

УСД-50 IPS

Универсальный ультразвуковой
дефектоскоп



Руководство пользователя

Внимание!

Пожалуйста, внимательно прочтите следующую информацию перед использованием ультразвукового дефектоскопа.

Общая информация

Правильное и эффективное использование ультразвукового дефектоскопа требует обязательного соблюдения трех условий, а именно:

- Соответствия технических характеристик дефектоскопа и требований задачи контроля;
- Наличия соответствующей методики контроля;
- Достаточной квалификации оператора

Настоящее руководство дает оператору только инструкции по настройке и функциональному использованию дефектоскопа. Разъяснение влияющих на контроль факторов и базовых принципов УЗК не входит в задачу данного документа.

Теория ультразвука

Оператор должен знать общие принципы теории распространения ультразвуковых колебаний, в том числе - понятия скорости звука, затухания, отражения и преломления волн, ограниченности действия звукового луча и пр.

Обучение

Оператор должен пройти соответствующее обучение для компетентного использования дефектоскопа и приобретения знаний об общих принципах ультразвукового контроля, а также практических навыков контроля конкретного вида изделий.

Проведение контроля

Для правильного проведения ультразвукового контроля оператор должен иметь методику контроля подобных изделий и знать частные требования к проведению УЗК: определение задачи контроля, выбор подходящей техники контроля (схемы прозвучивания), подбор преобразователей, оценку известных условий контроля в подобных материалах, выбор минимально допустимого размера отражателя для данного типа изделия, уровня отсечки и пр.

Оценка размера дефекта

Существует два основных способа оценки размера дефектов.

- По границам дефекта: Если диаметр звукового луча меньше размера дефекта, тогда его можно использовать для определения границ дефекта. Чем меньше диаметр луча, тем выше точность определения границ дефекта. Наоборот, если луч сравнительно широк, реальные границы могут сильно отличаться от полученных таким способом.
- По амплитуде эхо-сигнала: Если диаметр звукового луча больше размера дефекта, то для определения размеров, сравнивают максимальную амплитуду эхо-сигнала от дефекта и максимальную амплитуду от искусственного отражателя в специальном образце. Обычно, амплитуда эхо-сигнала от небольшого реального дефекта меньше, чем амплитуда эхо-сигнала от искусственного отражателя той же площади. Данный факт обусловлен нестройной ориентацией реального дефекта к лучу и неправильной геометрической формой поверхности реального дефекта, и должен учитываться при оценке дефектов при контроле.

Методика контроля

Пользователь должен знать и понимать методические указания по контролю, разработанные для соответствующих изделий.

Измерение толщины

Измерение толщины с помощью ультразвука - это результат **математического умножения** скорости распространения УЗК в материале и времени прохождения импульса. Дефектоскоп обеспечивает точное измерение времени прохождения ультразвуковых колебаний. Правильное задание скорости зависит от оператора.

Скорость звука

Точность измерения толщины и расположения дефектов в значительной степени зависит от правильного задания скорости ультразвука в материале. Скорость зависит от физических характеристик материала и его температуры.

Зависимость от температуры

Скорость звука зависит от температуры материала. При частых изменениях температуры необходимо обеспечить регулярные корректировки скорости для правильных замеров толщины.

Содержание

1. Описание клавиатуры, меню и экрана	4	3.3.5. Автоматическая калибровка скорости распространения УЗК в материале.....	54
1.1 Установка аккумуляторов	4	3.3.6. Автоматическая калибровка диапазона контроля	54
1.2 Разъемы прибора	6	3.4 Сохранение и вызов настроек	56
1.3 Включение и выключение прибора	6	3.5 Подключение и калибровка энкодера	59
1.4 Клавиатура	6	4. Использование возможностей прибора во время контроля	60
1.5 Зарядка аккумулятора	7	4.1 Изменение усиления	60
1.6 Структура меню	8	4.1.1 Выбор шага изменения усиления	60
1.6.1 Главное меню	9	4.1.2 Выбор шага усиления для специальной кнопки	60
1.6.2 Дополнительное меню	22	4.2 Полноэкранный режим работы	60
1.7 Символы на экране	23	4.3 Режим огибающая	61
1.8 Особенности дефектоскопа	24	4.4 Режим Б-скан	61
2. Настройка и калибровка дефектоскопа	25	4.5 Режим TOFD	62
2.1 Начальная настройка прибора	25	4.6 Сохранение результатов работы	63
2.1.1 Настройка параметров дисплея	26	4.6.1 Сохранение результата	63
2.2 Установка параметров преобразователя	29	4.6.2 Выбор папки результатов	63
2.2.1 Подключение преобразователя	29	4.6.3 Просмотр папки результатов	63
2.2.2 Экспресс настройка	29	4.6.4 Переименование результатов	64
2.2.3 Быстрая настройка основных параметров	30	4.6.5 Загрузка настройки из результата	64
2.2.4 Экспертная настройка	31	4.6.6 Удаление результатов	64
2.3 Регулировка отображения сигнала	40	4.6.7 Особенности просмотра результатов Б-скана	64
2.3.1 Выбор единиц измерения	40	4.6.8 Особенности просмотра результатов TOFD	65
2.3.2 Установка развертки	40	4.7 Использование стандарта AWS 1.1	67
2.3.3 Установка задержки развертки	41	5. Использование ВРЧ/ АРК	68
2.3.4 Установка уровня отсечки	41	5.1 Использование ВРЧ	68
2.3.5 Выбор режима детектирования	42	5.1.1 Запись опорных точек ВРЧ	68
3. Настройка дефектоскопа для измерений	43	5.1.2 Работа с ВРЧ	69
3.1 Конфигурация зон контроля	43	5.2 Использование АРК	70
3.1.1 Установка положения зон контроля	43	5.3 Редактирование точек ВРЧ и АРК	71
3.1.2 Включение звуковой АСД	44	6. Использование АРД	72
3.1.3 Установка измеряемой величины	45	6.1 Запись опорных точек АРД	72
3.1.4 Выбор способа измерения координат	46	6.2 Установка дополнительных линий АРД	72
3.1.5 Ввод задержки призмы ПЭП	47	6.3 Установки эквивалентного размера отражателя	73
3.2 Использование наклонных ПЭП	47	6.4 Привязка АРД к усилению	73
3.2.1 Настройка угла ввода УЗК	47	6.5 Задание опорного смещения при привязке к усилению.....	74
3.2.2 Ввод толщины образца	48	6.6 Учет затухания в материале	74
3.2.3 Учет кривизны изделия	49	Справочная информация	75
3.3 Калибровка прибора	50		
3.3.1. Принципы измерения величины задержки в призме	50		
3.3.2. Автоматическая калибровка призмы наклонного преобразователя	52		
3.3.3. Принципы измерения величины задержки в протекторе для прямого преобразователя	53		
3.3.4. Автоматическая калибровка протектора прямого преобразователя	53		


1. Описание клавиатуры, меню и экрана

Дефектоскоп УСД-50 предназначен для ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии. Память прибора позволяет сохранять А-скан, В-скан, параметры настройки и результаты измерения. Данная глава описывает структуру меню, назначение кнопок клавиатуры и основные возможности дефектоскопа и содержит информацию о:

- Установке и замене аккумуляторов
- Подключении блока питания
- Функциональном назначении кнопок
- Доступе к параметрам посредством меню
- Значении символов на экране
- Основных особенностях прибора

1.1 Установка и замена аккумуляторов

Дефектоскоп работает от встроенного Li-ion аккумулятора, поставляемого производителем. Для установки / замены аккумулятора открутите два винта на крышке аккумуляторного отсека (рис 1-1) и снимите крышку отсека. Зарядка аккумулятора осуществляется автоматически, при подключенном к прибору блоке питания 220/15В. Рекомендуется использовать оригинальный импульсный источник питания, поставляемый производителем.

Приблизительный уровень заряда аккумулятора указан на экране значком .

При полностью заряженных аккумуляторах, значок на экране появляется как «полный». Когда аккумуляторы разряжены значок становится «пустым».

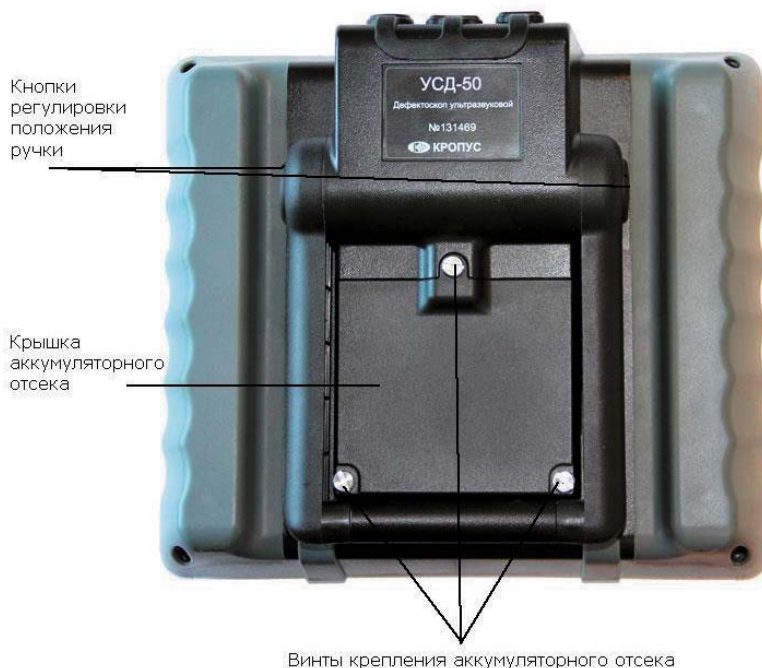


Рис. 1-1 Вид прибора сзади

Замечание: Когда аккумуляторы разряжены настолько, что продолжение работы невозможно, на экране дефектоскопа появляется специальный символ с перечеркнутым изображением аккумулятора. Дефектоскоп автоматически выключится через две минуты после появления этого символа. При этом все параметры настройки будут сохранены и восстановятся при следующем включении.

Важно: Во избежание выхода аккумуляторной батареи из строя не рекомендуется хранить прибор с полностью разряженным аккумулятором. При редком использовании, периодически (раз в две-три недели), заряжайте аккумулятор. При длительном хранении и консервации, открутите винты крышки батарейного отсека и отключите аккумулятор.

Описание клавиатуры, меню и экрана

Для замены аккумулятора открутите три винта крепления крышки аккумуляторного отсека (рис. 1-1) и снимите крышку (рис. 1-2).

Винты имеют шлицевой паз для отвертки и боковую накатку для ручного откручивания. При нормальной эксплуатации винты должны откручиваться и закручиваться без использования инструмента. При использовании отвертки, не рекомендуется прилагать чрезмерные усилия, чтобы не повредить резьбовые втулки корпуса.



Рис. 1-2 Прибор со снятой крышкой аккумуляторного отсека

В приборе используется специально разработанная высококачественная литий-ионная аккумуляторная батарея с контроллером. Пожалуйста, используйте только оригинальные батареи во избежание повреждения прибора.

Установите новый аккумулятор, как показано на рис. 1-4. На наружной панели аккумулятора нарисована стрелка указывающая направление установки (при установке должна быть направлена внутрь прибора).



Рис. 1-4 Установка нового аккумулятора



Рис. 1-3 Аккумулятор

Использованный аккумулятор подлежит утилизации в установленном на предприятии порядке. Не выбрасывайте использованный аккумулятор вместе с бытовыми отходами, так как использованные элементы питания могут причинить вред окружающей среде.

1.2 Разъемы прибора

На верхней части прибора находятся разъемы подключения сетевого блока питания 15В, разъемы Lemo00 для подключения ультразвуковых преобразователей (правый разъем - генератор, левый разъем - приемник), а также порт USB для подключения к компьютеру

и вход для подключения оптического датчика оборотов (энкодера) (рис.1-5). Для подключения дефектоскопа к ПК, требуется установить драйвер устройства USB, поставляемый производителем дефектоскопа.

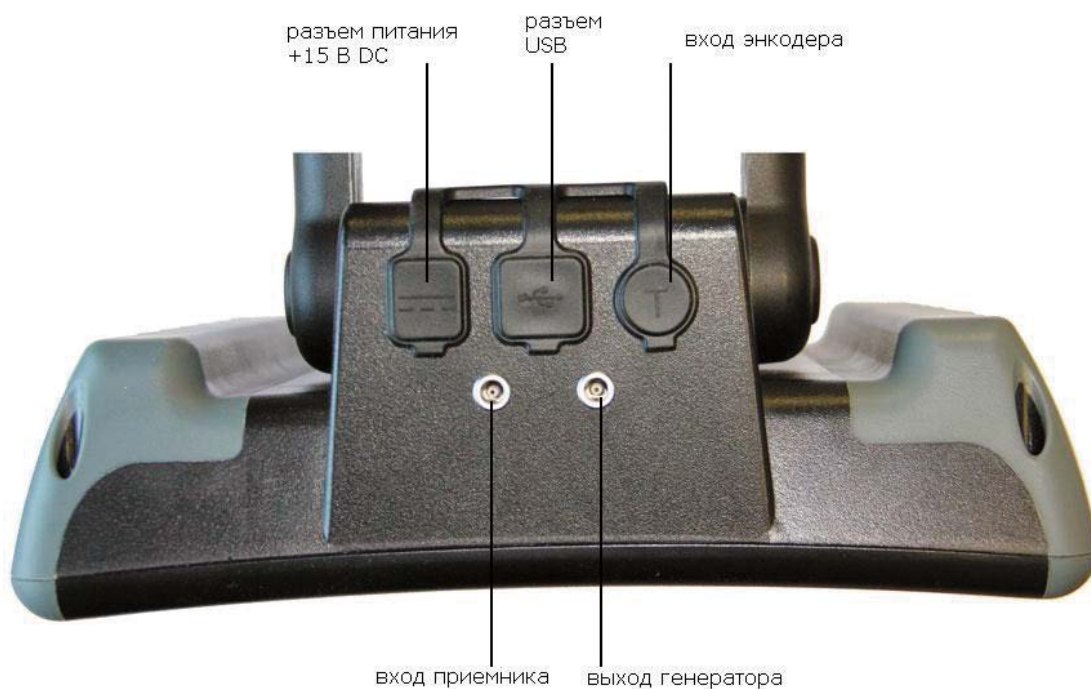



Рис. 1-5 Вид прибора сверху



1.3 Включение и выключение прибора



Нажмите и удерживайте кнопку  в течение 3-х секунд для включения или выключения дефектоскопа.



1.4 Клавиатура


Клавиатура прибора позволяет получить легкий и быстрый доступ к регулировке любого параметра работы прибора

Перемещение по меню:








  перемещение по главному меню. В правой части экрана отображается список параметров, соответствующих выбранному пункту меню.

  выбор параметра в правой части экрана и изменение его значения

  изменение значения параметра

 выбор шага изменения параметра и подтверждение ряда операций


Также на клавиатуре находятся следующие кнопки (рис 1-7):


-  «Заморозка» экрана
-  Увеличение сигнала в а-зоне на весь экран.
-  Сохранение результата
-  Вход в дополнительное меню
-  увеличение усиления на заданный шаг в дополнительном меню кол-во дБ
-  вкл/выкл полноэкранного режима работы.
-  вкл/выкл прибора

1.5 Зарядка аккумулятора

Установленная в приборе аккумуляторная батарея позволяет работать без подзарядки порядка 10-12 часов в зависимости от установленных параметров работы: уровня яркости экрана, частоты посылок генератора и пр.

Дефектоскоп постоянно контролирует заряд аккумулятора и выводит его на экран в виде значка вверху экрана (см. рис. 1.6).

Значок заряда изображается как «полный»  - когда аккумулятор полностью заряжен или подключен блок питания. При подключенном блоке питания также светится оранжевый светодиод зарядки в правом верхнем углу клавиатуры прибора. (см. рис. 1-7).

По мере разрядки аккумулятора значок меняет свое состояние. Разряженный аккумулятор изображается как «пустой» - .

Когда продолжение работы невозможно, на экране появляется окно выключения прибора. Если в течение 60 секунд блок питания не будет подключен, прибор будет автоматически выключен для сохранения всех пользовательских настроек.



Рис. 1-6 Индикатор разряда аккумулятора

1.6 Структура меню УСД-50

Структура меню дефектоскопа позволяет оператору изменить большое количество параметров работы и включает в себя:

Главное меню - Пункты меню используются для настройки прибора перед контролем, в т.ч. изменения характеристик генератора, усилителя, установки зон контроля, системы АСД и пр.

Дополнительное меню - позволяет оператору провести специфические регулировки - цветовой схемы, даты, времени и пр.



Замечание: Рис. 1-8 показывает структуру главного меню дефектоскопа




Рис. 1-7 Клавиатура дефектоскопа

1.6.1 Главное меню








Главное меню расположено внизу экрана и состоит из 13 пунктов, каждый из которых, в свою очередь, содержит несколько параметров работы, расположенных в правой части экрана.

Для выбора параметра используйте клавиши  и . Выбранный параметр отображается другим цветом фона.

В некоторых пунктах меню более 5 параметров, что не позволяет одновременно наблюдать их на экране дефектоскопа. Для индикации состояния меню в самой правой части экрана присутствует полоса прокрутки (рис. 1-8)

Замечание: Параметр «Усиление» всегда присутствует в правом верхнем углу экрана. Для смены шага изменения усиления, нажмите  в режиме изменения параметра. Возможны следующие шаги: 0.1 дБ, 0.5 дБ; 1 дБ; 2 дБ; 6 дБ и 10 дБ.

Клавиши работы с меню:

-   выбор пункта меню
-   выбор параметра
-   изменение значений
-  выбор шага изменения значений

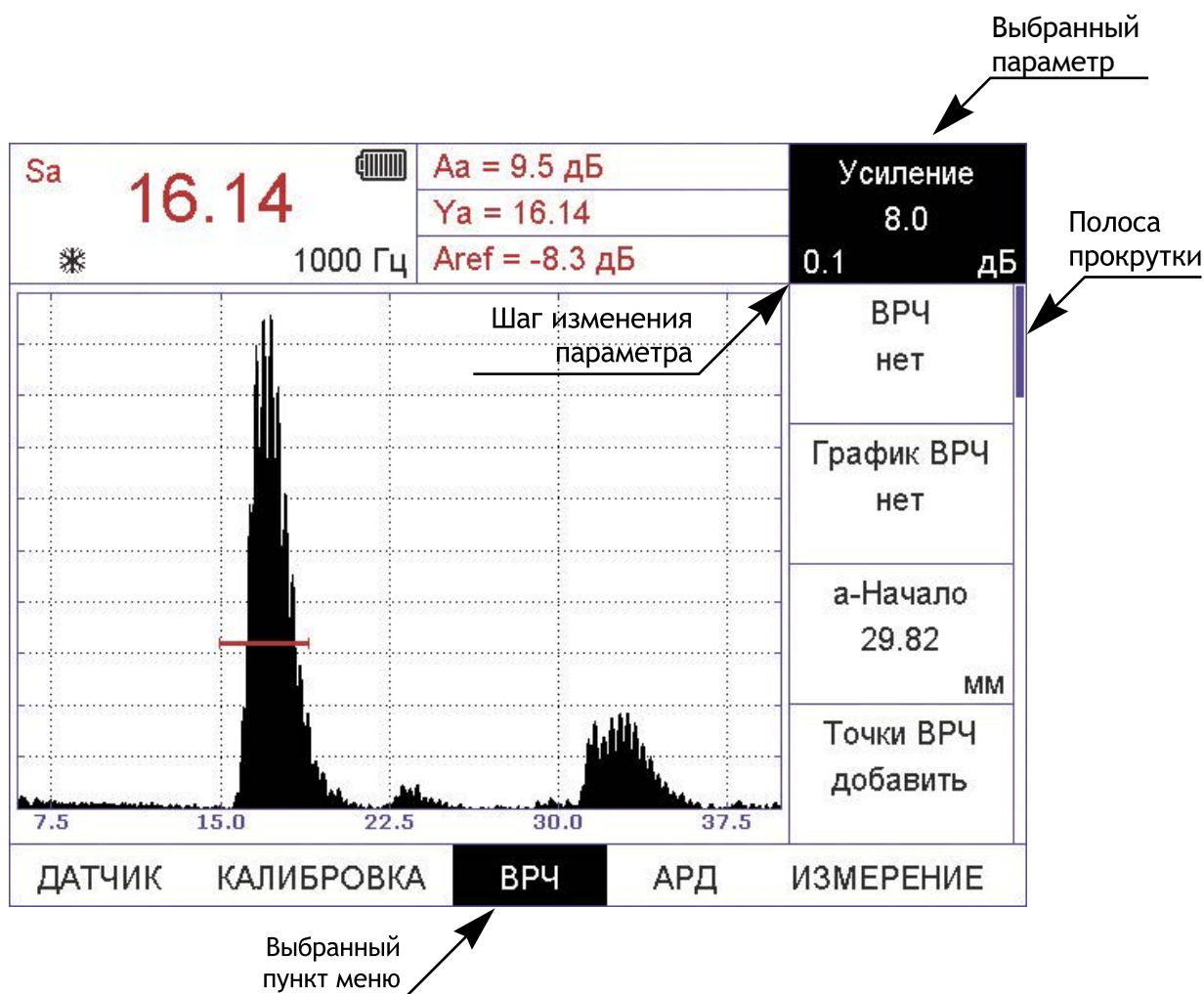


Рис. 1-8 Работа с меню дефектоскопа

Структура меню:

Пункт меню «ОСНОВНЫЕ» позволяет настроить базовые параметры работы прибора: единицы измерения развертки и положения зон контроля (микросекунды или миллиметры), скорость распространения ультразвуковых колебаний в

контролируемом материале, развертку экрана, задержку развертки (смещение сигнала на экране), величину компенсированной отсечки сигнала, а также задать шаг, на который будет изменяться усиление при нажатии клавиши **+dB**.

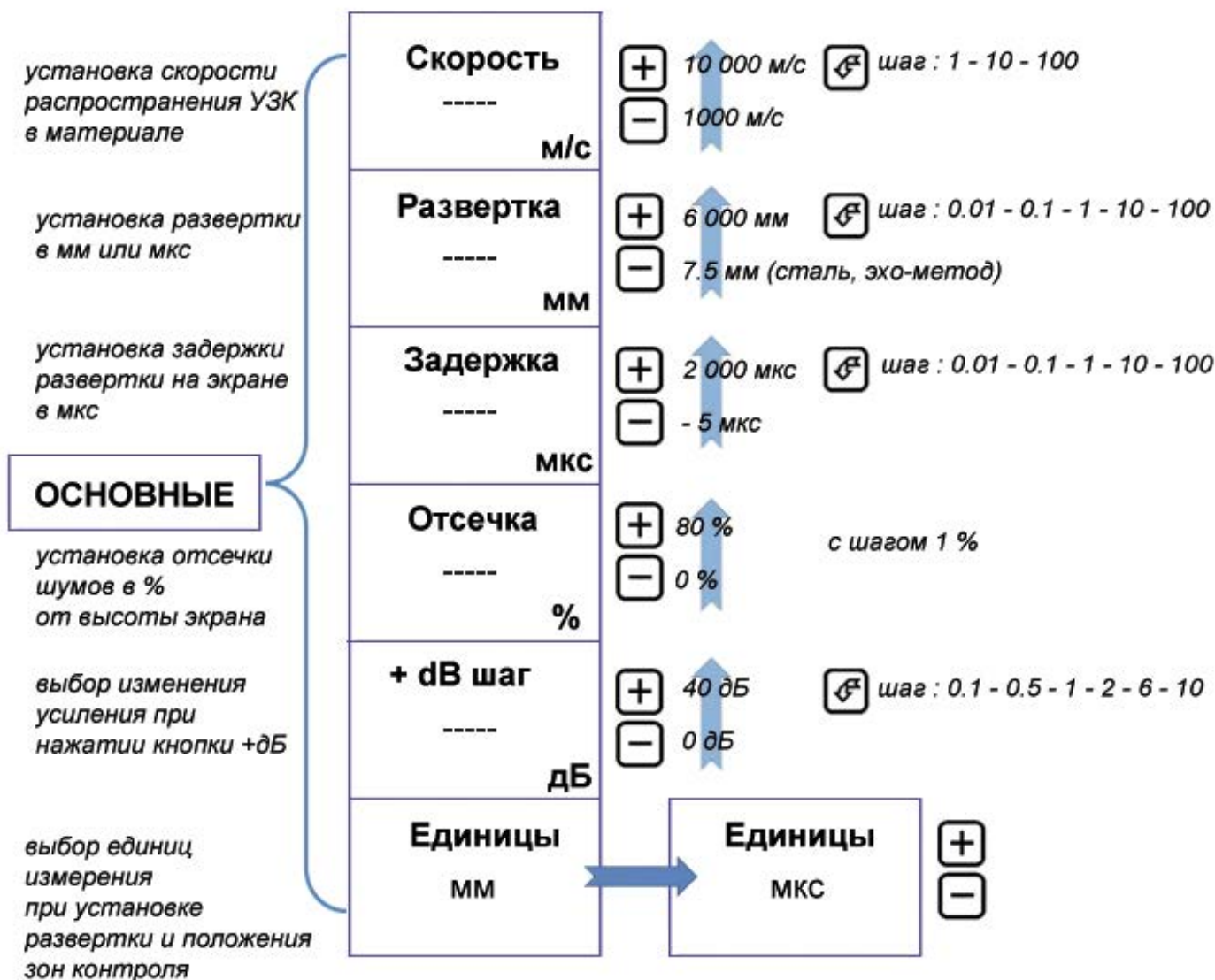
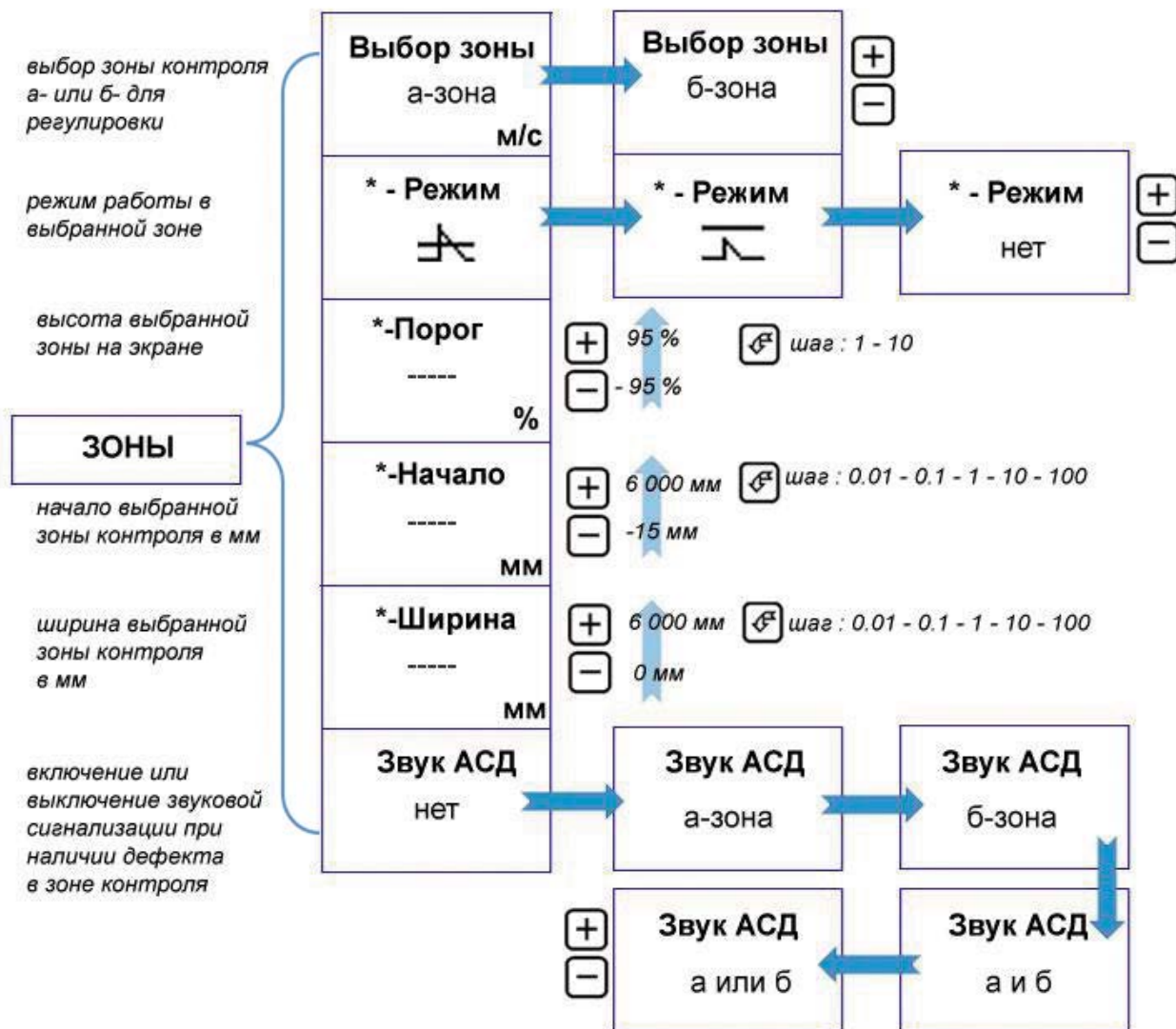


Рис. 1-9 Структура подменю «Основные»

В приборе предусмотрены две независимые зоны контроля (стробы), в пределах которых производятся измерения, и срабатывает сигнализация брака. Обе зоны имеют индивидуальную логику определения дефекта.

Пункт меню «ЗОНЫ» позволяет установить параметры зон контроля: режим работы зоны (что надо считать дефектом - когда сигнал ниже порога или выше него), высоту порога зоны на экране, начало зоны контроля и ее ширину, а также логику срабатывания звуковой сигнализации дефекта.



Режимы работы звуковой сигнализации:

«НЕТ» - зуммер выключен;

«а-зона» - сигнал при появлении дефекта а -зоне;

«б-зона» - сигнал при появлении дефекта в б-зоне;

«а и б» - сигнал при появлении дефекта одновременно в обеих зонах;

«а или б» - сигнал при появлении дефекта в любой из зон.

Рис. 1-10 Структура подменю «ЗОНЫ»

Дефектоскоп имеет мощный современный генератор, возбуждающий импульсы заданной длительности в форме радиосигнала.

Пункт меню «ГЕНЕРАТОР» позволяет задать параметры возбуждения преобразователя: амплитуду генератора, частоту зондирующего

импульса, количество периодов импульса возбуждения, частоту посылок импульсов возбуждения, а также параметры демпфирования выхода генератора для оптимального возбуждения подключенного ультразвукового преобразователя.

