

УСД-60

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 нестрогой 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

Оглавление

1. Описание клавиатуры, меню и экрана	5
1.1 Установка и замена аккумуляторов	5
1.2 Разъемы прибора	7
1.3 Включение и выключение прибора	8
1.4 Клавиатура	8
1.5 Зарядка аккумулятора	9
1.6 Структура меню УСД-60	10
1.7 Символы на экране дефектоскопа	33
1.8 Особенности УСД-60	34
2. Настройка и калибровка дефектоскопа	35
2.1 Начальная настройка прибора	35
2.2 Установка параметров преобразователя	40
2.3 Регулировка отображения сигнала	47
2.3.1 Выбор единиц шкалы развертки	47
2.3.2 Установка развертки дисплея	47
2.3.3 Установка задержки развертки	48
2.3.4 Установка уровня отсечки сигнала	48
2.3.5 Выбор режима детектирования А-скана	49
3. Настройка дефектоскопа для измерений	50
3.1 Конфигурация а- и б-зон контроля	50
3.1.1 Установка положения зон контроля	50
3.1.2 Задание логики срабатывания АСД	51
3.1.3 Ввод скорости распространения УЗК	52
3.1.4 Установка отображаемых результатов	52
3.1.5 Выбор способа измерения координат	53
3.1.6 Ввод протектора (призмы) преобразователя	54
3.2 Использование наклонных преобразователей	54
3.2.1 Ввод угла ввода УЗК	55
3.2.2 Ввод стрелы преобразователя	55
3.2.3 Ввод толщины образца	56
3.2.4 Учет кривизны изделия	56
3.3 Калибровка прибора	57
3.3.1. Принципы измерения величины задержки в призме для наклонного преобразователя	57
3.3.2. Автоматическая калибровка призмы наклонного преобразователя	59
3.3.3. Принципы измерения величины задержки в протекторе для прямого преобразователя ...	59
3.3.4. Автоматическая калибровка протектора прямого преобразователя	60
3.3.5. Автоматическая калибровка скорости распространения УЗК в материале	61
3.3.6. Автоматическая калибровка диапазона контроля	61
3.3.7 Помощник настройки	63
3.4 Калибровка датчика пути	64
3.5 Сохранение и вызов настроек	65
4. Использование возможностей прибора	67
во время контроля	67
4.1 Изменение усиления	67
4.1.1 Выбор шага изменения усиления	67
4.1.2 Выбор значения программируемой кнопки 	67
4.2 Переход в режим дефектоскопа с ФАР	67
4.3 Режим «электронная лупа»	67
4.4 Полноэкранный режим работы	68
4.5 Использование режима огибающей сигнала	69
4.6 Использование режима накопления сигналов	69
4.7 Сканирование с датчиком пути	69
4.8 Сохранение и просмотр результатов контроля	70
4.8.1 Сохранение результата	70

4.8.2 Просмотр результатов	72
5.2 Использование АРК	74
5.3 Редактирование кривой ВРЧ/АРК.....	75
5.4 Копирование последовательности точек из АРД	76
6. Использование АРД	77
6.1 Запись опорных точек АРД.....	77
6.2 Установка дополнительных линий АРД	78
7. Применение стандарта AWS D1.1	80
8. Меры безопасности.....	81
9. Техническое обслуживание.....	81
10. Метрологическая поверка	82
11. Транспортирование и хранение.....	82
12. Гарантии изготовителя	82
13. Свидетельство о выпуске	82

1. Описание клавиатуры, меню и экрана

Дефектоскоп УСД-60 предназначен для проведения ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии. Память прибора позволяет сохранять вид экрана, измеренные значения, а также 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 три 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.

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

Вытащите аккумулятор (рис. 1-3).



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 обычных ультразвуковых преобразователей (правый разъем - генератор, левый разъем –приемник), разъем подключения 16ти элементных ФАР,

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.

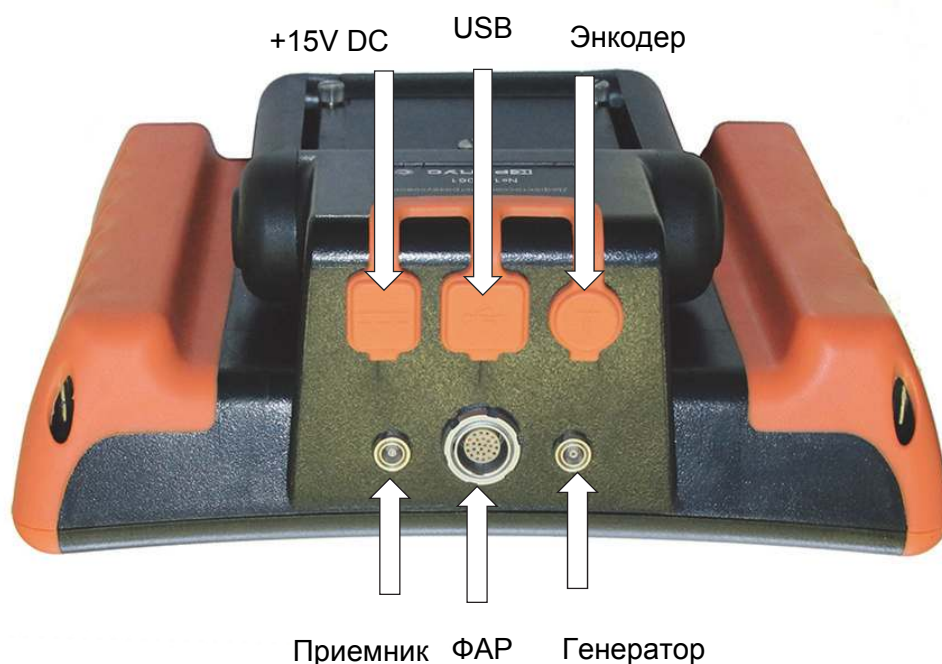



Рис 1-5. Вид прибора сверху






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

Для доступа к функции:

- Нажмите кнопку  для выбора любого пункта главного меню
- Нажмите кнопку  повторно для входа в подменю
- Нажмите одну из кнопок   для регулировки значения параметра
- Нажмите  для изменения шага регулировки значения параметра.


Также на клавиатуре находятся следующие кнопки (рис 1-6):


-  - «Заморозка» экрана
-  - Сохранение результата
-  - Просмотр результатов
-  - увеличение усиления на заданное в дополнительном меню кол-во дБ
-  - вкл/выкл полноэкранный режим работы.

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

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. 1-6).

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.

1.6 Структура меню УСД-60

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

Главное меню – Пункты меню используются для часто регулируемых параметров контроля: развертки, задержки, скорости УЗК и пр.

Подменю - позволяет оператору изменить специфические, редко используемые параметры


Замечание: Рис 1-8 показывает структуру главного меню дефектоскопа




Рис. 1-6—Клавиатура дефектоскопа


1.6.1 Главное меню

Главное меню расположено внизу экрана и состоит из 5 пунктов, каждый из которых (в зависимости от версии) может содержать несколько пунктов подменю. Если пункт меню содержит подпункты, он на экране обозначен подчеркиванием (например – **ОСНОВНЫЕ**)

Нажмите кнопку  для выбора любого пункта главного меню






В некоторых пунктах меню может быть скрыто подменю, состоящее из нечасто используемых параметров работы.

Для входа в подменю нажмите кнопку  повторно.

Для возврата в главное меню нажмите кнопку 

Замечание: Параметр «Усиление» в большинстве случаев присутствует в правом верхнем углу экрана.

Клавиши работы с меню:

-  : однократное нажатие – выбор пункта меню; повторное нажатие - вход в подменю выбранного пункта.
-   : однократное нажатие любой кнопки-выбор параметра; остальные нажатия – регулировка значения.
-  - возврат в главное меню из любого подменю.
-  - смена шага изменения параметра.

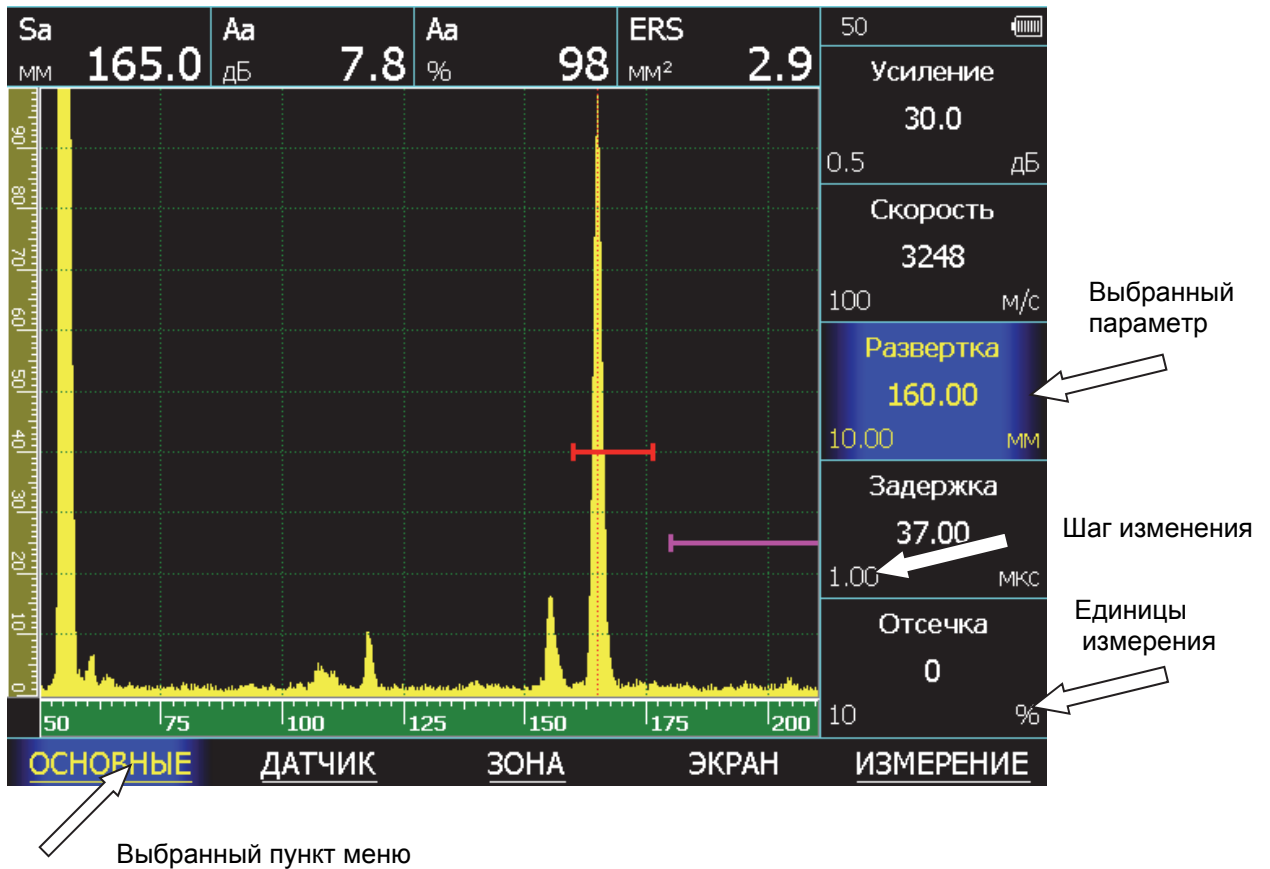


Рис.1-7 Работа с меню дефектоскопа

Структура меню:

Пункт меню «**ОСНОВНЫЕ**» позволяет настроить базовые параметры работы прибора: марку ультразвукового ФАР преобразователя, развертку экрана, скорость распространения ультразвуковых колебаний в контролируемом материале и пр.

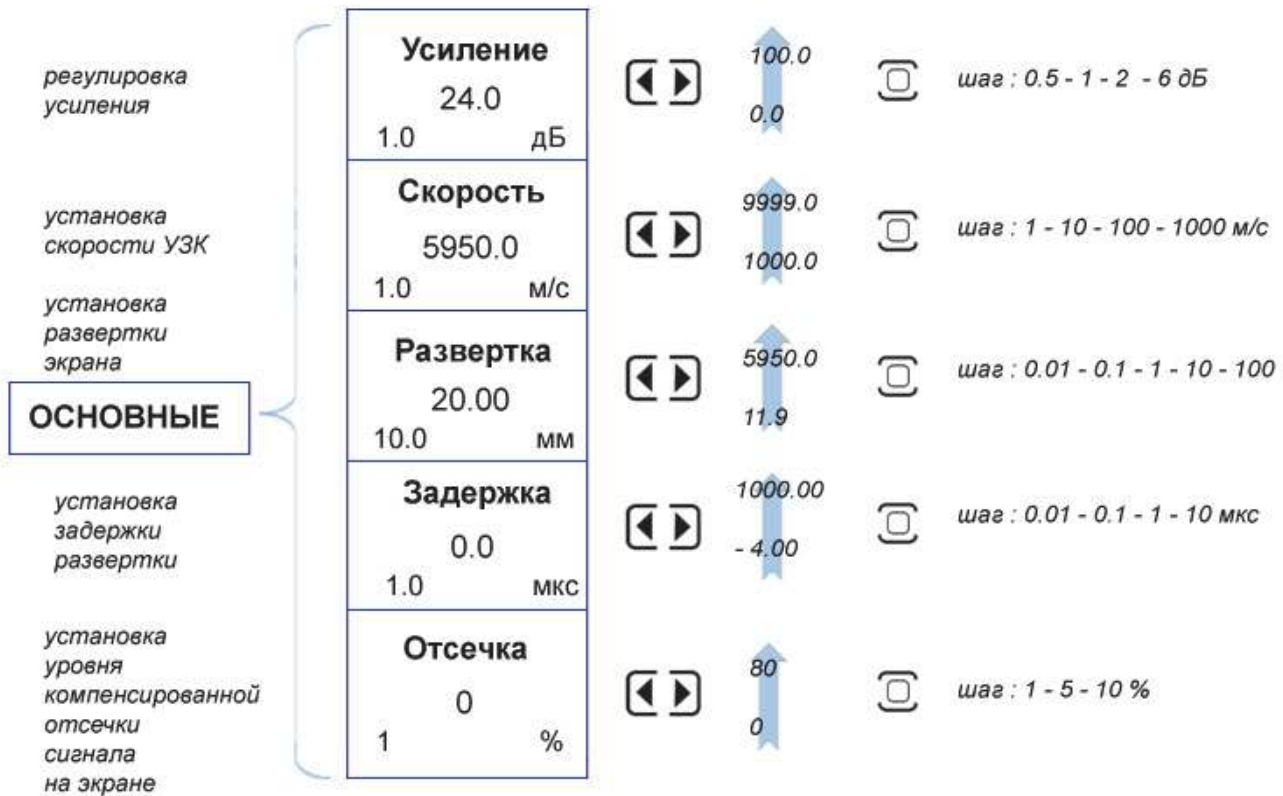


Рис.1-8 Структура пункта меню ОСНОВНЫЕ

Подменю КАЛИБРОВКА в пункте ОСНОВНЫЕ позволяет установить параметры калибровки и автоматически откалибровать задержку в призме (протекторе) преобразователя, скорость распространения УЗК колебаний в материале объекта контроля и корректное положение зон контроля для контроля сварного шва заданной толщины.

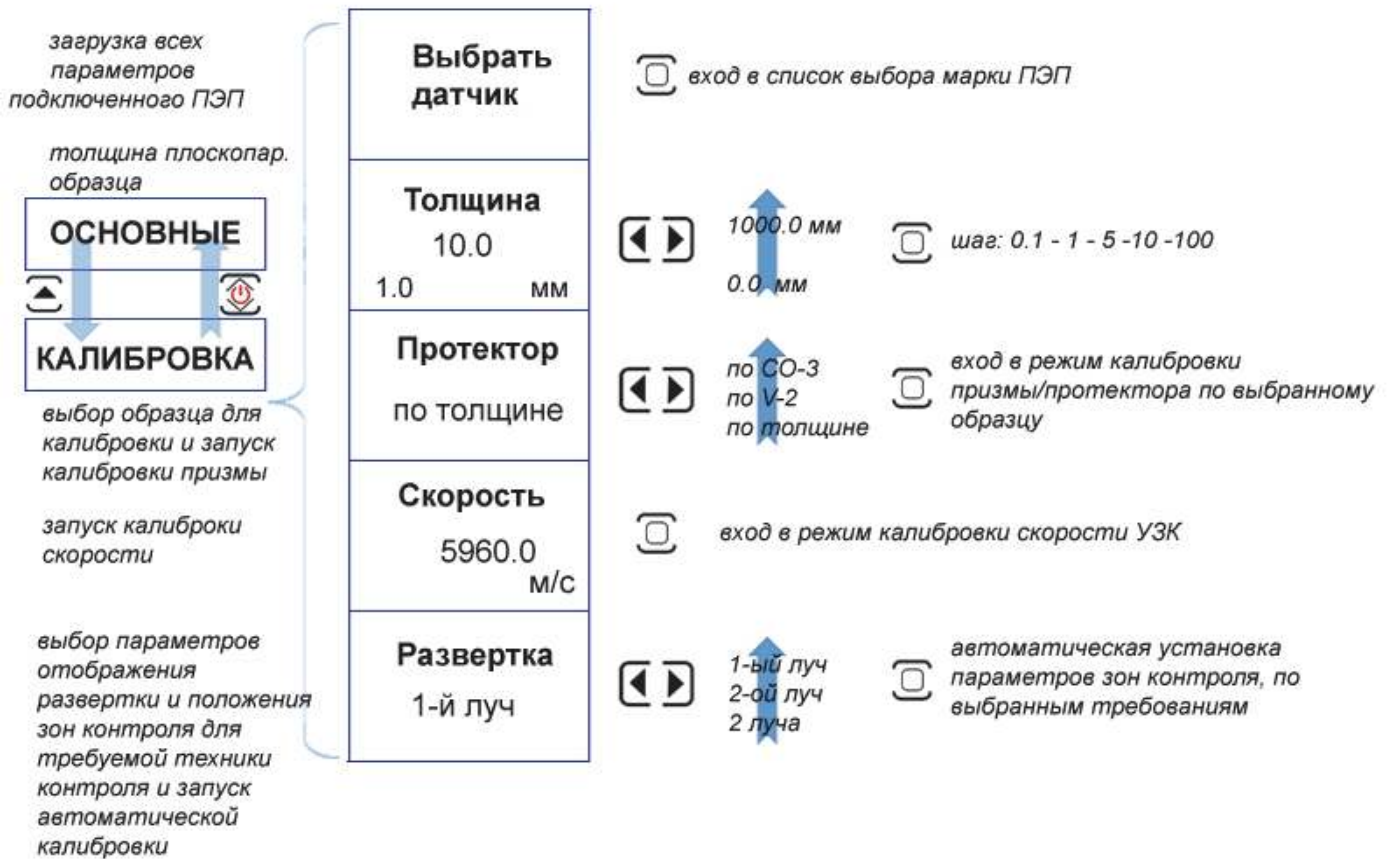


Рис.1-9 Структура подменю ОСНОВНЫЕ/КАЛИБРОВКА

Пункт меню ПОМОЩНИК позволяет оценить ход лучей в зависимости от выбранной толщины сварного соединения, расстояния датчика от шва, угла ввода УЗК и геометрии шва. В базовой версии доступен конфигуратор для стыкового сварного соединения, остальные варианты доступны опционально.

