий контроль, ультразвук, верификация, проверка, оборудование |

|  |
| --- |
| **МКС 19.100** |
|  |
| **Ключевые слова:** фазированная решетка, неразрушающий контроль, ультразвук, верификация, проверка, оборудование |

**РАЗРАБОТЧИК**

РГП на ПХВ «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Заместитель**  **Генерального директора** |  | **Е.М. Амирханова** |
| **Руководитель**  **Департамента разработки НТД** |  | **А.Н. Сопбеков** |
| **Эксперт по стандартизации** |  |  |