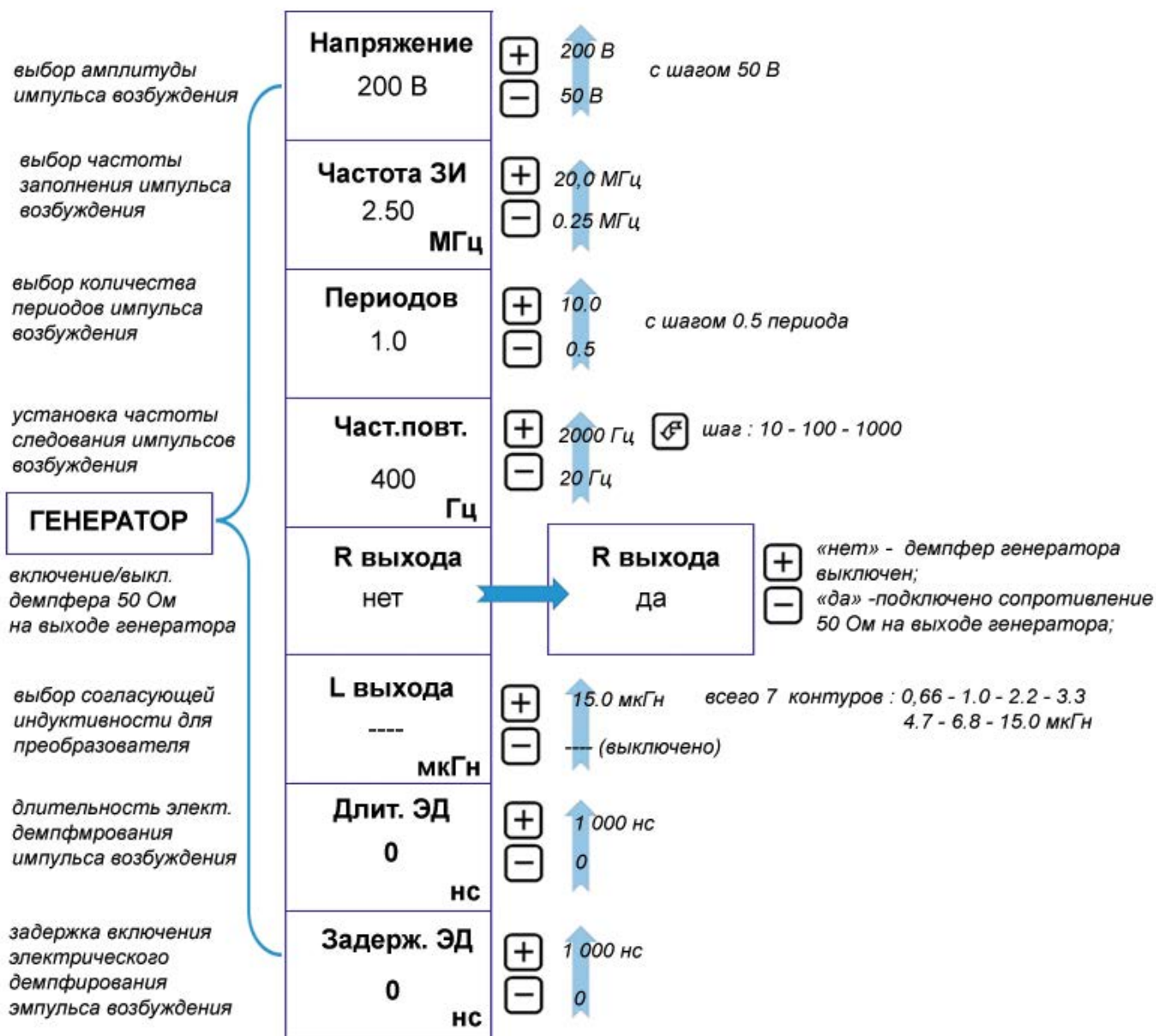


Рис. 1-11 Структура подменю «ГЕНЕРАТОР»

В приборе также установлен маломощный широкополосный приемник с возможностью подключения различных узкополосных аналоговых и цифровых фильтров, и задания в подменю «ПРИЕМНИК» вида представления

импульса: радиосигнал (без детектирования), положительная полуволна, отрицательная полуволны и традиционный полностью детектированный сигнал.

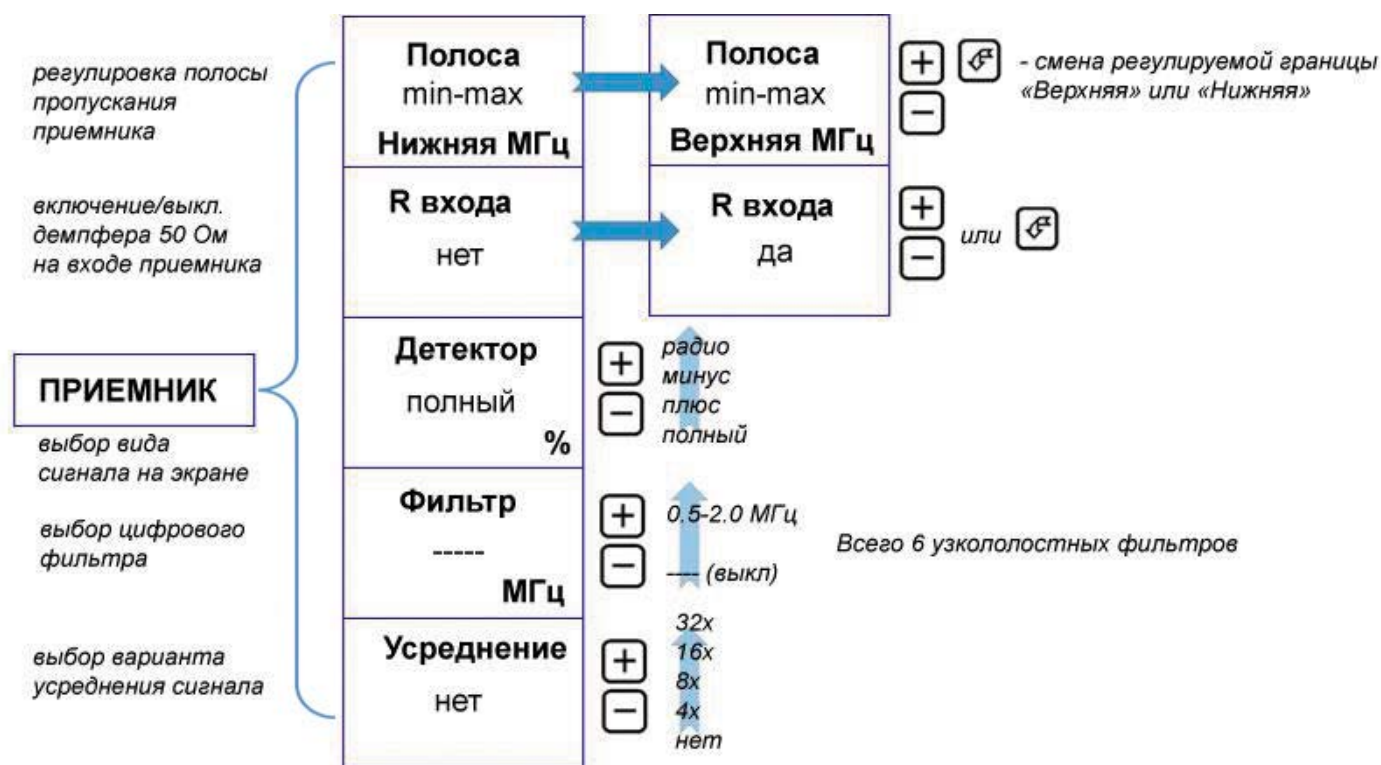


Рис. 1-12 Структура подменю «ПРИЕМНИК»

Пункт меню «ДАТЧИК» предназначен для указания основных параметров подключенного пьезоэлектрического преобразователя: типа (совмещенный, раздельно-совмещенный или раздельный), угла ввода УЗК в материал,

задержки в призме (протекторе), стрелы наклонного преобразователя для расчета координаты X, а также загрузке параметров типовых преобразователей из памяти прибора и их сохранения в ней.

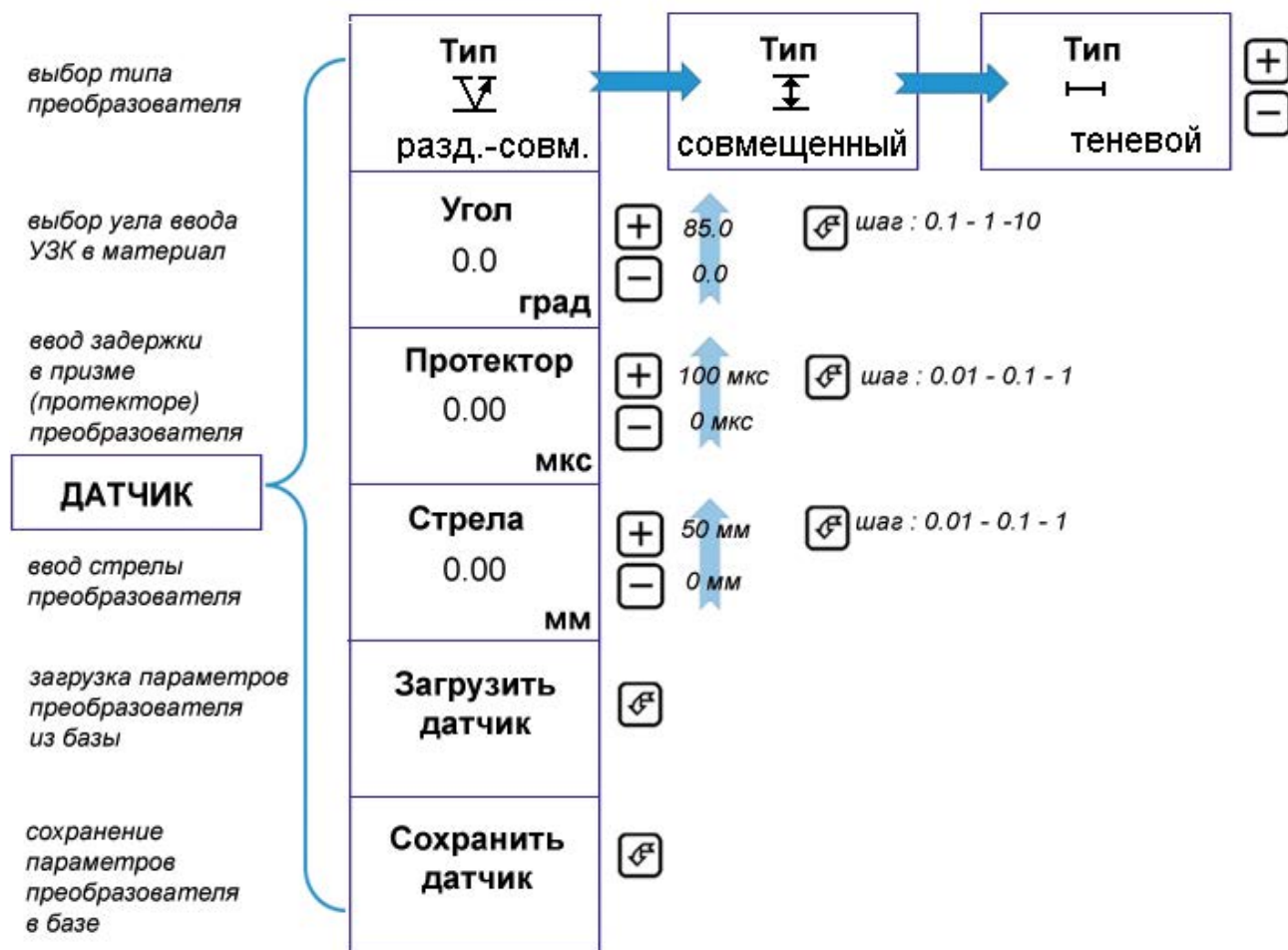


Рис. 1-13 Структура подменю «ДАТЧИК»

Пункт меню «КАЛИБРОВКА» позволяет выбрать образец для автоматической калибровки, выполнить калибровку задержки в призме преобразователя, скорости распространения УЗК

в материале объекта контроля, а также быстро настроить диапазон контроля с учетом всех параметров преобразователя.

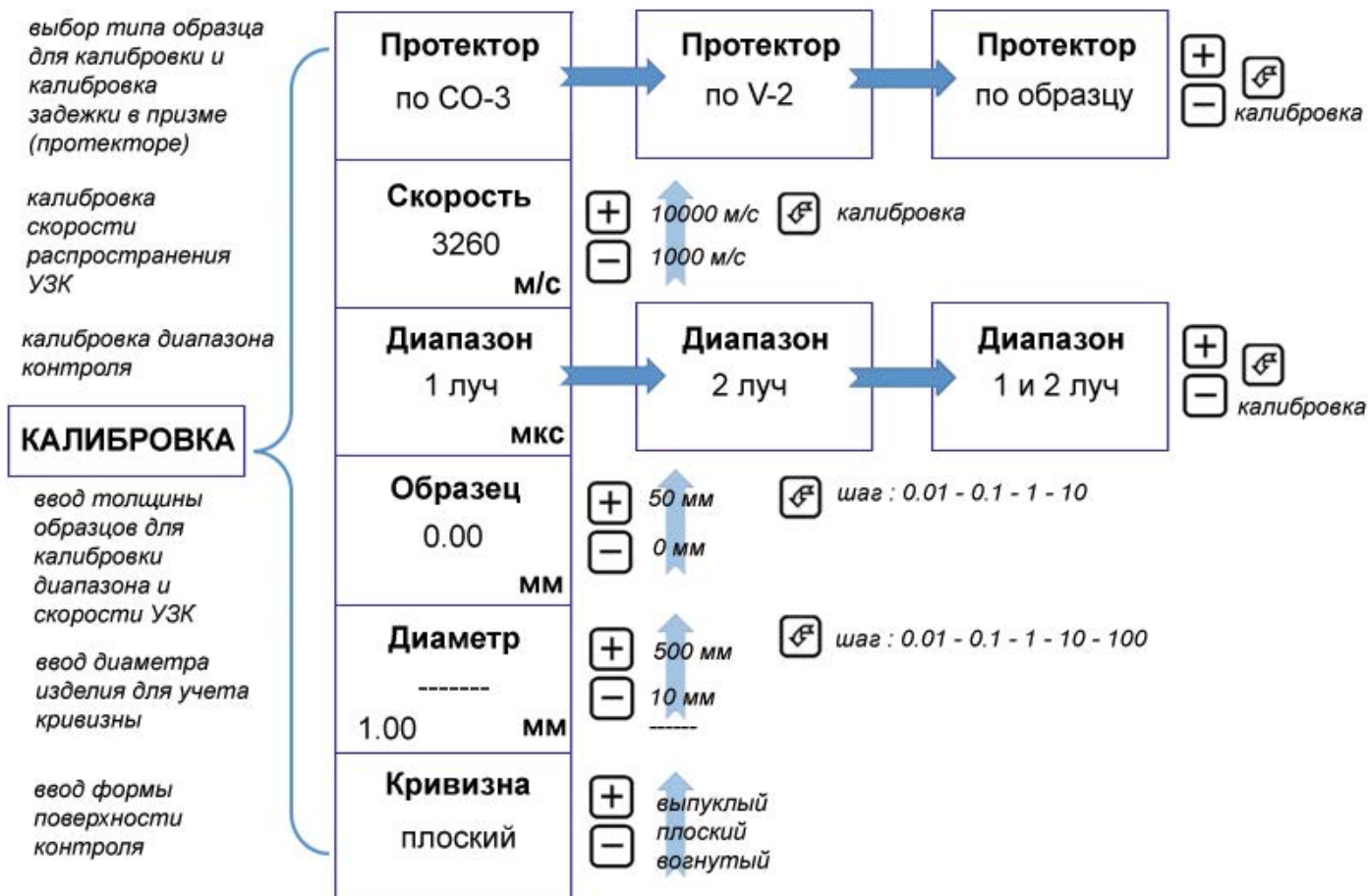


Рис. 1-14 Структура подменю «КАЛИБРОВКА»

Для компенсации разности амплитуд сигналов от одинаковых отражателей на разной глубине материала в приборе предусмотрена функция ВРЧ/АРК, позволяющая быстро выровнять чувствительность по всей глубине контроля по имеющемуся образцу.

Пункт меню «ВРЧ» позволяет задать в автоматическом режиме точки кривой АРК (Амплитуда-Расстояние) и регулировать усиление прибора на разной глубине в соответствии с заданной зависимостью.

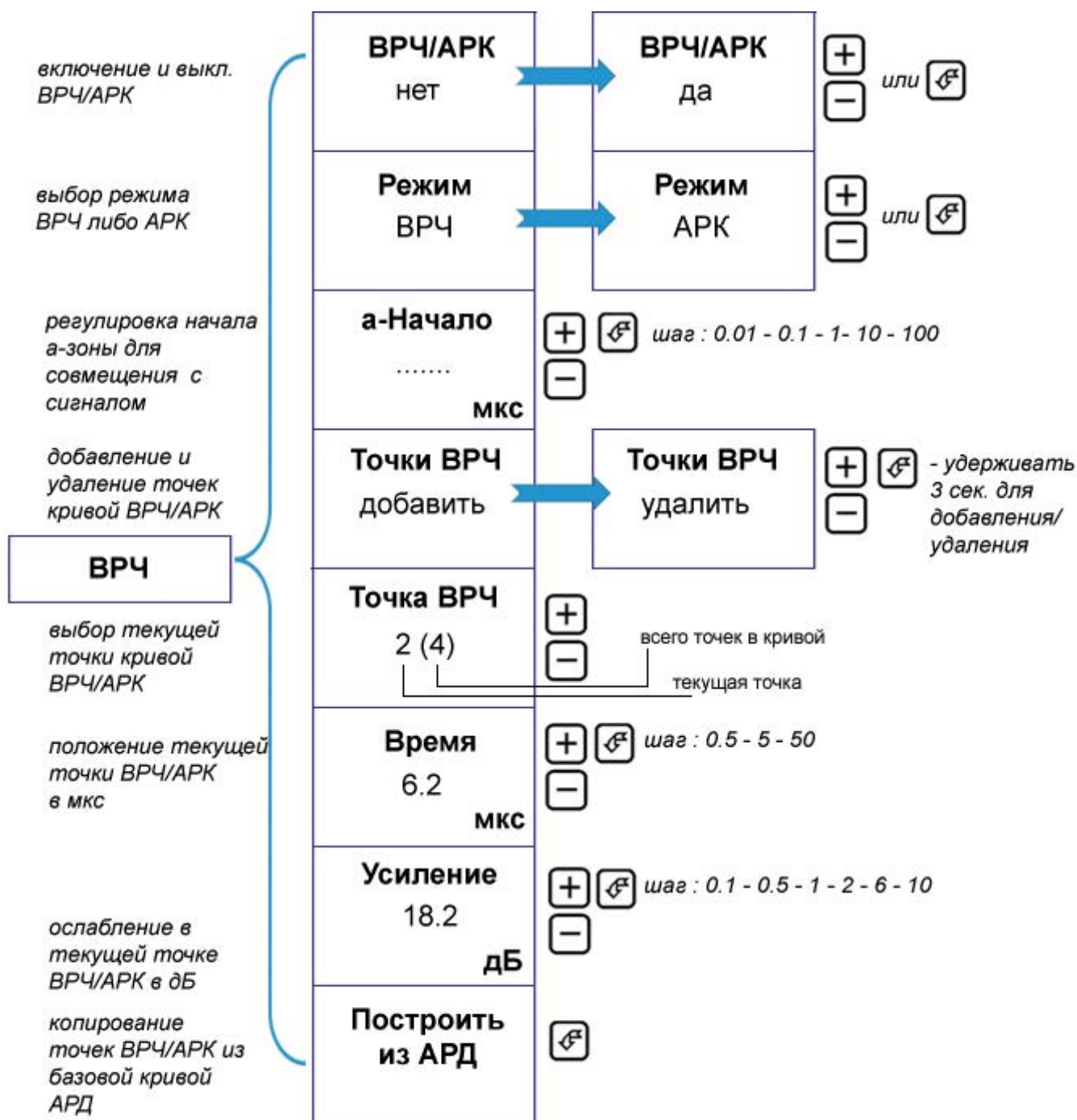


Рис. 1-15 Структура подменю «ВРЧ»

Пункт меню «АРД» позволяет настроить и использовать режим измерения эквивалентной площади дефектов.

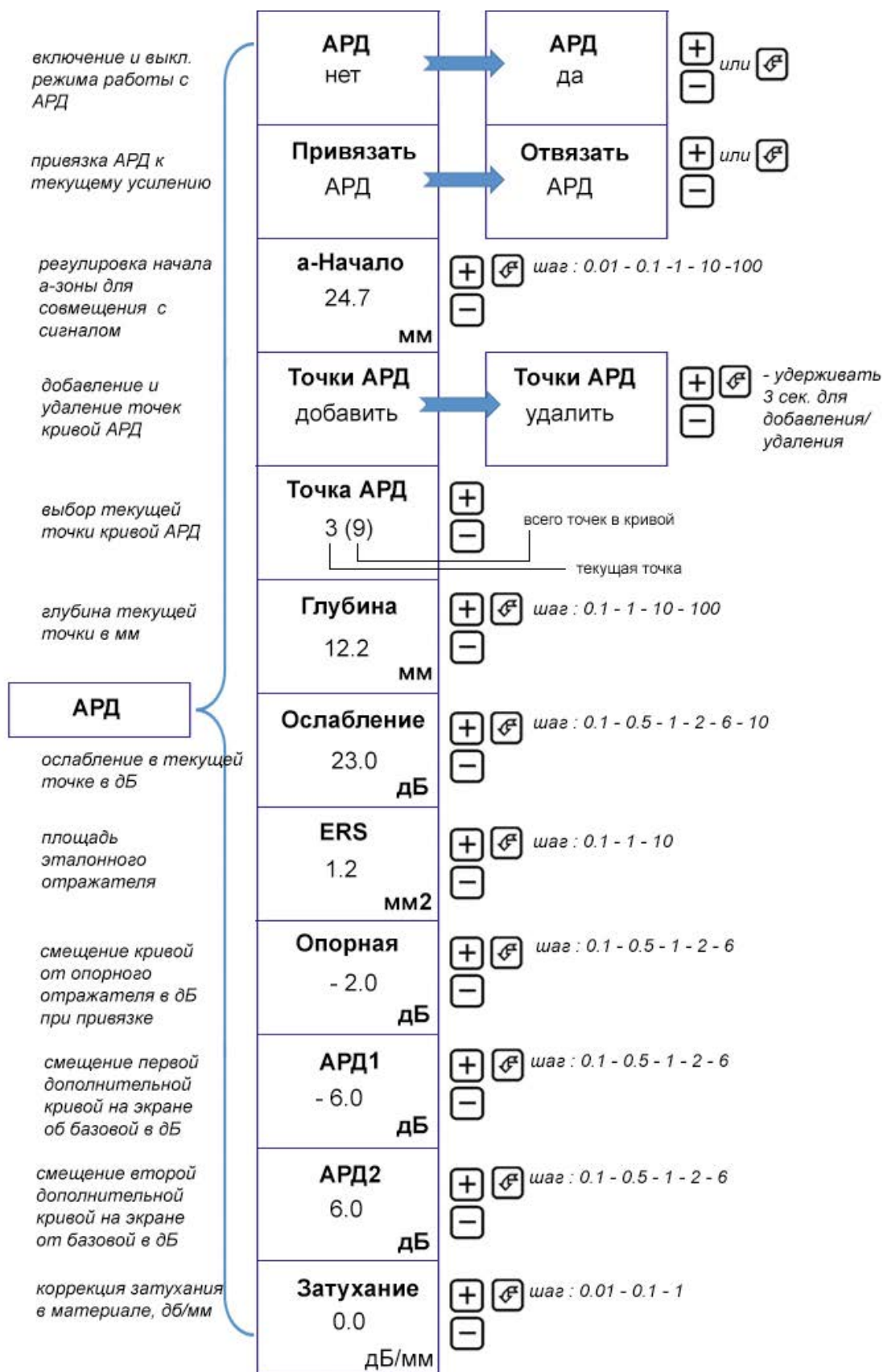


Рис. 1-16 Структура подменю «АРД»

Дефектоскоп позволяет проводить большое количество различных вычислений на основании полученных сигналов. Для отображения результатов этих вычислений предназначены

четыре поля вывода. Для указания, какие результаты необходимо выводить на экране прибора, предназначен пункт меню «ИЗМЕРЕНИЯ».

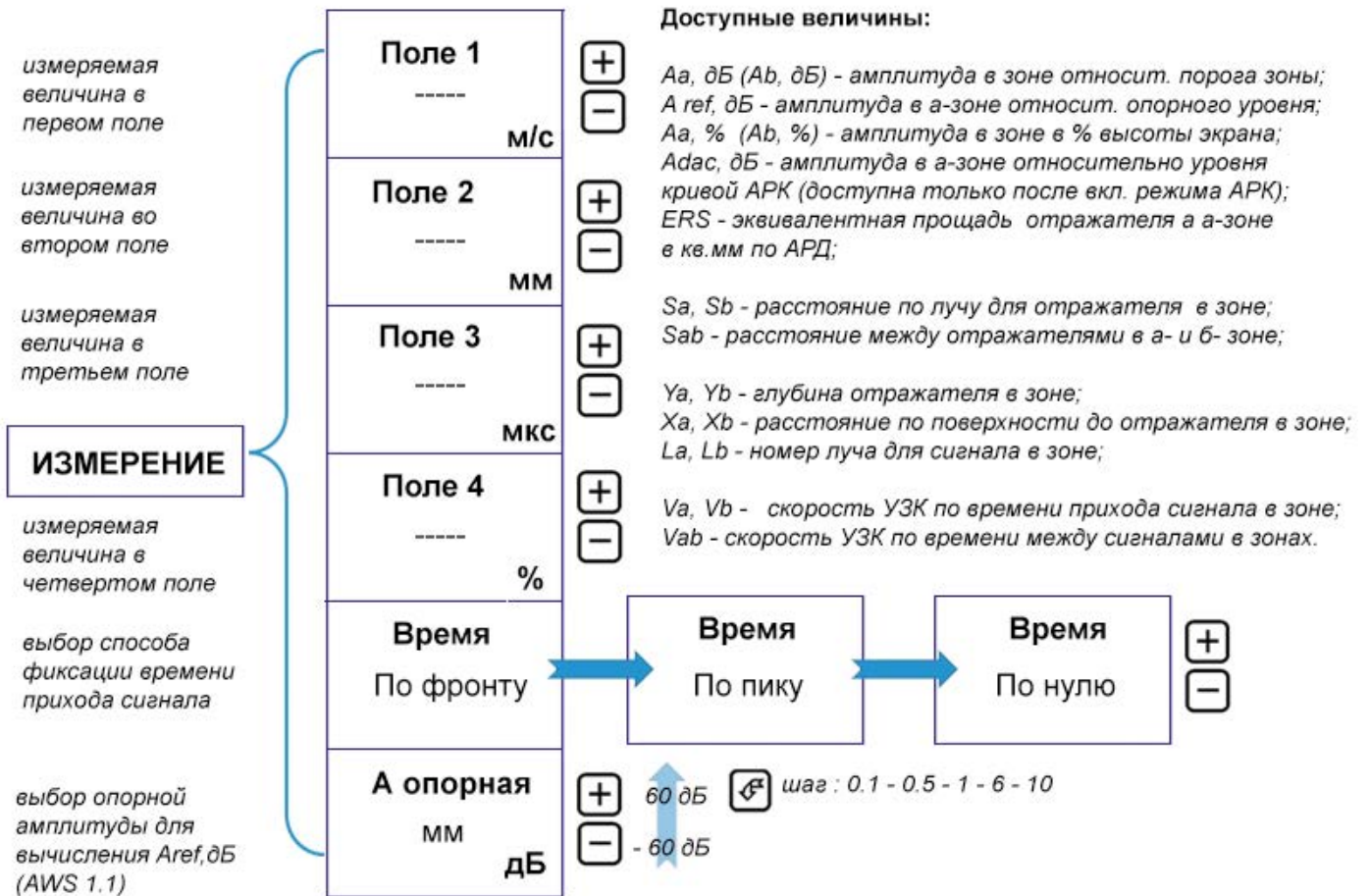


Рис. 1-17 Структура подменю «ИЗМЕРЕНИЯ»

Для вывода на экран различных видов отображения сигналов в дефектоскопе предусмотрено подключение оптического датчика оборотов (энкодера) и два дополнительных режима работы: Б-скан и

дифракционно-временной метод TOFD (Time-On-Flight Diffraction). Для подключения и калибровки энкодера и выбора различных режимов работы предназначен пункт меню «РЕЖИМ».

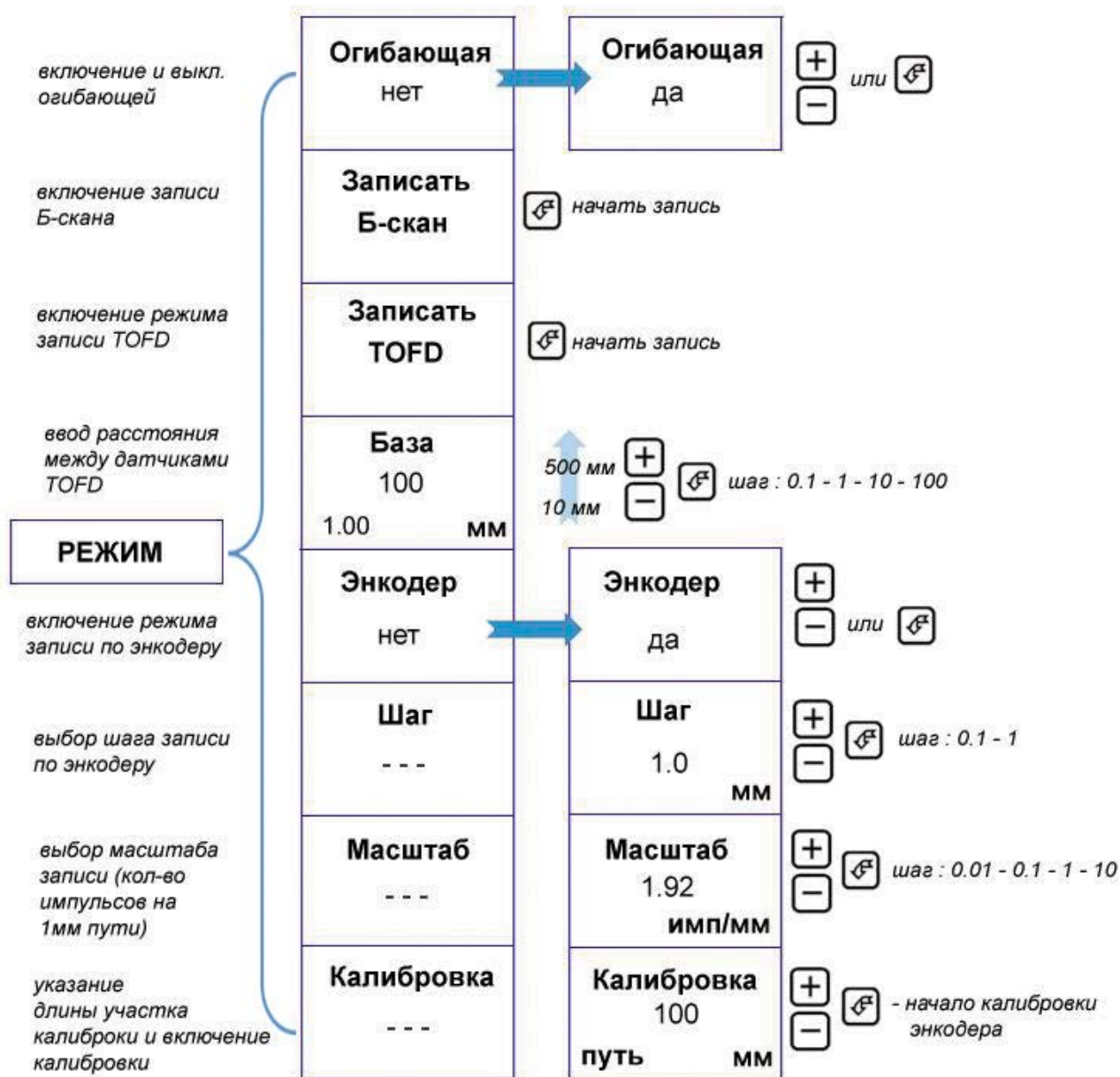


Рис. 1-18 Структура подменю «РЕЖИМ»

Дефектоскоп имеет современный высококонтрастный и морозоустойчивый цветной дисплей на тонкопленочных транзисторах (TFT), позволяющий комфортно работать в условиях любого освещения, в том числе на ярком солнечном свете. Для адаптации параметров вывода сигналов к особенностям

индивидуального зрения и условиям окружающей среды в дефектоскопе предусмотрены три настраиваемых пользователем цветовых палитры. Выбор палитры, яркости экрана, заполнения сигнала и времени свечения (следа) сигнала на экране возможен в подменю «ЭКРАН».