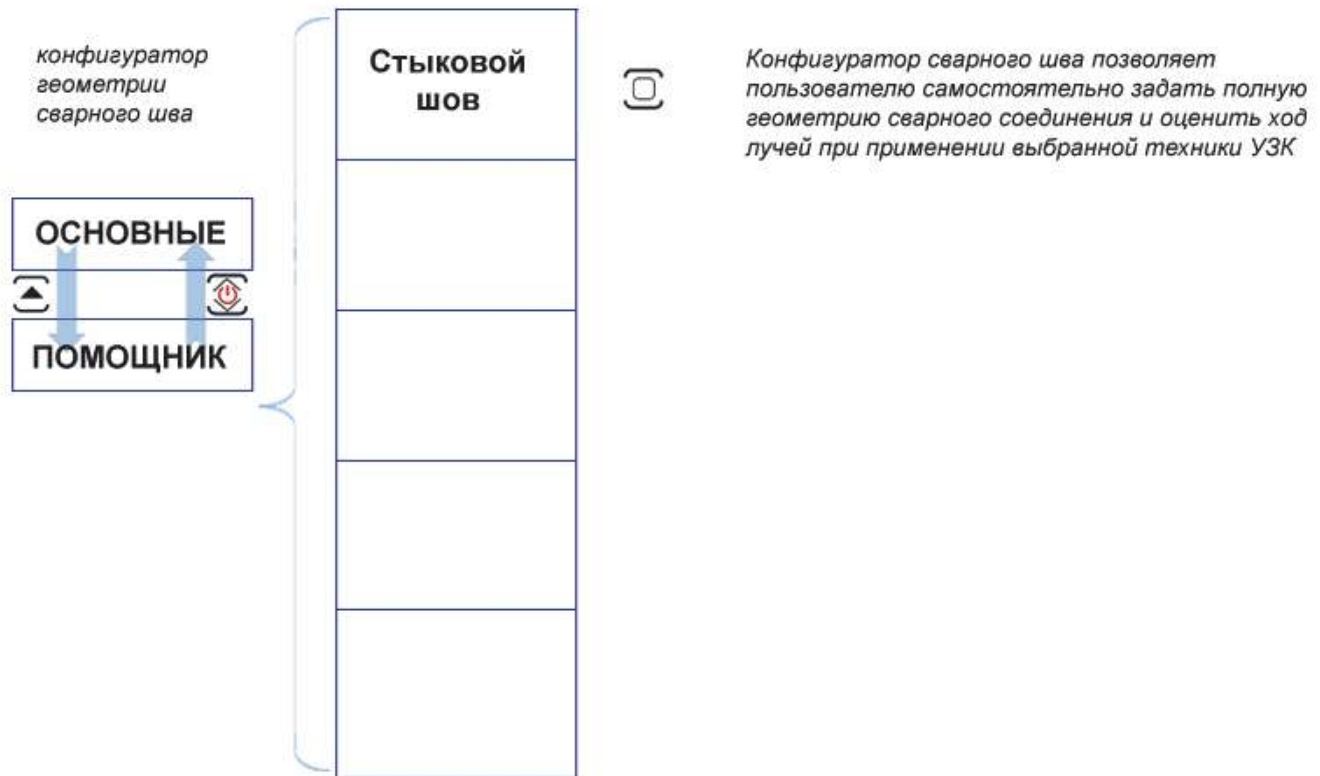


Рис.1-10 Структура подменю ОСНОВНЫЕ/ПОМОЩНИК

Пункт меню «УСТАНОВКИ» предназначен для установки параметров работы - текущей даты и времени, языка меню и значения, на которое будет изменяться усиление при нажатии кнопки **dB**.

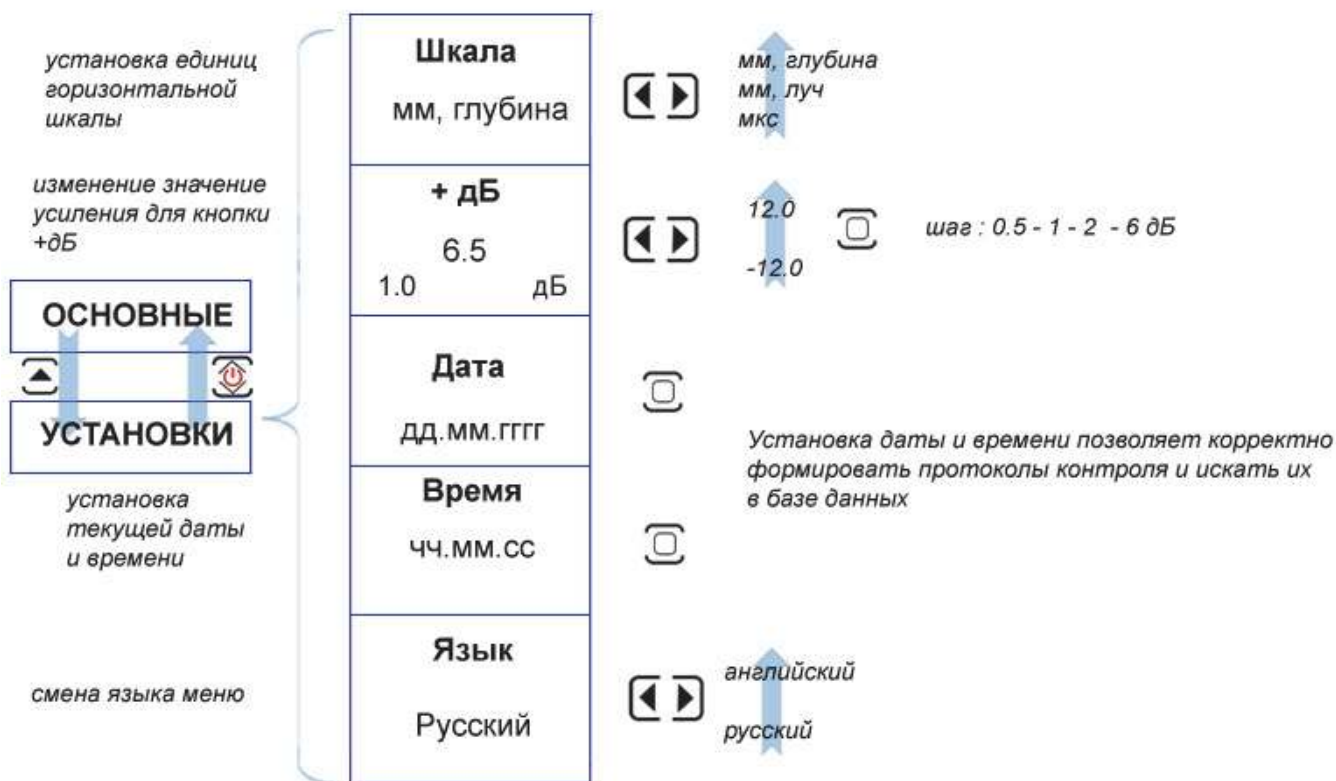


Рис. 1-11 Структура подменю ОСНОВНЫЕ/УСТАНОВКИ

Пункт меню «НАСТРОЙКИ» предназначен для сохранения всех параметров работы прибора в энергонезависимой памяти и их последующего вызова, а также установки текущих даты и времени.



Рис. 1-12 Структура подменю ОСНОВНЫЕ/НАСТРОЙКИ

Дефектоскоп позволяет работать с любыми ультразвуковыми пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП) в диапазоне частот от 0,4 до 20 МГц. Для стандартных ПЭП предусмотрена автоматическая загрузка оптимальных параметров из памяти прибора, однако оператор может установить все параметры вручную. Меню «**ДАТЧИК**» позволяет установить общие параметры ПЭП - его тип, задержку в протекторе (призме), угол ввода и стрелу.

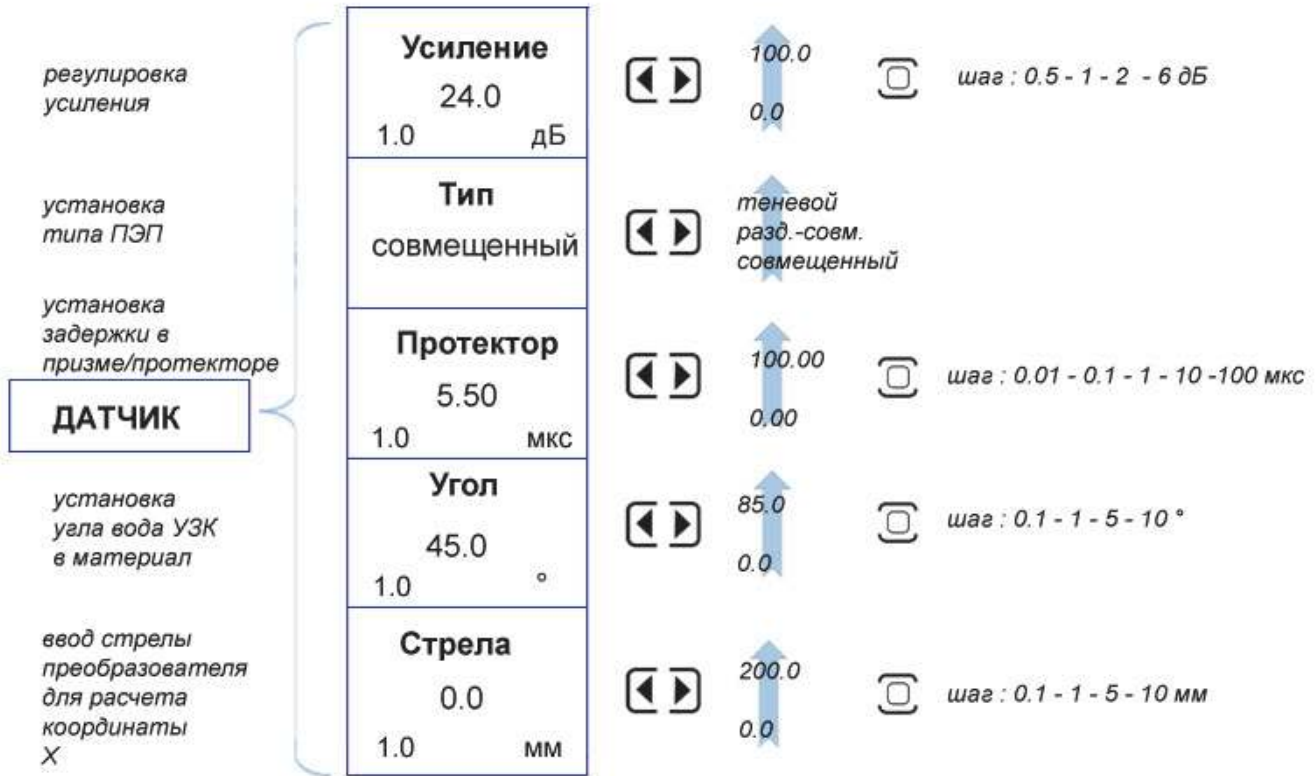


Рис. 1-13 Структура меню ДАТЧИК

Дефектоскоп имеет мощный современный генератор, возбуждающий импульсы заданной длительности в форме радиосигнала, и малозумящий широкополосный усилитель принимаемых сигналов с набором предустановленных узкополосных фильтров для повышения соотношения сигнал/шум.

Пункт меню «ГЕНЕРАТОР» позволяет задать параметры возбуждения преобразователя: частоту и количество периодов импульса возбуждения, отрегулировать частоту посылок импульсов возбуждения, включить/выключить демпфирование генератора резистором 50 Ом.

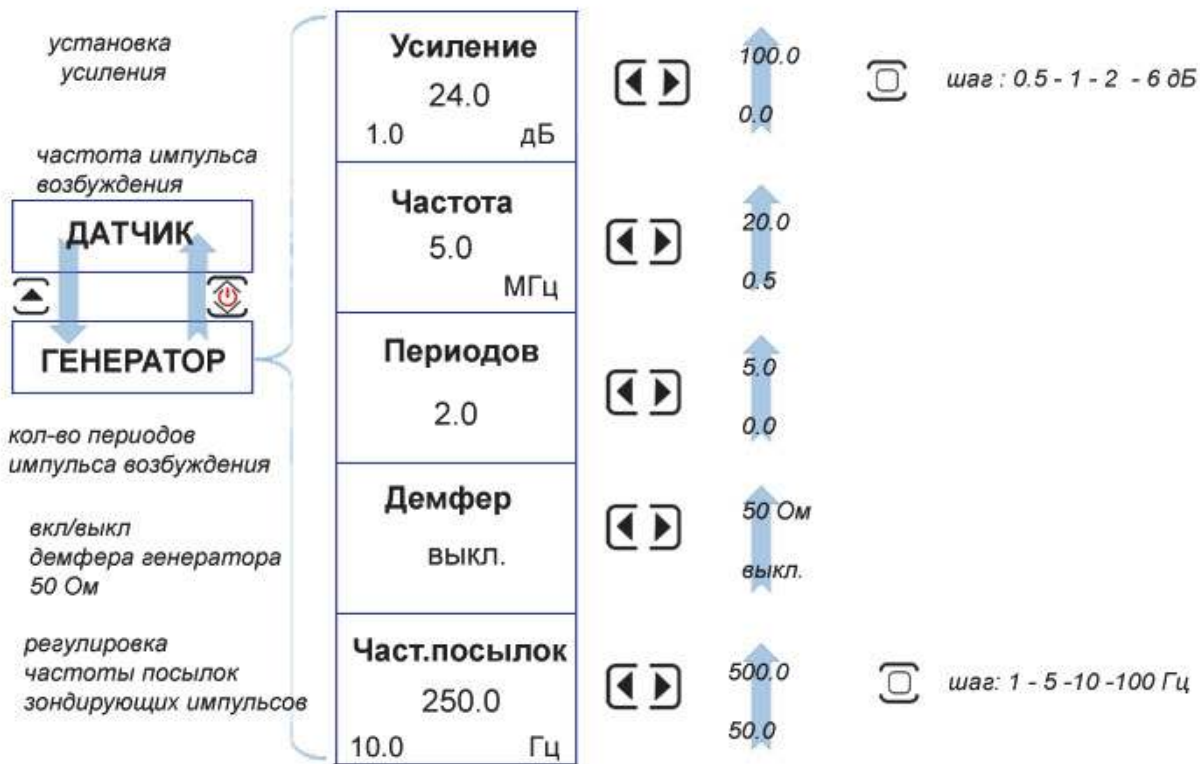


Рис.1-14 Структура подменю ДАТЧИК/ГЕНЕРАТОР

Специальный малошумящий приемник позволяет усиливать принимаемые сигналы, устанавливать узкополосные фильтры для повышения соотношения сигнал/шум, демпфировать приемник сопротивлением 50 Ом и устанавливать вид детектирования сигнала для отображения на экране.

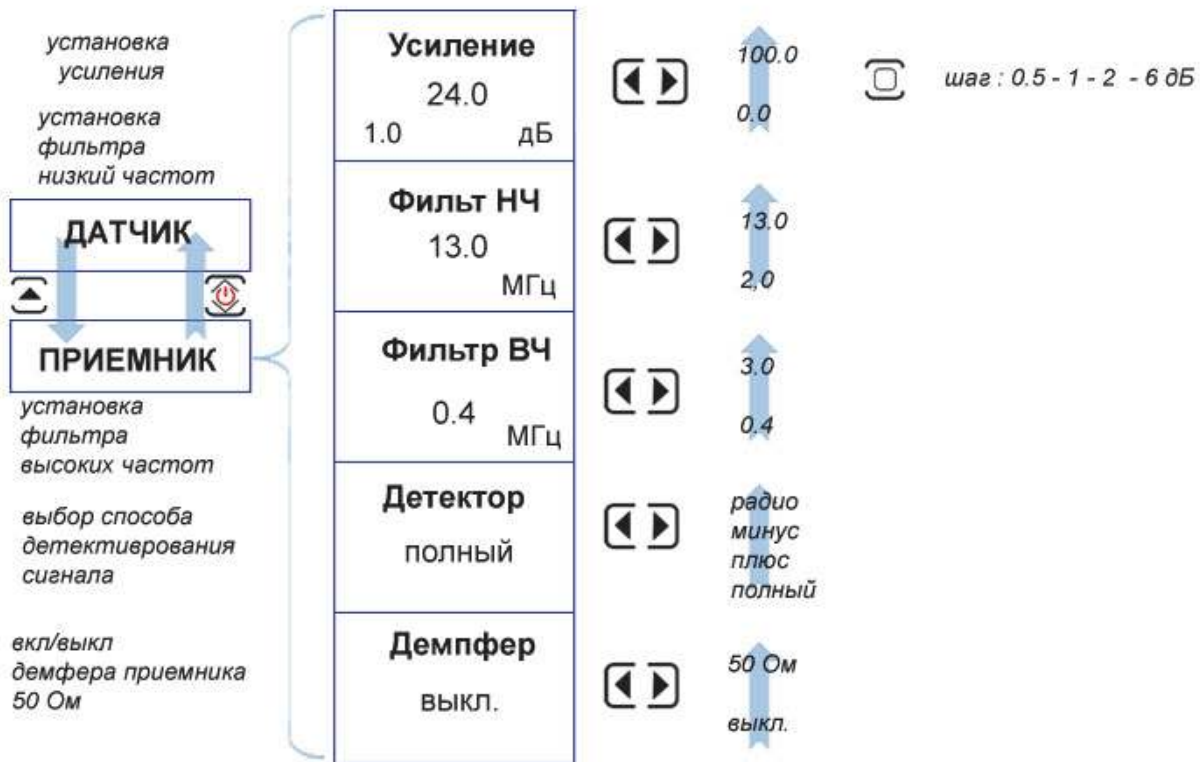


Рис.1-15 Структура подменю ДАТЧИК/ПРИЕМНИК

Один и тот же отражатель на одной глубине дает разную амплитуду отраженного сигнала вследствие как затухания в материале, так и расхождения ультразвукового пучка. Для компенсации влияния глубины залегания отражателя на показания прибора случат две основные функции: АРД (Амплитуда-Расстояние-Диаметр) и ВРЧ (Временная Регулировка Чувствительности).

Функция АРД позволяет ввести в прибор параметры кривой АРД и отображать эквивалентную площадь отражателя (непосредственно в кв.мм) вне зависимости от глубины отражателя.

В приборе пункт АРД имеет дополнительное вложение подпунктов и полностью дублируется еще раз для того, чтобы при вводе параметров избежать постоянных переходов вверх-вниз по иерархии меню. Т.е. пункты «ДАТЧИК» / «АРД» и «ДАТЧИК» / «АРД» / «АРД» - полностью идентичны.