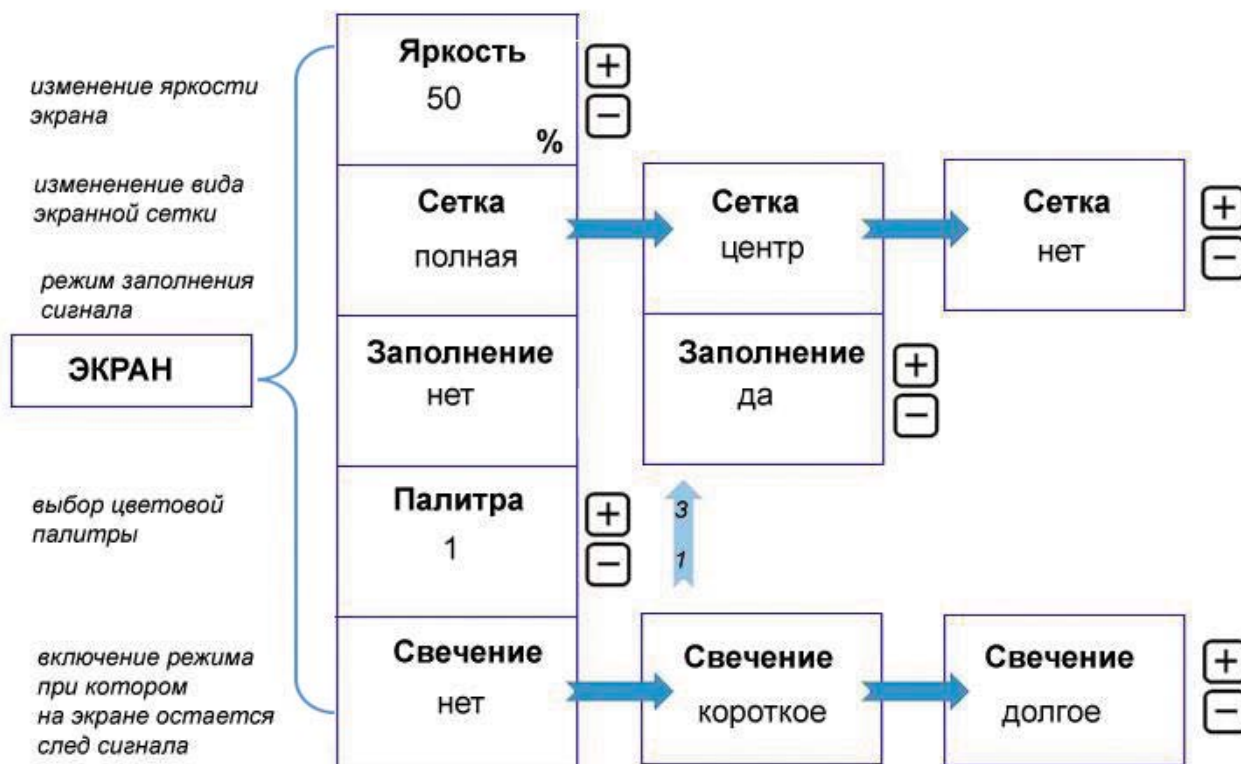


Рис. 1-19 Структура подменю «ЭКРАН»

Прибор имеет большую память протоколов контроля, организованных для хранения в нескольких папках. Выбор и просто папки результатов, а также их удаление возможно посредством подменю «РЕЗУЛЬТАТЫ».

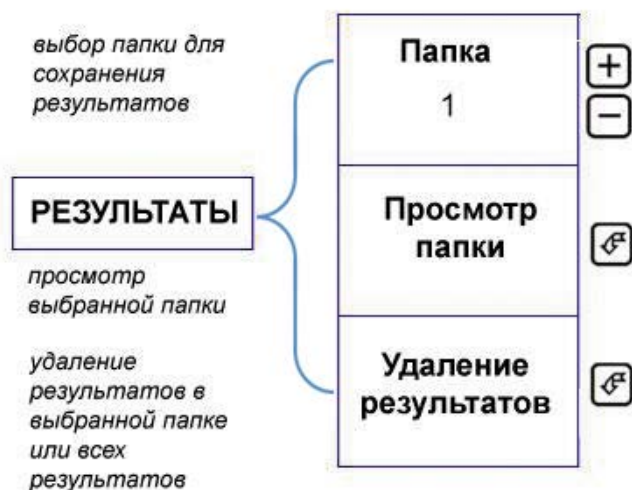


Рис. 1-20 Структура подменю «РЕЗУЛЬТАТЫ»

Для простоты и удобства использования дефектоскопа все настроенные параметры прибора можно сохранить в памяти и вызвать в любой момент. Для загрузки и сохранения настроек прибора служит пункт «НАСТРОЙКИ».

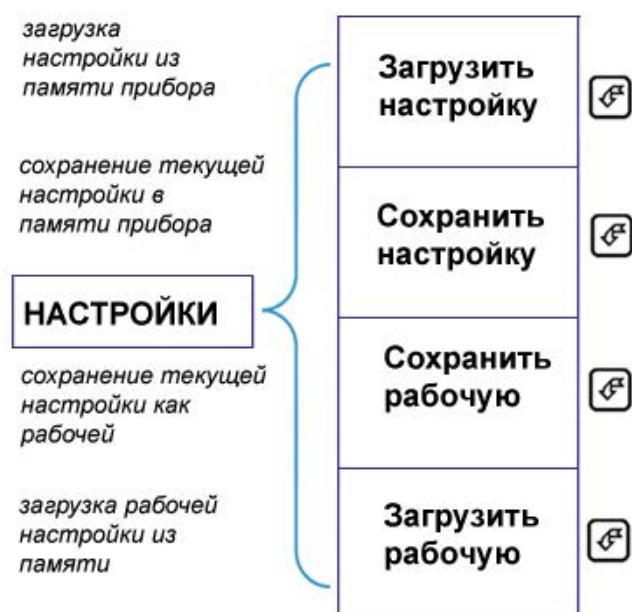


















Рис. 1-21 Структура подменю «НАСТРОЙКИ»

1.6.2 Дополнительное меню

Дополнительное меню состоит из ряда параметров, в частом использовании которых нет необходимости. Для входа в дополнительное меню нажмите кнопку  в режиме навигации по главному меню

Клавиши работы с меню:

-   выбор параметра
-   изменение значений
-  вход в режим редактирования (для даты и времени)
-   смена час/мин/сек в режиме редактирования даты и времени
-  или  для выхода из дополнительного меню








ПАРАМЕТР	ОПИСАНИЕ
ДАТА	Установка текущей даты в формате ДД.ММ.ГГ. ( - вход в режим редактирования,   - смена час/мин/сек)
ВРЕМЯ	Установка текущего времени в формате ЧЧ.ММ.СС. ( - вход в режим редактирования,   - смена час/мин/сек)
MENU LANGUAGE	РУССКИЙ / ENGLISH Переключение языка меню
А-ПОРОГ, КАЛИБР. ДИАП.	Выбор высоты а-зоны при калибровке диапазона контроля (КАЛИБРОВКА-ДИАПАЗОН)
Б-ПОРОГ, КАЛИБР. ДИАП.	Выбор высоты б-зоны при калибровке диапазона контроля (КАЛИБРОВКА-ДИАПАЗОН)
ЦВЕТ ОБЩЕГО ФОНА	Задает цвет общего фона экрана
ЦВЕТ ФОНА СИГНАЛА	Задает цвет фона А-скана
ЦВЕТ МЕНЮ	Задает цвет текста меню
ЦВЕТ КУРСОРА	Задает цвет курсора меню
ЦВЕТ ПАРАМЕТРА	Задает цвет отображения текста выбранного пункта меню
ЦВЕТ РАЗМЕТКИ	Задает цвет разметки экрана
ЦВЕТ СИГНАЛА	Задает цвет сигнала
ЦВЕТ СЕТКИ	Задает цвет сетки экрана
ЦВЕТ ПОКАЗАНИЙ	Задает цвет отображаемых результатов
ЦВЕТ А-ЗОНЫ	Задает цвет порога а-зоны
ЦВЕТ Б-ЗОНЫ	Задает цвет порога б-зоны
ЦВЕТ АРД	Задает цвет линий АРД
ЦВЕТ ВРЧ	Задает цвет линии ВРЧ
ЦВЕТ ОГИБАЮЩЕЙ	Задает цвет линии огибающей сигнала

1.7 Символы на экране дефектоскопа


На дисплей дефектоскопа УСД-50 IPS выводится ряд специальных графических символов (значков) для отображения режимов работы.

Описание символов на экране

На экране дефектоскопа могут появляться несколько символов в специально предназначенной для этого области экрана: под основным результатом в обычном режиме, и в правой верхней части экрана в полноэкранном режиме

- * - Дефектоскоп находится в режим статической заморозки экрана после нажатия кнопки  или загрузки настройки из памяти;
-  - Включен режим увеличения а-зоны на все окно;
-  - функция ВРЧ включена;
- +dB - включено увеличение усиления кнопкой ;
-  - индикация заряда аккумуляторов;
-  * - в прибор загружена настройка из памяти. Для разблокирования экрана нажмите .

1.8 Особенности УСД-50 версии IPS

- Цветной TFT индикатор 640 x 480 точек с «аналоговой» динамикой сигнала. Возможность изменения цвета на всех элементов на экране
- Масса всего 1,8 кг со встроенными аккумуляторами.
- Две независимых зоны контроля с индивидуальной логикой определения дефектов
- Полоса частот от 400кГц до 20 МГц с настраиваемыми диапазонными фильтрами
- Регулировка частоты посылок зондирующих импульсов от 20Гц до 2000Гц
- ВРЧ до 90Дб с 20 точками и крутизной до 12 дБ/мкс и режим АРК
- Режим АРД с привязкой по чувствительности
- Построение Б-скана и TOFD с использованием датчика пути и различных одноканальных сканеров
- Не менее 10 часов работы при использовании стандартных аккумуляторов при 70% подсветке
- Семь встроенных индуктивных контуров согласования для оптимальной работы с различными преобразователями, не имеющими согласующих элементов
- Режим «Огибающая» - для сохранения следа пика сигнала на экране
- Автоматическая калибровка преобразователя
- Три выбираемых степени электрического демпфирования: 50 Ом демпфер генератора, 50 Ом демпфер приемника или 25 Ом (только в совмещенном режиме)
- Автоматический расчет тригонометрических функций для определения глубины дефекта, расстояния по поверхности до него и расстояния по лучу
- Реальный радиосигнал для слежения за изменениями фазы и высокоточного измерения толщины
- Минимальная развертка - 2,5 мкс для контроля тонких изделий
- Функция изменения шага для увеличения/уменьшения усиления. Специальная клавиша  для изменения усиления на заранее заданный шаг.
- Запоминание большого количества протоколов контроля с А-сканом, протоколов с Б-сканом, огибающей, измеренными значениями, именем протокола, датой и временем его сохранения и всеми параметрами настройки прибора на момент сохранения результатов
- Память на 200 настроек прибора с А-сканом
- CD диск с программным обеспечением для реализации всех широких возможностей дефектоскопа
- Аналоговые фильтры для повышения соотношения сигнал/шум
- Связь с ПК по интерфейсу USB
- Полноэкранный режим работы с разрешением 640x480 точек

2. Настройка и калибровка дефектоскопа


Данный раздел содержит сведения о том как:

- Настроить прибор и установить основные параметры работы
- Подключить преобразователь и настроить генератор и приемник прибора на оптимальную работу с ним
- Отрегулировать отображение А-скана на экране

Большая часть пунктов в данном разделе описывает шаги, которые необходимо предпринять каждому пользователю с новым дефектоскопом. Рекомендуется последовательно ознакомиться с каждым пунктом, перед тем как калибровать прибор в первый раз.

2.1 Начальная настройка прибора

Ниже описаны действия по конфигурированию дисплея и основных параметров. Следуйте этим процедурам для включения прибора и настройке параметров работы. Поскольку прибор сохраняет настройки в памяти при выключении и возобновляет их при следующем включении, вам нет необходимости постоянно повторять данные процедуры.

Включите дефектоскоп нажатием кнопки  в течение не менее 3-х секунд.

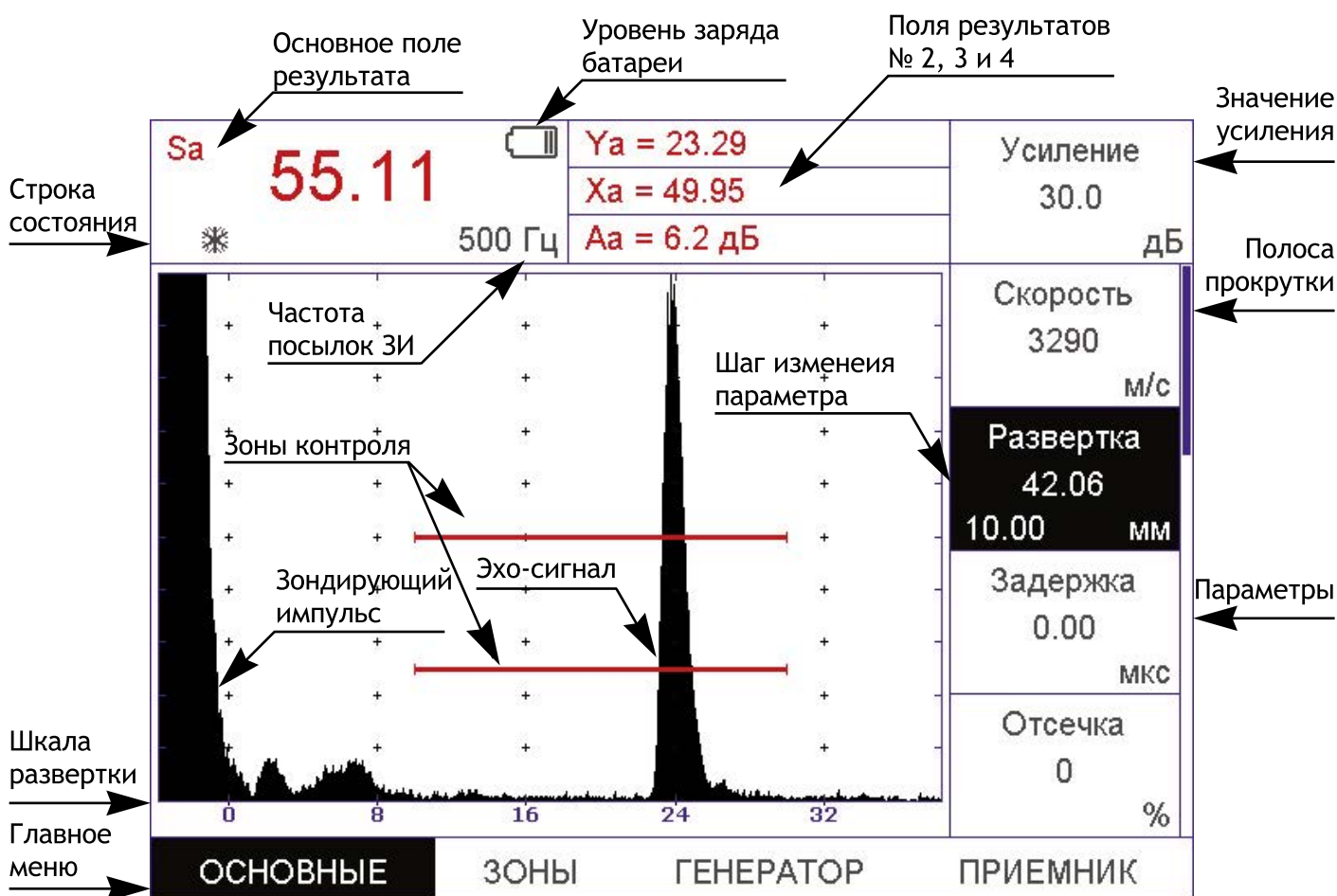






Рис. 2-1 – Структура экрана дефектоскопа

Главное меню прибора расположено внизу экрана, параметры в правой части экрана. Перемещение по меню осуществляется нажатием кнопок   и  .

2.1.1 Настройка параметров дисплея

Описанные процедуры предназначены для регулировки параметров экрана прибора под индивидуальные особенности зрения, для оптимального соответствия условиям освещения и экономия заряда батареи. Для этого необходимо выбрать пункт меню ЭКРАН в главном меню.

Шаг 1. Выберите пункт ЭКРАН с помощью нажатия кнопок .

Регулировка подсветки дисплея (ЭКРАН - ЯРКОСТЬ)

Шаг 2. Выберите параметр ЯРКОСТЬ с помощью нажатия кнопок .

Шаг 3. Измените яркость подсветки с помощью кнопок . Пределы изменения от 0 до 100% шагом в 5%.

Чем больше яркость подсветки, тем больше потребляемая прибором мощность и меньше время работы прибора до подзарядки.

Установка сетки экрана (ЭКРАН - СЕТКА)

Шаг 4. Выберите параметр СЕТКА с помощью нажатия кнопок .

Шаг 5. Установите вариант отображения сетки экрана с помощью кнопок .

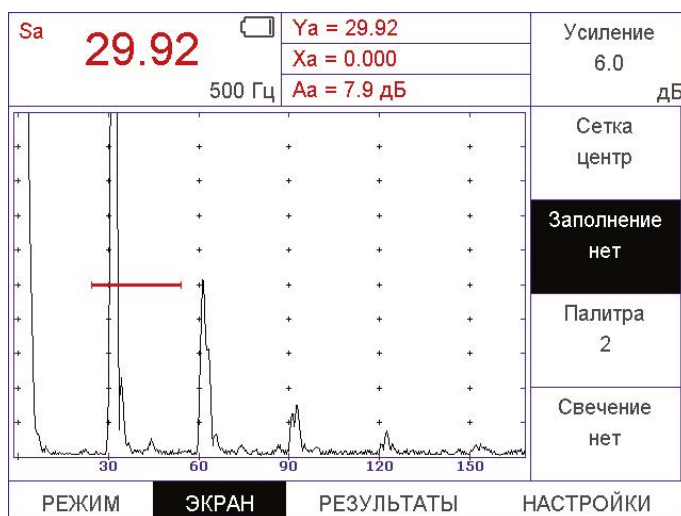
Доступные значения: **ПОЛНАЯ**, **ЦЕНТР** (только центральная), **НЕТ** (сетка отключена).

Изменение отображения А-скана (ЭКРАН - ЗАПОЛНЕНИЕ).

Шаг 6. Выберите параметр ЗАПОЛНЕНИЕ, нажимая кнопки .

Шаг 7. Измените параметры заполнения сигнала с помощью кнопок . Доступные значения: **ДА** (заполнение включено), **НЕТ** (заполнение отключено).

а)



б)

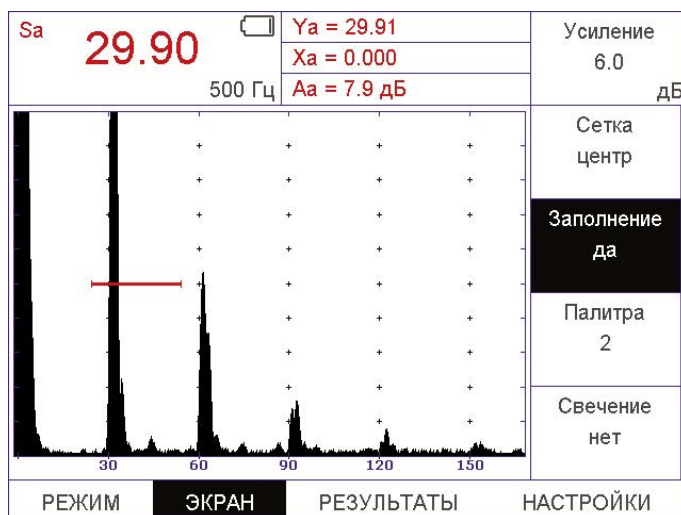




Рис. 2-2 Вид сигнала без заполнения (а) и с заполнением (б)

Изменение цвета отображаемых на экране элементов


УСД-50 IPS позволяет оператору настроить цвет 14 отображаемых на экране элементов: фона экрана и сигнала, разметки экрана, текста меню, сетки, изображения зон контроля и графиков. Для простоты использования в памяти прибора (отдельно от настроек) сохранено три настраиваемых палитры экрана.



Выбор палитры экрана (ЭКРАН - ПАЛИТРА)



Шаг 1. Выберите параметр ПАЛИТРА, нажимая кнопки  .

Шаг 2. Измените номер палитры с помощью кнопок  .



Настройка палитры экрана. (Дополнительное меню)

Шаг 3. Войдите в дополнительное меню, нажав в режиме навигации по главному меню (в любом месте) кнопку .

Шаг 4. С помощью кнопок   выберите нужный элемент экрана.

Шаг 5. Отрегулируйте его цвет с помощью кнопок  .

Шаг 6. При необходимости повторите шаг 3-4 для других элементов экрана

Шаг 7. Выйдите из дополнительного меню, нажав кнопку  или .

Шаг 8. При необходимости повторите шаги 1-7 для остальных палитр.

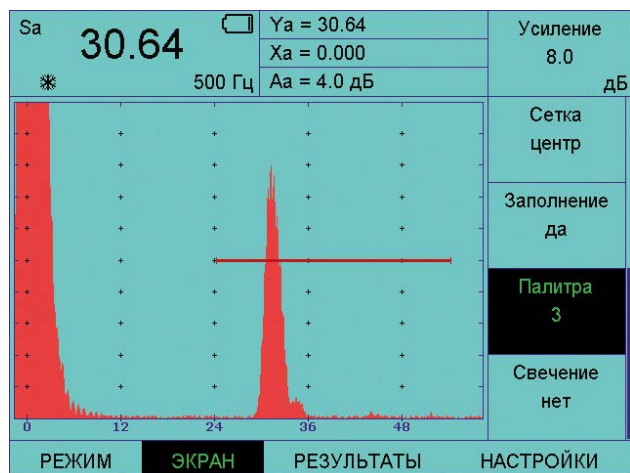
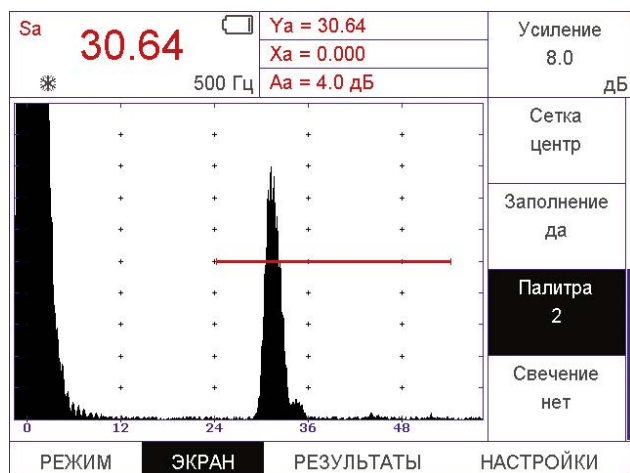
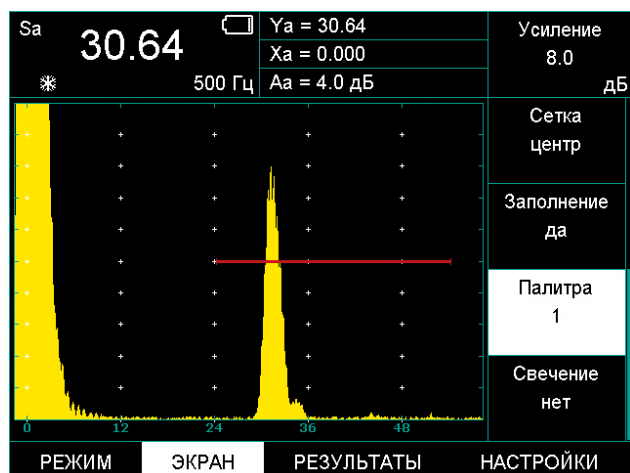


Рис. 2-3 Эффект изменения цвета параметров экрана

Замечание: Все изменения цвета сохраняются в выбранной палитре при выключении прибора.

Важно! Если цвет текста установлен как черный - вы не сможете включить черный фон экрана, пока не поменяете цвет текста (и наоборот).

Важно! Для комфортной работы на ярком солнечном цвете оптимальным является выбор белого цвета фона и черного цвета сигнала и меню.



Использование следа сигнала



В дефектоскопе установлен самый современный дисплей на управляемых тонкопленочных транзисторах, обеспечивающий частоту регенерации 60Гц и максимально комфортные условия для зрения оператора.

Однако в ряде случаев, при поиске мелких дефектов, контроле сложнопрофильных изделий и пр., сигнал может появляться и исчезать слишком быстро для его удобной фиксации.

Для этого в дефектоскопе предусмотрена функция убирающая яркость предыдущего А-скана с экрана более медленно, чем появляется следующий А-скан. Появляется медленно тающий «след» сигнала. Такая возможность позволяет более комфортно работать при быстром сканировании, проблемном контакте с некачественной поверхностью и пр.

Выбор длительности свечения сигнала (ЭКРАН - СВЕЧЕНИЕ)

Шаг 1. Выберите параметр СВЕЧЕНИЕ, нажимая кнопки  .

Шаг 2. Измените длительность с помощью кнопок  . Возможные варианты: **ДОЛГОЕ**, **КОРОТКОЕ** и **НЕТ** (след выключен).

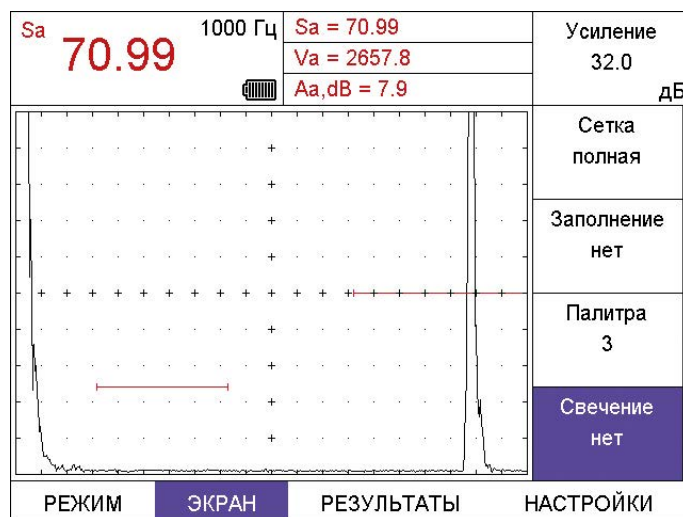
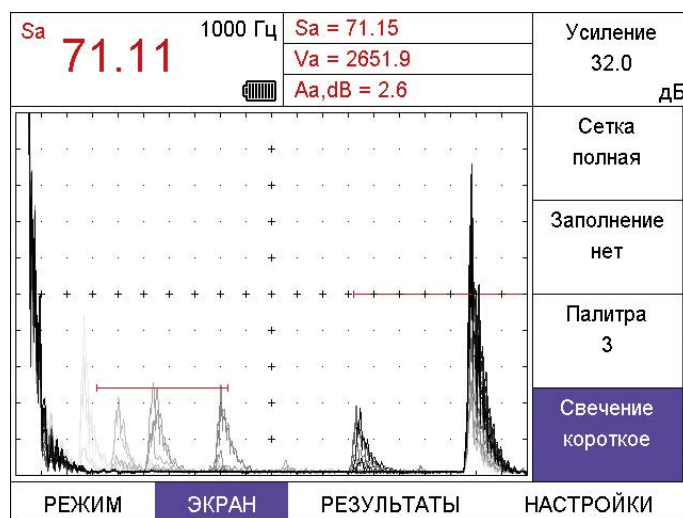
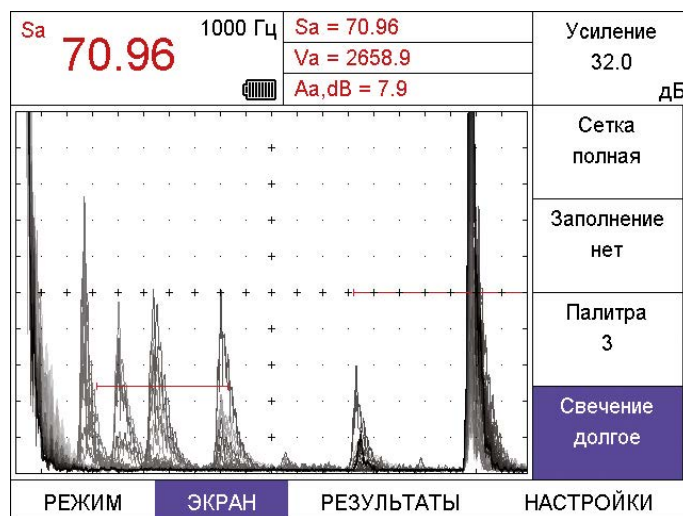


Рис. 2-4 Эффект применения «следа»

2.2 Установка параметров преобразователя

2.2.1 Подключение преобразователя

Крайне важно, чтобы прибор был правильно настроен для работы с преобразователем. УСД-50 работает как с одноэлементными (совмещенными), так и с двухэлементными (раздельно-совмещенными (далее - «р/с») и раздельными преобразователями.

Для подключения совмещенного преобразователя подсоедините кабель к любому из двух разъемов дефектоскопа. При подключении преобразователей с двумя элементами «Излучатель» должен быть подключен к разъему генератора прибора (правый разъем на дефектоскопе), а «Приемник» к разъему усилителя (левый разъем дефектоскопа)

2.2.2 Экспресс-настройка параметров преобразователя

Типовые стандартные преобразователи могут уже быть записаны в память прибора, либо переданы в прибор при помощи ПК, а потом просто вызваны из памяти.

Типовые стандартные параметры обеспечивают оптимальную работу преобразователей и включают в себя:




- тип преобразователя (совмещенный, раздельно-совмещенный, раздельный)
- параметры генератора прибора (частота, число периодов, демпфирование, использование контуров согласования)
- параметры приемника дефектоскопа (полоса, демпфирование, фильтр)
- параметры самого датчика (угол ввода, типовой усредненный протектор для данного типа, стрела).

Замечание: На предприятии изготовителе в дефектоскоп записываются усредненные настройки, позволяющие в общем случае корректно работать с преобразователем данного типа. После их загрузки, параметры можно изменять с целью оптимизации работы прибора.





Важно! Записанные параметры угла ввода и задержки в призме (протекторе) являются номинальными значениями, имеющими некий допуск. Например, угол ввода может отличаться по ГОСТу или ТУ на $\pm 1^\circ$. Для более точного расчета координат дефектов необходимо скорректировать угол ввода, определив его, например, по образцу СО-2, а также уточнить величину призмы по образцам СО-3, V-2 и пр.

Автоматическая загрузка параметров для выбранного типа преобразователя из дефектоскопа позволяет максимально быстро настроить параметры прибора для корректной работы с выбранным ПЭП. Оптимизация параметров работы может быть выполнена вручную, как описано ниже.

Для загрузки параметров преобразователей

Шаг 1. Выберите пункт меню **ДАТЧИК** с помощью нажатия кнопок   и функцию **ЗАГРУЗИТЬ ДАТЧИК**, нажимая кнопки  .

Нажмите кнопку  для входа в режим загрузки.

Шаг 2. В открывшемся списке выберите нужный тип датчика кнопками   и нажмите кнопку . Для отказа от выбора и возврата в предыдущее окно нажмите .

Загрузка датчика	
01 [P]	П111-1.25-K20
02 [P]	П111-1.8-K12
03 [P]	П111-10.0-K4
04 [P]	П111-2.5-K12
05 [P]	П111-2.5-K20
06 [P]	П111-1.8-K20
07 [P]	П111-5.0-K12
08 [P]	П111-5.0-K6
09 [P]	П112-1.25-20/2
10 [P]	П112-1.8-20/2
11 [P]	П112-2.5-12/2
12 [P]	П112-2.5-20/2
13 [P]	П112-5.0-12/2
14 [P]	П121-1.25-40

Рис. 2-5 Загрузка параметров преобразователей

2.2.3 Быстрая ручная настройка основных параметров для работы с преобразователем

Некоторые установки прибора напрямую зависят от типа подключенного преобразователя. Их требуется изменять каждый раз при подключении преобразователя другого типа. Основными обязательными параметрами, без которых работоспособность стандартного серийно выпускающегося преобразователя невозможна, являются:



1. Выбор типа преобразователя (совмещенный, р/с, отдельный) (меню ДАТЧИК-ТИП)
2. Установка частоты возбуждения преобразователя (ГЕНЕРАТОР - ЧАСТОТА ЗИ)
3. Установка числа периодов генератора возбуждения (ГЕНЕРАТОР-ПЕРИОДОВ). В общем случае стандартный преобразователь для дефектоскопии хорошо работает при возбуждении длительностью в 2 периода частоты. Оптимальные значения можно найти путем подбора и анализа.
4. В общем случае для стандартного преобразователя все демпферы (ГЕНЕРАТОР-R выхода) и (ДАТЧИК-R входа), согласующие элементы (L выхода) должны быть выключены. Полоса частот (ПРИЕМНИК-ПОЛОСА) должна быть максимальной («min-max»), цифровые фильтры (ПРИЕМНИК-ФИЛЬТР) выключены.



Соблюдение пунктов 1-4 уже гарантирует правильное подключение любого стандартного преобразователя, наличие неискаженного сигнала на экране и пр. Настройка остальных многочисленных параметров требуется для получения наилучшего соотношения сигнал-шум и корректного расчета координат отражателей.

Порядок настройки основных параметров:

Выбор типа преобразователя (ДАТЧИК-ТИП)

Шаг 1. Выберите пункт меню ДАТЧИК помощью нажатия кнопок  .

Шаг 2. Выберите параметр ТИП нажатием кнопок  .

Шаг 3. Измените режим работы в соответствии с подключенным преобразователем нажатием кнопок  .

Доступные варианты:



**** - совмещенный тип преобразователя (передающей и принимающей является один и тот же пьезоэлемент)



**** - отдельно-совмещенный тип преобразователя (Сигнал передается одним пьезоэлементом, а принимается другим. При этом оба пьезоэлемента расположены с одной стороны изделия, и сигнал отражается от дна изделия и возвращается назад)



**** - отдельный тип преобразователя для теневого контроля (Излучают и принимают разные пьезоэлементы, расположенные друг напротив друга с разных сторон изделия. Сигнал проходит сквозь изделие)



Изменение частоты заполнения зондирующего импульса (ГЕНЕРАТОР - ЧАСТОТА) и длительности возбуждения (ГЕНЕРАТОР - ПЕРИОДОВ)



Для регулировки частоты зондирующего импульса:

Шаг 1. Выберите пункт меню ГЕНЕРАТОР с помощью нажатия кнопок  .

Шаг 2. Выберите параметр ЧАСТОТАЗИ, нажимая кнопки  .

Шаг 3. Установите частоту равную номинальной частоте подключенного преобразователя нажатием кнопок  .

Шаг 4. Выберите параметр ПЕРИОДОВ, нажимая кнопки  .

Шаг 5. Установите нажатием кнопок   длительность возбуждения равную 2 периодам частоты.

В общем случае (при всех выключенных демпферах и фильтрах) сигнал со стандартного преобразователя будет отображаться корректно без искажений.

2.2.4 Экспертная настройка для оптимального возбуждения и отображения сигналов в преобразователя.

Точная настройка данных параметров способствует максимально эффективному использованию любых ультразвуковых преобразователей соответствующего частотного диапазона.

Изменение частоты заполнения зондирующего импульса (ГЕНЕРАТОР - ЧАСТОТА)

Шаг 1. Выберите пункт меню ГЕНЕРАТОР с помощью нажатия кнопок .

Шаг 2. Выберите параметр ЧАСТОТА ЗИ, нажимая кнопки .

Шаг 3. Установите частоту близкую к номинальной частоте подключенного преобразователя нажатием кнопок , так чтобы получить требуемое соотношение амплитуды импульса и его разрешающей способности (длительности импульса).

Замечание: Следует учитывать, что установленная частота заполнения зондирующего импульса больше влияет не на частоту преобразователя, а на форму и амплитуду отраженного сигнала. Применение импульса несоответствующей частоты может привести к падению амплитуды (в случае слишком большой частоты), а также к искажению формы импульса (в случае импульса слишком малой частоты).

Замечание: Генератор прибора позволяет возбуждать преобразователь коротким импульсом с частотой 20МГц для повышения разрешающей способности. Число периодов при этом не более 1.

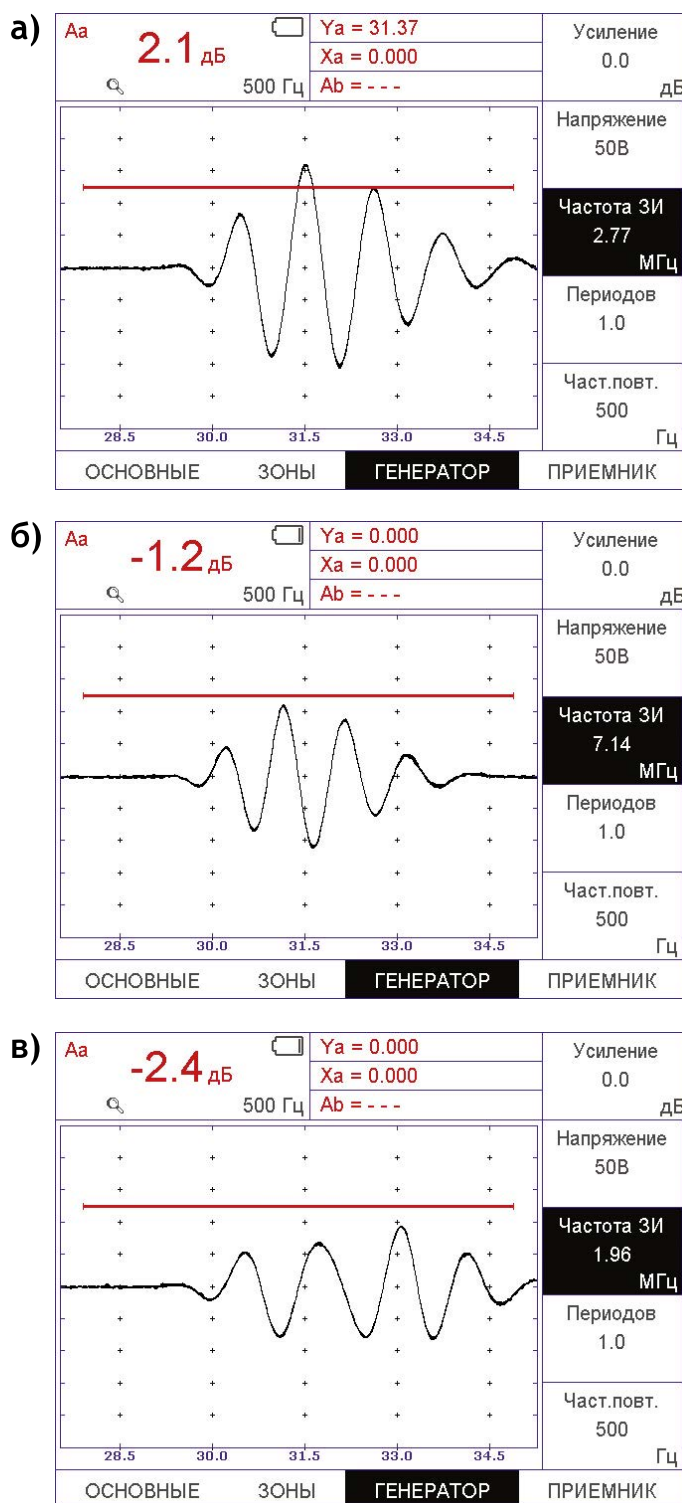




Рис. 2-6 Результат регулировки частоты зондирующего импульса (датчик 111-2,5-К12)

- а) оптимальная частота возбуждения
- б) слишком высокая частота, падение амплитуды
- в) слишком малая частота заполнения, падение амплитуды и резкое искажение формы сигнала

Изменение числа периодов зондирующего импульса (ГЕНЕРАТОР - ПЕРИОДОВ)

В отдельных случаях для получения максимальной амплитуды эхо-сигнала необходимо увеличить количество периодов частоты заполнения зондирующего импульса. Как правило, наибольший эффект увеличение длительности воздействия возбуждающего импульса требуется для преобразователей с большими пьезоэлементами, когда нужна большая мощность воздействия на пьезокерамический элемент.

На рис. 2-7 показан эффект применения регулировки числа периодов для прямого совмещенного преобразователя частотой 5МГц с диаметром пьезопластины 20мм. При возбуждении 2,5 периодами амплитуда эхо-сигнала возрастает на 5,4 дБ по сравнению с возбуждением 1 периодом.

Шаг 1. Выберите параметр ПЕРИОДОВ (меню ГЕНЕРАТОР), нажимая кнопки  .





Шаг 2. Измените количество периодов (от 0,5 до 10) нажатием кнопок  .

Замечание: Следует учитывать, что увеличение числа периодов импульса возбуждения эффективно на низких частотах, на частотах выше 5МГц может и не дать положительного результата, а также привести к снижению разрешающей способности.

Изменение амплитуды импульса возбуждения (ГЕНЕРАТОР - НАПРЯЖЕНИЕ)

УСД-50 версии IPS позволяет регулировать напряжение генератора между четырьмя фиксированными положениями: 50В, 100В, 150В и 200В. Режим малых напряжений эффективен для измерения малых толщин, где повышенное напряжение приводит к увеличению мертвой зоны.

Для изменения напряжения:

Шаг 1. Выберите пункт меню ГЕНЕРАТОР помощью нажатия кнопок   и параметр НАПРЯЖЕНИЕ, нажимая кнопки  .

Шаг 2. Измените значение нажатием кнопок  .

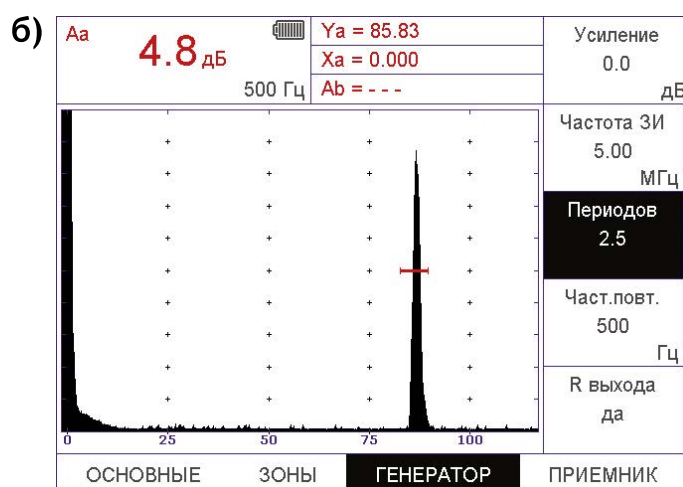
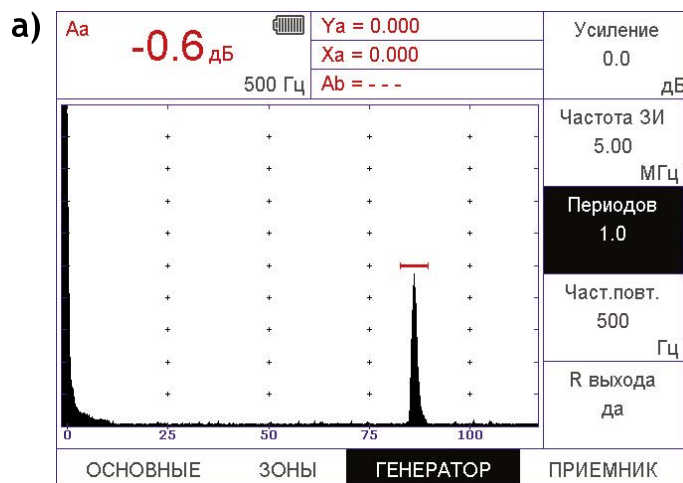


Рис. 2-7 Результат регулировки числа периодов зондирующего импульса (датчик П1111-5-К20)

а) 1 период - амплитуда сигнала 57% высоты экрана

б) 2,5 периода - амплитуда сигнала 100% высоты экрана

Изменение разрешающей способности с помощью демпфирования преобразователя

В дефектоскопе есть четыре степени демпфирования:

- Без демпфера (600 Ом)
- Демпфирование генератора (50 Ом)
- Демпфирование приемника (50 Ом)
- Демпфирование и приемника и генератора по (25 Ом в совмещенном режиме)

Демпфирование приемника (ДАТЧИК - R ВХОДА)

Шаг 1. Выберите пункт меню ДАТЧИК с помощью нажатия кнопок и параметр R ВХОДА, нажимая кнопки .

Шаг 2. Измените значение демпфера на 50 Ом или НЕТ - нажатием кнопок .

Демпфирование генератора (ГЕНЕРАТОР - R ВЫХОДА)

Шаг 1. Выберите пункт меню ГЕНЕРАТОР с помощью нажатия кнопок и выберите функцию R ВЫХОДА, нажимая кнопки .

Шаг 2. Измените значение демпфера на 50 Ом или НЕТ - нажатием кнопок .

Замечание: Целесообразность применения демпферов необходимо оценивать для каждой конкретной методики и типа датчика, т.к. неизбежно это компромисс между уменьшением длительности импульса и падением его амплитуды. Для частот ниже 5МГц демпфирование вообще может не приводить к каким-либо результатам, кроме падения амплитуды эхо-сигнала.

Как правило, демпфирование сигнала эффективно для широкополосных датчиков, когда необходимо получение сигналов малой длительности: измерение малых толщин, применение метода TOFD и пр.

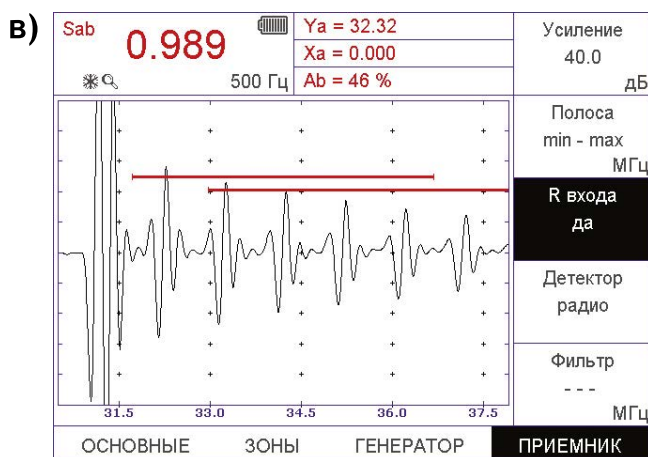
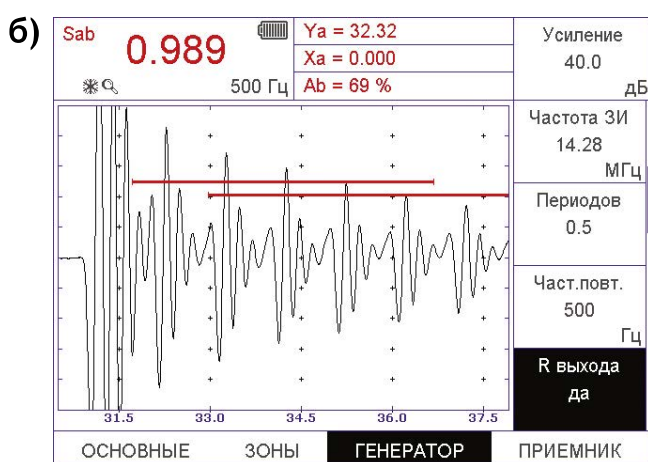
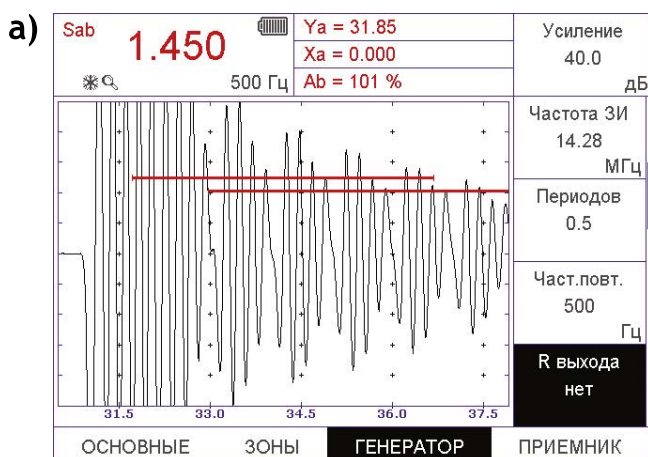


Рис. 2-8 Результат применения демпфирования Широкополосный датчик 15 МГц с линией задержки при измерении толщины 2 мм пластины.

- а) без демпферов (измерение невозможно - большая длительность сигналов)
- б) демпфер генератора 50 Ом
- в) демпфер приемника 50 Ом + демпфер генератора 50 Ом

Согласование преобразователей без встроенных согласующих элементов

Фактически, пьезоэлектрический элемент преобразователя, представляет собой емкостную нагрузку, для компенсации которой, необходима индуктивность.

Для этого используются разные методы: в старых приборах типа УД2-12 и пр. при установке частоты преобразователя автоматически включался некий встроенный в прибор контур, средний для всех преобразователей данной частоты. Однако, емкость пьезоэлемента, зависит не только от его толщины (влияющей на частоту), но и от его диаметра (площади) и марки пьезокерамики. Позднее, на рынке появились выносные индуктивные элементы согласования различного номинала для подключения любых преобразователей к любому прибору, а производители преобразователей стали встраивать такие элементы уже в сам датчик.

Тем не менее, в случае использования преобразователей от старых приборов, самодельных преобразователей либо специальных малогабаритных преобразователей, не позволяющих поместить такой элемент внутри корпуса - задача остается актуальной. УСД-50 имеет 7 встроенных индуктивных элементов согласования для оптимальной работы с любыми преобразователями.

Выбор индуктивного контура для согласования преобразователя (ГЕНЕРАТОР - L ВЫХОДА)

Шаг 1. Выберите пункт меню ГЕНЕРАТОР с помощью нажатия кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр L ВЫХОДА, нажимая кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Измените значение индуктивности (Нет, 0.66мкГн, 1.0 мкГн, 2.2 мкГн, 3.3 мкГн, 4.7 мкГн, 6.8 мкГн, 15 мкГн) - нажатием кнопок $-$ $+$ для подбора оптимальной индуктивности контура по амплитуде сигнала и/или ширине импульса.

Внимание: Преобразователи фирмы Кронус (АМКРО) имеют встроенные индуктивные элементы согласования. Подключение дополнительных согласующих элементов к ним не нужно.

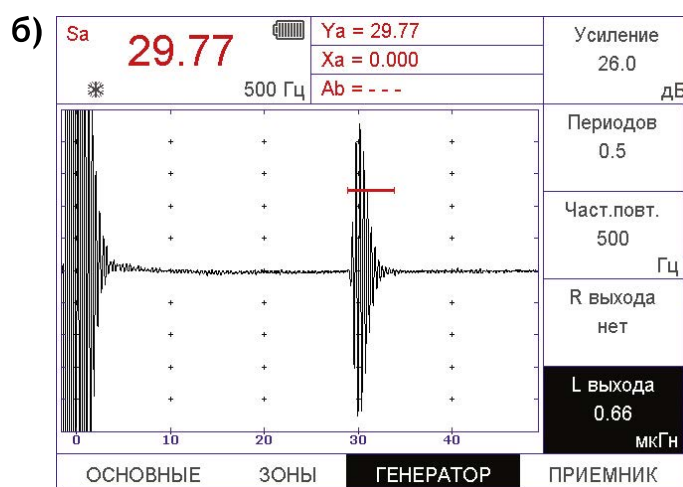
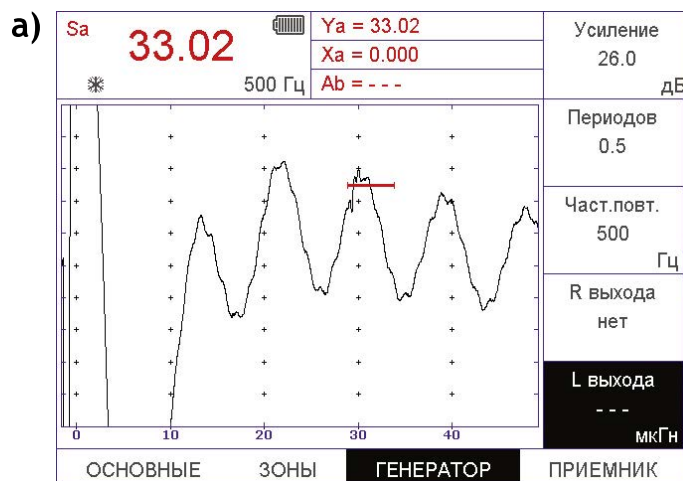


Рис. 2-9 Результат подключения согласующей индуктивности (преобразователь без встроенного контура П111-10-К4 (от прибора УД2-12), образец 30мм)
 а) без согласования (применение невозможно)
 б) с согласованием 0,66 мкГн

Использование функции электрического демпфирования зондирующего импульса

В дефектоскопе УСД-50 IPS имеется специальная возможность по электрическому демпфированию зондирующего импульса для уменьшения мертвой зоны.

При использовании этой функции с указанной задержкой после запуска зондирующего импульса включается на заданное время электрический ключ, укорачивающий срез импульса и позволяющий в некоторой степени подавить длительность реверберационных шумов, возникающих в начальный момент времени.

Выбор длительности электрического демпфера (ГЕНЕРАТОР - ДЛИТ. ЭД)

Шаг 1. Выберите пункт меню ГЕНЕРАТОР с помощью нажатия кнопок и параметр ДЛИТ. ЭД кнопками .

Шаг 2. Измените значение длительности (0 - 2500нс с шагом 5нс) - нажатием кнопок для подбора оптимального демпфирования сигнала.

Выбор задержки запуска электрического демпфера (ДЕМПФЕР - ЗАДЕРЖ. ЭЛ)

Шаг 3. Выберите параметр ЗАДЕРЖ. ЭД нажимая кнопки .

Шаг 4. Измените значение задержки (0 - 2500нс с шагом 5нс) - нажатием кнопок для подбора оптимального демпфирования сигнала.

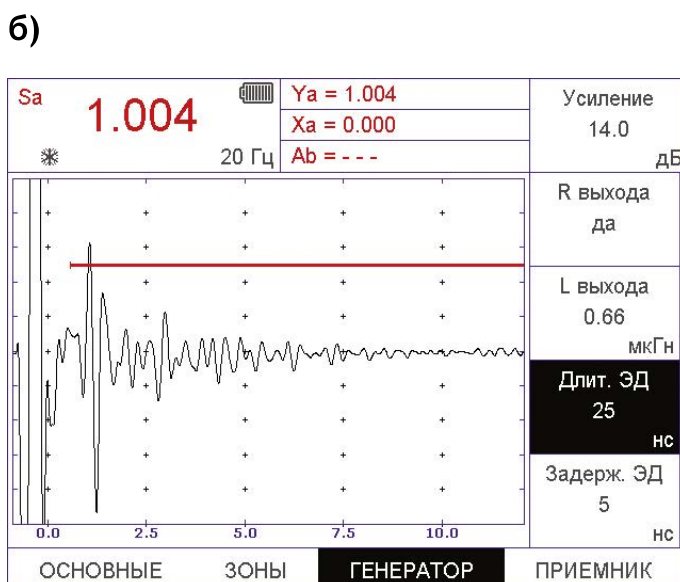
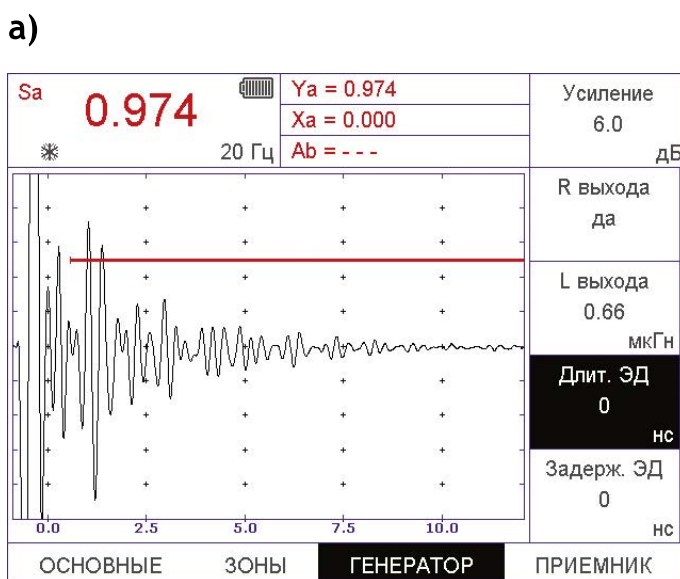


Рис. 2-10 Эффект применения электрического демпфирования ЗИ (прямой совмещенный преобразователь П111-10-К4 на плоскопараллельном образце 1мм)
 а) без демпфера - срез зондирующего импульса находится вплотную к сигналу
 б) с демпфером 20нс и задержкой запуска 5нс - отчетливый эхо-сигнал от пластины 1мм

Изменение соотношения сигнал/шум с помощью применения фильтров.

УСД-50 IPS имеет встроенные аналоговые фильтры позволяющие, в отдельных случаях, повысить соотношение сигнал/шум, сделав полосу более узкой. Особенно ощутимый эффект дает применение узкополосных фильтров на больших усилениях и для контроля материалов с большим затуханием.

Замечание: Для большинства стандартных применений использование фильтров не требуется. Целесообразность применения фильтров должна быть определена при разработке специальных методик контроля.

Настройка аналогового фильтра (ПРИЕМНИК- ПОЛОСА)

Шаг 1. Выберите пункт меню ПРИЕМНИК кнопками и параметр ПОЛОСА кнопками .

Шаг 2. Нажатием кнопки выберите, какую границу полосы вы хотите регулировать (ВЕРХНЯЯ или НИЖНЯЯ)

Шаг 3. Выберите значение границы полосы нажатием кнопок .

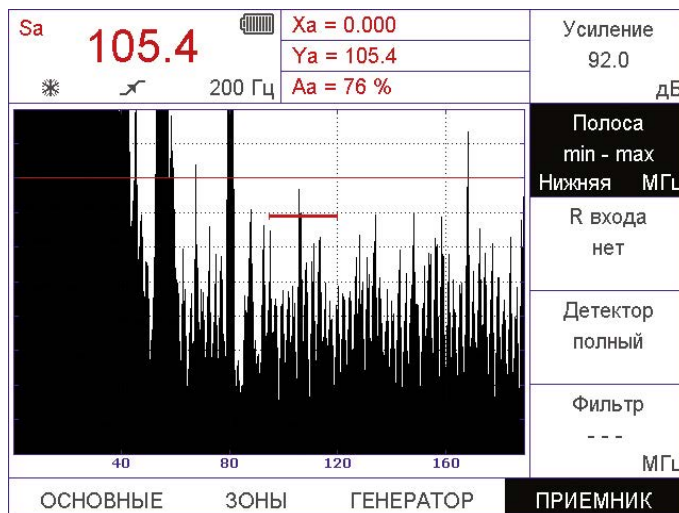
Шаг 4. Измените вновь нажатием кнопки границу полосы

Шаг 5. Выберите значение противоположной границы полосы с помощью кнопок (если требуется).

Доступны следующие границы диапазонов:

Нижняя	Верхняя
min	max
0.2	14.0
0.4	11.0
0.6	8.6
0.9	6.8
1.2	5.6
1.9	4.7
2.7	3.2
	2.7
	2.3
	1.8

а)



б)

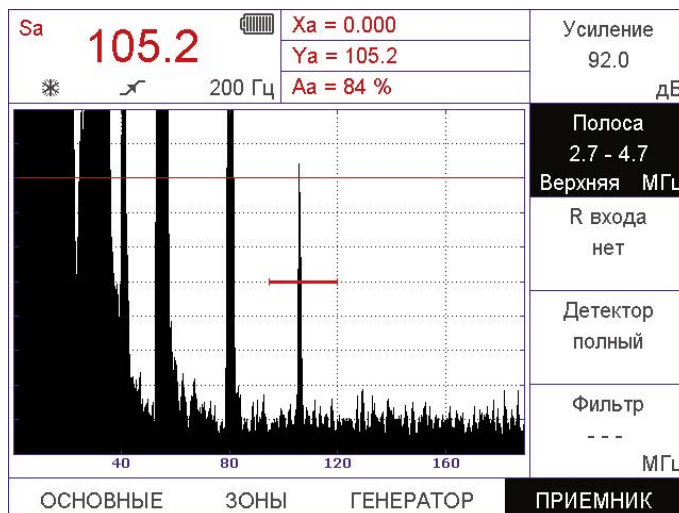


Рис. 2-11 Эффект применения аналогового фильтра

Преобразователь Krautkramer K4N на призме 20мкс (образец СО-1).

а) без фильтра - 4-й эхоимпульс виден в шумах
б) с аналоговым узкополосным фильтром 2,7-4,7 МГц 4-й эхоимпульс четко различим

Важно: Аналоговые фильтры влияют на сигнал до оцифровки, поэтому их применение на «замороженном» изображении невозможно.

Изменение соотношения сигнал/шум с помощью усреднения сигналов (ПРИЕМНИК-УСРЕДНЕНИЕ)

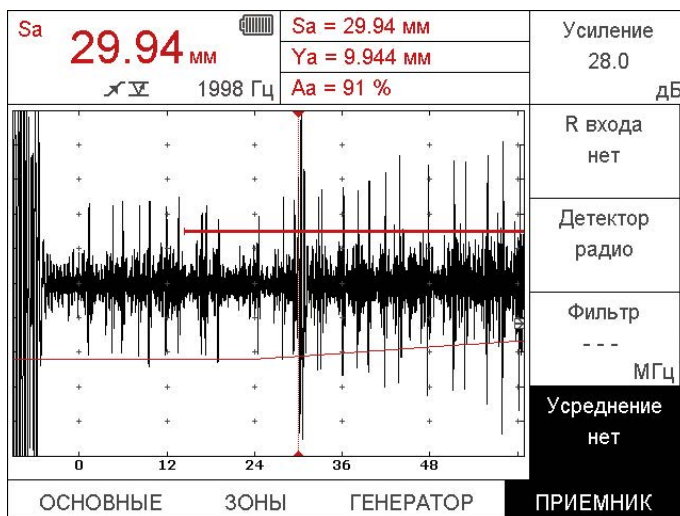
В отдельных случаях, применение усреднения нескольких полученных сигналов позволяет избежать появления помех и значительно увеличить соотношение сигнал/шум. В частности, это полезно при применении ЭМА-преобразователей или для контроля в сложных производственных условиях, при наличии сильных помех от сварки, СВЧ оборудования и пр.

Шаг 1. Выберите пункт меню ПРИЕМНИК кнопками и параметр УСРЕДНЕНИЕ кнопками . Шаг 2. Выберите подходящую степень усреднения нажатием кнопок .

Доступны следующие значения: нет (выключено), 4x, 8x, 16 и 32x.

Замечание: Необходимо понимать, что применение усреднения нескольких сигналов, оказывает влияние на быстродействие дефектоскопа, и, как следствие, снижает максимально возможную скорость проведения контроля. Поэтому, применение усреднения требует правильного баланса между частотой посылок зондирующих импульсов, степенью усреднения и скоростью сканирования объекта контроля оператором.

а)



б)

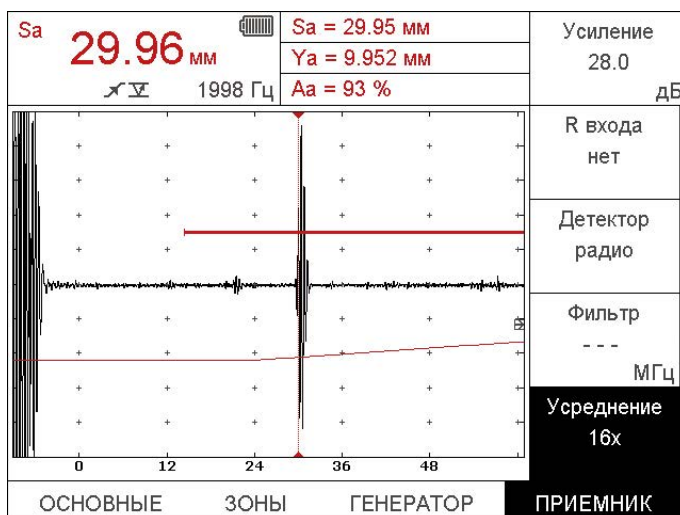


Рис. 2-12 Эффект применения усреднения при использовании ЭМА-преобразователя ЕМТ2705 на стальном образце 30мм.

- а) без усреднения - сигнал в шумах от активного усилителя
- б) с усреднением в 16 раз - эхоимпульс четко различим

Настройка цифрового фильтра (ПРИЕМНИК- ФИЛЬТР)

Кроме аналоговых фильтров в дефектоскопе предусмотрено применение различных цифровых фильтров, позволяющих обрабатывать уже оцифрованный сигнал.