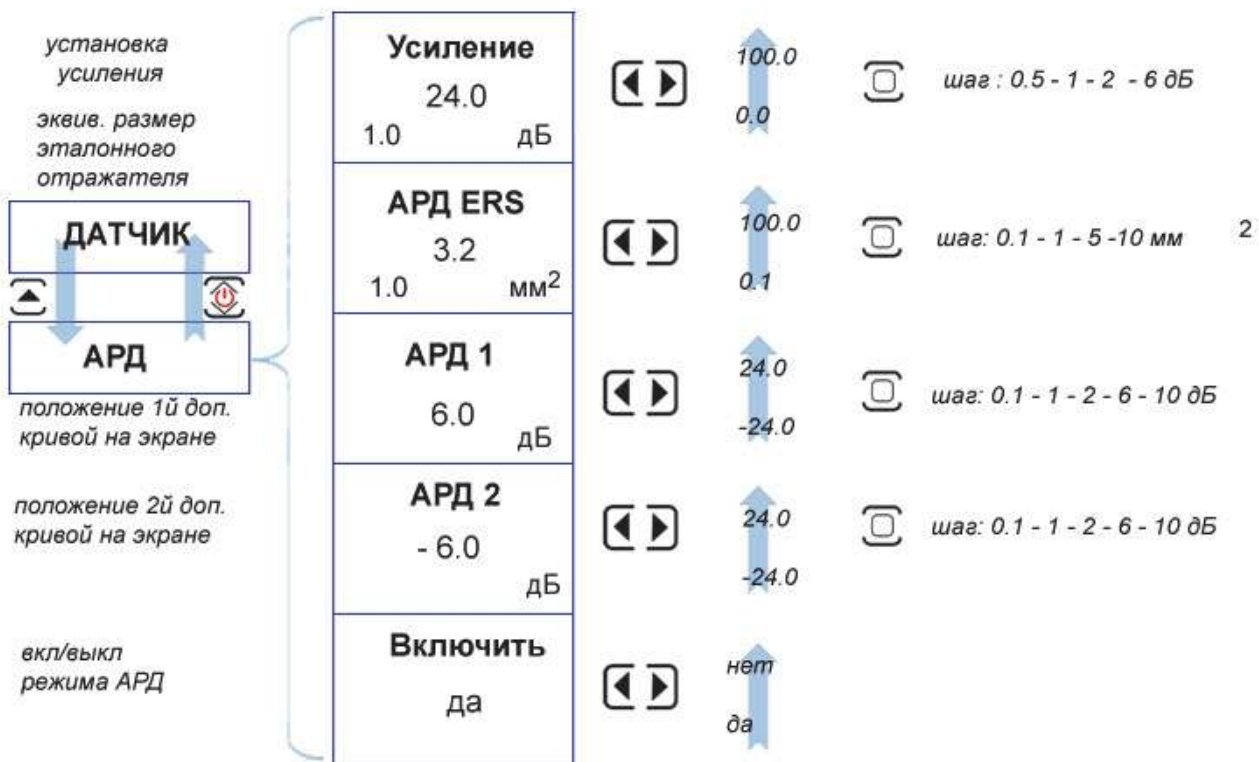


Рис.1-16 Структура подменю ДАТЧИК/АРД и подменю второго уровня ДАТЧИК/АРД/АРД

Каждую точку кривой АРД можно корректировать вручную, добавить или удалить. Для этого служит подменю «ДАТЧИК» / «АРД» / «ТОЧКИ»

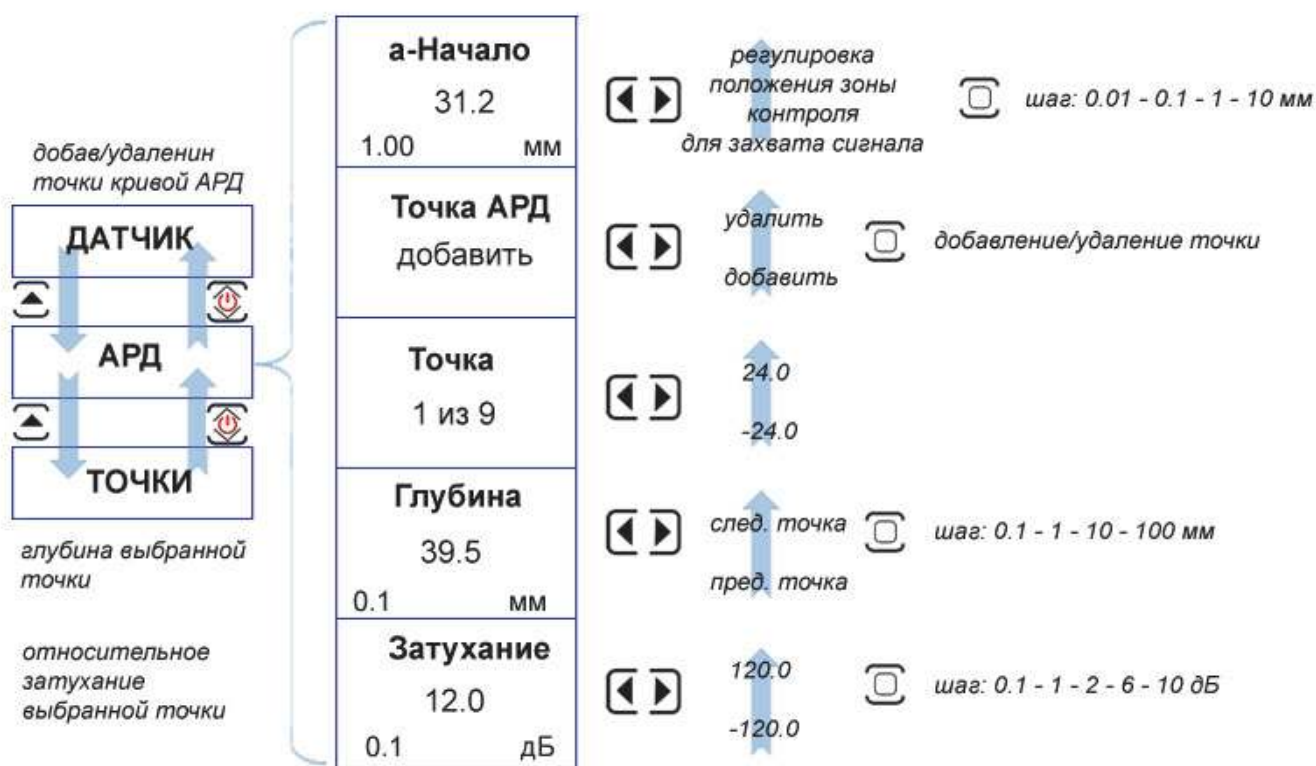


Рис.1-17 Структура подменю второго уровня ДАТЧИК/АРД/ТОЧКИ

Каждая кривая линия АРД на печатном графике соответствует некой площади отражателя, в приборе же записана всего одна общая зависимость изменения амплитуды сигнала по глубине залегания, характерная для любого отражателя, меньшего по размеру, чем диаграмма направленности поля конкретного преобразователя. Для того, чтобы привязать эту зависимость к площади конкретного отражателя служит пункт «ДАТЧИК» / «АРД» / «КАЛИБРОВКА».



Рис. 1-18 Структура подменю второго уровня ДАТЧИК/АРД/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.

Существенным отличием функций АРД и ВРЧ является то, что ВРЧ выравнивает сигналы на разных глубинах до одинаковой амплитуды, добавляя для каждой из глубин некое компенсирующее значение усиления тракта. При этом функция АРК фактически получается аналогичной АРД, но отображающей амплитуды не в кв.мм эквивалентной площади, а в дБ относительно кривой АРК.

Как и в случае с пунктом АРД, в приборе пункт ВРЧ имеет дополнительное вложение подпунктов и полностью дублируется еще раз для того, чтобы при вводе параметров избежать постоянных переходов вверх-вниз по иерархии меню. Т.е. пункты «ВРЧ/АРК» и пункт подменю первого уровня «ВРЧ/АРК» / «ВРЧ/АРК» идентичны.

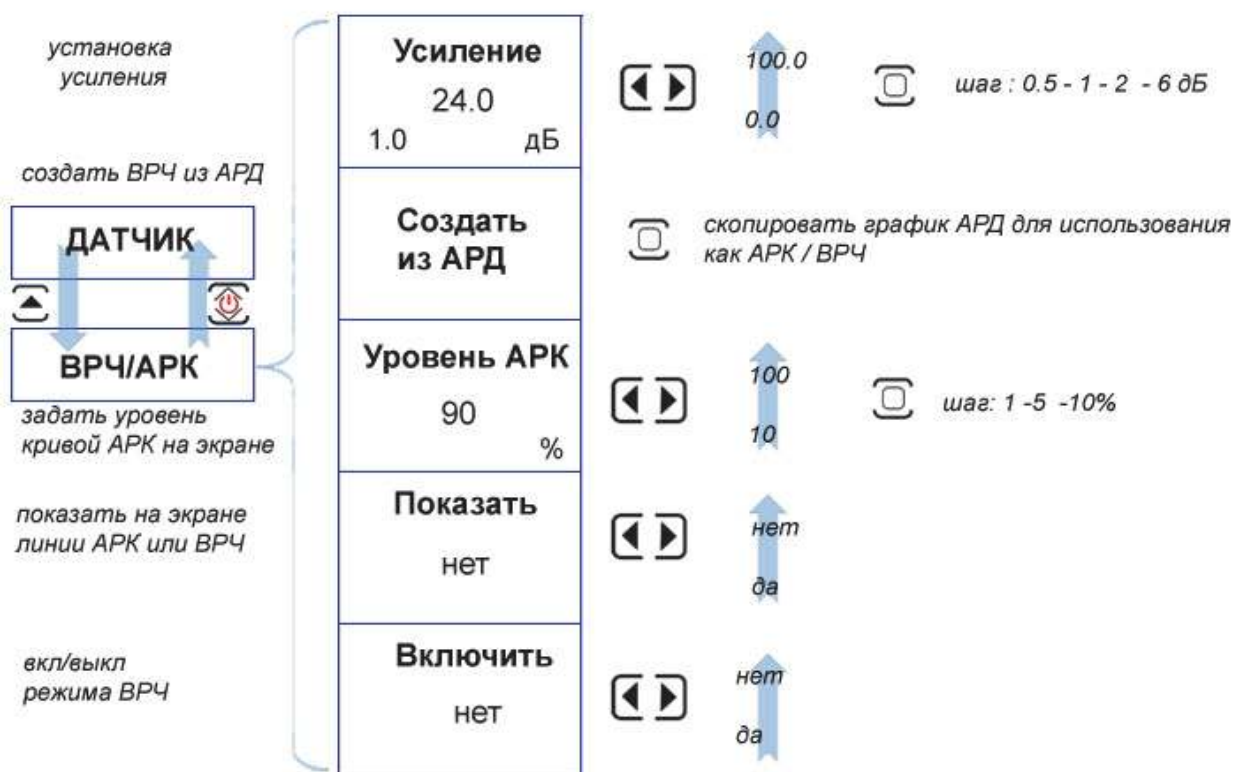


Рис.1-19 Структура меню ВРЧ/АРК

Каждую точку кривой ВРЧ/АРК можно корректировать вручную, добавить или удалить. Для этого служит подменю «ВРЧ/АРК» / «ТОЧКИ»

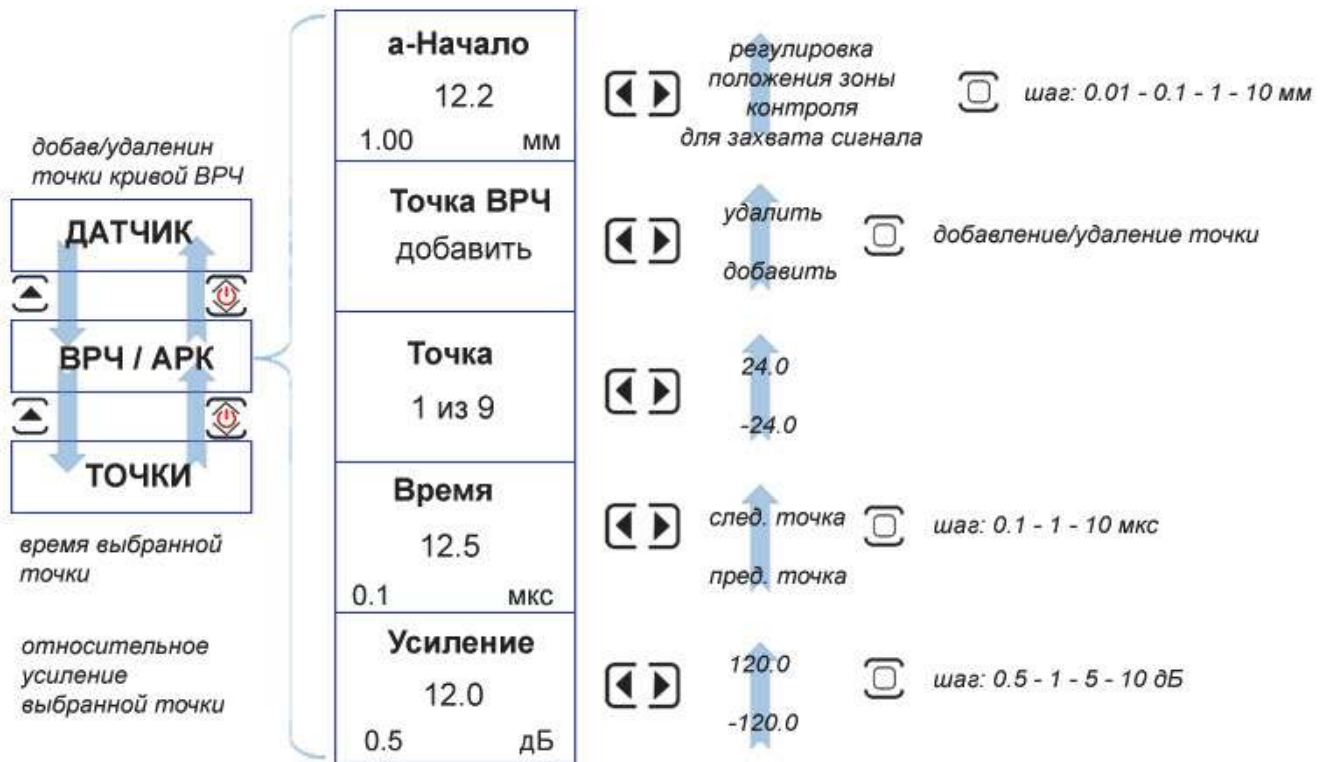


Рис.1-20 Структура подменю ВРЧ/АРК/ТОЧКИ

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 «**ЗОНА**» 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.

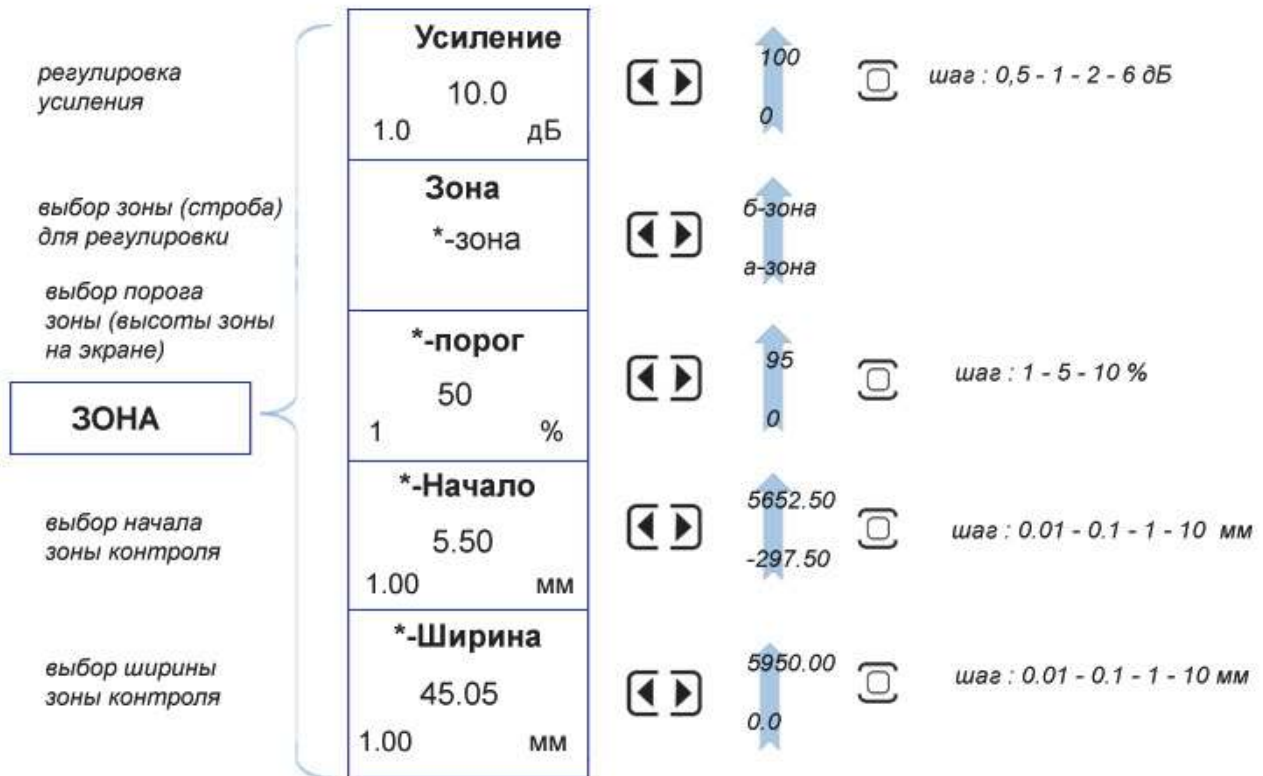


Рис.1-21 Структура меню ЗОНА

Каждая из зон контроля имеет индивидуальное начало, ширину, высоту порога, логику определения дефекта и способ фиксации времени прихода сигнала. Для настройки эти параметров служат подменю «а-ЗОНА» и «б-ЗОНА»

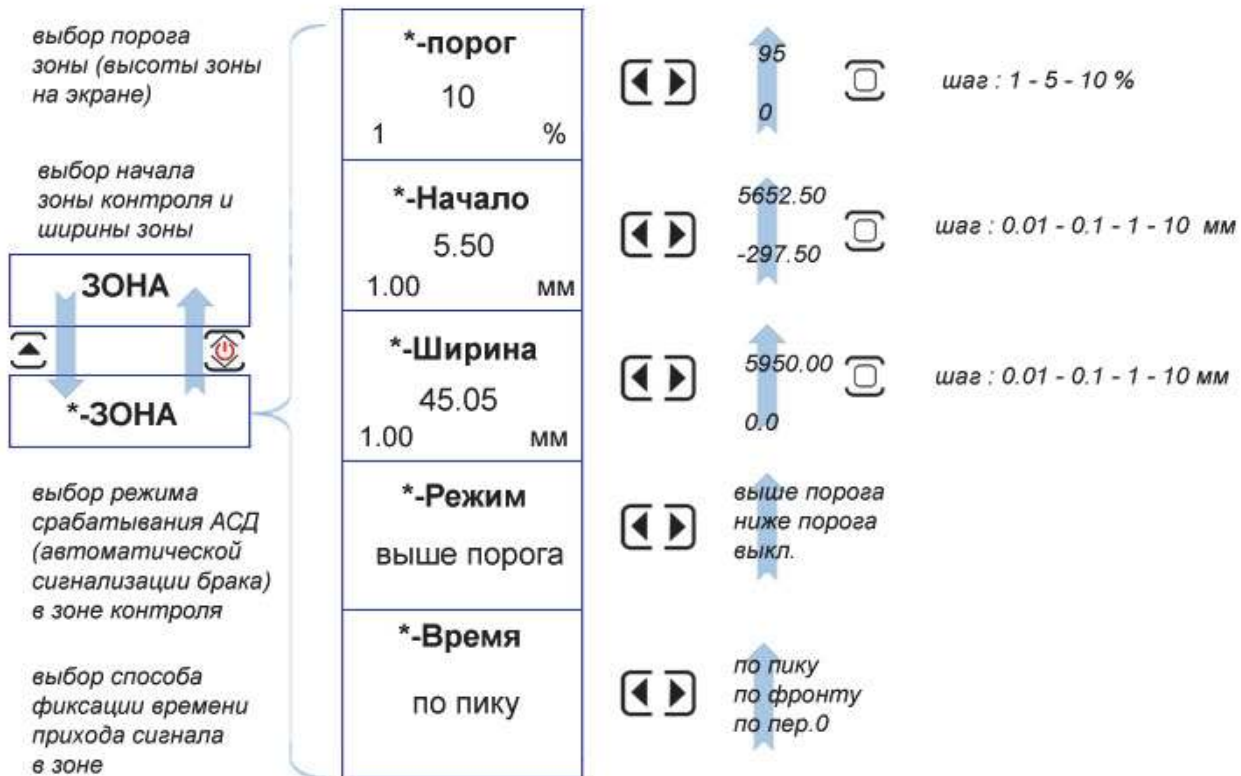


Рис.1-22 Структура подменю ЗОНА/а-ЗОНА и ЗОНА/б-ЗОНА

Система Автоматической Сигнализации Брака (АСБ) в приборе может выдавать как световые, отдельно для каждой зоны сигналы, так и звуковой сигнал. Логика срабатывания звукового сигнала также задается оператором в подменю «ЗОНЫ» / «АСД».

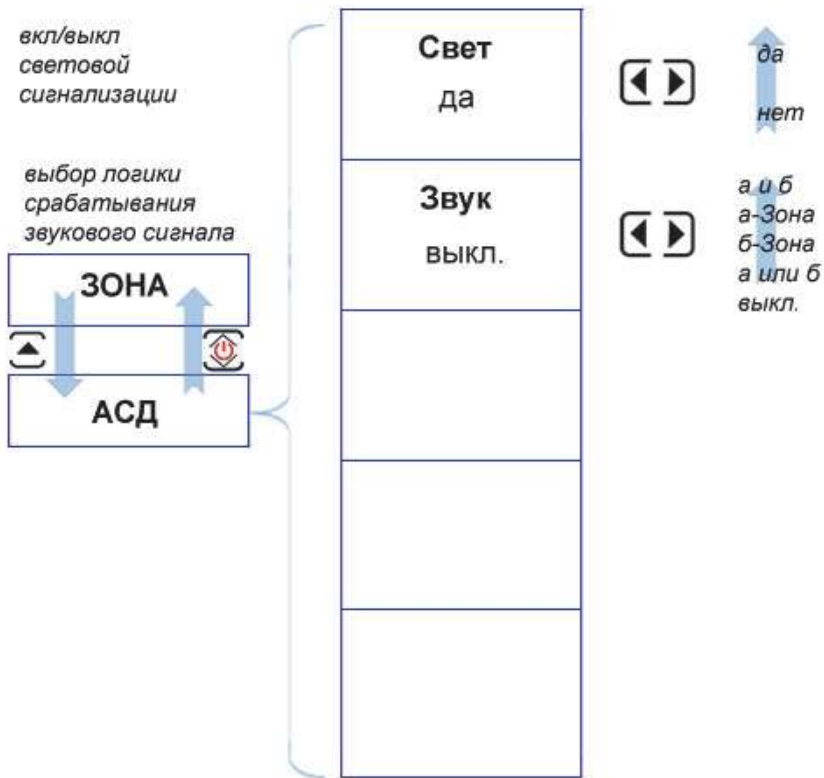


Рис.1-23 Структура подменю ЗОНА/АСД

Пункт меню «ЭКРАН» позволяет настроить отображение информации: тип выводимых графиков, отображение координатной сетки и разделки шва, яркость экрана.

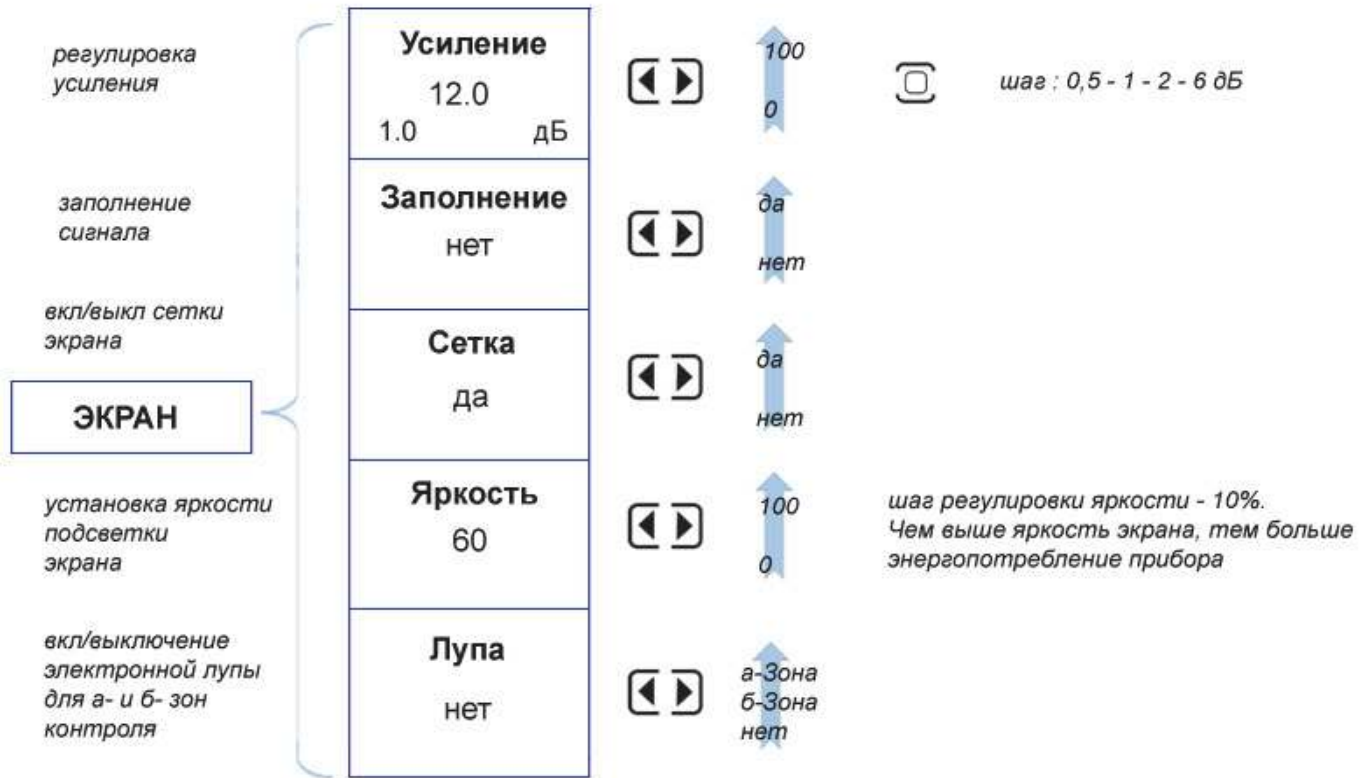


Рис.1-24 Структура меню ЭКРАН

Дефектоскоп может измерять несколько типов величин, включая амплитуду сигнала относительно некоторого эталонного, заранее записанного сигнала. Кроме того, при измерениях прибор измеряет координаты в соответствии с выбранной толщиной объекта контроля, для правильного расчета глубины залегания. Для установки этих параметров служит меню «ИЗМЕРЕНИЕ»

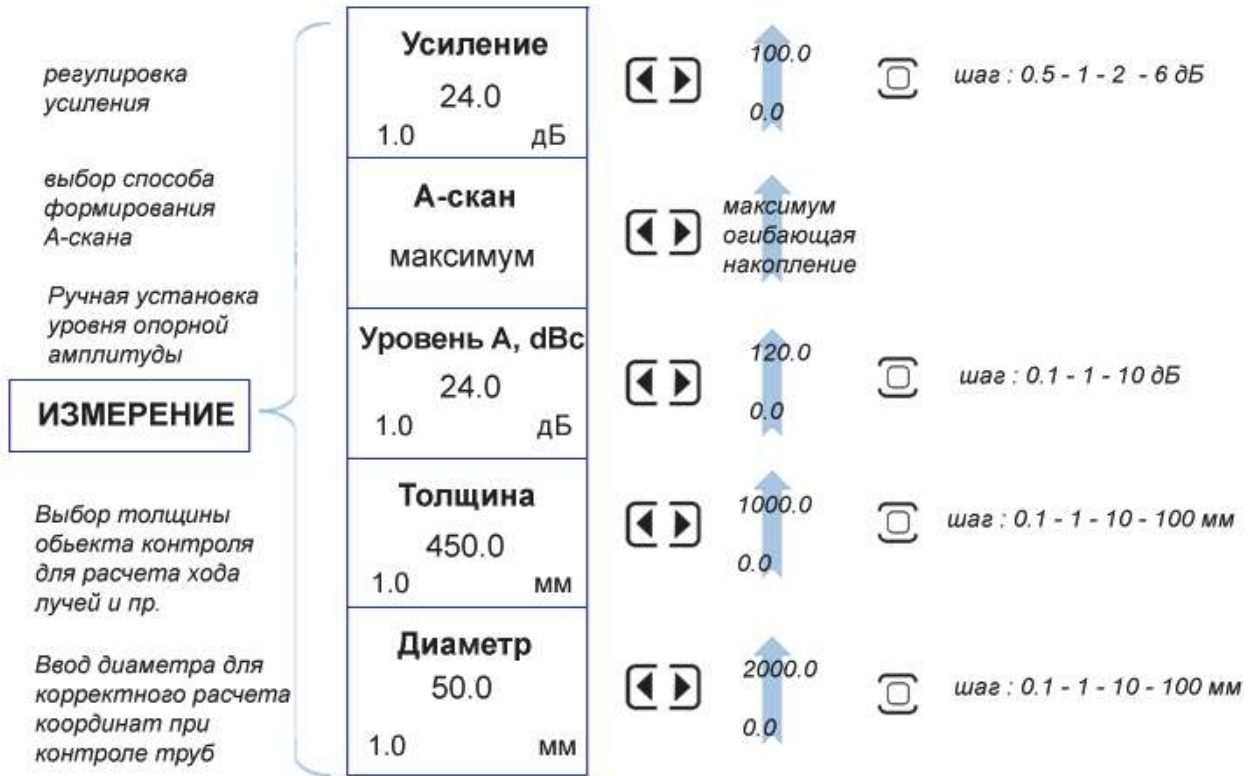


Рис.1-25 Структура меню ИЗМЕРЕНИЕ

Дефектоскоп измеряет много типов величин, однако на экране всего 4 поля для индикации этих величин. С целью определения того, какое из показаний будет выводиться в соответствующее поле воспользуйтесь подменю «ИЗМЕРЕНИЕ / «ПОКАЗАНИЯ»

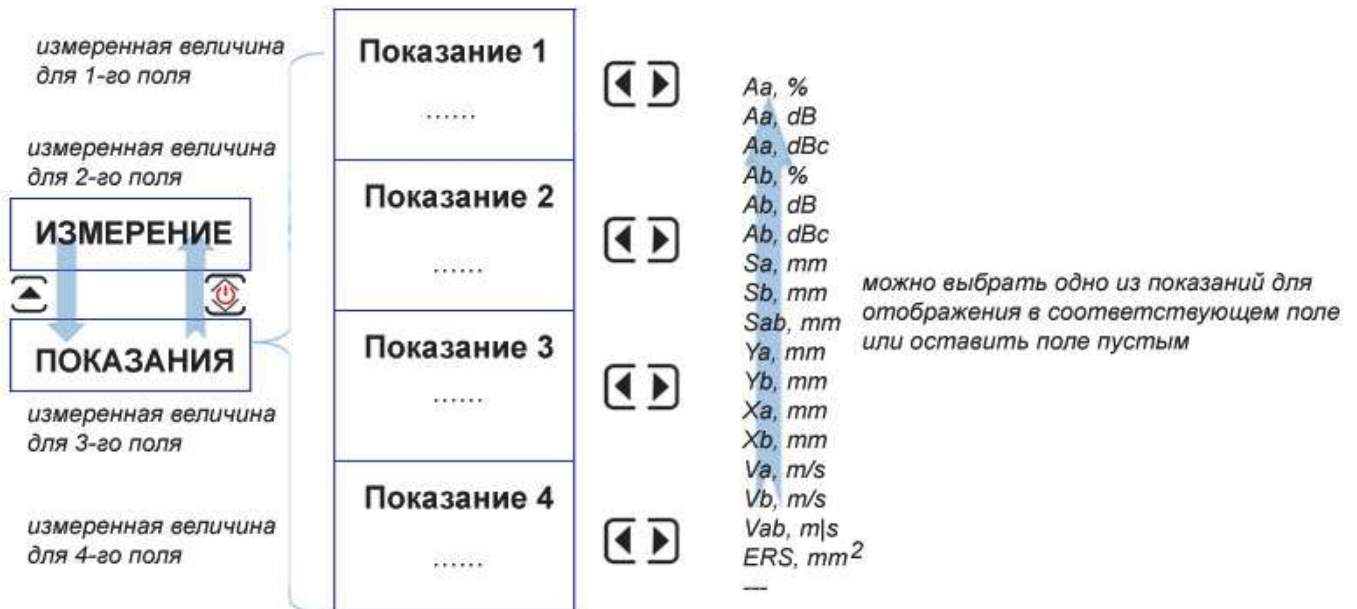


Рис.1-26 Структура подменю ИЗМЕРЕНИЕ/ПОКАЗАНИЯ

Дефектоскоп позволяет использовать различные одноканальные сканеры с датчиком пути. Для калибровки любого оптического датчика пути и проведения сканирования служит подменю «ИЗМЕРЕНИЕ» / «КОНТРОЛЬ»

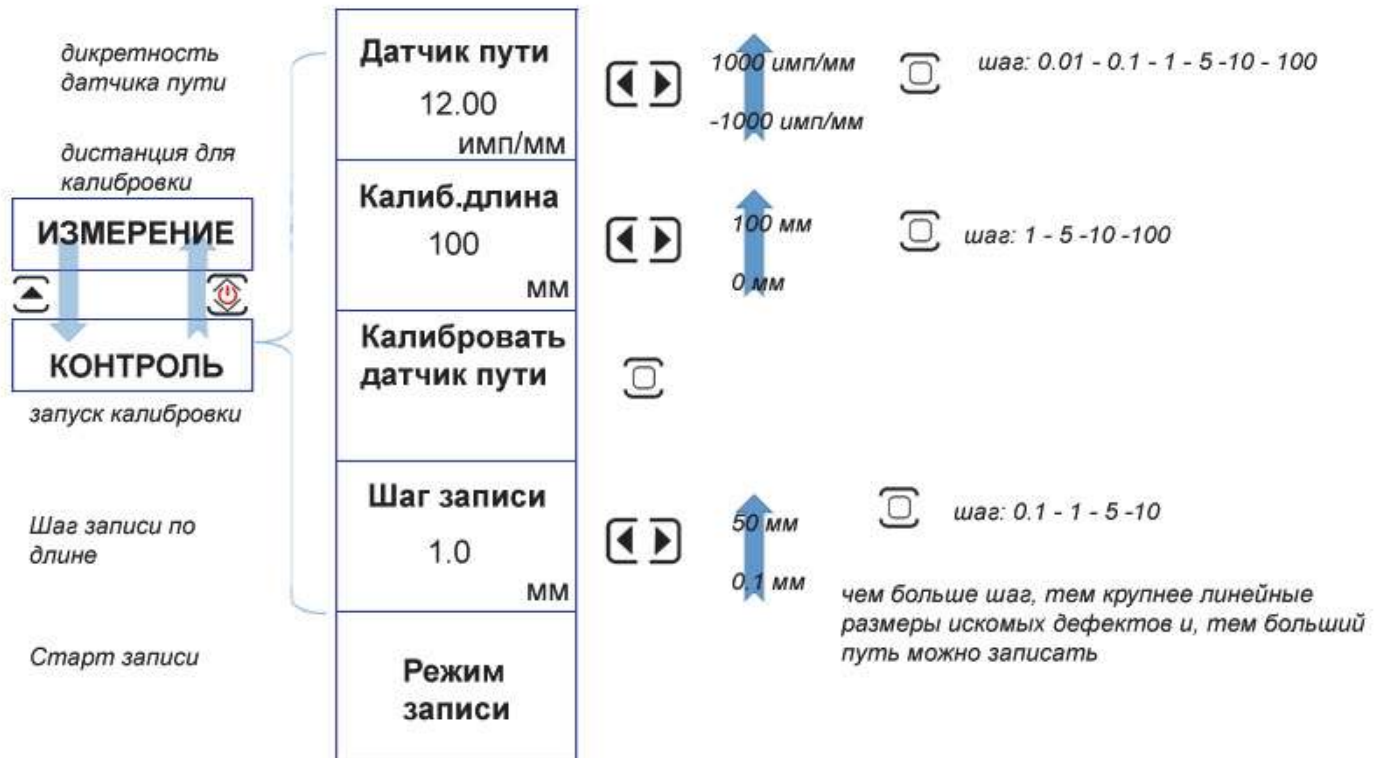


Рис.1-27 Структура подменю ИЗМЕРЕНИЕ/КОНТРОЛЬ

Дефектоскоп позволяет проводить измерения в соответствии с американским стандартом по сварке AWS D1.1. Процедура оценки размера дефекта, описанная в данном стандарте, подразумевает сравнение амплитуды сигнала от дефекта с амплитудой от эталонного отражателя.

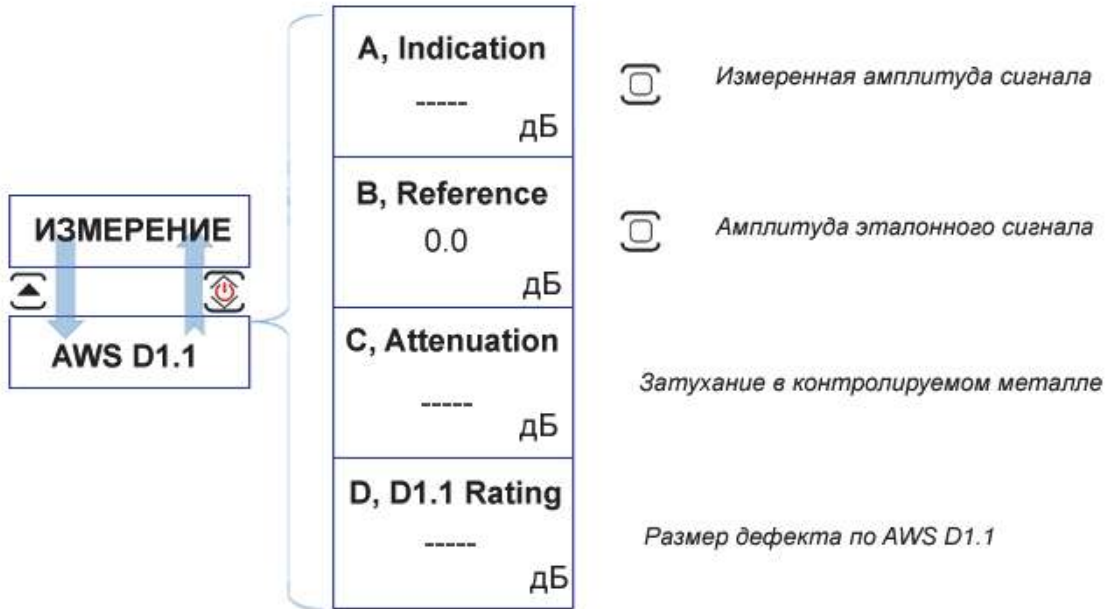







Рис.1-28 Структура подменю ИЗМЕРЕНИЕ/AWS D1.1

1.7 Символы на экране дефектоскопа

На дисплей дефектоскопа УСД-60 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 
-  - Дефектоскоп находится в режиме «Электронная лупа» для а-зоны
-  - - Дефектоскоп находится в режиме «Электронная лупа» для б-зоны
-  - индикация заряда аккумуляторов

1.8 Особенности УСД-60

- Цветной TFT индикатор 640 x 480 точек с отличной динамикой сигнала.
- Масса всего 1,4 кг со встроенными аккумуляторами.
- Полоса частот от 400КГц to 20 МГц с настраиваемыми диапазонными фильтрами
- Функции ВРЧ, АРК и АРД диаграмм
- Отображение информации в виде: А-скана, В-скана
- Построение развертки с использованием датчика пути и различных сканеров
- Не менее 10 часов работы при использовании стандартных аккумуляторов при 70% подсветке
- Автоматическая калибровка преобразователя
- 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 – 5 мм для контроля тонких изделий
- Функция изменения шага для увеличения/уменьшения усиления. Специальная клавиша $\overline{\text{dB}}$ для изменения усиления на заранее заданный шаг.
- Запоминание большого количества протоколов контроля
- Память на 200 настроек прибора
- CD диск с программным обеспечением для реализации всех широких возможностей дефектоскопа
- Аналоговые и цифровые фильтры для повышения соотношения сигнал/шум
- Связи 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 настройки 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 .