Шаг 1. Выберите пункт меню ПРИЕМНИК кнопками и параметр ФИЛЬТР кнопками .

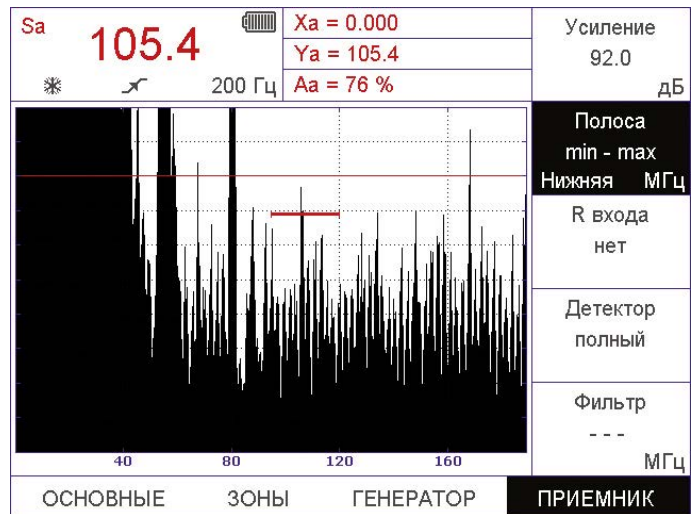
Шаг 2. Выберите подходящий цифровой фильтр нажатием кнопок .

Доступны следующие цифровые фильтры:

--- (выключен)
0.5 .. 2.0
0.5 .. 5.0
2.0 .. 8.0
5.0 .. 15.0
7.0 .. max

Замечание: Для большинства стандартных применений использование цифровых фильтров не требуется. Целесообразность применения фильтров должна быть определена при разработке специальных методик контроля.

а)



б)

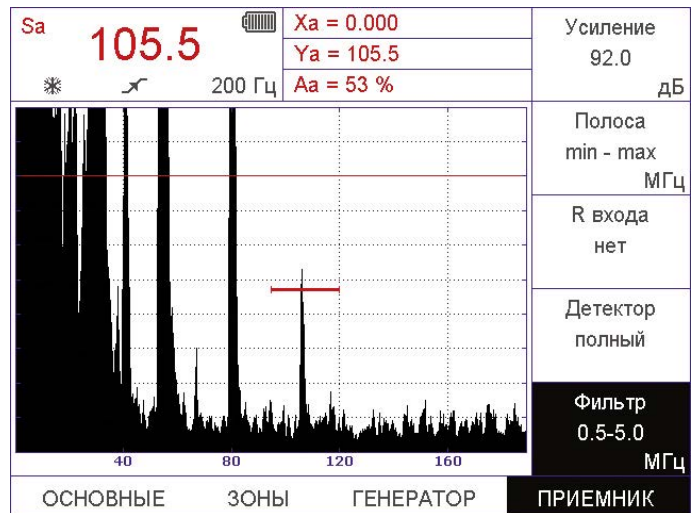


Рис. 2-13 Эффект применения аналогового фильтра.

Преобразователь Krautkramer K4N на призме 20мкс (образец СО-1).

- а) без фильтра - 4-й эхоимпульс виден в шумах
- б) с цифровым узкополосным фильтром 0,5-5 МГц 4-й эхоимпульс четко различим

Регулировка частоты посылок зондирующих импульсов (ГЕНЕРАТОР- ЧАСТ.ПОВТ.)

Регулировка частоты посылок зондирующих импульсов имеет важное значение в двух случаях:

- а) при механизированном и автоматизированном контроле, когда требуемая частота посылок должна быть достаточна для заданной скорости перемещения преобразователя во избежание пропуска дефектов.
- б) при контроле различных поковок и литья, когда время между посылками зондирующих импульсов не должно быть меньше, чем время необходимое на возврат эхоимпульса из изделия, во избежание появления «фантомных» эхо-сигналов.

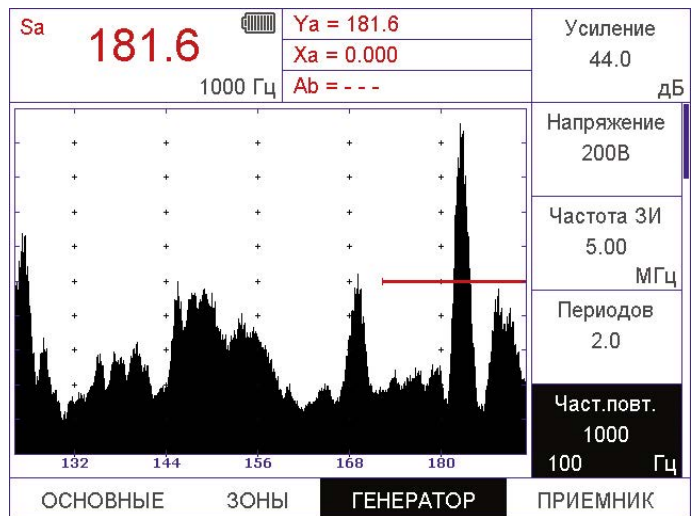
Шаг 1. Выберите пункт меню ГЕНЕРАТОР кнопками и параметр ЧАСТ.ПОВТ. кнопками .

Шаг 2. Выберите подходящую для задачи контроля частоту посылок нажатием кнопок .

Диапазон регулировки частоты посылок 20 Гц до 2000 Гц с минимальных шагом 10 Гц.

Замечание: Для большинства стандартных применений ручного контроля вполне достаточной является частота посылок 400-500 Гц.

а)



б)

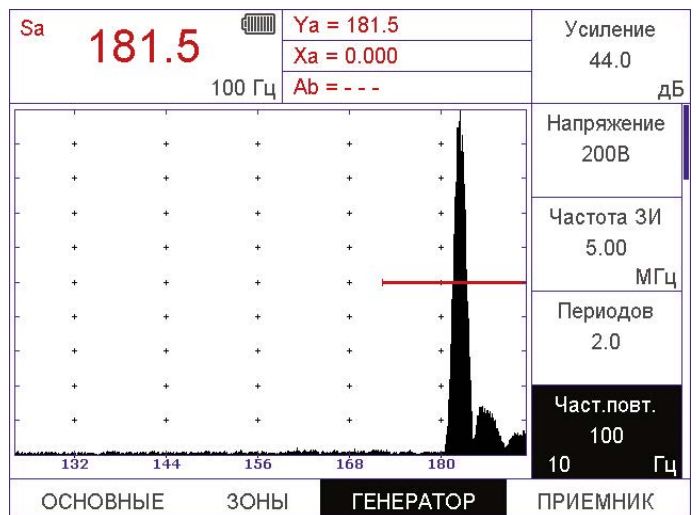


Рис. 2-14 Эффект регулировки частоты посылок при контроле алюминиевой поковки

- а) частота посылок 1000 Гц - многочисленные «фантомные» сигналы помех
- б) частота посылок 200 Гц - оптимальный режим работы

2.3 Регулировка отображения сигнала

2.3.1 Выбор единиц измерения (ОСНОВНЫЕ- ЕДИНИЦЫ)

Любой ультразвуковой дефектоскоп отображает на экране А-скан, визуализирующий собой ось глубины материала по горизонтали и ось амплитуды сигнала по вертикали. На самом деле, базовой измеряемой величиной по горизонтали, является время, проходящее между одним начальным моментом (например, запуском импульса возбуждения) и другим моментом-событием (например, появлением сигнала в зоне контроля, превышающего порог зоны). Собственно, все остальные производные величины (расстояние по лучу, координаты X и Y, толщина) являются лишь продуктом математического вычисления базовых арифметических и тригонометрических функций на основе введенных значений скорости распространения УЗК, угла и стрелы датчика, задержки в призме, толщины объекта контроля и пр.)

Поскольку не всегда и не все величины могут быть известны оператору, то в приборе УСД-50 IPS есть отображение развертки и положения зон, как в базовой величине времени (мкс), так и в значениях по глубине материала (мм).

Для выбора единиц измерения:

Шаг 1. Выберите пункт меню ОСНОВНЫЕ с помощью нажатия кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр ЕДИНИЦЫ, нажимая кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Измените единицы мкс или мм кнопками $-$ $+$.

Важно: При выборе в качестве единиц измерения «мкс» - значения развертки и начала зон контроля указываются без учета задержки в призме, угла ввода и пр. При выборе в качестве единиц измерения «мм» - показания развертки отображаются по реальной глубине изделия, т.е. в учетом введенных оператором задержки в призме, угла ввода, толщины образца, скорости УЗК и пр.

2.3.2 Установка развертки дисплея (ОСНОВНЫЕ - РАЗВЕРТКА)

Шаг 1. Выберите пункт меню ОСНОВНЫЕ с помощью нажатия кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр РАЗВЕРТКА, нажимая кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения развертки кнопкой F (0.01, 0.1, 1, 10 и 100 мм)

Шаг 3. Отрегулируйте развертку кнопками $-$ $+$. Допустимые значения развертки от 2,5 мкс (7,5 мм по стали для эхо-метода) до 2000 мкс (6000 мм по стали для эхо-метода)

Важно: Если по каким-либо причинам требуется отображение развертки не по глубине изделия, а «по лучу», просто поставьте «0» в значении угла датчика (ДАТЧИК-УГОЛ), а также «0» в толщине образца «КАЛИБРОВКА-ОБРАЗЕЦ».

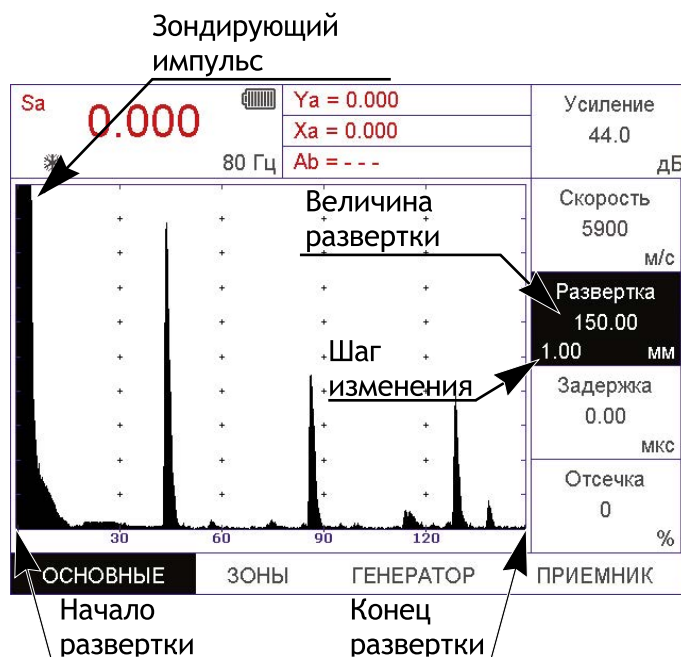


Рис 2-15 Регулировка развертки экрана

2.3.3 Установка задержки развертки (ОСНОВНЫЕ-ЗАДЕРЖКА)

Функция задержки развертки смещает изображение А-скана влево или вправо и используется для регулировки вида экрана дефектоскопа.

Для установки задержки:

Шаг 1. Выберите пункт меню ОСНОВНЫЕ с помощью нажатия кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр ЗАДЕРЖКА, нажимая кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Выберите шаг изменения кнопкой \square (0.01, 0.1, 1, 10 и 100 мкс)

Шаг 3. Отрегулируйте задержку развертки кнопками $-$ $+$. Допустимые значения задержки развертки от - 5 мкс (до начала запуска зондирующего) до 2000 мкс

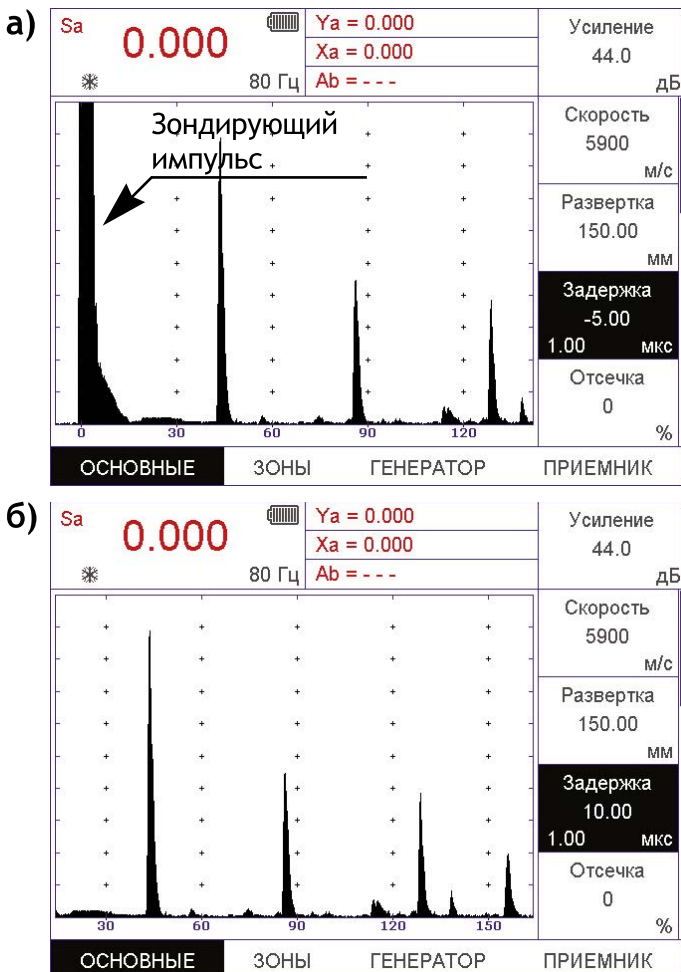


Рис. 2-16 Регулировка задержки развертки
а) с отрицательной задержкой -5мкс
б) с задержкой 10 мкс

Важно: Для отдельных задач бывает нужно наблюдать на экране и измерять собственный зондирующий импульс. Для этого в приборе предусмотрена возможность ввода отрицательной задержки экрана, до 5 мкс до начала запуска зондирующего импульса (рис. 2-16а)

2.3.4 Установка уровня отсечки сигнала (ОСНОВНЫЕ-ОТСЕЧКА)

Часть А-скана ниже заданного в % от высоты экрана уровня может не обрабатываться и не выводиться на экран, упрощая визуальное восприятие сигналов.

На рис.2-17 представлен тот же сигнал, что и на рис. 2-16б, но с применением уровня отсечки 15%.

Для выбора уровня отсечки:

Шаг 1. Выберите пункт меню ОСНОВНЫЕ с помощью нажатия кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр ОТСЕЧКА, нажимая кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Измените процент отсечки кнопками $-$ $+$. Полный диапазон отсечки А-скана от 0 до 80% высоты экрана с шагом 1%.

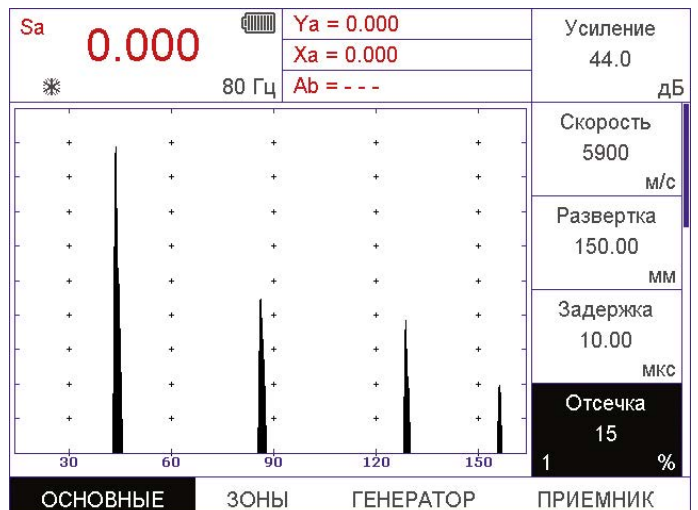


Рис. 2-17 Эффект применения отсечки сигнала

2.3.5 Выбор режима детектирования А-скана (ПРИЕМНИК-ДЕТЕКТОР)

Режим детектирования определяет представление принятого сигнала на экране дефектоскопа. Принятый сигнал представляет собой двухполярный радиочастотный импульс, который может быть выведен на экран прибора в различном виде.

В радиочастотном режиме (без детектирования) - а-порог и б-порог могут быть установлены как сверху, так и снизу центральной оси, для измерения как положительной, так и отрицательной составляющей сигнала.

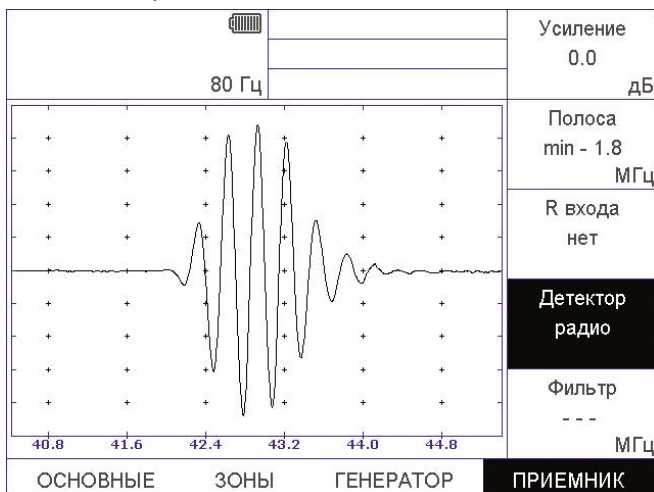


Рис. 2-18 Радиочастотный сигнал

Позитивное (положительное) детектирование - предназначено для работы с положительной составляющей сигнала.
Негативное (отрицательное) детектирование предназначено для работы с отрицательной составляющей сигнала.

Замечание: Несмотря на то, что это отрицательная часть радиосигнала, она отображается на А-скане, при детектировании, так же как и положительная для простоты восприятия

Полное детектирование является сложением положительной и отрицательной составляющей радиосигнала.

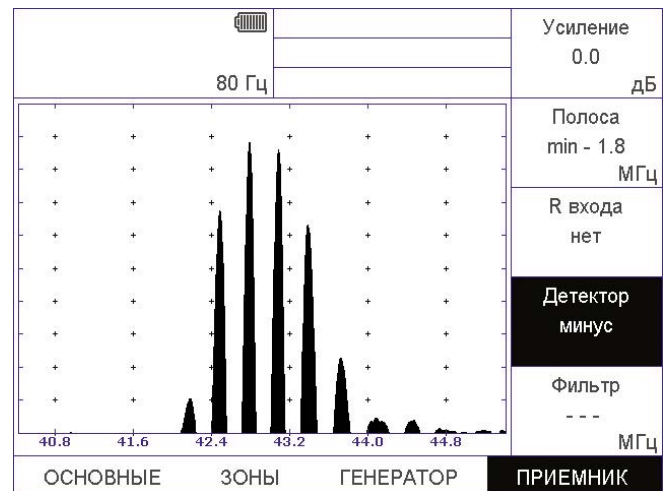


Рис. 2-19 Отрицательное 1/2 волновое детектирование

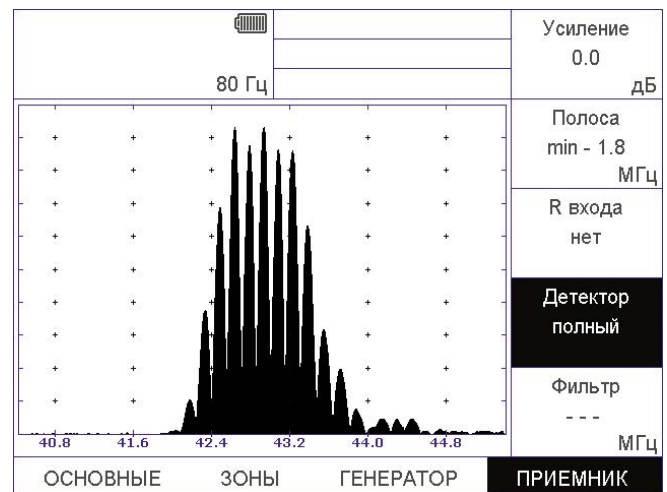


Рис. 2-20 Полное детектирование

Для изменения режима детектирования:
 Шаг 1. Выберите пункт меню ПРИЕМНИК с помощью нажатия кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр ДЕТЕКТОР, нажимая кнопки \uparrow \downarrow .
 Шаг 2. Измените вид детектирования кнопками \ominus \oplus .

Доступные варианты:

- МИНУС – Отображает негативную (отрицательную) полуволну в позитивной ориентации.
- ПЛЮС – Отображает позитивную (положительную) полуволну радиосигнала
- ПОЛНЫЙ – Отображает результат сложения положительной и отрицательной полуволн в положительной ориентации
- РАДИО – Отображает реальный радиосигнал без детектирования

3. Настройка дефектоскопа для измерений

Данный раздел описывает, как настроить дефектоскоп для определения амплитуды и координат дефектов и измерения толщины.

Ниже описано как:

- Отрегулировать а- и б-зоны контроля (стробы) и сигнализацию дефектов
- Выбрать способ определения координат (по пику или фронту сигнала)
- Установить величины, которые измеряются
- Настроить прибор для работы с наклонными преобразователями

3.1 Конфигурация а- и б-зон контроля

Установка положений и параметров а- и б-зон контроля является первым шагом при конфигурации дефектоскопа для определения дефектов и измерения толщины материалов.





3.1.1 Установка положения и параметров зон контроля



Используйте следующие процедуры для установки вертикального и горизонтального положения а- и б-зон контроля. Помните, что положение зон оказывает влияние на следующие возможности инструмента:


- Эхо-сигналы, отображаемые в правой части экрана А-скана, приходят с большей глубины, чем эхо-сигналы, расположенные в левой части экрана. Поэтому, перемещение границ зон контроля вправо означает оценку большей глубины контролируемого изделия.
- Увеличение ширины зоны контроля также увеличивает глубину, на которой проводится контроль.
- Увеличение высоты зоны контроля (называемой порогом зоны) означает, что только более высокие по амплитуде сигналы смогут быть зарегистрированы.

Выбор зоны контроля для регулирования (ЗОНЫ - ВЫБОР ЗОНЫ)

Меню ЗОНЫ позволяет регулировать положения двух (а- и б-) независимых зон контроля. Для регулировки следует предварительно выбрать зону контроля, параметры которой оператор хочет изменить.



Шаг 1. Выберите пункт меню ЗОНЫ с помощью нажатия кнопок   и параметр ВЫБОР ЗОНЫ, нажимая кнопки  .



Шаг 2. Выберите а-зону либо б-зону контроля кнопками  .

Важно: При включенной «электронной лупе» , при смене выбора зоны - на экране будет отображаться содержимое соответствующей зоны контроля.



Задание логики срабатывания АСД

Независимая АСД каждой из зон контроля может срабатывать либо когда эхо-сигнал пересекает зону (т.е. становится выше порога) либо когда эхо-сигнал не пересекает ее (т.е. падает ниже порога).

Шаг 1. Выберите параметр РЕЖИМ с помощью кнопок  .

Шаг 2. Измените значение параметра кнопками  .

Доступные значения:

-  дефект, если сигнал пересекает порог
-  дефект, если сигнал не пересекает порог
- НЕТ - сигнализация зоны выключена, и зона на экране **не отображается**.

Каждая из двух независимых зон контроля имеет индивидуальные характеристики:

- начало зоны (минимальная глубина, с которой начинает оцениваться сигнала)
- ширина зоны (диапазон глубин, на котором оцениваются сигналы)
- порог зоны (высота зоны контроля на экране)

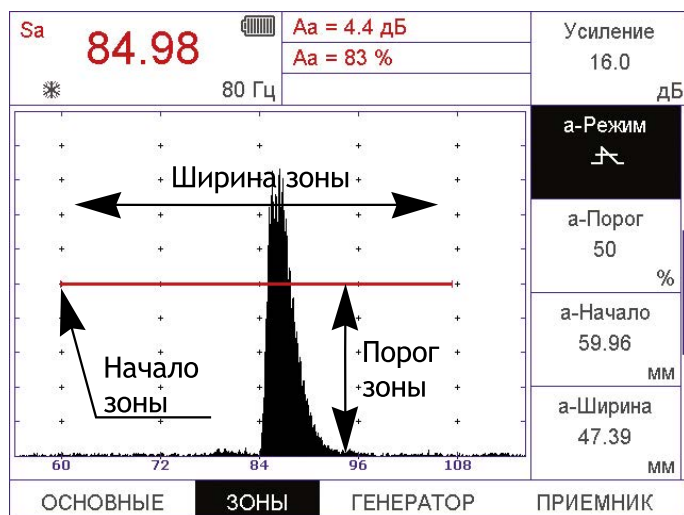


Рис. 3-1 Параметры зоны контроля

Установка порога зон (высоты зон) (а-ЗОНА - а-ПОРОГ) или (б-ЗОНА - б-ПОРОГ)

Шаг 1. Выберите параметр а-ПОРОГ (б-ПОРОГ) с помощью кнопок \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой Ⓢ (1% или 10%).

Шаг 3. Измените высоту порога зоны с помощью кнопок $-$ $+$. Диапазон регулировки высоты порога от -95% до 95% в режиме радиосигнала и от 0 до 95% высоты экрана в режиме детектирования.

Установка начала зоны контроля (ЗОНЫ - а-НАЧАЛО) или (ЗОНЫ - б-НАЧАЛО)

Шаг 1. Выберите параметр а-(б-)НАЧАЛО с помощью кнопок \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой Ⓢ (0.01, 0.1, 1,10 и 100мм).

Шаг 3. Измените начало зоны с помощью кнопок $-$ $+$.

Регулировка ширины зон контроля (а-ЗОНА - а-ШИРИНА) или (б-ЗОНА- б-ШИРИНА)

Шаг 1. Выберите параметр а-(б-)ШИРИНА с помощью кнопок \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой Ⓢ (0.01, 0.1, 1,10 и 100мм).

Шаг 3. Измените ширину зоны с помощью кнопок $-$ $+$.

3.1.2 Включение звуковой АСД (АСД-ЗВУК)

Когда срабатывает АСД (Автоматическая Сигнализация Дефекта), может раздаваться звуковой сигнал. Критерии обработки сигнала, при котором срабатывает АСД, задаются в параметре а-РЕЖИМ (б-РЕЖИМ) Используйте следующие процедуры для включения звука:

Шаг 1. Выберите параметр ЗВУК с помощью кнопок \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Измените значение функции кнопками $-$ $+$.

Доступные значения:

- а-зона - когда дефект только в а-зоне
- б-зона - когда дефект только в б-зоне
- а и б-зона - когда дефект в обеих зонах
- а или б - зона - когда дефект в любой одной зоне
- НЕТ - звук выключен

3.1.3 Установка измеряемой величины (ИЗМЕРЕНИЕ-ВЕЛИЧИНА)

Дефектоскоп может вычислять несколько типов величин, но одновременно на экран выводятся только максимум четыре из них.

Для установки выводимых величин:

Шаг 1. Выберите пункт меню ИЗМЕРЕНИЕ

с помощью кнопок ◀ ▶.

Шаг 2. Выберите параметр ПОЛЕ 1 кнопками

▲ ▼.

Шаг 3. Измените значение кнопками ⊖ ⊕.

Измеряемые величины

- Sa, Sb, Sab - путь до отражателя «по лучу», вычисленный по сигналу в а-зоне или б-зоне или между зонами
- Xa, Xb - координата до отражателя по поверхности объекта контроля (по сигналам в а- или б- зонах)
- Ya, Yb - координата до отражателя по глубине (по сигналам в а- или б- зонах). При угле преобразователя равно нулю путь S и глубина Y равны, а X=0.
- La, Lb - номер луча (по сигналам в а- или б- зонах). Для вычисления номера луча необходимо задать толщину образца в параметре КАЛИБРОВКА-ОБРАЗЕЦ.
- Va, Vb, Vab - скорость звука в м/с.

Замечание: Для вычисления скорости звука необходимо задать в параметре КАЛИБРОВКА-ОБРАЗЕЦ толщину образца, в котором измеряется скорость

- ERS - эквивалентная площадь отражателя в кв.мм., измеренная по АРД
- Aa, Ab % -амплитуда в % высоты экрана
- Aa, Ab, dB -амплитуда в дБ относительно уровня порога соответствующей зоны контроля.

Замечание: Если включен режим АРК значение Aa, dB будет отображать разницу в дБ между сигналом в а-зоне и уровнем кривой АРК на той же глубине, что и сигнал.

- Aref, dB - разница в дБ между пиком эхо-сигнала в а-зоне и амплитудой эталонного эхо-сигнала сохраненном в параметре «ИЗМЕРЕНИЕ»-«А ОПОРНАЯ»

Измерение данной величины обеспечивает соответствие измерений стандарту AWS 1.1

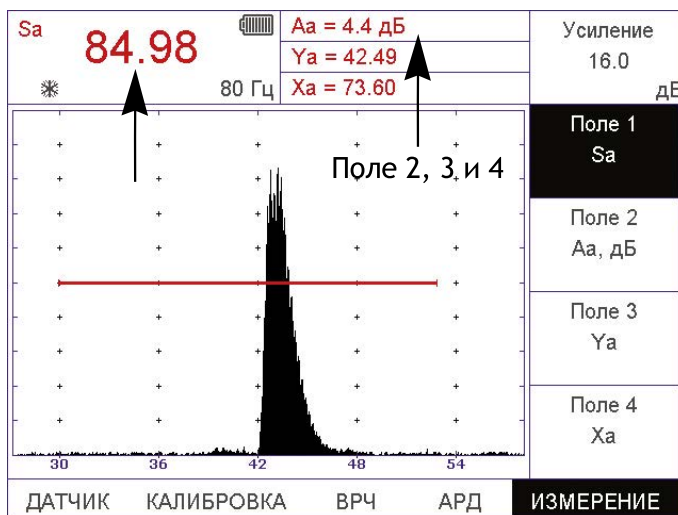


Рис. 3-2 Пример установки измеряемых величин

На рис.3-2 показан пример настройки вывода измеряемых величин на экран: в основной поле (Поле 1) показано расстояние до дефекта по лучу, в Поле 2 - амплитуда сигнала в дБ относительно высоты порога, в Поле 3 - глубина залегания дефекта, в Поле 4 - расстояние до дефекта по поверхности изделия.



3.1.4 Выбор способа измерения координат



Сигналы на экране, пересекающие зону контроля, оцениваются по времени прихода для определения координат дефектов или толщины материала изделия. При попадании сигнала в зону контроля может быть измерено либо:

- время, соответствующее первой точке пересечения фронта сигнала с порогом зоны контроля (режим - «ПО ФРОНТУ»)
- время, соответствующее максимальному пику сигнала в зоне контроля (режим - «ПО ПИКУ»)
- время пересечения первым сигналом превышающим порог зоны контроля «нулевой линии» координат (режим - «ПО НУЛЮ»).

Функция ИЗМЕРЕНИЕ-ВРЕМЯ позволяет установить, какой из параметров будет использоваться для оценки сигнала в а-зоне.

Установка способа оценки сигнала в а-зоне (ИЗМЕРЕНИЕ-ВРЕМЯ)

Шаг 1. Выберите параметр ВРЕМЯ в меню ИЗМЕРЕНИЕ с помощью кнопок  .

Шаг 2. Измените способ оценки сигнала ПО ПИКУ или ПО ФРОНТУ или ПО НУЛЮ кнопками  .

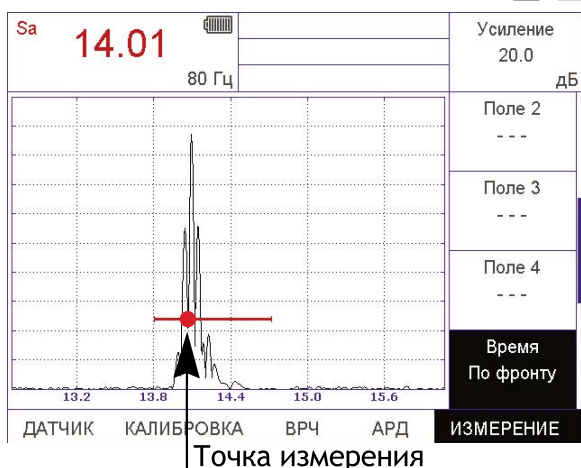


Рис. 3-3 Измерение времени прихода сигнала «по фронту»

Замечание: В основном для дефектоскопии применяется метод измерения «по пику», т.к. именно местоположение точки с максимальной амплитудой является важным.