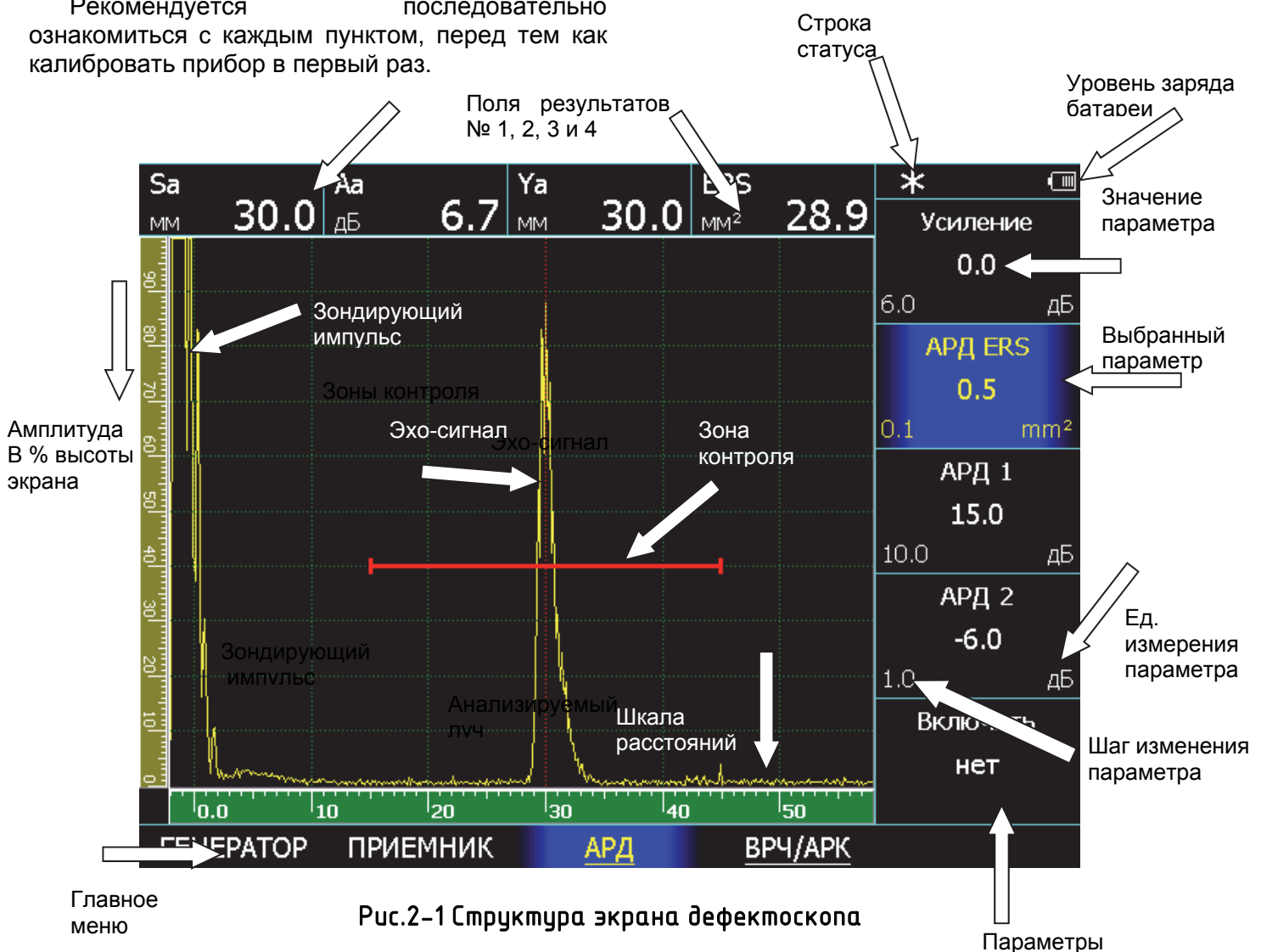



Рис.2-1 Структура экрана дефектоскопа

Главное меню прибора расположено внизу экрана, параметры в правой части экрана.

Сверху экрана расположены 4 поля для вывода измеряемых значений. Назначить какие именно измеряемые величины будут туда выведены можно выбрав пункт ИЗМЕРЕНИЕ, нажав кнопку  повторно и в подменю ИЗМЕРЕНИЯ указав данные для параметров ПОКАЗАНИЯ 1-2-3-4.


В центре экрана на рис. 2.1 показан классический А-скан, т.е. график зависимости амплитуды сигнала от времени его прихода. Слева от него расположена шкала амплитуд в % высоты экрана. Снизу – шкала расстояний. Значения шкалы расстояний зависят от параметра ШКАЛА в подменю УСТАНОВКИ меню ОСНОВНЫЕ. Это может быть глубина залегания отражателя в мм, расстояние до отражателя по лучу в мм, или время прихода сигнала в мкс.

В правом верхнем углу экрана – строка состояния куда выводится статус состояния – заморозка экрана, включение ВРЧ и прочее, а также заряд батареи.



Зона контроля на экране имеет вид линии с регулируемым началом (начало зоны), длиной (ширина зоны) и высотой (порог зоны). Все сигналы на экране измеряются только при попадании в зоны контроля.



2.1.1 Настройка параметров дисплея

Описанные процедуры предназначены для регулировки параметров экрана прибора для оптимального соответствия условиям освещения и экономии заряда батареи.

Шаг 1. Выберите пункт ЭКРАН с помощью нажатия кнопки  под ним



Регулировка подсветки дисплея (ЭКРАН - ЯРКОСТЬ)



Шаг 2. Выберите параметр ЯРКОСТЬ с помощью нажатия любой кнопки   напротив него

Шаг 3. Измените яркость подсветки с помощью тех же кнопок  . Пределы изменения от 0 до 100 % шагом в 10%.



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 любой кнопки   напротив него

Шаг 5. Включите или выключите отображение сетки экрана с помощью тех же кнопок  . Доступные варианты: ДА, НЕТ

Заполнение сигнала (ЭКРАН - ЗАПОЛНЕНИЕ)

Шаг 6. Выберите параметр ЗАПОЛНЕНИЕ с помощью нажатия любой кнопки   напротив него

Шаг 7. Включите или выключите заполнение сигнала с помощью тех же кнопок  . Доступные варианты: ДА, НЕТ

Сигнал без заполнения выглядит, как совокупность точек, имеющих индивидуальную высоту в каждый момент времени (рис. 2-2, а)

Сигнал с заполнением выглядит, как совокупность вертикальных линий, имеющих индивидуальную высоту в каждый момент времени. (рис. 2-2, б)

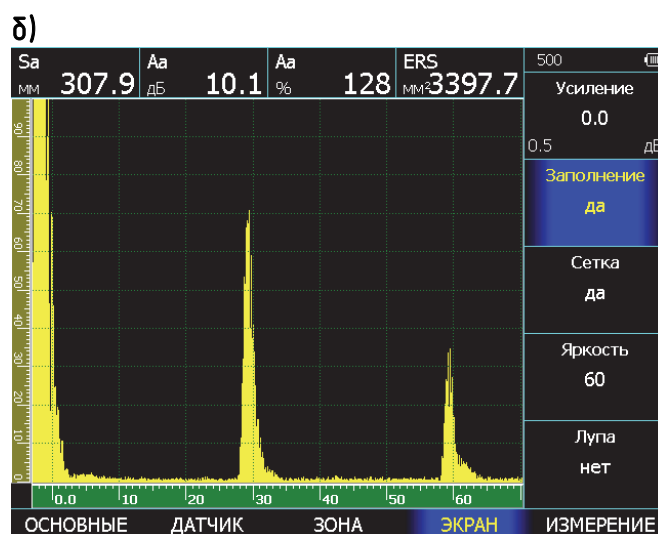
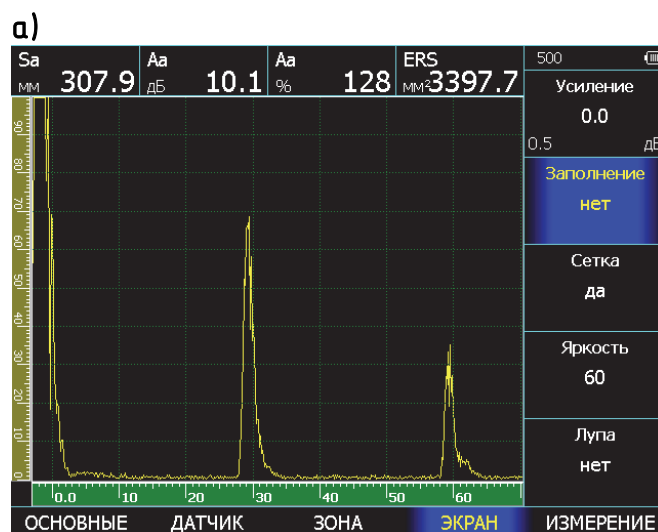




Рис. 2-2 Вид сигнала: а) без заполнения, б) с заполнением



Регулировка вида А-скана на экране (ЭКРАН – А-скана)

А-скан может формироваться на экране тремя различными способами:

- 1) Как совокупность максимальных амплитуд сигнала, полученных в один момент времени. (А-СКАН = МАКСИМУМ)
- 2) Как сумма нескольких сигналов, накопленных в результате усреднения за некоторый момент времени. (А-СКАН=НАКОПЛЕНИЕ)
- 3) Как сумма неограниченного количества сигналов, накопленных за момент всей работы в таком режиме (А-СКАН=ОГИБАЮЩАЯ)



Для смены вида А-скана:



Шаг 1. Выберите параметр А-СКАН в меню ЭКРАН с помощью нажатия любой кнопки   напротив него

Шаг 2. Измените вид А-скана кнопками   .

Просмотр сигнала в зоне контроля на всю ширину экран (ЭКРАН - ЛУПА)

Содержимое а- и б- зон контроля может быть увеличено на всю ширину экрана с помощью параметра ЛУПА. При работе в таком режиме специальный символ будет мигать в строке статуса.



Шаг 1. Выберите параметр ЛУПА с помощью нажатия любой кнопки   напротив него


Шаг 2. Выберите режим работы экранной лупы с помощью тех же кнопок   . Доступные варианты: а-ЗОНА, б-ЗОНА, НЕТ.

2.1.2 Настройка даты и времени


Для формирования корректных протоколов контроля, с возможностью их сортировки по дате и времени получения, дефектоскоп позволяет настроить текущую дату и время

Для этого:

Шаг 1. Выберите пункт ОСНОВНЫЕ с помощью кнопки  и нажмите кнопку  еще раз для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт УСТАНОВКИ нажав кнопку  напротив него

Шаг 3. Выберите параметр ДАТА с помощью нажатия любой кнопки   напротив него.

Шаг 4. Нажмите кнопку  для входа в режим изменения текущей даты (см. рис. 2-3)

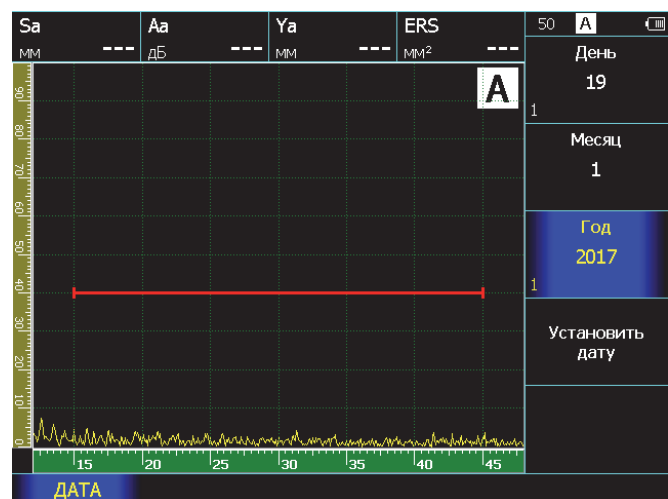











Рис. 2-3 Режим установки даты

Шаг 5. Нажмите кнопки   напротив параметра ДЕНЬ и повторным нажатием этих же кнопок установите текущее число

Шаг 6. Нажмите кнопки   напротив параметра МЕСЯЦ и повторным нажатием этих же кнопок установите текущий месяц

Шаг 7. Нажмите кнопки   напротив параметра ГОД и повторным нажатием этих же кнопок установите текущий год

Шаг 8. Нажмите кнопки   напротив пункта УСТАНОВИТЬ ДАТУ и нажмите 

Шаг 9. Выберите параметр ВРЕМЯ с помощью нажатия любой кнопки ◀ ▶ напротив него.

Шаг 10. Нажмите кнопку □ для входа в режим изменения текущего времени (см. рис. 2-4)

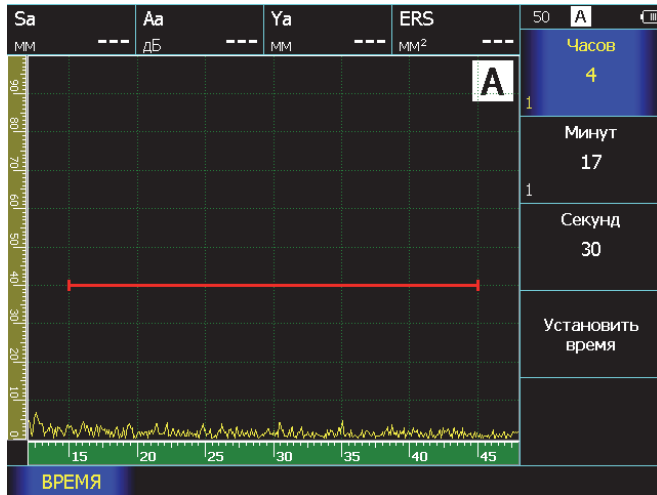


Рис. 2-4 Режим установки времени

Шаг 11. Повторите шаги 5-7 для ЧАСОВ, МИНУТ и СЕКУНД

Шаг 12. Нажмите кнопки ◀ ▶ напротив пункта УСТАНОВИТЬ ВРЕМЯ и нажмите □

Шаг 13. Вернитесь в основное меню кнопкой ⏻

Настройка цветовой схемы экрана (ОСНОВНЫЕ/НАСТРОЙКИ – ЦВЕТОВАЯ СХЕМА)

Шаг 1. Выберите пункт ОСНОВНЫЕ с помощью нажатия кнопки ▲ под ним и нажмите кнопку

▲ еще раз для входа в подменю

Шаг 2. Выберите пункт НАСТРОЙКИ с помощью нажатия кнопки ▲ под ним

Шаг 3. Выберите параметр ЦВЕТОВАЯ СХЕМА с помощью нажатия любой кнопки ◀ ▶ напротив него

Шаг 4. Измените цветовую схему кнопками ◀ ▶.

Шаг 5. Нажмите кнопку □ для применения цветовой схемы экрана

2.2 Установка параметров преобразователя

2.2.1 Подключение преобразователя

Крайне важно, чтобы прибор был правильно настроен для работы с преобразователем. УСД-60 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)
- АРД диаграмма

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 ОСНОВНЫЕ с помощью кнопки  и нажмите кнопку  еще раз для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт КАЛИБРОВКА

Шаг 3. Выберите параметр ВЫБРАТЬ ДАТЧИК и нажмите кнопку  для входа в список выбора.

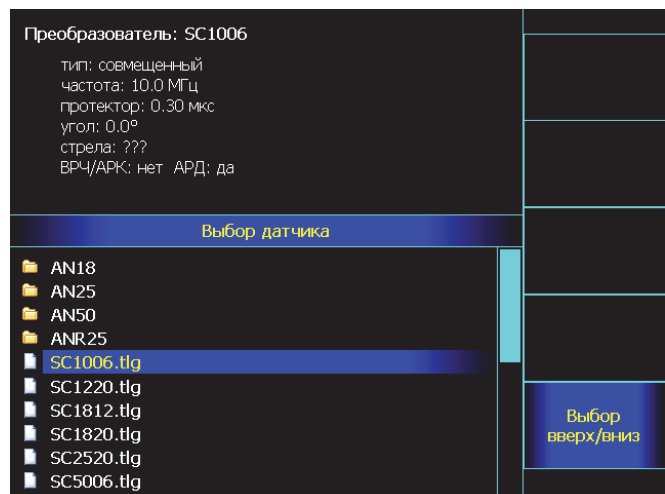




Рис. 2-5 Загрузка параметров преобразователей

На рис.2-5 показан список выбора преобразователей. Для удобства пользователя список создан с использованием папок, для того чтобы преобразователи одинаковой марки, но с разными углами или прочими различиями хранить отдельно и быстрее искать при загрузке.

Верхняя левая часть экрана отведена под отображение параметров, хранящихся в файле для каждого преобразователя.

Перемещение по списку осуществляется нижними правыми кнопками . Папки с преобразователями обозначены знаком .

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 (ДАТЧИК-ГЕНЕРАТОР – ЧАСТОТА)
- 3) Установки периодов генератора возбуждения (ДАТЧИК-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 (и генератора и приемника) должны быть выключены. Полоса частот (ПРИЕМНИК-ФИЛЬТР НЧ и ФИЛЬТР ВЧ) должна быть максимальной. Т.е. ФИЛЬТР НЧ= максимуму, ФИЛЬТР ВЧ=минимуму.

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 кнопки 

Шаг 2. Выберите параметр ТИП нажатием кнопок  и этими же кнопками установите правильный тип преобразователя.

Доступные варианты:



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


РАЗД.-СОВМ. - раздельно-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)



ТЕНЕВОЙ- раздельный 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 (ДАТЧИК - ГЕНЕРАТОР - ЧАСТОТА) и длительности возбуждения (ДАТЧИК - ГЕНЕРАТОР - ПЕРИОДОВ)



Для регулировки частоты зондирующего импульса:



Шаг 1. Выберите пункт меню ДАТЧИК кнопкой  и нажмите кнопку  еще раз, для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт ГЕНЕРАТОР, расположенный под ним кнопкой .

Шаг 3. Выберите параметр ЧАСТОТА, нажав любую из кнопок   рядом.

Шаг 4. Установите кнопками   частоту равную номинальной частоте подключенного преобразователя.

Шаг 5. 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 с преобразователя.



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

Изменение частоты заполнения зондирующего импульса (ДАТЧИК-ГЕНЕРАТОР - ЧАСТОТА)

Шаг 1. Выберите пункт меню ДАТЧИК кнопкой  и нажмите кнопку  еще раз, для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт ГЕНЕРАТОР, расположенный под ним кнопкой .

Шаг 3. Выберите параметр ЧАСТОТА, нажав любую из кнопок   рядом.

Шаг 4. 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.

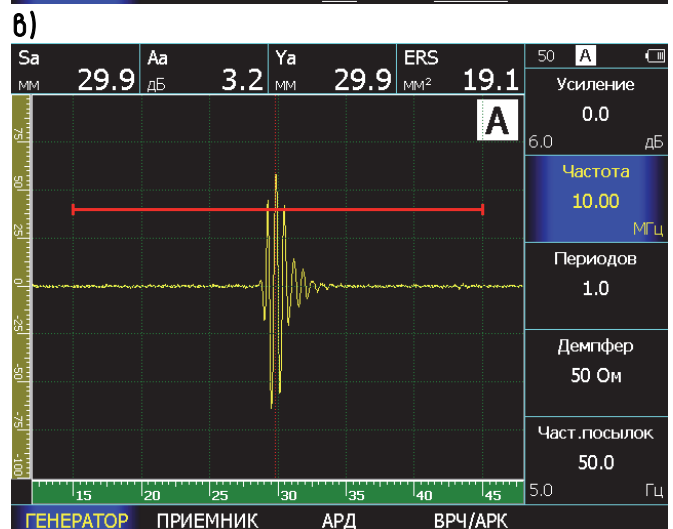
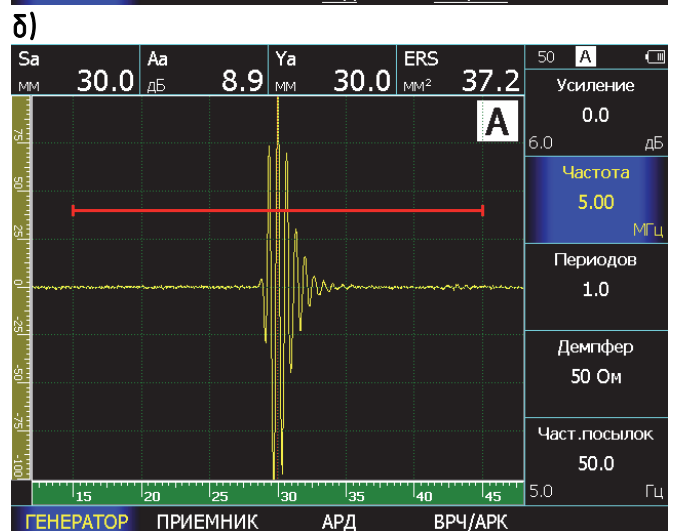
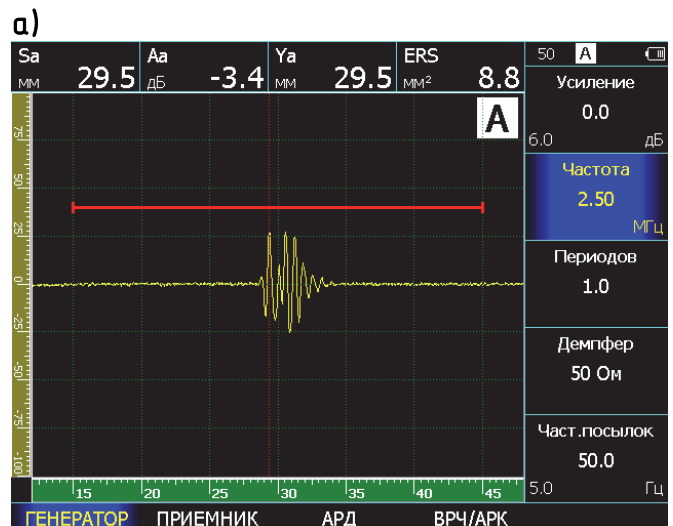




Рис. 2-6 Результат регулировки частоты зондирующего импульса (датчик 111-5-K12)



- а) 2,5МГц – малая частота, падение амплитуды и искажение формы сигнала
- б) 5МГц – оптимальная частота
- в) 10МГц – слишком высокая частота заполнения, падение амплитуды сигнала

**Изменение числа периодов зондирующего импульса
(ДАТЧИК- ГЕНЕРАТОР – ПЕРИОДОВ)**

В отдельных случаях для получения максимальной амплитуды эхо-сигнала необходимо увеличить количество периодов частоты заполнения зондирующего импульса.

На рис.2-5 показан эффект применения регулировки числа периодов для датчика П121-5-65. При возбуждении 2,5 периодами амплитуда эхо-сигнала возрастает на 43% по сравнению с возбуждением 1 периодом.

Шаг 5. Выберите параметр ПЕРИОДОВ в меню ГЕНЕРАТОР, нажав любую из кнопок   рядом.

Шаг 6. Измените количество периодов (от 0,5 до 10) нажатием кнопок  .

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

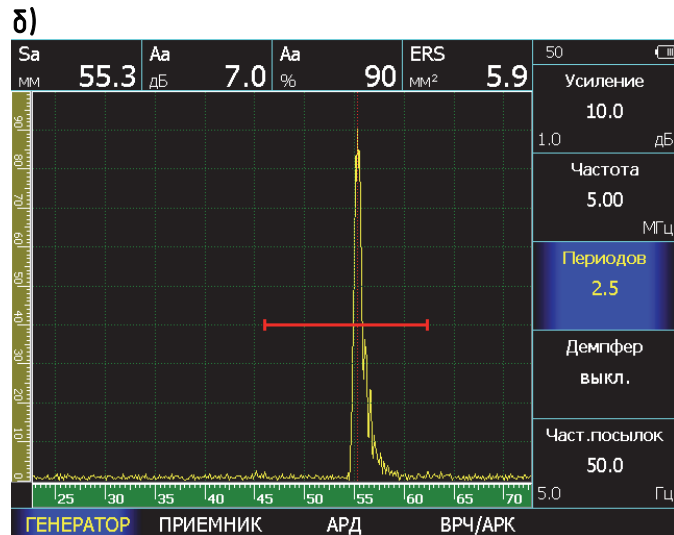
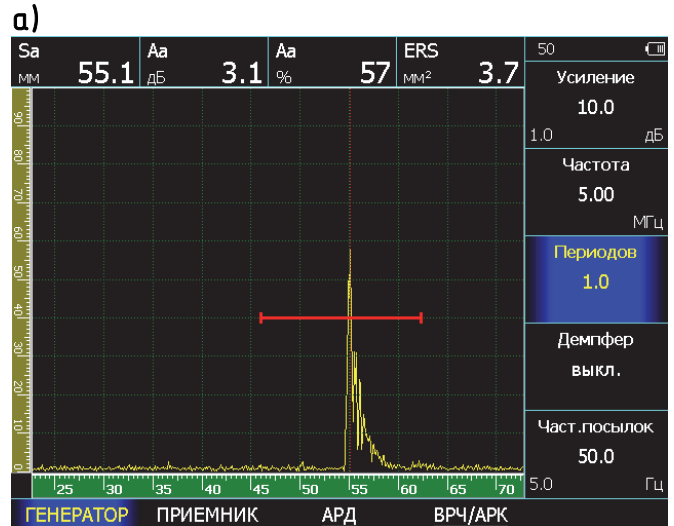




Рис. 2-7 Результат регулировки числа периодов зондирующего импульса (датчик П121-5-70)

- а) 1 период – амплитуда сигнала 57% высоты экрана
- б) 2 периода – амплитуда сигнала 90% 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)

Шаг 1. Выберите пункт меню ДАТЧИК кнопкой  и нажмите кнопку  еще раз, для входа в подменю.


Демпфирование приемника (ДАТЧИК – ГЕНЕРАТОР - ДЕМПФЕР)



Шаг 2. Выберите пункт ГЕНЕРАТОР, расположенной под ним кнопкой .



Шаг 3. Выберите параметр ДЕМПФЕР, нажав любую из кнопок   рядом.

Шаг 4. Включите / выключите демпфирование генератора резистором 50 Ом нажатием кнопок  .

Демпфирование генератора (ДАТЧИК – ПРИЕМНИК- ДЕМПФЕР)

Шаг 5. Выберите пункт меню ПРИЕМНИК с расположенной под ним кнопкой .

Шаг 3. Выберите параметр ДЕМПФЕР, нажав любую из кнопок   рядом.

Шаг 4. Включите / выключите демпфирование приемника резистором 50 Ом 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.

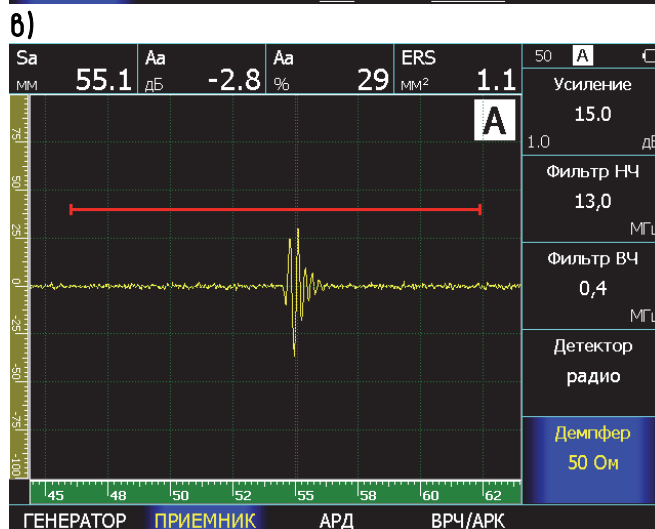
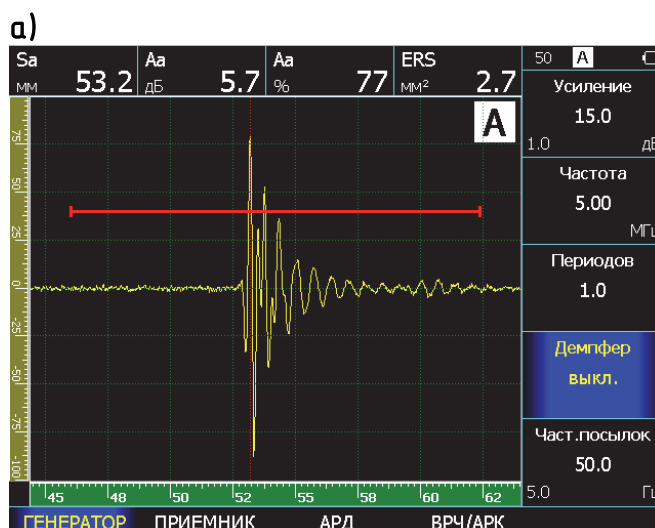


Рис.2-8 Результат применения демпфирования на ПЭП 5МГц

- а) без демпферов
- б) демпфер генератора 50 Ом
- в) демпфер генератора 50 Ом + демпфер приемника 50 Ом


Изменение соотношения сигнал/шум с помощью применения фильтров.



УСД-60 имеет встроенные узкополосные фильтры позволяющие, в отдельных случаях, повысить соотношение сигнал/шум.

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

Настройка фильтра низких частот (ДАТЧИК- ПРИЕМНИК- ФИЛЬТР НЧ)



Фильтр низких частот эффективно пропускает частотный спектр сигнала ниже указанной частоты среза и подавляет частоты сигнала выше частоты среза.

Шаг 1. Войдите в подменю **ПРИЕМНИК** в меню **ДАТЧИК** кнопкой .

Шаг 2. Выберите параметр **ФИЛЬТР НЧ** и установите частоту среза для фильтра низких частот кнопками  .

Настройка фильтра высоких частот (ДАТЧИК- ПРИЕМНИК- ФИЛЬТР ВЧ)

Фильтр высоких частот эффективно пропускает частотный спектр сигнала выше указанной частоты среза и подавляет частоты сигнала ниже частоты среза.

Шаг 3. Выберите параметр **ФИЛЬТР ВЧ** и установите частоту среза для фильтра высоких частот кнопками  .

Доступны следующие границы диапазонов:


Фильтр ВЧ	Фильтр НЧ
13,0	0,4
11,0	0,5
9,0	0,6
7,5	0,8
6,0	1,0
5,0	1,5
4,5	2,0
3,5	3,0
3,0	
2,5	
2,0	



2.2.5 Регулировка частоты посылок зондирующих импульсов

Чем выше частота посылок ЗИ, тем быстрее оператор может сканировать объект контроля. Для большинства применений ручного контроля достаточно частоты посылок 400 Гц. Однако, на некоторых сплавах, может возникнуть ситуация, когда эхоимпульс еще не вернулся к преобразователю, а генератор уже послал следующий зондирующий импульс. В результате, появляется наложение сигналов, так называемые «фантомные сигналы», избавиться от которых можно снижая частоту посылок ЗИ.

Диапазон регулировки частоты посылок ЗИ дефектоскопа УСД-60 от 50 Гц до 500 Гц.

Для регулировки частоты посылок:

Шаг 1. Войдите в подменю **ГЕНЕРАТОР** в меню **ДАТЧИК** кнопкой .

Шаг 2. Выберите параметр **ЧАСТ. ПОСЫЛОК** и установите требуемое значение кнопками  .

Реально достижимая для данного режима частота посылок всегда выводится на экран в строке статуса прибора (рис. 2-9)

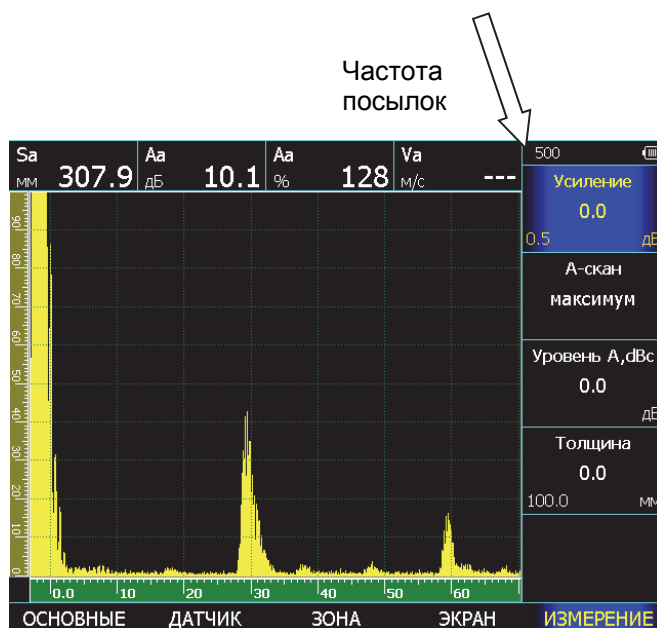


Рис.2-9 Частота посылок на экране прибора



2.3 Регулировка отображения сигнала

2.3.1 Выбор единиц шкалы развертки




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-60 есть отображение развертки и положения зон как в базовой величине времени (мкс), так и в значениях в мм по глубине и по лучу.

Для выбора единиц измерения шкалы:

Шаг 1. Выберите пункт меню **ОСНОВНЫЕ** с помощью нажатия кнопки  и войдите в подменю нажав кнопку  еще раз.

Шаг 2. Выберите пункт **УСТАНОВКИ** кнопкой .

Шаг 3. Выберите параметр **ШКАЛА** и измените единицы измерения кнопками  . Выход в верхнее меню осуществляется кнопкой .

Доступные варианты:

- **ММ, ГЛУБИНА**. На шкале будет отображаться координаты отражателей по глубине залегания, с учетом введенной скорости распространения УЗК, задержки в призме (протекторе) ПЭП, угла ввода УЗК.

- **ММ, ЛУЧ** На шкале будет отображаться координаты отражателей по лучу, с учетом введенной скорости распространения УЗК и задержки в призме (протекторе) ПЭП.

- **МКС**. На шкале будет отображено время прихода сигналов в микросекундах.

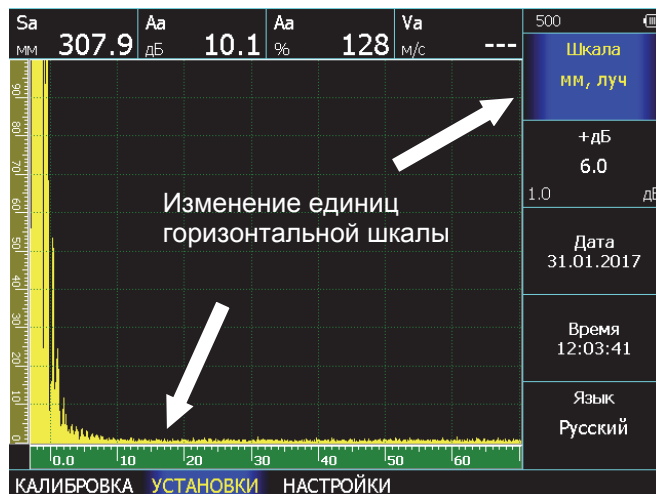







Рис.2-10 Изменение единиц шкалы

2.3.2 Установка развертки дисплея

Шаг 1. Выберите параметр **РАЗВЕРТКА** в меню **ОСНОВНЫЕ** нажав кнопку  .

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения развертки кнопкой .

Шаг 3. Отрегулируйте развертку кнопками  .

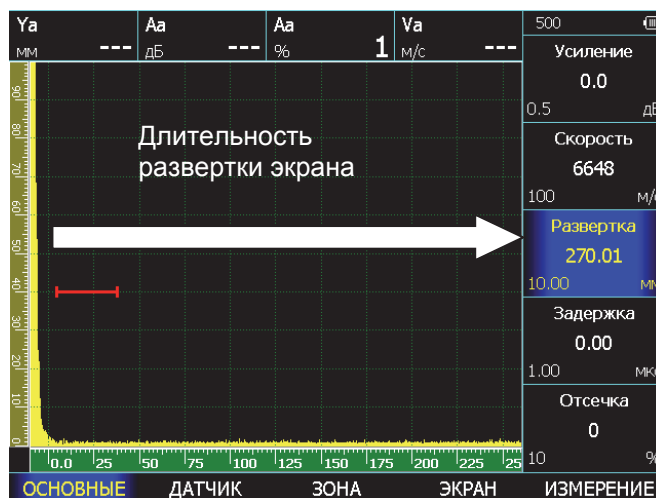


Рис.2-11 Изменение длительности развертки



Чем больше длительность развертки экрана, тем большая глубина изделия отображается на нем.


Отсечка не меняет реального соотношения сигнал шум, однако позволяет не выводить на экран ненужные для работы сигналы.



2.3.3 Установка задержки развертки

Функция задержки развертки смещает изображение А-скана влево и используется для регулировки вида экрана дефектоскопа. Использование задержки позволяет использовать малые значения развертки экрана на больших глубинах, если требуется контролировать (например) близкую к дну изделия область.

Для установки задержки:

Шаг 1. Выберите параметр **ЗАДЕРЖКА** в меню **ОСНОВНЫЕ** нажав кнопку  

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения развертки кнопкой 

Шаг 3. Отрегулируйте значение задержки кнопками  .

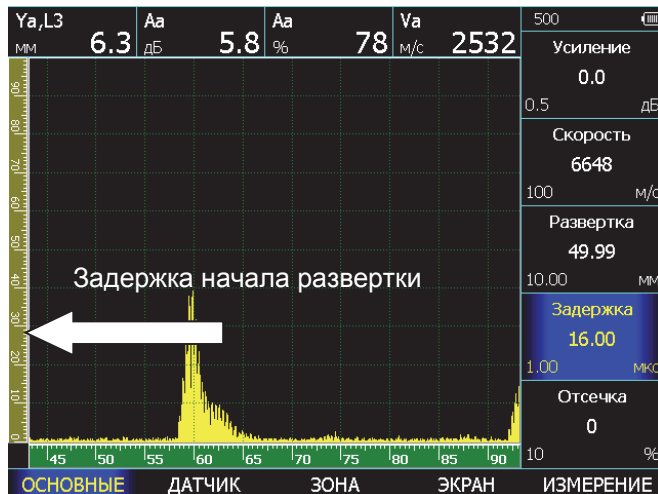





Рис.2-12 Изменение задержки начала развертки



2.3.4 Установка уровня отсечки сигнала

Часть А-скана ниже заданного в % от высоты экрана уровня может не обрабатываться и не выводиться на экран. В приборе реализована компенсированная отсечка, т.е. не изменяющая максимальной амплитуды сигналов на экране.

Для выбора уровня отсечки:

Шаг 1. Выберите параметр **ОТСЕЧКА** в меню **ОСНОВНЫЕ** нажав кнопку  

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения отсечки кнопкой 

Шаг 3. Отрегулируйте значение отсечки кнопками  .