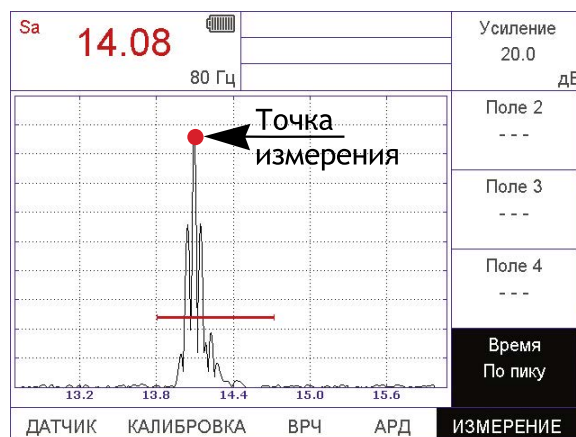


Рис. 3-4 Измерение времени прихода сигнала «по пику»

Наиболее точным, с точки зрения толщинометрии, является измерение времени прихода сигнала по моменту пересечения им нулевой линии. Эта точка не зависит от усиления сигнала (в отличие от фронта сигнала, который нарастает, в любом случае, в течение некоторого времени, а не мгновенно), и не зависит также от разнообразных трансформаций формы сигнала, при которых максимум амплитуды может соответствовать то одной полуволне, то другой.

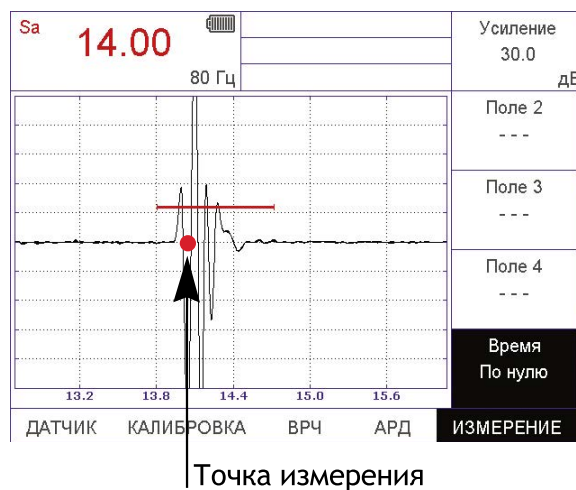


Рис. 3-5 Измерение времени прихода сигнала «по нулю»

3.1.5 Ввод протектора (призмы) преобразователя (ДАТЧИК - ПРОТЕКТОР)

Как правило, пьезоэлемент преобразователя передает механические колебания в материал объекта контроля не напрямую, а через некий защитный элемент (протектор, линию задержки, наклонную призму). При вычислении точных координат дефекта и толщины изделий время распространения колебаний в таком элементе должно учитываться и вычитаться из общего времени распространения импульса.

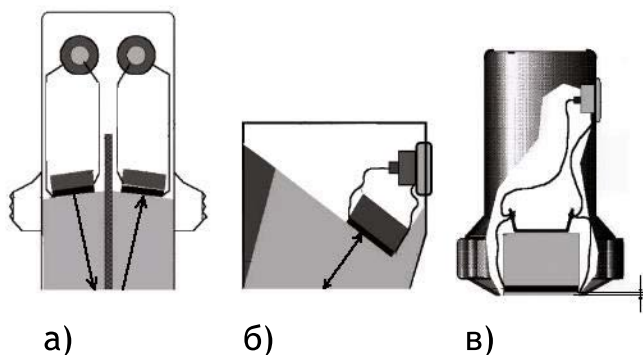


Рис. 3-6 Задержка в призме (протекторе) преобразователя

а - задержка в призме раздельно-совмещенного прямого преобразователя;

б - задержка в призме наклонного преобразователя;

в - задержка в защитной пластине (протекторе) прямого совмещенного преобразователя.

Для указания времени задержки в призме:

Шаг 1. Выберите параметр ПРОТЕКТОР в меню ДАТЧИК с помощью кнопок \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Измените значение протектора кнопками \ominus \oplus . Доступные значения от 0 до 100мкс, с шагом с шагом 0,01 /0,1 или 1мкс.

3.2 Использование наклонных преобразователей

При использовании наклонного преобразователя для правильного расчета координат дефекта необходимо установить следующие параметры:

- Угол ввода ультразвуковых колебаний в материал в параметре ДАТЧИК-УГОЛ
- Толщину образца в параметре КАЛИБРОВКА-ОБРАЗЕЦ (для правильного расчета номера луча)
- Задержку в призме преобразователя в параметре ДАТЧИК-ПРОТЕКТОР
- Стрелу преобразователя в параметре ДАТЧИК-СТРЕЛА, в случае, если необходимо координату X вычислять от передней грани датчика, а не от точки ввода УЗК в материал.

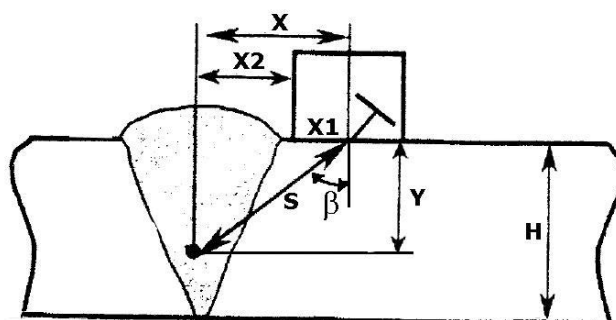


Рис. 3-7 Работа с наклонным преобразователем

H - толщина объекта контроля;

S - путь до отражателя по лучу;

Y - глубина залегания отражателя;

β - угол ввода УЗК в материал;

X1 - стрела преобразователя;

X2 - расстояние по поверхности до отражателя от передней грани преобразователя;

X - расстояние по поверхности до отражателя от точки ввода луча.

3.2.1 Настройка угла ввода УЗК (ДАТЧИК-УГОЛ)

Шаг 1. Выберите меню ДАТЧИК с помощью кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр УГОЛ, используя кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой \square (0.1°, 1° и 10°).

Шаг 3. Измените значение кнопками \ominus \oplus .
Доступные углы ввода от 0 до 85°.

Замечание: Угол ввода УЗК должен быть указан на маркировке или в паспорте преобразователя. Данный угол указывается для определенного материала, как правило, для стали. Необходимо помнить, что угол ввода колебаний в материал с другой скоростью распространения УЗ колебаний будет иным.

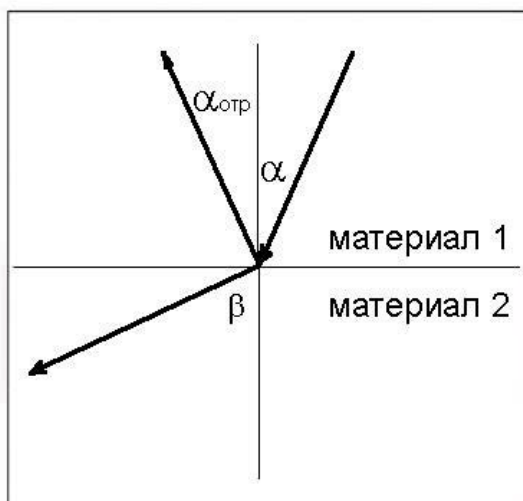


Рис. 3-8 Отражение и преломление волн на границе сред

Ультразвуковые колебания в призме наклонного преобразователя, достигая границы раздела призма/объект контроля, претерпевают следующие трансформации:

- часть энергии отражается от границы раздела с углом равным углу падения (углу призмы преобразователя);
- часть энергии проходит в материал объекта контроля под углом преломления, вычисляемым по закону Снелла

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c1}{c2}, \text{ где}$$

α - угол падения луча (угол призмы преобразователя);
 $c1$ - скорость распространения ультразвуковых колебаний в материале призмы;
 β - угол преломления луча (угол ввода УЗК в материал объекта контроля);
 $c2$ - скорость распространения ультразвуковых колебаний в материале объекта контроля.

3.2.2 Ввод толщины образца (КАЛИБРОВКА-ОБРАЗЕЦ)

При контроле пластин лучи распространяются с многократным отражением от граней. Для правильного расчета глубины дефекта необходимо задать толщину пластины. В этом случае, номер луча будет отображаться в виде: L=1 (для прямого луча), L=2 (для однократно отраженного) и тд. (рис.3-9)

Шаг 1. Выберите меню КАЛИБРОВКА с помощью кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр ОБРАЗЕЦ, используя кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой \square (0.01, 0.1, 1 и 10 мм)

Шаг 3. Измените значение толщины образца кнопками \ominus \oplus .

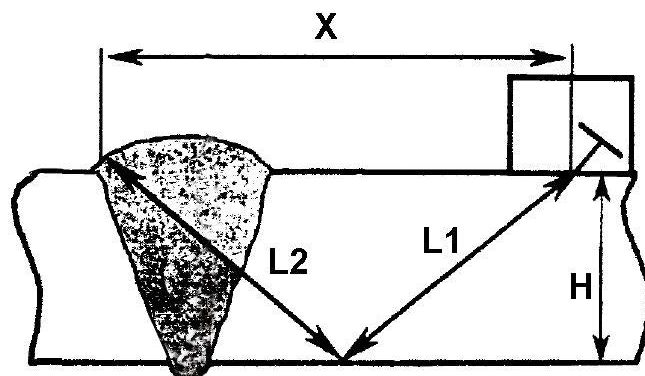


Рис. 3-9 Ход лучей в пластинах

3.2.3 Учет кривизны изделия (КАЛИБРОВКА-КРИВИЗНА)

При контроле цилиндрических изделий (труб и пр.) в направлении перпендикулярном образующей для правильного определения координаты X, необходимо кроме толщины стенки также указать диаметр изделия, а также с какой поверхности (внутренней или наружной) ведется контроль.

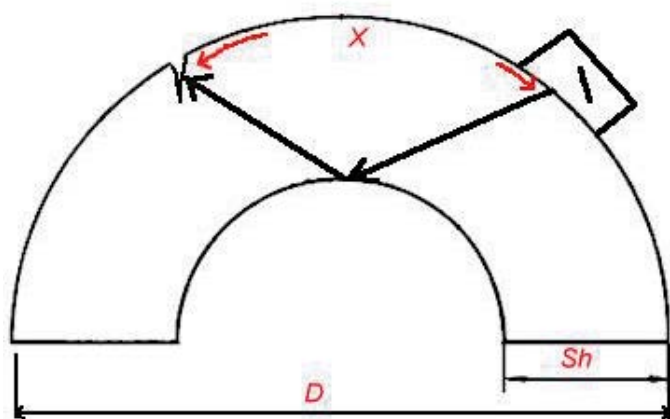











Рис. 3-10 Учет координат при контроле кривых поверхностей

Шаг 1. Выберите меню КАЛИБРОВКА с помощью кнопок   и параметр КРИВИЗНА, используя кнопки  .

Шаг 2. Если ведется контроль плоского изделия, установите значение ПЛОСКИЙ. Если контроль ведется с наружной поверхности трубы - укажите ВЫПУКЛЫЙ, если с внутренней - то ВОГНУТЫЙ.

Шаг 3. Выберите параметр ДИАМЕТР, используя кнопки  .

Шаг 4. Выберите шаг изменения значения кнопкой  (0.01, 0.1, 1, 10 или 100 мм)

Шаг 5. Измените значение диаметра изделия кнопками  . В зависимости от того по внутреннему или по внешнему диаметру идет контроль, укажите соответствующее значение.

3.3 Калибровка прибора

Перед проведением ультразвукового контроля любой дефектоскоп должен быть откалиброван для правильных измерений. Процедура калибровки предполагает установку значений развертки и задержки развертки, положения зон контроля, корректировку задержки в призме преобразователя и ввод других параметров для правильного отображения сигнала на экране и корректного расчета координат отражателя.

Дефектоскоп УСД–50 IPS имеет функцию автоматической калибровки позволяющей достаточно быстро выполнить следующие процедуры:

Автоматически измерить протектор/призму преобразователя по стандартным образцам СО-3, V-2 и аналогичным.

Автоматически откалибровать скорость в материале, при известном расстоянии до отражателя.

Автоматически откалибровать задержку, развертку и положение зон контроля для контроля сварных соединений заданной толщины.

3.3.1. Принципы измерения величины задержки в призме для наклонного преобразователя

Данная процедура позволяет быстро вычислить время задержки, необходимое для прохождения УЗК через призму преобразователя и внести его в параметр ДАТЧИК-ПРОТЕКТОР для корректного отображения измеренных значений.

Калибровка осуществляется с использованием стандартных образцов СО-3 или V-2 по двум отражениям от радиусной поверхности (двум «донным» сигналам).

Общие принципы:

Если измерять вручную время прохождения сигнала в призме наклонного преобразователя необходимо (например, при использовании образца СО-3):

1. Установить преобразователь на образец СО-3
2. Длительность развертки прибора выставить таким образом, чтобы были видны первый и второй отраженный сигналы
3. В качестве единиц измерения выбрать микросекунды (ОСНОВНЫЕ-ЕДИНИЦЫ= «мкс»)
4. Способ измерения времени прихода сигнала поставить «по пику» сигнала (ИЗМЕРЕНИЕ - ВРЕМЯ = «по пику»)
5. а-зону контроля установить на первый отраженный сигнал, б-зону на второй отраженный сигнал
6. Обнулить значения угла ввода (ДАТЧИК - УГОЛ ВВОДА) и призмы преобразователя (ДАТЧИК-ПРОТЕКТОР)

Картинка на экране дефектоскопа будет аналогичной показанной на рис. 3-11

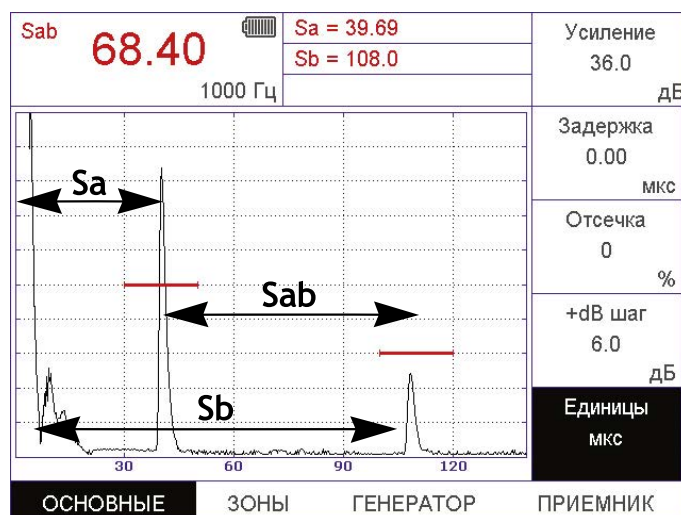


Рис. 3-11 Измерение времени прохождения сигнала в призме по образцу СО-3

Распространение ультразвуковых колебаний при этом будет происходить следующим образом.

1. После запуска импульса возбуждения на экране прибора в его левой части появляется собственный зондирующий импульс
2. УЗ колебания проходят через призму преобразователя (время $T_{пр}$), преломляются на границе раздела призма-образец и распространяются в образце СО-3.
3. По достижению «дна» образца (время прохождения в образце равно $T_{обр1}$) УЗ колебания отражаются и двигаются в обратном направлении, пока не достигнут вновь точки ввода.
4. Сигнал вновь проходит через призму и регистрируется прибором. Этот сигнал изображен на рис. 3.11 через расстояние S_a .
5. В то же время, происходит отражение сигнала внутри образца и колебания начинают двигаться по пути $T_{обр2}$, достигают дна, отражаются, вновь доходят до точки ввода по пути $T_{обр2}$ (рис. 3-12).
6. Поскольку преобразователь развернут в другую сторону, то сигнал не попадает на пьезоэлемент, и колебания вновь отразившись, еще раз проходят туда и обратно по пути $T_{обр1}$, и только тогда регистрируются прибором.
7. Пришедшие колебания отображены на рис.3-11 на расстоянии S_b .

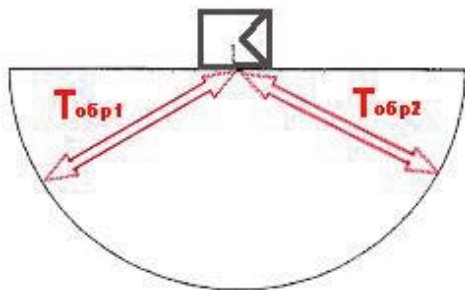


Рис. 3-12 Путь УЗ луча в образце СО-3

Время прихода сигналов описывается следующими формулами:

$$S_a = T_{пр} + T_{обр1}$$

$$S_b = T_{пр} + 2T_{обр1} + T_{обр2} = T_{пр} + 3T_{обр1}, \text{ где}$$

S_a - время прихода 1-го отраженного сигнала,
 S_b - время прихода 2-го отраженного сигнала,
 $T_{пр}$ - время задержки в призме,
 $T_{обр1}$, $T_{обр2}$ - время прохождения УЗК в образце (для образца СО-3 -эти времена одинаковые, для образца V-2 - $T_{обр2}$ вдвое меньше времени $T_{обр1}$)

Замечание: При прохождении сигнала в образце типа СО-3 или V2 данный сигнал после прохождения пути $T_{обр2}$ не может быть зарегистрирован приемником, т.к. направлен в другую сторону и регистрируется только после повторного прохождения пути $T_{обр1}$.

Процедура расчета:

Снимите показания S_a - время от начала запуска импульса возбуждения до появления сигнала в а-зоне (ИЗМЕРЕНИЕ - Импульс - «0 - а-зона») и показания S_{ab} - время между регистрацией сигналов в а-зоне и б-зоне (ИЗМЕРЕНИЕ - ИМПУЛЬС - «а-б зона»)

Тогда значение призмы преобразователя для образца СО-3 равно:

$$T_{пр} = S_a - \frac{S_{ab}}{2}$$

Для образца V-2 расстояние между зонами S_{a-b} равно также $T_{обр1} + T_{обр2}$, но поскольку $T_{обр2}$ вдвое меньше, то время в призме равно

$$T_{пр} = S_a - \frac{S_{ab}}{1,5}$$

3.3.2. Автоматическая калибровка призмы наклонного преобразователя

Все вышеописанное полезно для теоретического понимания процесса калибровки призмы. В практических целях, для упрощения этой процедуры, в дефектоскопе имеется возможность автоматического измерения призмы преобразователя на образцах СО-3 или V-2.

Для автоматического расчета призмы:

Шаг 1. Настройте прибор для работы с преобразователем, как описано ранее.

Шаг 2. Выберите меню КАЛИБРОВКА с помощью кнопок \leftarrow \rightarrow и параметр ПРОТЕКТОР, используя кнопки \uparrow \downarrow .

Шаг 3. Выберите образец, по которому требуется откалибровать призму, с помощью кнопок $-$ $+$. Для наклонного датчика необходимо выбрать «по СО-3» или «по V-2».

Шаг 4. Нажмите кнопку ☞ . На экране прибора появится специальное окно, настроенное таким образом, чтобы на соответствующем образце видеть два отраженных сигнала (рис.3-13)

В этом режиме:

Кнопки $-$ $+$ позволяют регулировать усиление с предварительно установленным шагом.

Кнопка ☼ - выход из режима калибровки

Кнопка ☞ - калибровать датчик.

Важно: Режим автоматической калибровки не зависит от предустановленных параметров измерения, угла и протектора датчика, скорости УЗК, развертки, задержки и пр. При входе в режим калибровки правильная настройка для расчета подгружается автоматически, а после проведения калибровки дефектоскоп возвращается в исходное состояние.

Шаг 5. Просканируйте преобразователем образец, чтобы найти максимальную амплитуду сигнала.

Отрегулируйте усиление кнопками $-$ $+$ и убедитесь, что первый сигнал стал выше порога.

Шаг 6. Нажмите кнопку ☞ , звуковой сигнал известит об успешном окончании калибровки, и прибор вернется в исходное состояние. Значение параметра «ПРОТЕКТОР» в меню «ДАТЧИК», при этом, станет равно измеренному.



Рис. 3-13 Калибровка наклонного преобразователя по образцу СО-3

3.3.3. Принципы измерения величины задержки в протекторе для прямого преобразователя

Протектор прямого преобразователя измеряется по любому плоскопараллельному образцу по двум «донным» сигналам.

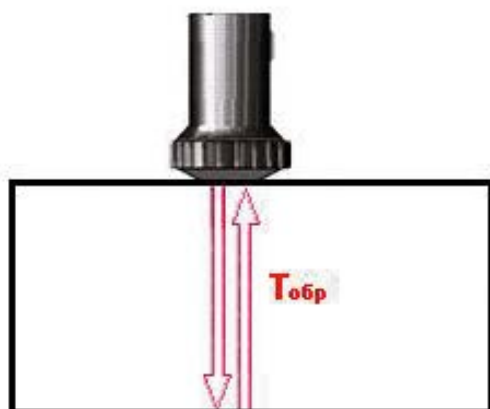


Рис. 3-14 Калибровка прямого преобразователя

При установке преобразователя на плоскопараллельный образец на экране дефектоскопа отображаются повторяющиеся сигналы, причем расстояние до первого пика равно

$$S_a = T_{пр} + T_{обр.}$$

До второго:

$$S_b = T_{пр} + 2T_{обр.} \text{ и т.д.}$$

Соответственно, расстояние между пиками равно $S_{ab} = T_{обр.}$, а время в призме легко считается как:

$$T_{пр} = S_a - S_{ab}$$

3.3.4. Автоматическая калибровка протектора прямого преобразователя

Протектор прямого преобразователя можно откалибровать автоматически с использованием любого плоскопараллельного образца, толщина которого должна быть указана в параметре ОБРАЗЕЦ в меню КАЛИБРОВКА.

Шаг 1. Настройте прибор для работы с преобразователем, как описано ранее.

Шаг 2. Установите в меню «ОСНОВНЫЕ» для параметра «СКОРОСТЬ» ориентировочное значение скорости в образце. Данный шаг необходим для правильной расстановки положения зон контроля при калибровке.

Шаг 3. Выберите толщину образца, по которому вы хотите откалибровать протектор. Для этого выберите параметр «ОБРАЗЕЦ» в меню «КАЛИБРОВКА», и с помощью кнопок \ominus \oplus установите точное значение толщины.

Шаг 4. Выберите параметр «ПРОТЕКТОР» в меню «КАЛИБРОВКА». При помощи кнопок \ominus \oplus установите значение «ПО ОБРАЗЦУ» и нажмите кнопку \boxtimes .

На экране прибора появится специальное окно, настроенное таким образом, чтобы на соответствующем образце видеть два отраженных сигнала (рис.3-15)

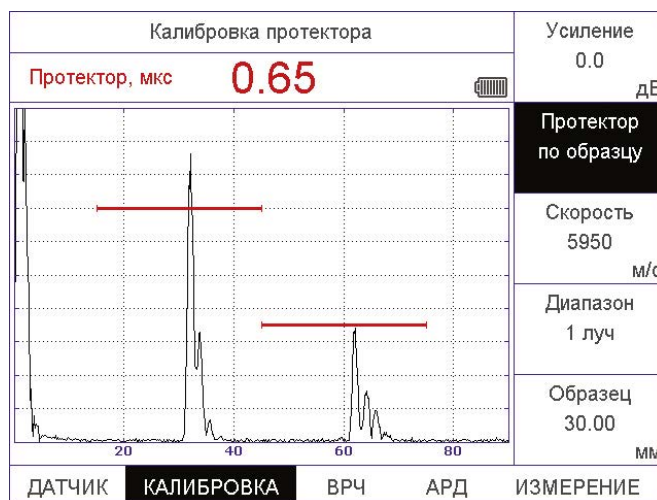


Рис. 3-15 Экран калибровки прямого преобразователя по плоскопараллельному образцу толщиной 30мм

Шаг 5. Найдите максимум сигнала, откорректируйте усиление и нажмите кнопку \boxtimes . Дефектоскоп издаст звуковой сигнал и вернется в исходное состояние. Значение параметра «ПРОТЕКТОР» в меню «ДАТЧИК», при этом, станет равно измеренному.

3.3.5. Автоматическая калибровка скорости распространения УЗК в материале (КАЛИБРОВКА-СКОРОСТЬ)

После калибровки протектора/призмы преобразователя можно автоматически откалибровать скорость распространения ультразвуковых колебаний в материале. Калибровка скорости осуществляется либо по расстоянию «по лучу» (когда угол ввода датчика задан равным «0»), либо «по глубине» залегания отражателя (когда угол датчика не равен «0»). Калибровка «по глубине» применяется для наклонных преобразователей, когда координаты отражателя известны. Калибровка «по лучу» применяется для прямых преобразователей либо для наклонных преобразователей, когда известно расстояние от точки ввода до отражателя «по лучу» (например, при калибровке на СО-3 или V-2).

Для калибровки скорости:





- Шаг 1. Настройте прибор для работы с преобразователем, как описано ранее.
 - Шаг 2. Откалибруйте задержку в призме преобразователя.
 - Шаг 3. Для калибровки скорости по глубине отражателя (для наклонного датчика) задайте угол датчика «ДАТЧИК»- «УГОЛ ВВОДА». Для калибровки «по лучу» задайте «УГОЛ ВВОДА»= «0».
 - Шаг 4. Выберите пункт «СКОРОСТЬ» в меню «КАЛИБРОВКА» и нажмите .
- Прибор войдет в режим калибровки скорости.



Рис. 3-16 Экран калибровки скорости

Шаг 5. Сканируйте преобразователем по образцу, чтобы найти максимальную амплитуду сигнала. Отрегулируйте усиление кнопками   и нажмите кнопку  для подтверждения калибровки.

Ранее введенное значение скорости в приборе заменится измеренным значением.

3.3.6. Автоматическая калибровка диапазона контроля (КАЛИБРОВКА-ДИАПАЗОН)

В дефектоскопе имеется возможность автоматически откалибровать прибор для контроля сварного соединения заданной толщины. Данная функция значительно упрощает первоначальную настройку прибора при контроле наклонными преобразователями. В качестве примера рассмотрим настройку на контроль сварного соединения толщиной 16мм с преобразователем П121-5-65°

- Шаг 1. Настройте прибор для работы с преобразователем либо выберите преобразователь из списка «НАСТРОЙКИ»- «НАСТРОЙКА ПЭП»- «П121-5-65»

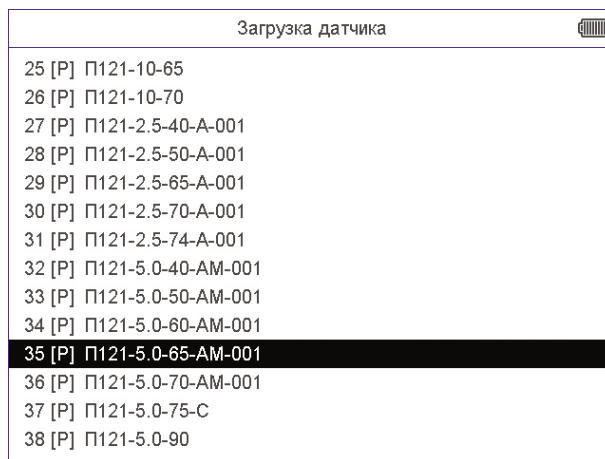


Рис. 3-17 Выбор стандартного преобразователя

- Шаг 2. Откалибруйте протектор датчика, например по СО-3, как указано в п.3.3.2
- Шаг 3. Задайте толщину сварного соединения, установив значение параметра «ТОЛЩИНА» в меню «КАЛИБРОВКА» (как пример, задана толщина образца 16.0мм)

Шаг 4. Поставьте датчик на выбранный образец, и откалибруйте скорость (как показано в п.3.3.5) (для правильной установки зоны в режиме калибровки скорости - предварительно задайте ориентировочную скорость, например 3200 м/с)

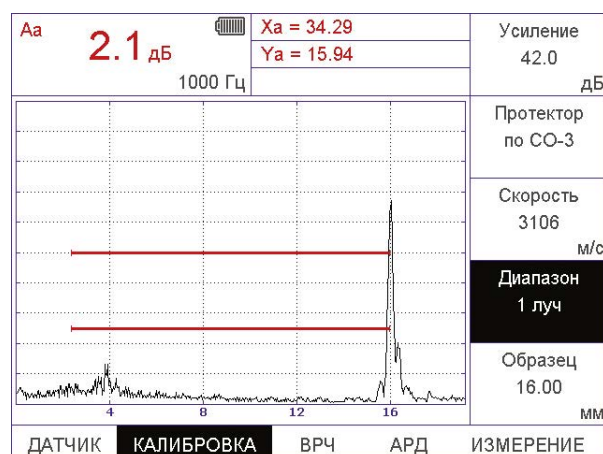


Рис. 3-18 Экран калибровки наклонного преобразователя по СОП толщиной 16мм

Данный способ определения скорости, конечно, весьма приближителен, так как, использование образца с искусственным дефектом в виде «зарубки» самый мощный эхо-сигнал приходит не с глубины 16мм, а зависит от размера зарубки и ее конфигурации. Однако оценочно он помогает определить скорость в данном образце.

Шаг 5. Откалибруйте диапазон контроля. Для этого выберите параметр «ДИАПАЗОН» в меню «КАЛИБРОВКА», кнопками \ominus \oplus выберите технику контроля - по прямому лучу «1 ЛУЧ», по однократно отраженному лучу «2 ЛУЧ», либо наблюдая оба луча на развертке «1 и 2 ЛУЧ». Нажмите кнопку \square .

Таким образом, дефектоскоп позволяет максимально оперативно и просто перестроить параметры развертки и зон контроля под толщину сварного соединения при контроле различными способами.



а) Калибровка диапазона для контроля прямым лучом



б) Калибровка диапазона для отображения и прямого и однократно отраженного лучей



в) Калибровка диапазона для контроля однократно отраженным лучом

Рис. 3-19 Автоматическая калибровка диапазона контроля

3.4 Сохранение и вызов настроек

Настройки инструмента могут быть сохранены в памяти. При вызове настройки текущие параметры заменяются параметрами из памяти прибора, и на экране отображается сохраненный вместе с параметрами А-скан. При этом автоматически включается функция «заморозки», для удержания картинки А-скана на экране, а в строке состояния появляется символ *.

Сохранение настроек (НАСТРОЙКИ-СОХРАНИТЬ НАСТРОЙКУ)

Выберите пункт СОХРАНИТЬ НАСТРОЙКУ в меню НАСТРОЙКИ с помощью кнопки . В появившемся окне пользователь может либо записать настройку на новое место, либо перезаписать любую существующую.



Рис. 3-20 Окно выбора действия при сохранении настройки

В этом окне выбор варианта осуществляется нажатием кнопок либо . Отказ от сохранения настройки - *.

Создание новой настройки:

Для создания новой настройки выберите «Новая настройка» нажмите и увидите окно выбора имени настройки.

Для сохранения настройки требуется нажать . Во избежание ввода дублирующих имен настроек прибор не позволяет ввести настройки с одинаковыми именами и выдает предупреждающее сообщение (рис.3-21)



Рис. 3-21 Окно прибора при попытке сохранить настройку с уже существующим именем

Ввод имени настройки:



Рис. 3-22 Окно ввода имени настройки

В этом окне доступны следующие клавиши для управления:

- * - отказ от сохранения и возврат в предыдущее окно;
- смена алфавита: латиница строчная, латиница прописная, русский строчные, русские прописные, специальные символы.
- выбор символа в таблице по горизонтали;
- выбор символа в таблице по вертикали;
- смена позиции символа в имени;
- вставка символа из таблицы в имени настройки;
- сохранение настройки под выбранным именем в памяти.

Перезапись настроек:








Для сохранения новой настройки вместо старой выберите «Перезаписать настройку» нажмите  и увидите окно со списком существующих настроек (рис.3-23)



Рис. 3-23 Окно выбора настройки для перезаписи

Выберите настройку кнопками   или   и нажмите кнопку  для перезаписи данных.