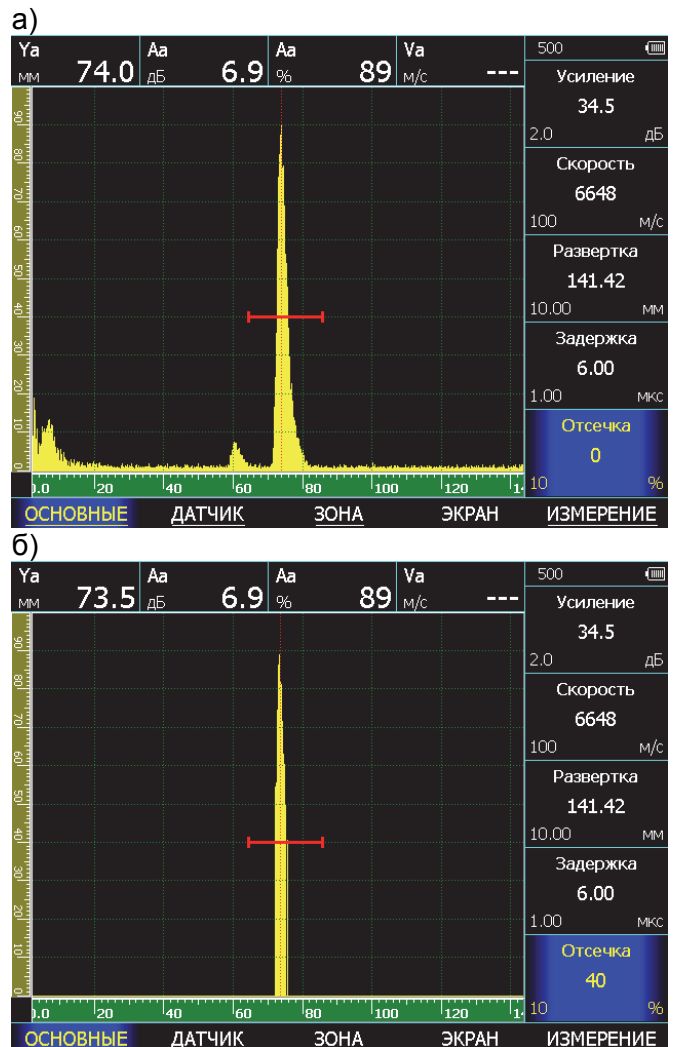


Рис.2-13 Изменение уровня отсечки сигнала
а) без отсечки б) с отсечкой сигналов ниже 40% высоты экрана

2.3.5 Выбор режима детектирования А-скана

Режим детектирования определяет представление принятого сигнала на экране дефектоскопа. Принятый сигнал представляет собой двух полярный 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.

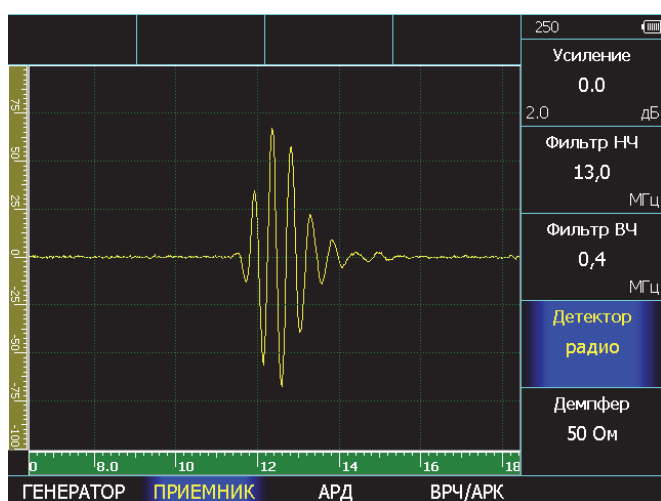


Рис.2-14 Радиочастотный сигнал

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.

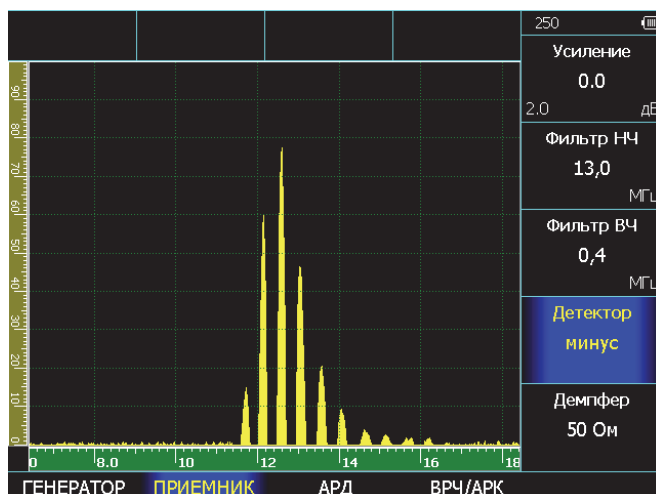


Рис.2-15 Отрицательное ½ волновое детектирование

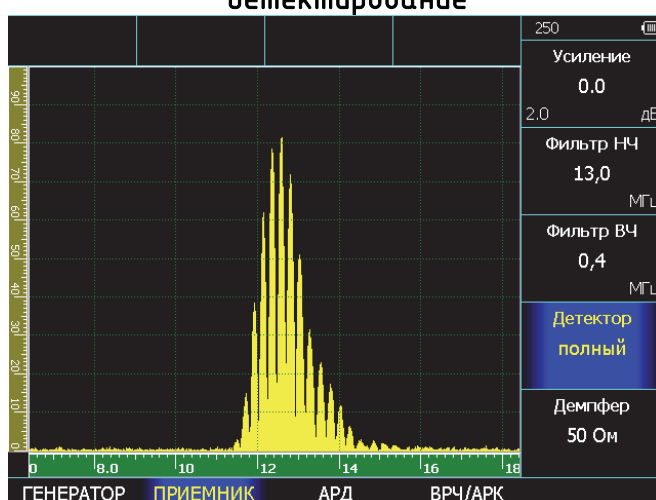


Рис.2-16 Полное детектирование

Для изменения режима детектирования:
Шаг 1. Выберите пункт меню **ДАТЧИК** и войдите в подменю нажав кнопку еще раз.
Шаг 2. Выберите пункт подменю **ПРИЕМНИК** кнопкой

Шаг 3. Выберите и измените параметр **ДЕТЕКТОР** кнопками

- 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.

3.1 Конфигурация а- и б-зон контроля

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


3.1.1 Установка положения 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 **ЗОНА** 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 **ЗОНА** с помощью кнопки 



Шаг 2. Выберите одноименный параметр **ЗОНА** справа с помощью нажатия кнопок  


Шаг 3. Выберите **а-зону** либо **б-зону** контроля кнопками  



Установка порога зон (высоты зон)

Чем выше порог зоны контроля в % высоты экрана, тем грубее критерий дефектности. Сигналы ниже порога будут игнорироваться в режиме измерения времени прихода сигнала «по-фронту».

Стандартный уровень порога дефектности обычно принимают равным 50% высоты экрана, поисковый уровень чувствительности - 25% высоты экрана.

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


Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой 



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

Чем дальше начало зоны контроля, тем большая часть изделия от поверхности не будет контролироваться.

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

Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой 

Шаг 3. Измените начало зоны с помощью кнопок  

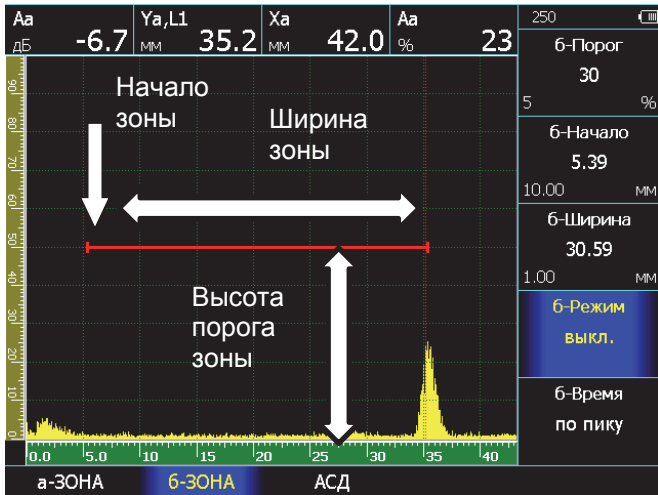





Рис.3-1 Регулировка положения зон контроля (стробов)

Регулировка ширины зон контроля

Чем больше ширина зоны контроля, тем больше глубина, сигналы с которой будут анализироваться.



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


Шаг 2. Выберите шаг изменения значения кнопкой 



Шаг 3. Измените ширину зоны с помощью кнопок  

3.1.2 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 пункт меню **ЗОНА** кнопкой  и нажмите кнопку  повторно для захода в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт подменю **а-ЗОНА** или **б-ЗОНА** кнопкой 


Шаг 3. Выберите параметр **а-РЕЖИМ** или **б-РЕЖИМ** и измените значение параметра кнопками  .



Доступные значения:

- **ВЫШЕ ПОРОГА** - дефект, если сигнал пересекает порог
- **НИЖЕ ПОРОГА** - дефект, если сигнал не пересекает порог
- **ВЫКЛ.** – сигнализация зоны выключена, и зона на экране **не отображается**.

Включение звуковой АСД (АСД-ЗВУК)

Когда срабатывает АСД, может раздаваться звуковой сигнал.

Шаг 1. Выберите подменю **АСД** в меню **ЗОНА** с помощью кнопки 


Шаг 2. Выберите параметр **ЗВУК** и измените его значение кнопками  



Доступные варианты:

- 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


Включение световой АСД (АСД-СВЕТ)



Когда срабатывает АСД, светодиоды на передней панели дефектоскопа начинают светиться (по умолчанию). Для отключения этой функции:




Шаг 1. Выберите подменю **АСД** в меню **ЗОНА** с помощью кнопки 

Шаг 2. Выберите параметр **СВЕТ** и включите / выключите световую АСД кнопками  

3.1.3 Ввод скорости распространения УЗК.


Шаг 1. Выберите пункт меню **ОСНОВНЫЕ** с помощью нажатия кнопки  под ним.

Шаг 2. Выберите параметр **СКОРОСТЬ** нажав кнопку   напротив.



Шаг 3. Кнопками   установите точную скорость распространения продольных волн (волн давления) в материале объекта контроля или поперечных волн (волн сдвига) в соответствии с используемым преобразователем. Шаг изменения параметра регулируется кнопкой .

3.1.4 Установка отображаемых результатов (ИЗМЕРЕНИЕ-ПОКАЗАНИЯ)

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 кнопки  и нажмите эту кнопку еще раз

Шаг 2. В подменю **ПОКАЗАНИЯ** выберите

пункт **ПОКАЗАНИЕ 1** и кнопками   установите отображаемую величину для первого поля результатов.

Шаг 3. Повторите шаг 2 для параметров **ПОКАЗАНИЕ 2, 3 и 4**

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 равном нулю путь **S** и глубина **Y** равны, а **X=0**.
- **Va, Vb, Vab** – скорость звука в м/с.

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

- **ERS** – эквивалентная площадь отражателя в кв.мм., измеренная по АРД
- **Aa, Ab %** -амплитуда в % высоты экрана
- **Aa, Ab, дБ** -амплитуда в дБ относительно уровня порога соответствующей зоны контроля.
- **Aa, Аб, дБс** - амплитуда в дБ относительно заданного опорного сигнала. Данный параметр позволяет измерять разницу сигналов во всем диапазоне измерений без ручных расчетов.

Замечание: Опорный сигнал задается в параметре **УРОВЕНЬ A,dBc** в меню **ИЗМЕРЕНИЕ**

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.

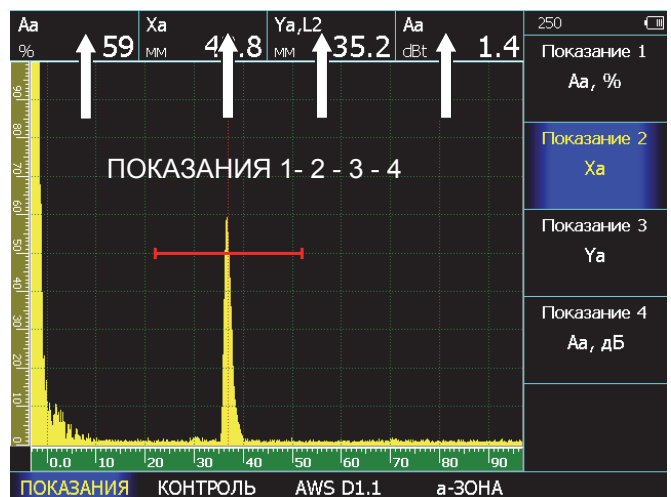







Рис.3-2 Пример установки измеряемых величин

3.1.5 Выбор способа измерения координат

Сигналы на экране, попадающие а- и б-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**», рис. 3.3)
- время, соответствующее максимальному пику сигнала в зоне контроля (режим – «**по пику**», рис.3.4)
- время пересечения первым сигналом, превышающим порог зоны контроля «нулевой линии» координат, называемое измерение по переходу через нуль (режим - «**по пер.0**», рис.3.5).

Установка способа оценки сигнала в а-зоне

- Шаг 1. Выберите пункт меню **ЗОНА** кнопкой  и нажмите кнопку  повторно для захода в подменю.
- Шаг 2. Выберите пункт подменю **а-ЗОНА** или **б-ЗОНА** кнопкой .
- Шаг 3. Выберите параметр **а-ВРЕМЯ** или **б-ВРЕМЯ** и измените значение параметра кнопками  .

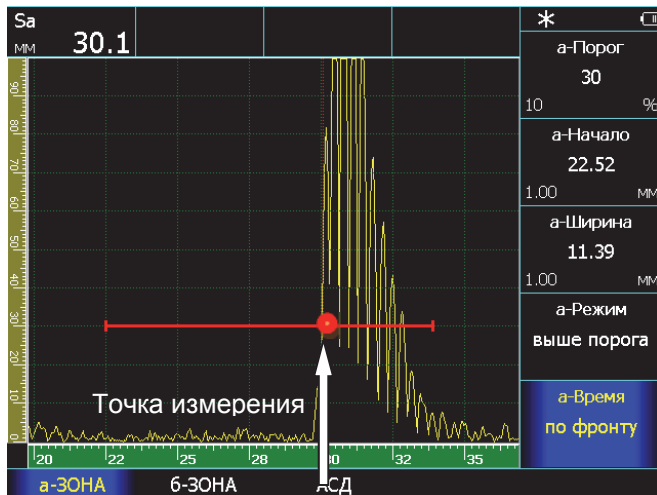


Рис.3-3 Измерение времени прихода сигнала 'по фронту'

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

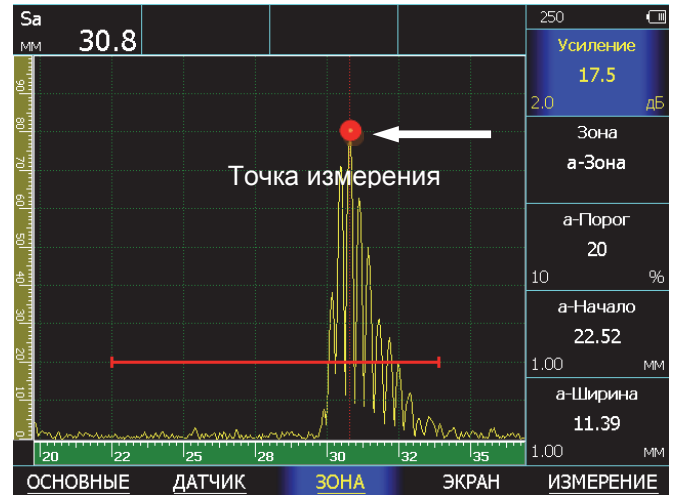


Рис.3-4 Измерение времени прихода сигнала 'по пику'

Наиболее точным, с точки зрения толщинометрии, является измерение времени прихода сигнала по моменту пересечения им нулевой линии. Эта точка не зависит от усиления сигнал (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 переходу через нуль'

3.1.6 Ввод протектора (призмы) преобразователя

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.

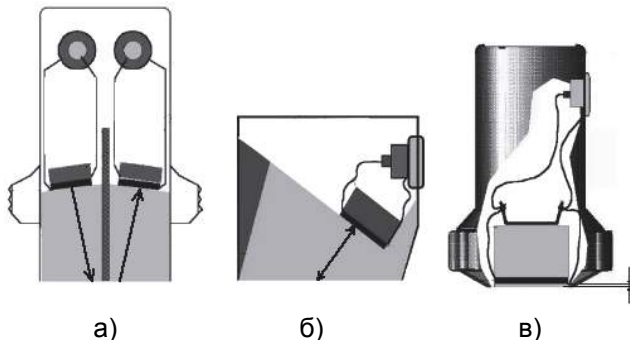


Рис.3-6 Задержка в призме (протекторе) преобразователя

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 меню **ДАТЧИК** кнопкой под ним и параметр **ПРОТЕКТОР** с помощью кнопок

Шаг 2. Измените значение протектора кнопками . Доступные значения от 0 до 100мкс. Шаг изменения параметра выбирается кнопкой

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 **ОСНОВНЫЕ/КАЛИБРОВКА-ТОЛЩИНА** (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.

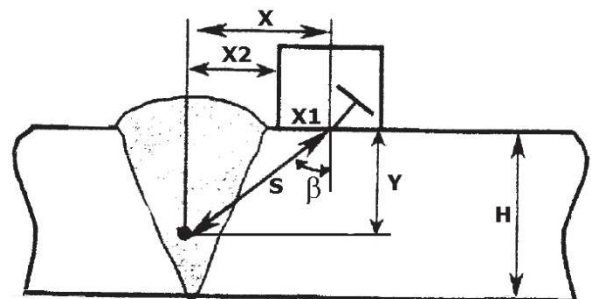






Рис.3-7 Работа с наклонным преобразователем

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 Ввод угла ввода УЗК (ДАТЧИК-УГОЛ)

Шаг 1. Выберите меню **ДАТЧИК** с помощью кнопки .

Шаг 2. Выберите и измените параметр **УГОЛ**, используя кнопки  . Шаг изменения параметра выбирается кнопкой .

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.

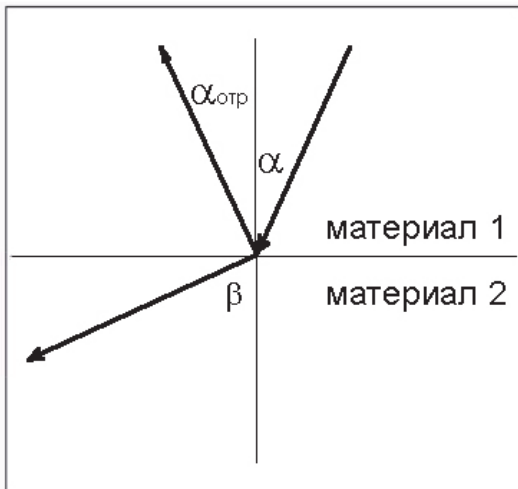


Рис.3-8 Отражение и преломление волн на границе сред

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 ЗУК в материал объекта контроля);




$c2$ – скорость распространения ультразвуковых колебаний в материале объекта контроля.

3.2.2 Ввод стрелы преобразователя (ДАТЧИК-СТРЕЛА)

Стрела ПЭП – это расстояние между передней гранью преобразователя и точкой ввода УЗК колебаний в материал (по центральному лучу). Ввод стрела требуется для корректного расчета координаты по поверхности X от передней грани ПЭП до отражателя.



Для ввода стрелы:


Шаг 1. Выберите меню **ДАТЧИК** с помощью кнопки .




Шаг 2. Выберите и измените параметр **С**, используя кнопки  . Шаг изменения параметра выбирается кнопкой .

3.2.3 Ввод толщины образца (ОСНОВНЫЕ/КАЛИБРОВКА-ТОЛЩИНА)

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 т.д. (рис.3-9)

Шаг 1. Выберите меню **ОСНОВНЫЕ** с помощью кнопки  и нажмите кнопку  еще раз для входа в подменю

Шаг 2. Выберите меню **КАЛИБРОВКА** с помощью кнопки 

Шаг 3. Выберите параметр **ТОЛЩИНА** и измените его значение кнопками  . Шаг изменения параметра выбирается кнопкой .