В этом режиме также возможно изменение имени и удаление настроек. Нажатие кнопки  вызывает специальную процедуру (см. рис 3-24)

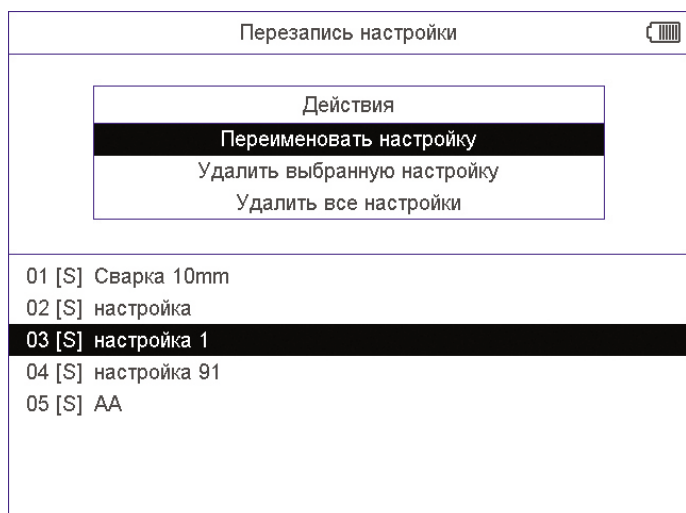





Рис. 3-24 Окно выбора настройки для перезаписи

Для переименования настроек выберите пункт «Переименовать настройку» и нажмите . Откроется окно аналогичное рис.3-22.

Для удаления выбранной настройки выберите пункт «Удалить выбранную настройку» и нажмите .

Для удаления всех настроек из памяти дефектоскопа выберите пункт «Удалить все настройки» и нажмите .

Загрузка настройки из памяти (НАСТРОЙКИ-ЗАГРУЗИТЬ НАСТРОЙКУ)

Шаг 1. Выберите пункт ЗАГРУЗИТЬ НАСТРОЙКУ и нажмите кнопку .

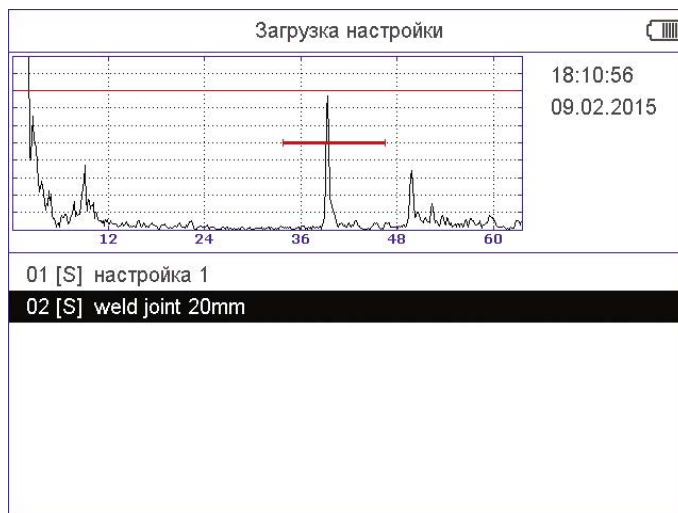








Рис. 3-25 Загрузка настройки


Шаг 2. Используйте кнопки   или   для выбора настройки.

Шаг 3. Нажмите  для загрузки выбранной настройки.

Также в этом режиме можно нажать кнопку  и войти в режим переименования/удаления настроек (см. рис.3-22).



Важно: Общая длина имени настройки должна быть не более 40 символов.


РАБОЧАЯ НАСТРОЙКА

Помимо сохраняемых пользовательских настроек с именами дефектоскоп УСД-50 имеет одну рабочую настройку, которая сохраняется автоматически при выключении прибора кнопкой , и загружается автоматически при его включении. Это упрощает работу с прибором при однотипных операциях контроля.

Загрузка рабочей настройки (НАСТРОЙКИ-ЗАГРУЗИТЬ РАБОЧУЮ)



При необходимости отмены изменений введенных в текущую настройку дефектоскопа, можно заново загрузить первоначальную версию настройки, с которой прибор выключился последний раз.


Шаг 1. Выберите в меню НАСТРОЙКИ пункт ЗАГРУЗИТЬ РАБОЧУЮ, с помощью кнопок  .

Шаг 2. Загрузите рабочую настройку нажатием кнопки . При этом сработает звуковой сигнал, подтверждающий выполнение операции.

Сохранение рабочей настройки (НАСТРОЙКИ-СОХРАНИТЬ РАБОЧУЮ)

При необходимости сохранения изменений введенных в рабочую настройку без выключения прибора, можно заново сохранить ее вручную.



Шаг 1. Выберите в меню НАСТРОЙКИ пункт СОХРАНИТЬ РАБОЧУЮ, с помощью кнопок  .

Шаг 2. Сохраните настройку нажатием кнопки . При этом сработает звуковой сигнал, подтверждающий выполнение операции.

3.5 Подключение и калибровка датчика оборотов

В дефектоскопе УСД-50 IPS имеется возможность записи информации в виде Б-скана или TOFD. Оба режима могут работать как в демонстрационном режиме (без датчика оборотов) либо с использованием одноканального сканера с оптическим энкодером.

Включение/выключение энкодера (РЕЖИМ-ЭНКОДЕР)

Шаг 1. Выберите в меню РЕЖИМ пункт ЭНКОДЕР, с помощью кнопок  .

Шаг 2. Измените значение с помощью кнопок

  или кнопки 



Доступные значения:




«НЕТ» - без энкодера

«ДА»- энкодер подключен

Изменение шага записи данных (РЕЖИМ-ШАГ)



Данный параметр позволяет задать шаг записи данных по датчику оборотов. Например, шаг «1мм» означает, что при записи Б-скана или TOFD ультразвуковые сигналы будут записаны каждый 1 мм пути датчика.




Шаг 1. Выберите в меню РЕЖИМ пункт ШАГ, с помощью кнопок  .

Шаг 2. Измените значение с помощью кнопок  . (Кнопка  позволяет задать шаг изменения параметра - 0.1 или 1мм)

Изменение масштаба записи данных (РЕЖИМ-МАСШТАБ)



Данный параметр позволяет задать количество импульсов с энкодера, соответствующее 1 мм пути сканера.



Шаг 1. Выберите в меню РЕЖИМ пункт МАСШТАБ, с помощью кнопок  .



Шаг 2. Измените значение с помощью кнопок  . (Кнопка  позволяет задать шаг изменения параметра - 0.01, 0.1, 1 или 10 имп/мм)

Калибровка энкодера на заданном участке пути (РЕЖИМ-КАЛИБРОВКА)

С помощью этой функции можно задать путь, на котором будет калиброваться сканер, и осуществить калибровку.

Шаг 1. Выберите в меню РЕЖИМ пункт КАЛИБРОВКА, с помощью кнопок  .

Шаг 2. Задайте длину участка пути с помощью кнопок  .

Шаг 3. Нажмите кнопку  и проведите сканером из исходной позиции до конца заданного участка пути, после чего вновь нажмите кнопку  для подтверждения калибровки.

4. Использование возможностей прибора во время контроля

4.1 Изменение усиления

Усиление дефектоскопа, которое увеличивает или уменьшает высоту сигналов на А-скане, регулируется с помощью параметра УСИЛЕНИЕ, доступного из любого меню.

4.1.1 Выбор шага изменения усиления

При регулировке усиления, каждое нажатие кнопок \uparrow \downarrow , когда параметр УСИЛЕНИЕ выбран для изменения, повышает или понижает уровень усиления на некий дБ-шаг. Возможен выбор из нескольких шагов изменения усиления:

Шаг 1. Выберите параметр УСИЛЕНИЕ с помощью кнопок \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Нажмите кнопку \square для выбора одного из четырех возможных вариантов: 0,1дБ; 0,5дБ; 1дБ, 2 дБ, 6дБ или 10 дБ.

4.1.2 Выбор шага усиления для кнопки \square (+dB (ОСНОВНЫЕ - +dB ШАГ))

Прибор УСД-50 имеет специальную программируемую кнопку \square , позволяющую повысить усиление на заранее заданный шаг и повторным нажатием вернуться к исходному усилению.

Для изменения усиления для кнопки \square :

Шаг 1. Выберите в меню ОСНОВНЫЕ параметр +dB ШАГ кнопками \uparrow \downarrow .

Шаг 2. Измените значение с помощью кнопок \square \square . (Кнопка \square позволяет задать шаг изменения параметра -0,1, 0,5, 1, 2, 6 и 10 дБ).

4.2 Полноэкранный режим работы

В полноэкранном режиме работы прибора А-скан занимает весь экран дефектоскопа 640x480 точек, а меню скрыто.

Для входа в данный режим нажмите кнопку \square . Для выхода из данного режима нажмите эту же кнопку еще раз.

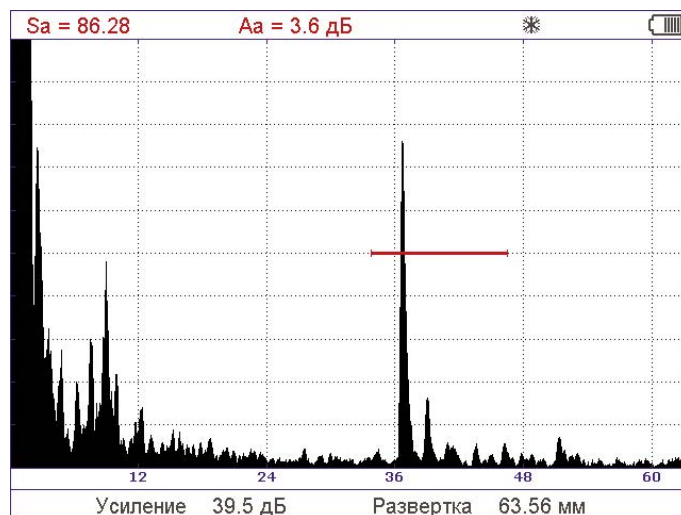


Рис. 4-1 Полноэкранный режим

Во время полноэкранного режима вы можете:

- Изменить усиление с помощью кнопок \square \square . Шаг усиления при этом будет тот, что был установлен в обычном режиме. (см. 4.1.1)
- Изменить усиление кнопкой \square (шаг предварительно задается в параметре +dB ШАГ, см. п.4.1.2)
- Отрегулировать развертку с помощью кнопок \square \square . Шаг изменения развертки при этом будет тот, что был в параметре РАЗВЕРТКА в меню ОСНОВНЫЕ.
- Подкорректировать положение а-зоны контроля с помощью кнопок \uparrow \downarrow . Шаг изменения развертки при этом будет тот, что был задан в параметре А-НАЧАЛО меню ЗОНЫ.
- «Заморозить» вид экрана - \square
- Включить «электронную лупу» а-зоны \square
- Сохранить результат контроля с помощью кнопки \square

4.3 Режим «Огибающая» (РЕЖИМ - ОГИБАЮЩАЯ)

В данном режиме, прибор записывает график движения максимума сигнала, находящегося в а-зоне. Использование огибающей, позволяет оценить форму и протяженность дефектов.

Для использования режима «ОГИБАЮЩАЯ»:

Шаг 1. Выберите параметр ОГИБАЮЩАЯ в меню РЕЖИМ с помощью кнопок .

Шаг 2. Включите/выключите режим огибающей с помощью кнопок или кнопки .

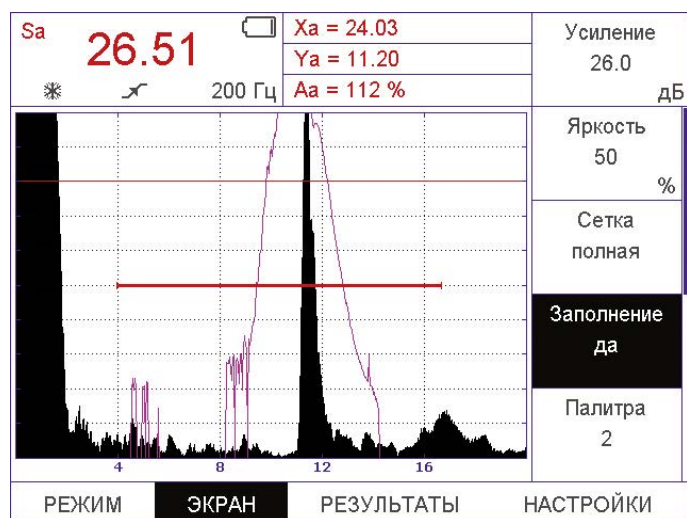


Рис. 4-2 Режим «огибающая»

Замечание: Огибающая всегда сохраняется вместе с результатом контроля.

4.4 Использование Б-скана (РЕЖИМ- ЗАПИСАТЬ Б-скан)

Прибор УСД-50 IPS может отображать сигналы в виде Б-скана (по времени или по энкодеру), что позволяет производить визуальную оценку эхосигналов в процессе сканирования (условную протяженность, форму и другие параметры отражателей). Также Б-скан позволяет более наглядно представить информацию по положению дефектов в объекте контроля, наглядно оценить толщину объектов, например, сосудов и трубопроводов при контроле остаточной толщины.

Если записывается Б-скан по датчику пути, то предварительно необходимо настроить параметры записи: шаг и масштаб записи и откалибровать энкодер, как описано в п.3.5.

Для использования режима «Б-скан»:

Шаг 1. Выберите параметр ЗАПИСАТЬ Б-СКАН в меню РЕЖИМ с помощью кнопок .

Шаг 2. Нажмите кнопку для запуска режима сканирования.

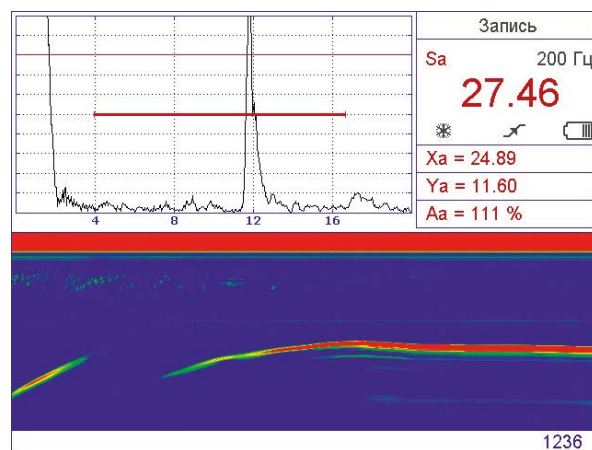


Рис. 4-3 Режим Б-скан

Во время режима Б-скан в верхней части экрана отображается сжатый А-скан.

В этом режиме доступны следующие действия:

- «заморозка» экрана;
- сохранение результата;
- выход из режима Б-скан;
- полноэкранный режим работы

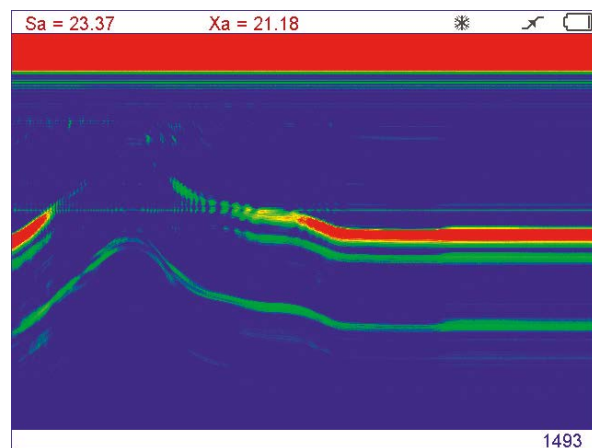










Рис. 4-4 Полноэкранный режим Б-скан

4.5 Использование TOFD (РЕЖИМ - ЗАПИСАТЬ TOFD)

Данные в режиме TOFD записываются аналогично данным в режиме Б-скан. Если записывается TOFD-скан по датчику пути, то предварительно необходимо настроить параметры записи: шаг и масштаб записи и откалибровать энкодер, как описано в п.3.5. Перед включением записи в режиме TOFD необходимо правильно настроить расстояние между датчиками TOFD в значении параметра БАЗА в меню РЕЖИМ.

Шаг 1. Выберите параметр БАЗА в меню РЕЖИМ с помощью кнопок  .

Шаг 2. Задайте расстояние между датчиками TOFD для корректного расчета размера дефектов. Для изменения значения используйте кнопки  . Шаг изменения может быть установлен 0,1; 1; 10 или 100мм с помощью нажатия кнопки . Диапазон регулировки от 10 до 500 мм.

Шаг 3. Выберите пункт ЗАПИСАТЬ TOFD с помощью кнопок   и нажмите кнопку .

Экран в этом режиме аналогичен виду экрана в режиме Б-скана и изображен на рис. 4-5. Сверху изображается текущий А-скан в режиме радиосигнала и результаты измерения, а снизу развертка в режиме TOFD.

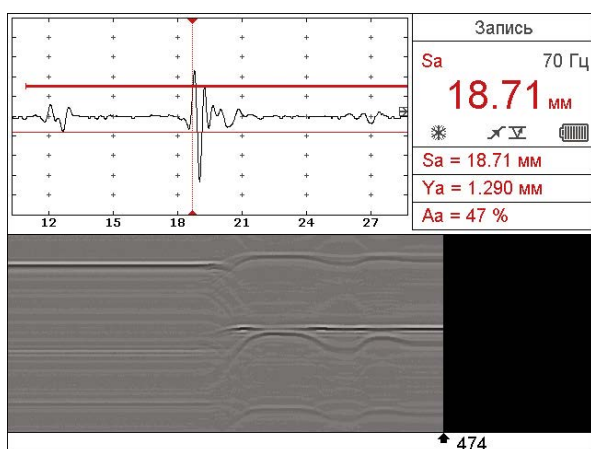






Рис. 4-5 Режим TOFD

В этом режиме доступны следующие действия:

-  - «заморозка» экрана;
-  - сохранение результата;
-  - выход из режима TOFD;
-  - полноэкранный режим работы

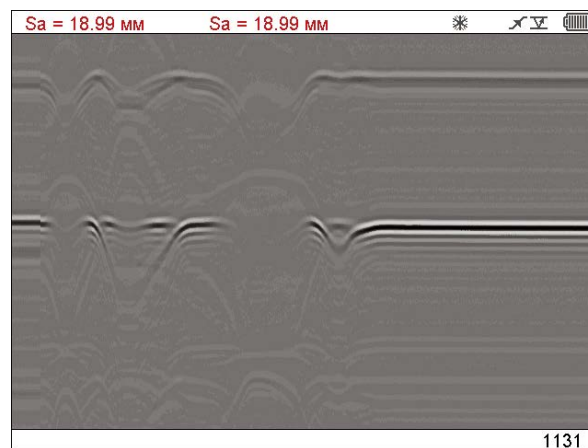


Рис. 4-6 Режим TOFD

4.6 Сохранение результатов работы

Результаты измерений могут быть сохранены в виде базы данных протоколов измерений. Общая емкость памяти результатов - 5000 протоколов контроля (50 папок данных по 100 протоколов каждый). При сохранении результата, автоматически сохраняется полный протокол контроля, т.е. это сам результат, текущий А-скан (или Б-скан), все параметры настройки, дата и время сохранения протокола.

4.6.1 Сохранение результатам




Шаг 1. Для сохранения результата нажмите кнопку . Дефектоскоп автоматически предложит в качестве имени результата использовать имя настройки, при которой данный результат получен.




Рис. 4-7 Сохранение результата



Шаг 2. Откорректируйте имя результата и нажмите кнопку . Отказаться от сохранения можно нажав кнопку .



Шаг 3. Для изменения имени результата используйте те же кнопки, что описаны в п.3.4 при переименовании настроек.

Замечание: Имя результата не может быть более 40 символов.


4.6.2 Выбор папки для сохранения результатов (РЕЗУЛЬТАТЫ-ПАПКА)

При нажатии кнопки  результат сохраняется в текущую папку протоколов (одну из 50 доступных), а по мере заполнения переходит автоматически в следующую папку. Для указания конкретной папки для сохранения результатов воспользуйтесь функцией РЕЗУЛЬТАТЫ-ПАПКА.

Шаг 1. Выберите параметр ПАПКА в меню РЕЗУЛЬТАТЫ с помощью кнопок  .

Шаг 2. Используйте кнопки   для выбора папки.



4.6.3 Просмотр файла результатов (РЕЗУЛЬТАТЫ-ПРОСМОТР ПАПКИ)

Шаг 1. Выберите параметр ПРОСМОТР ПАПКИ с помощью кнопок  .

Шаг 2. Нажмите кнопку .





Рис. 4-8 Просмотр папки результатов

Шаг 3. Для перемещения по результатам используйте кнопки  . На экране отображается вид сигнала, сохраненные значения, дата и время, название результата.

Шаг 4. В этом режиме возможен ряд операций над сохраненными результатами:

- переименование результата
- загрузка настройки из данного результата
- удаление результата
- очистка папки результатов

Для операций над результатами нажмите кнопку . Для окончания просмотра нажмите .

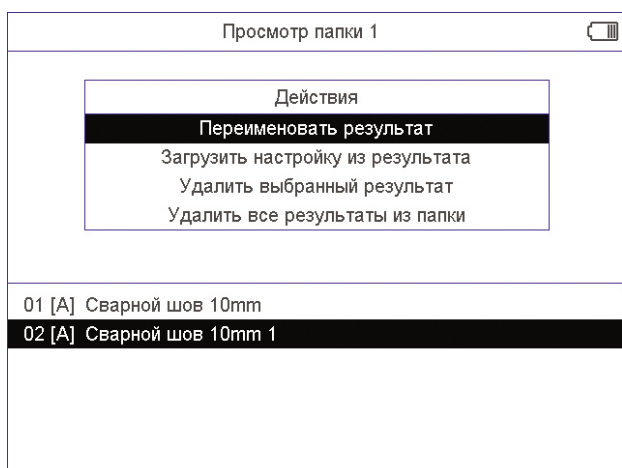







Рис. 4-9 Окно выбора действия над результатами

4.6.4 Переименование результатов

Шаг 1. Выберите пункт «Переименовать результат» в окне рис.4-9 кнопками   или   и нажмите кнопку .

На экране прибора откроется стандартное окно изменения имени:

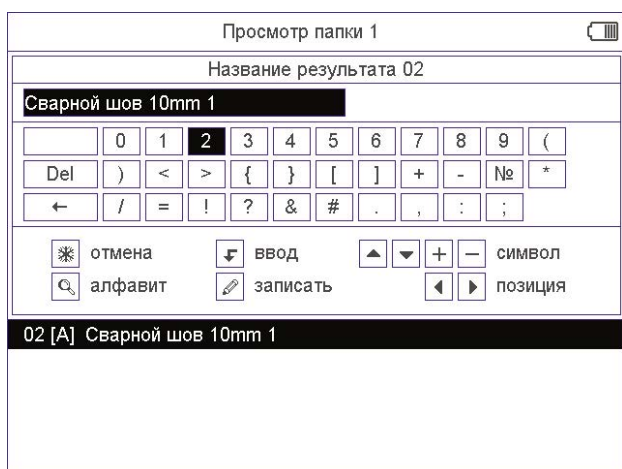







Рис. 4-10 Окно переименования результата

Порядок действий при изменении имени результата аналогичен описанному в п. 3.4, при переименовании настроек.






4.6.5 Загрузка настройки из результата

Прибор УСД-50 IPS имеет уникальную возможность при просмотре результата загрузить в память прибора все параметры, при которых этот результат был получен.

Для загрузки параметров в окне рис.4-9 кнопками   или   выберите пункт «Загрузить настройку из результата» и нажмите кнопку .

4.6.6 Удаление результатов

Отдельные ненужные более результаты или содержимое целой папки результатов могут быть удалены из памяти прибора.

Для удаления выбранного результата или всех результатов из папки в окне рис.4-9 кнопками   или   выберите пункт «Удалить выбранный результат» или пункт «Удалить все результаты из папки» и нажмите кнопку .

4.6.7 Особенности просмотра результатов Б-скана

В одной папке результатов могут содержаться как обычные результаты с А-сканом, так и результаты сканирования типа Б-скан.

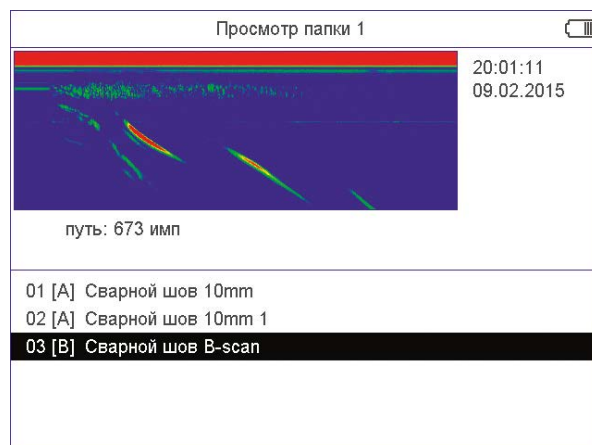



Рис. 4-11 папка с сохраненными результатами Б-скана

В отличие от обычного единичного А-скана, результат с Б-сканом и TOFD содержит множественные А-сканы, сведенные в общую картину.

Для подробного просмотра результатов сканирования на экране прибора, выберите нужный результат и нажмите кнопку  .

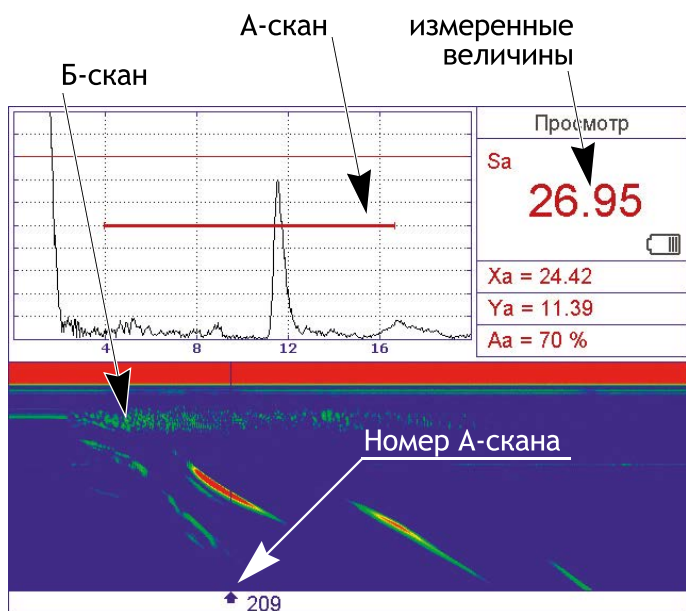




Рис. 4-12 Окно просмотра результатов сканирования

В режиме просмотра результатов сканирования можно просмотреть каждый из сохраненных А-сканов, из которых складывается общая картина.

Для прокрутки используйте кнопки   .

Для выхода из режима просмотра используйте кнопку  .

Кроме того, предусмотрена возможность просмотра полноэкранный Б-скана. Вход в режим полноэкранный просмотра и выход из него осуществляется кнопкой  (см. рис. 4-13).

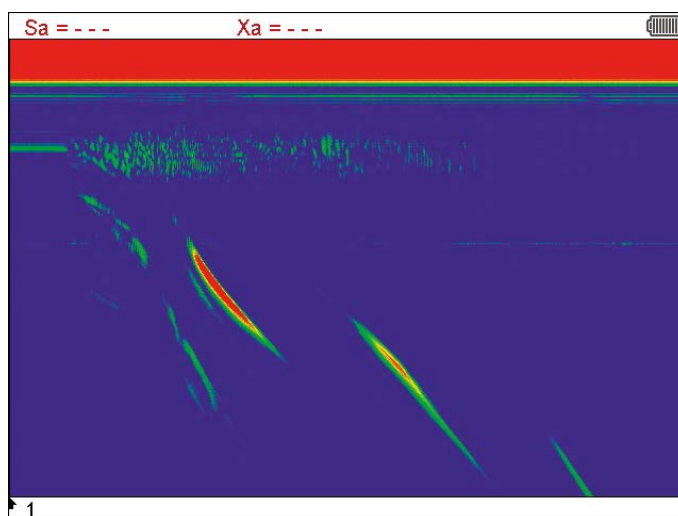


Рис. 4-13 Окно просмотра результатов сканирования

4.6.8 Особенности просмотра результатов TOFD

Результаты записи TOFD также могут храниться в одной папке как обычные результаты с А-сканом. В отличие от обычного единичного А-скана, результат с TOFD содержит множественные А-сканы в режиме радиосигнала, сведенные в общую картину.

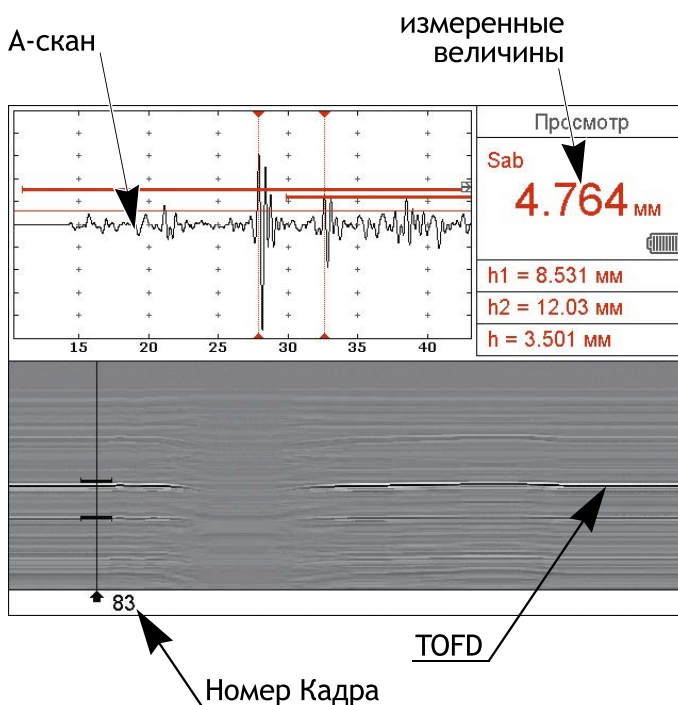


Рис. 4-14 Окно просмотра результатов сканирования

Несмотря на схожесть с режимом простора Б-скана существует и ключевые отличия.

А именно:

- на TOFD развертке и на зоне А-скана расположены по два специальных маркера, позволяющих измерять в данном режиме расстояние между выбранными точками измерения.
- справа в поле измерений отображаются результаты вычислений глубины, учитывающие расстояние между датчиками, скорость УЗК, угол распространения колебаний и пр..

h1, h2 - глубина расположения первого и второго маркера соответственно; h- расстояние между маркерами.

Управление маркерами осуществляется следующими кнопками:

- ◀ ▶ - выбор кадра (А-скана)
- − + - перемещение 1-го маркера
- ▲ ▼ - перемещение второго макета

Перемещения маркеров осуществляются на А-скане и TOFD синхронно. Т.е. движение маркера на А-скане влево происходит одновременно с движением маркера на TOFD вверх, а движение по маркера по А-скану вправо - одновременно с движением соответствующего маркера по TOFD скану вниз. При этом в окне измерений отображаются текущие значения глубин (h1,h2) и размера дефекта (h).

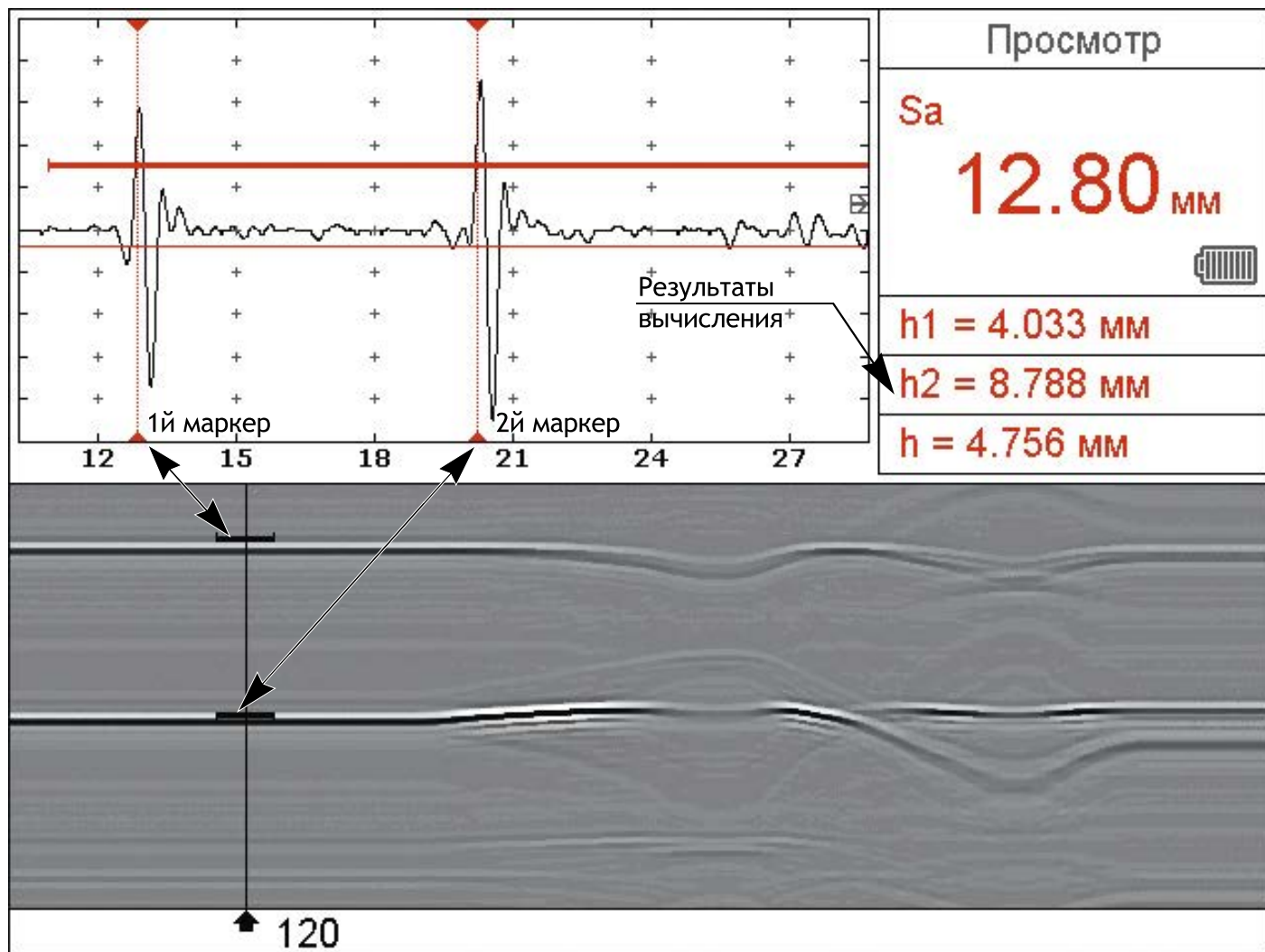


Рис. 4-15 Окно просмотра результатов сканирования



Также, как и Б-скан, результат TOFD можно просмотреть в полноэкранном режиме нажав кнопку .



4.7 Использование стандарта AWS 1.1 (Использование возможностей замера амплитуды в отношении к эталонному сигналу)

В дефектоскопе имеется возможность измерять амплитуды сигналов в соответствии со стандартом AWS 1.1 по отношению к некой предварительно записанной амплитуде опорного сигнала. Когда выбрана величина A_{ref} , дБ (ИЗМЕРЕНИЕ-ВЕЛИЧИНА), амплитуда эхо-сигнала в а-зоне будет сравниваться с эталонным сигналом, амплитуда которого занесена в «А опорная» в меню ИЗМЕРЕНИЕ. Данное значение опорной амплитуды означает усиление, при котором некий опорный сигнал достигает 100% высоты экрана.

Замечание: Для правильного сравнения эхо-сигналов в а-зоне, они должны быть от 30 до 100% высоты экрана.

Для записи эталонного (опорного) сигнала:

Шаг 1. Выберите в меню ИЗМЕРЕНИЕ параметр «А опорная» и задайте его значение кнопками  .

Шаг 2. Выберите любое из полей вывода данных ПОЛЕ 1 (2, 3, 4) и установите кнопками   величину A_{ref} , дБ


Замечание: Обычно при сравнении сигналов по амплитуде возможности ограничены размерами экрана, т.е. от 10 до 100% это всего 20 дБ. Далее необходимо уже корректировать результаты на величину изменения усиления. При измерении A_{ref} нет необходимости запоминать, при каком усилении вы работаете - можно сравнивать сигналы в диапазоне 100 дБ.

5. Использование ВРЧ/АРК

Дефектоскоп УСД-50 имеет функции Временной Регулировки Чувствительности (ВРЧ) и Кривой Амплитуда-Расстояние (АРК).

Обе ВРЧ и АРК функции основаны на записи оператором в прибор одних и тех же опорных точек.

Функция ВРЧ позволяет компенсировать влияние затухания и отображать сигналы от отражателей на разной глубине - как сигналы одинаковой высоты. Это становится возможным благодаря разной регулировке усиления в разных точках А-скана в зависимости от глубины и затухания сигналов в материале.

Когда ВРЧ включена, символ  появляется в строке состояния дисплея.

Функция АРК отображает эхо-сигналы с их реальной амплитудой без компенсации. При работе в режиме АРК изображение кривой появляется на А-скане.

5.1 Использование ВРЧ

При использовании ВРЧ эхо-сигналы от одинаковых отражателей имеют одинаковую высоту на экране, вне зависимости от их глубины. Перед использованием ВРЧ выполните следующее:

- Проведите калибровку прибора с преобразователем и установите все параметры генератора, приемника и пр. как описано выше. Изменение этих параметров после ввода референсных точек неизбежно повлияет на точность измерения.
- Запишите опорные точки (от 2-х до 20-ти).

Данный процесс позволит дефектоскопу вычислить и компенсировать эффект влияния затухания по глубине материала.




Максимальная крутизна - до 12 дБ/мкс




Внимание: Использование автоматического аттенюатора накладывает некоторые ограничения на диапазон изменения усиления ВРЧ. Максимальный диапазон (80 дБ), возможен только при усилении 20дБ. Далее, при увеличении усиления, максимальный диапазон соответственно сужается на величину усиления. Т.е. на 40дБ усиления, он равен -60дБ, на 60дБ усиления - 40дБ и тд.

5.1.1 Запись опорных точек ВРЧ

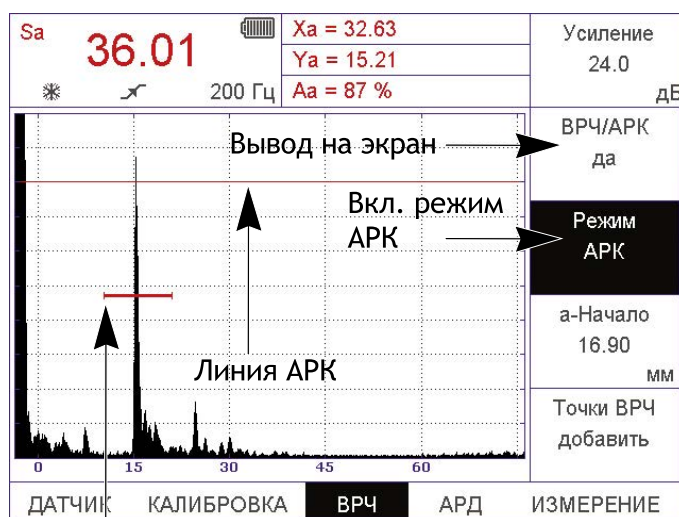
Опорные точки для ВРЧ и АРК одинаковые. Обычно опорные точки записываются на стандартном образце с отражателями одинакового размера, расположенными на разной глубине. Первое отражение от каждого из этих отражателей и должно быть записано.

Только одна последовательность опорных точек может быть записана за один раз (в одной настройке).

Шаг 1. Включите вывод точек на экране. Для этого в меню ВРЧ выберите пункт ВРЧ/АРК и кнопками   или  установите «ДА».

Шаг 2. Запись точек должна осуществляться в режиме АРК. Для этого выберите в меню ВРЧ параметр РЕЖИМ и кнопками   или  установите значение «АРК».

Важно: Перед началом записи опорных точек убедитесь, что включен именно режим АРК. Запись точек в режиме ВРЧ невозможна.



а-зона

5-1 Начало записи точек ВРЧ/АРК

Шаг 3. Установите датчик и найдите максимальное отражение от первого отражателя (на минимальной глубине). Используя параметр а-Начало, отрегулируйте зону так, чтобы эхо-сигнал попадал в зону контроля. При необходимости измените усиление, чтобы амплитуда эхо-сигнала была достаточной для регистрации сигнала в зоне контроля. Максимальный пик не должен быть больше, чем 100% высоты экрана. (рис. 5-1)

Важно: При автоматической записи точек прибор берет за основу максимальный сигнал в зоне контроля. При необходимости отрегулируйте ширину зоны так, чтобы посторонние сигналы не попадали в зону.

Шаг 4. В меню ВРЧ выберите параметр ТОЧКИ ВРЧ и с помощью кнопок \ominus \oplus установите значение «добавить». Когда сигнал от первого отражателя регистрируется в зоне контроля, нажмите кнопку \square . В прибор запишется первая точка и отобразится на экране в районе максимума текущего эхо-сигнала.



5-2 Начало записи точек ВРЧ/АРК

Важно: В качестве положения опорной точки будет использовано положение пика эхо-сигнала в а-зоне, в качестве усиления точки - необходимое усиление тракта для выравнивания сигналов по амплитуде

Шаг 5: Повторите Шаг 1-2 для других отражателей в порядке возрастания их глубины. Максимальное число точек - не более 20.

Важно: Для построения кривой ВРЧ требуется не меньше 2-х точек

Шаг 6: Запомненные таким образом точки можно отредактировать (см. п. 5.3)

Замечание: Опорные точки ВРЧ, кривая и статус (ВКЛ/ВЫКЛ, ВРЧ или АРК) сохраняются вместе с настройкой.

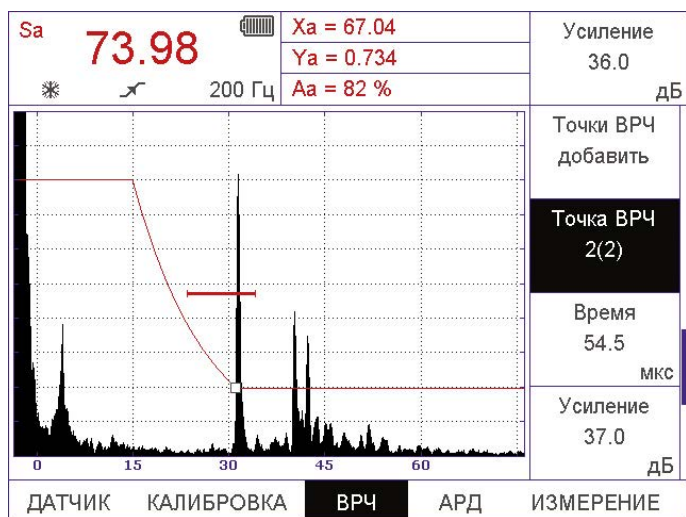


Рис. 5-3 Добавление 2-й точки ВРЧ/АРК

Важно: Начало ВРЧ/АРК всегда привязано к началу развертки, т.е. при положительном значении задержки развертки, начало действия ВРЧ/АРК так же задерживается.

5.1.2 Работа с ВРЧ

В режиме ВРЧ прибор использует записанную последовательность опорных точек для построения закона корректировки усиления по глубине. Записанная последовательность точек ВРЧ сохраняется в приборе до того, как будет отредактирована или заменена.

Для работы в режиме ВРЧ:

Шаг 1: Выберите пункт меню ВРЧ и параметр РЕЖИМ и измените его значение на «ВРЧ» с помощью кнопок \ominus \oplus или ↻ . (символ появится на экране в строке состояния, если ВРЧ включено)

Шаг 2. Отрегулируйте общее усиление.

Замечание: Кривая ВРЧ графически изображает уровень усиления в каждой опорной точке. Компенсирующее усиление отображается в виде изменения высоты кривой ВРЧ по мере увеличения глубины материала в горизонтальной плоскости экрана.

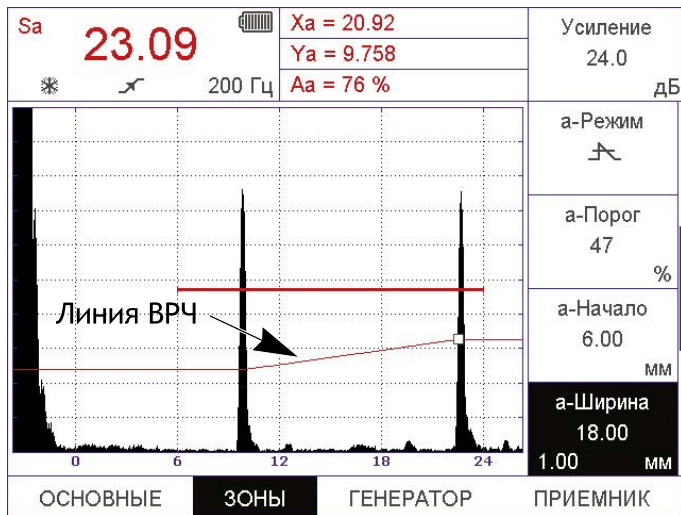


Рис. 5-4 Использование ВРЧ

Реализованная в данном приборе функция ВРЧ позволяет не только увеличивать, но и уменьшать усиление в зависимости от времени. Поэтому реальная кривая ВРЧ строится следующим образом: на кривой находится точка с минимальным усилением, и она приравнивается к общему усилению тракта, а усиление в остальных точках кривой рассчитывается как разница между заданным усилением в этой точке и минимальным усилением на кривой.

Важно: Изменяя общее усиление тракта, можно поднимать и опускать всю кривую ВРЧ.

5.2 Использование АРК

При отображении, кривая АРК представляет собой линию, соединяющую пики от одинаковых отражателей на разной глубине. Таким образом, кривая АРК является перевернутым отображением кривой ВРЧ.

Замечание: В режиме АРК единственным отличием от обычного режима контроля является наличие самой кривой АРК. Эхо-сигналы на А-скане отображаются в реальном некомпенсированном виде.

Кривая АРК базируется на тех же опорных точках, что и ВРЧ (до 20-ти точек). Поскольку ближняя зона, ширина луча и диаграмма направленности зависят от размера и частоты пьезоэлемента преобразователя, а материалы сильно различаются по скорости распространения УЗК и затуханию, кривая АРК должна быть записана по-разному для различных применений.

Для работы с кривой АРК:

Шаг 1. Включите вывод кривой на экране. Для этого в меню ВРЧ выберите пункт ВРЧ/АРК и кнопками \ominus \oplus или ↻ установите «ДА».

Шаг 2. Для этого выберите в меню ВРЧ параметр РЕЖИМ и кнопками \ominus \oplus или ↻ установите значение «АРК».

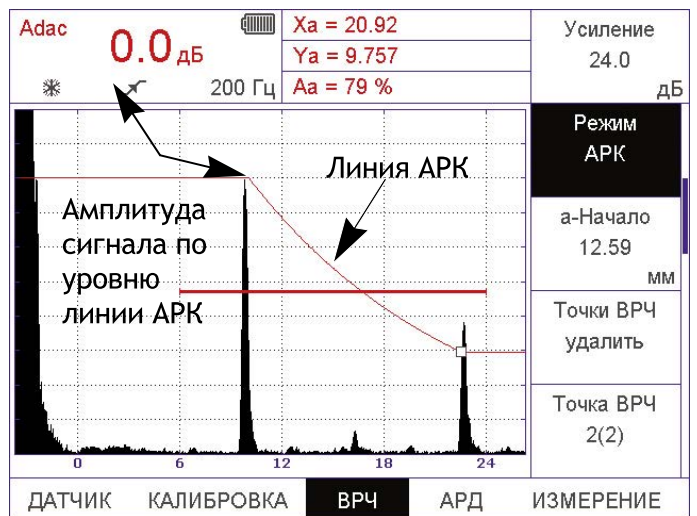


Рис. 5-5 Использование АРК

При работе с кривой АРК сравнение амплитуды эхо-сигналов в а-зоне контроля происходит не с уровнем порога зоны контроля, а с уровнем кривой АРК, что позволяет оценить величину дефекта по сравнению с эталонным, по которому построена кривая АРК.


Режим измерения Adac, dB включается автоматически при работе в режиме АРК, т.е. при выборе величин в меню ИЗМЕРЕНИЕ амплитуда в дБ относительно уровня порога а-зоны «Аа» не отображается, а появляется величина «Adac».




5.3 Редактирование точек ВРЧ и АРК




После того, как опорные точки записаны, их значения (УСИЛЕНИЕ и ПОЛОЖЕНИЕ) могут быть изменены.

Для редактирования точек:

Шаг 1. Выберите пункт меню ВРЧ и параметр ТОЧКА.



Шаг 2. Выберите нужную точку с помощью кнопок  


Шаг 3. Выберите в меню ВРЧ параметр ВРЕМЯ и откорректируйте положение точки с помощью кнопок  . Кнопка  изменяет шаг ввода значения

Шаг 4. Выберите в меню ВРЧ параметр УСИЛЕНИЕ (точки) и откорректируйте усиление в текущей точке с помощью кнопок  . Кнопка  изменяет шаг ввода значения



Шаг 5. Повторите Шаги 2-4 для остальных точек кривой при необходимости


Для удаления точек:

Шаг 1. Выберите пункт меню ВРЧ и параметр ТОЧКИ ВРЧ. Нажмите кнопки   и установите значение «удалить».

Шаг 2. Нажмите и удерживайте в течение 3х секунд кнопку  - до появления короткого звукового сигнала. Текущая точка будет удалена.



Для удаления всех точек:

Шаг 1. Выберите пункт меню ВРЧ и параметр ТОЧКИ ВРЧ. Нажмите кнопки   и установите значение «удалить».

Шаг 2. Нажмите и удерживайте в течение 10-ти секунд кнопку  - до появления длинного звукового сигнала. Все точки будут удалены.

Для добавления точек вручную:

При необходимости ввода и последующего редактирования точек вручную (не по сигналам отражателей).

Шаг 1. Выберите пункт меню ВРЧ и параметр ТОЧКИ ВРЧ. Нажмите кнопки   и установите значение «добавить».

Шаг 2. Нажмите кнопку  - при отсутствии сигнала

6. Использование АРД

Дефектоскоп УСД-50 IPS имеет возможность оценки эквивалентных размеров по АРД (Амплитуда-Расстояние-Диаметр). Кривая АРД описывает зависимость амплитуды отраженного от эталонного отражателя сигнала на разной глубине материала. При работе в режиме АРД возможно отображение на экране двух дополнительных кривых, отстоящих на заданную величину от базовой.

6.1 Запись опорных точек АРД

Опорные точки могут быть введены вручную по имеющейся зависимости для данного преобразователя, либо введены прибором автоматически по реальным отражателям.

Только одна последовательность опорных точек может быть записана за один раз (в одной настройке).

Шаг 1. Включите вывод точек на экране. Для этого в меню АРД выберите пункт АРД и кнопками \ominus \oplus или ☑ установите «ДА».

Шаг 2. Установите датчик на эталонный образец, найдите максимальное отражение от первого отражателя (на минимальной глубине).

Используя параметр а-Начало (АРД - а-НАЧАЛО), отрегулируйте зону так, чтобы эхо-сигнал попадал в зону контроля.

Шаг 3. Выберите в меню АРД параметр ТОЧКИ АРД и кнопками \ominus \oplus выберите значение «добавить». Нажмите кнопку ☑ . Прозвучит звуковой сигнал, и точка будет добавлена.

Шаг 4. Повторите Шаги 2 и 3 для всех остальных точек (отражателей). Таким образом, кривая АРД будет построена.

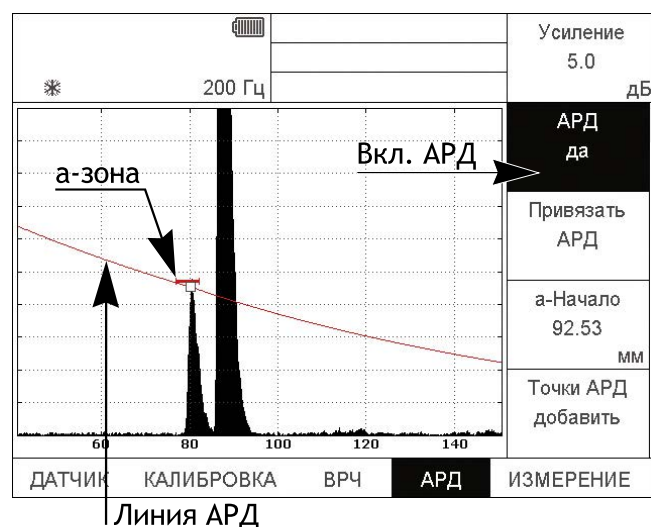


Рис. 6-1 Создание зависимости АРД

6.2 Установка дополнительных линий АРД

На экране может быть размещено 2 дополнительные линии АРД, отстоящие на расстоянии до ± 10 дБ от базовой.

Для установки дополнительных линий:

Шаг 1. Выберите в меню АРД параметр АРД 1 или АРД 2.

Шаг 2. Кнопками \ominus \oplus задайте отступ дополнительной линии от базовой.

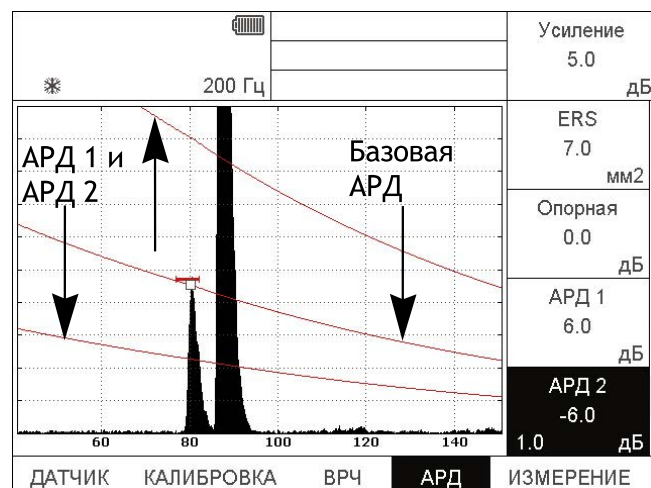


Рис. 6-2 Установка дополнительных линий АРД

Важно: Дополнительные линии служат для визуального удобства. Измерение проводится только по базовой кривой.

6.3 Установки эквивалентного размера отражателя

Дефектоскоп позволяет автоматически пересчитывать амплитуду сигнала в а-зоне контроля в режиме АРД в виде площади эквивалентного отражателя.

Для установки площади отражателя, соответствующей центральной линии АРД выберите в меню АРД пункт ERS и кнопками установите площадь отражателя в кв.мм.

Для измерения площади отражателя выберите в меню ИЗМЕРЕНИЕ в любом из полей величину ERS, мм²

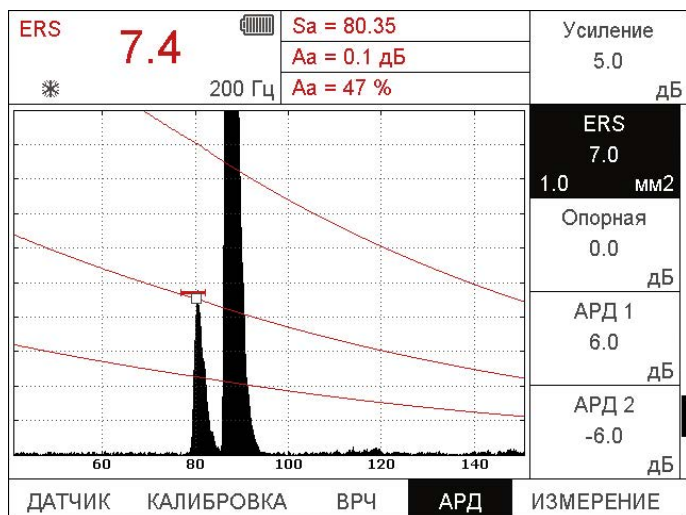


Рис. 6-3 Вычисление эквивалентной площади отражателя

6.4 Привязка АРД к усилению

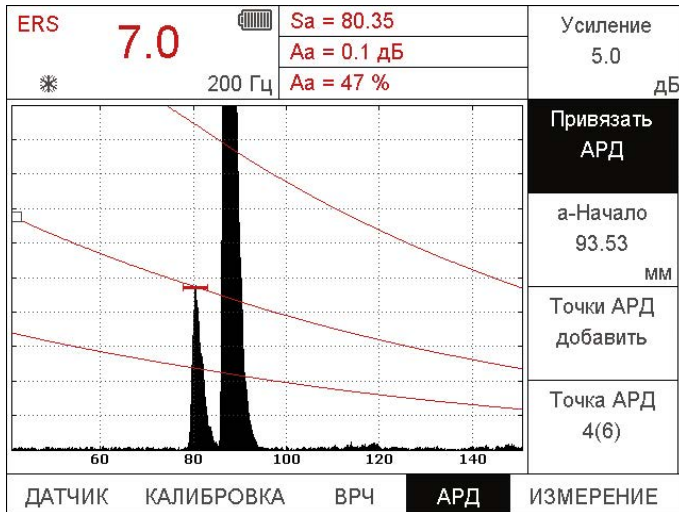
Эхосигнал в а-зоне контроля может быть привязан к АРД по усилению, что позволяет измерять сигналы не только в пределах видимого экрана, а во всем диапазоне усиления без дополнительного пересчета.

При привязке АРД изменение усиления тракта прибора приводит к тому, что линии АРД движутся вместе с сигналом вверх/вниз по экрану, расширяя, таким образом, динамический диапазон измерений.

Для привязки АРД к усилению:

Шаг 1. Убедитесь, что сигнал от отражателя находится в зоне контроля.

Шаг 2. Выберите в меню АРД параметр ПРИВЯЗАТЬ АРД и нажмите кнопку . Положение пика сигнала максимальной амплитуды в а-зоне совместится с базовой кривой АРД.



6-4 Привязка АРД к реальному отражателю

6.5 Задание опорного смещения при привязке к усилению

При привязке АРД к усилению необходимо использовать отражатель с известной площадью. Для того чтобы избежать излишнего количества образцов и использовать только один отражатель при настройке на любую площадь критического дефекта в приборе предусмотрена возможность задания опорного смещения АРД при привязке.

Данное опорное смещение учитывает разницу между площадью имеющегося отражателя и площадью критического дефекта, на которую требуется настроиться.

Для установки смещения выберите в меню АРД параметр ОПОРНАЯ и кнопками установите значение смещения.

После установки опорного смещения выберите параметр ПРИВЯЗАТЬ АРД, нажмите кнопку , и линия АРД установится с заданным смещением.

6.6 Учет затухания в материале

Для использования АРД на различных материалах необходимо учитывать разницу затуханий ультразвуковых колебаний между материалом объекта контроля и материалом, для которого была записана АРД зависимость.

Для коррекции затухания выберите в меню АРД параметр ЗАТУХАНИЕ и кнопками установите разницу значений затухания в материалах

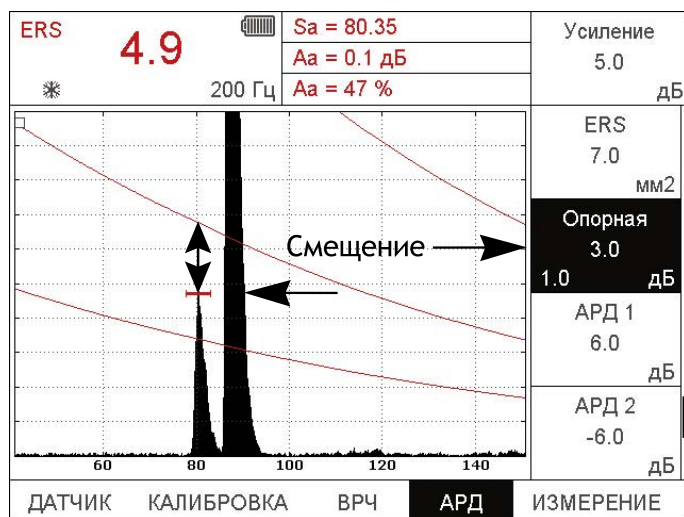


Рис. 6-5 Привязка АРД к реальному отражателю со смещением

Соответствие значений в дБ и отношений величин A1:A2

$$\Delta B = 20 \lg \frac{A1}{A2}$$

дБ	A1/A2
0	1.00
0.5	1.06
1	1.12
2	1.26
3	1.41
4	1.58
5	1.78
6	2.00
7	2.24

дБ	A1/A2
8	2.51
9	2.28
10	3.16
11	3.55
12	3.98
13	4.47
14	5.01
15	5.62
16	6.31

дБ	A1/A2
17	7.08
18	7.94
19	8.91
20	10
40	100
60	1,000
80	10,000
100	100,000
120	1,000,000

Зависимость угла падения и угла преломления ультразвукового луча

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c1}{c2}$$

α и $c1$ - угол и скорость распространения УЗК в веществе 1
 β и $c2$ - угол и скорость распространения УЗК в веществе 2

Ориентировочное соответствие угла падения и угла распространения УЗК для границы оргстекло (2700м/с) / углеродистая сталь (3200м/с):

Угол падения луча (угол призмы наклонного ПЭП), °	29	34	37	40	47	50	52,5	54,5	57
Угол распространения поперечных волн в стали (угол ввода УЗК), °	35	40	45	50	60	65	70	75	90

Длина ультразвуковой волны

$$\lambda = c/f$$

где λ - длина волны (мм), c - скорость распространения УЗК (км/с),
 f - частота (МГц)

Частота преобразователя, МГц	0,5	1,25	1,8	2,0	2,5	4,0	5,0	6,0	10,0
Длина продольной волны в стали, мм	11,8	4,7	3,3	3,0	2,4	1,5	1,2	1,0	0,6
Длина поперечной волны в стали, мм	6,4	2,6	1,8	1,6	1,3	0,8	0,6	0,5	0,3

Материал	Продольные волны	Сдвиговые волны	Звуковое сопротивление
	Скорость, м/с	Скорость, м/с	$\frac{\text{КГ}}{\text{М}^2 \cdot \text{С}} * 10^6$
Алюминий	6300	3100	17.0
Бериллий	12900	8900	23.0
Вольфрам	5200	2900	101.0
Вода	1480	-	1.48
Воздух	330	-	0.0004
Глицерин	1900	-	2.42
Железо	5900	3200	45.4
Золото	3200	1200	62.6
Кадмий	2800	1500	24.0
Кварц	5800	2200	15.2
Латунь	4300	2000	36.7
Лед	4000	2000	3.5
Медь	4700	2300	41.6
Магний	5800	3000	10.0
Ртуть	1400	-	19.6
Молибден	6300	3400	64.2
Масло(SAE 30)	1700	-	1.5
Никель	5600	3000	49.5
Нейлон	2600	1100	2.9
Оргстекло	2700	1100	3.1
Олово	3300	1700	24.2
Платина	3300	1700	69.8
Полиэтилен	1900	500	1.7
Полистирол	2400	1100	2.5
Полиуретан	1900	-	1.9
Резина	1800	-	2.0
Стекло (кронгласс)	5300	3000	18.9
Свинец	2200	700	24.6
Серебро	3600	1600	38.0
Сталь, мягкая	5900	3200	46.0
Сталь, нержавеющая	5800	3100	45.4
Тефлон	1400	-	3.0
Титан	6100	3100	27.3
Уран	3400	2000	63.0
Чугун	4600	2600	33.2
Цинк	4200	2400	29.6

Ультразвуковые преобразователи



Соединительные кабели



Стандартные образцы



Аккумуляторы, блоки питания, защитные чехлы



Запасные части и принадлежности

Наименование	Артикул
Аккумулятор Li-ion для УСД-50	60115
Защитный чехол с крепежными ремнями и блендой	60111
Блок питания сетевой 15В / 220В	39015
Кабель 50-USB для связи с ПК	20250
Кабель соединительный для совмещенных преобразователей Lemo00 - Lemo00	50211
Кабель соединительный для р/с преобразователей 2Lemo00 - 2Lemo00	50221
Сумка фирменная для переноски	60121

КРОПУС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

8 800 500 6298
www.kropus.ru