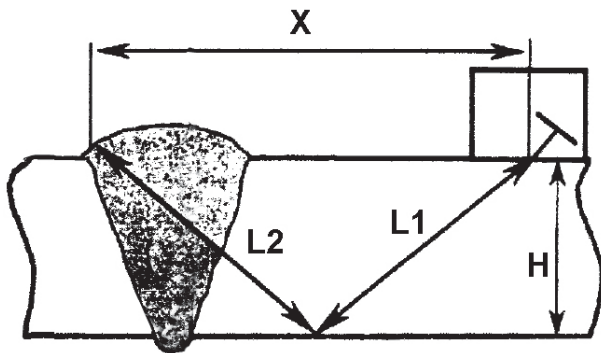


Рис.3-9 Ход лучей в пластинах

X- расстояние от точки ввода луча до отражателя по поверхности;
H- толщина сварного соединения;
L1 – прямой луч;
L2 – однократно отраженный луч

3.2.4 Учет кривизны изделия (ИЗМЕРЕНИЕ-ДИАМЕТР)

При контроле цилиндрических изделий (труб и пр.) в направлении перпендикулярном образующей для правильного определения координаты X, необходимо кроме толщины стенки также указать диаметр изделия.

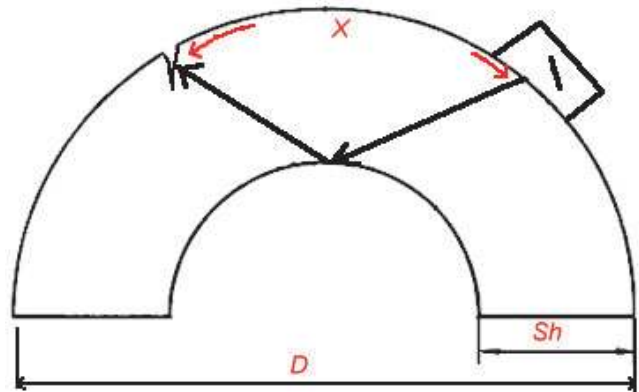





Рис.3-10 Учет координат при контроле кривых поверхностей
D- наружный диаметр, Sh – толщина стенки,
X – координата по поверхности.

Шаг 1. Выберите меню **ИЗМЕРЕНИЕ** с помощью кнопки .

Шаг 2. Выберите параметр **ДИАМЕТР**, и установите его значение кнопками  .

Если ведется контроль плоского изделия, установите значение диаметра **равным нулю**.

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-60 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

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/УСТАНОВКИ-ШКАЛА= «МКС»**)

4. Способ измерения времени прихода сигнала поставить «по пику» сигнала (**ЗОНА/ а-ЗОНА - а-ВРЕМЯ = «по пику» и б-ЗОНА - б-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**) и призмы преобразователя (**ДАТЧИК-ПРОТЕКТОР**)

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

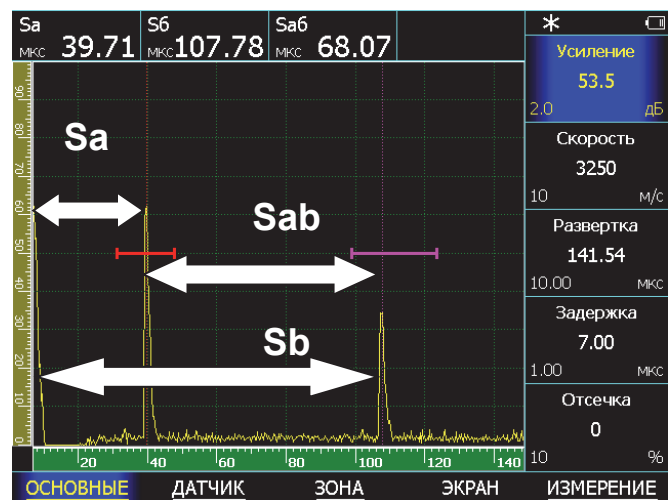


Рис.3-11 Измерение времени прохождения сигнала в призме по образцу СО-3

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 $T_{обр2}$.
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 .

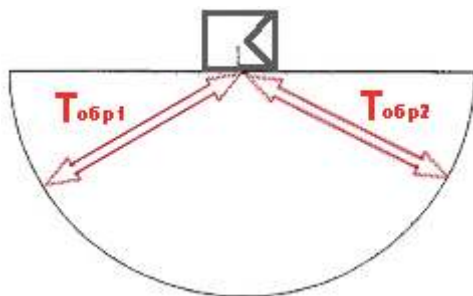


Рис.3-12 Путь УЗ луча в образце СО-3

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 и показания S_{ab} – время между регистрацией сигналов в а-зоне и б-зоне

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. Выберите меню **ОСНОВНЫЕ** с помощью кнопки  и нажмите кнопку  еще раз для входа в подменю

Шаг 2. Выберите меню **КАЛИБРОВКА** с помощью кнопки 

Шаг 3. Выберите параметр **ПРОТЕКТОР** и укажите кнопками   образец по которому будет проводиться калибровка. 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)



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

В этом режиме можно регулировать усиление сигнала, длительность развертки, начало а- и б-зон контроля.

Шаг 5. Просканируйте преобразователем образец, чтобы найти максимальную амплитуду сигнала. Отрегулируйте усиление и убедитесь, что первый сигнал стал выше порога. При необходимости отрегулируйте положение зон контроля и развертку. Убедитесь, что в правом верхнем углу А-скана указано значение задержки в призме/протекторе в микросекундах (на рис.3.13 это 5.68 μ s)

Шаг 6. Выберите параметр **ПРИМЕНИТЬ** и нажмите кнопку . Прибор сохранит измеренное значение в параметр **ДАТЧИК-ПРОТЕКТОР** и вернется в рабочий режим.

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.

3.3.3. Принципы измерения величины задержки в протекторе для прямого преобразователя

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

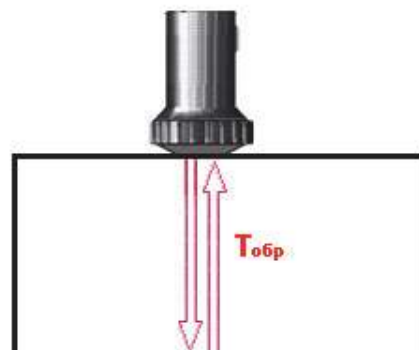


Рис.3-14 Калибровка прямого преобразователя

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:

$$T_{пр} = S_a - S_b$$

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

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 **ТОЛЩИНА** в меню **ОСНОВНЫЕ/КАЛИБРОВКА**, и с помощью кнопок **◀ ▶** установите точное значение толщины.

Шаг 4. Выберите параметр **ПРОТЕКТОР** и помощи кнопок **◀ ▶** установите значение «**ПО ОБРАЗЦУ**» и нажмите кнопку **☐**.

Шаг 5. Просканируйте преобразователем образец, чтобы найти максимальную амплитуду сигнала. Отрегулируйте усиление и убедитесь, что первый сигнал стал выше порога. При необходимости отрегулируйте положение зон контроля и развертку. Убедитесь, что в правом верхнем углу А-скана указано значение задержки в призме/протекторе в микросекундах (на рис.3.15 это 0.69 us)

Шаг 6. Выберите параметр **ПРИМЕНИТЬ** и нажмите кнопку **☐**. Прибор сохранит измеренное значение в параметр **ДАТЧИК-ПРОТЕКТОР** и вернется в рабочий режим.

3.3.5. Автоматическая калибровка скорости распространения УЗК в материале

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 подменю **КАЛИБРОВКА** и нажмите кнопку .

Прибор войдет в режим калибровки скорости.

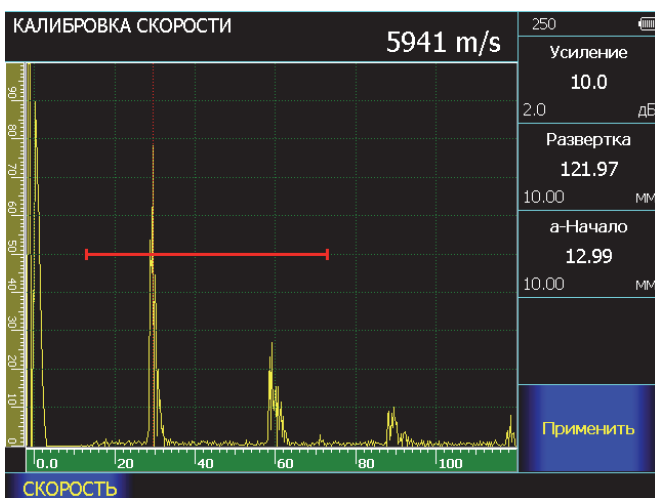



Рис.3-16 Экран калибровки скорости

Шаг 5. Сканируйте преобразователем по образцу, чтобы найти максимальную амплитуду сигнала. Отрегулируйте усиление и, если нужно, развертку и начало а-зоны. Убедитесь, что в правом верхнем углу А-скана указано значение скорости (на рис.3.16 это 5941 м/с)

Шаг 6. Выберите параметр **ПРИМЕНИТЬ** и нажмите кнопку . Прибор сохранит измеренное значение в параметр **ОСНОВНЫЕ-СКОРОСТЬ** и вернется в рабочий режим.

Ранее введенное значение скорости в приборе заменится измеренным значением.

3.3.6. Автоматическая калибровка диапазона контроля

В дефектоскопе имеется возможность автоматически откалибровать прибор для контроля сварного соединения заданной толщины. Данная функция значительно упрощает первоначальную настройку прибора при контроле наклонными преобразователями.

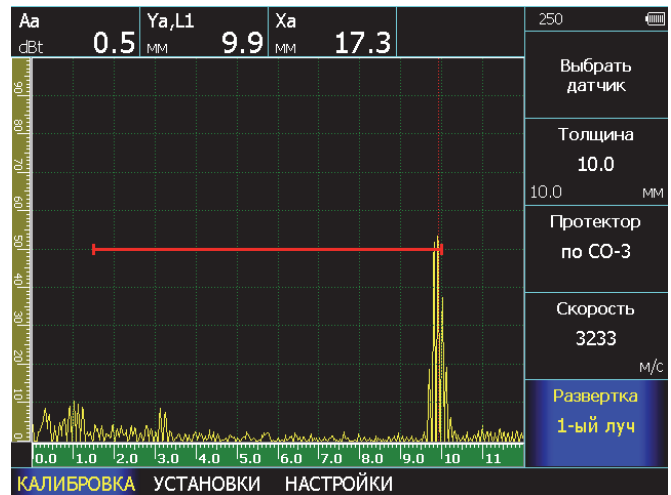
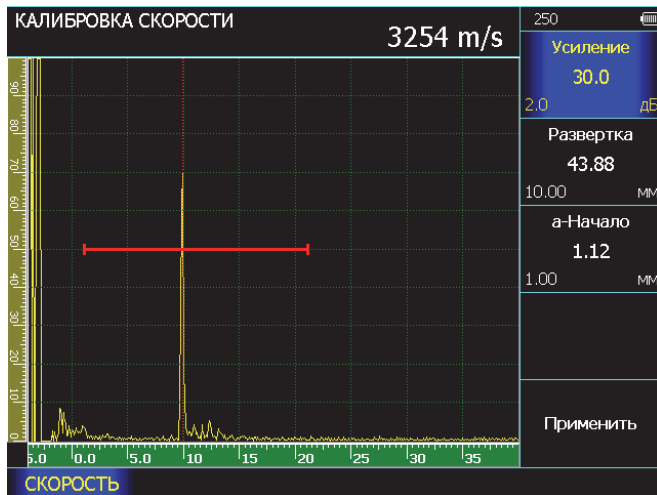
В качестве примера рассмотрим настройку на контроль сварного соединения толщиной 10 мм с преобразователем типа П121-5-70° (AN5070)

Шаг 1. Настройте прибор для работы с преобразователем (см. п.2.2.3) либо просто выберите преобразователь из списка **ОСНОВНЫЕ/ КАЛИБРОВКА – ВЫБРАТЬ ДАТЧИК** (см. П.2.2.2)

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 подменю **ОСНОВНЫЕ/КАЛИБРОВКА** (как пример, задана толщина образца 10.0мм)

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). В качестве эхо-сигнала можно взять, например, угол стандартного образца.



а)

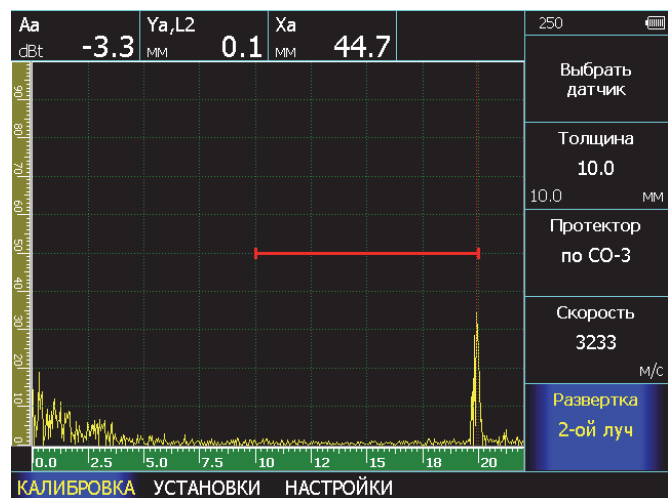
Рис. 3-17 Калибровка скорости УЗК в образце СОП 10,0мм по грани образца

Данный способ определения скорости, конечно, весьма приблизителен, однако оценочно он помогает определить скорость в данном образце.

Шаг 5. Откалибруйте диапазон контроля. Для этого выберите параметр РАЗВЕРТКА в меню **ОСНОВНЫЕ/КАЛИБРОВКА**, кнопками выберите технику контроля – по прямому лучу «1-ый луч», по однократно отраженному лучу «2-ой луч», либо наблюдая оба луча на развертке «2 луча».

Шаг 6. Нажмите кнопку . Дефектоскоп сам установит необходимые параметры развертки и зон контроля.

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



б)

Рис.3-18 Результат автоматической калибровки ПЭП AN5070 на образце СОП-10-2х1 из стали 20

а) прямой луч, б) однократно отраженный луч

На рис. 3-18 показаны результаты сканирования стандартного образца СОП-10-2х1,2 после проведения автоматической калибровки на контроль сварного соединения толщиной 10мм.



На рис.3.18а изображен прямой отраженный сигнал. Координаты по глубине Ya, L1 = глубина 9,9 мм/ первый луч.


На рис.3.18б изображен однократно отраженный сигнал в конце зоны контроля. Координаты по глубине Ya, L2 = глубина 0,1 мм, второй луч.


3.3.7 Помощник настройки

В дефектоскопе УСД-60 реализована функция помощника по контролю, позволяющая непосредственно на экране прибора понять куда направлен центральный луч преобразователя в зависимости от его положения на поверхности объекта контроля.

Для входа в режим помощника:



Шаг 1. Выберите меню **ОСНОВНЫЕ** с помощью кнопки  и нажмите кнопку  еще раз для входа в подменю


Шаг 2. Выберите меню **ПОМОЩНИК** с помощью кнопки 

Шаг 3. Выберите параметр **СТЫКОВОЙ ШОВ** и нажмите кнопку .

Прибор войдет в специальный режим, позволяющий оценить геометрию прохождения УЗ луча в сварном шве.

Работа с помощником:

Шаг 1. Измените, если требуется, толщину сварного соединения выбрав параметр **ТОЛЩИНА** и задав значение кнопками  .

Кнопка  - регулирует шаг изменения параметра.

Шаг 2. Задайте упрощенную геометрию сварного соединения в параметрах **ВЕРХНИЙ ВАЛИК** и **НИЖНИЙ ВАЛИК**.


Шаг 3. Меняя параметр **СМЕЩЕНИЕ** можно изменять расстояние от передней грани ПЭП до центра сварного соединения и оценить необходимую зону зачистки околошовной зоны для выбранной техники контроля.

(При этом угол ввода луча и стрела преобразователя должны быть ранее заданы в меню **ДАТЧИК**)

Шаг 4. Выберите пункт **РАЗВЕРТКА** кнопкой .

Шаг 5. Выберите параметр **РАЗВЕРТКА** и отрегулируйте развертку так, чтобы визуально изображенная протяженность и ход центрального луча удовлетворял технике контроля

Шаг 6. Измените параметры зон контроля **а-НАЧАЛО**, **а-ШИРИНА**, **б-НАЧАЛО** и **б-ШИРИНА** – визуально наблюдая за картинкой, на которой зоны будут менять свое положение и ширину, и поставьте их так, как требует техника контроля.

Шаг 7. Если все параметры установлены, то нажмите кнопку  для выхода в обычный режим. При этом все параметры толщины, развертки, положения и ширины зон контроля будут установлены в соответствии с их заданными значениями.

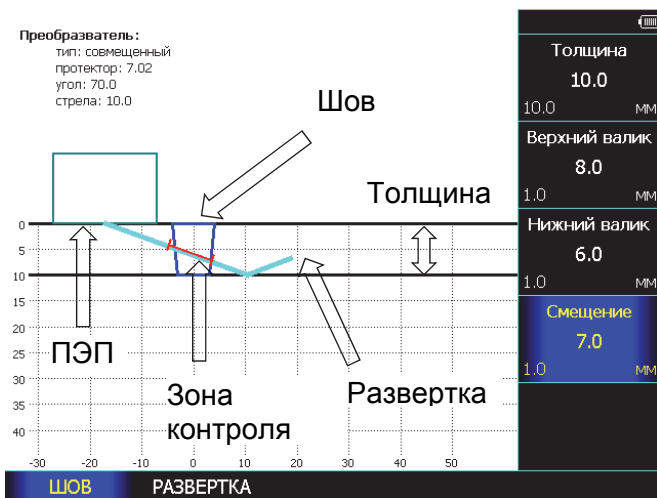








Рис.3-19 Помощник контроля стыкового сварного шва

На рис.3-19 показан вид экрана в режиме помощника. На ней изображен преобразователь, угол ввода и стрела которого ранее заданы в меню **ДАТЧИК**, упрощенная геометрия сварного шва, толщина которого ранее задана в подменю **КАЛИБРОВКА** ход центрального луча, положение зоны контроля и упрощенная геометрия сварного шва.

3.4 Калибровка датчика пути




В дефектоскопе УСД-60 имеется возможность работы с различными сканерами, использующими в качестве координатного пути оптический энкодер. Для корректного отсчета координат и построения правильной координатной развертки изделия датчик пути следует предварительно откалибровать. Для калибровки выберите пункт ИЗМЕРЕНИЕ кнопкой  под ним и нажмите кнопку  еще раз. Выберите пункт КОНТРОЛЬ кнопкой  под ним.

Выбор масштаба записи данных (ИЗМЕРЕНИЕ-КОНТРОЛЬ-ДАТЧИК ПУТИ)




Выберите пункт ДАТЧИК ПУТИ и укажите кнопками   количество импульсов с энкодера, которое будет соответствовать 1мм пути. (Кнопка  регулирует шаг изменения параметра).

Выбор длины участка для калибровки энкодера (ИЗМЕРЕНИЕ-КОНТРОЛЬ-КАЛИБР. ДЛИНА)

Выберите участок пути, на котором вы ходите откалибровать энкодер.

Выберите пункт КАЛИБР.ДЛИНА и укажите кнопками   сколько мм пути вы ходите проехать сканером при калибровке. (Кнопка  регулирует шаг изменения параметра).

Проведение калибровки (ИЗМЕРЕНИЕ-КОНТРОЛЬ-КАЛИБРОВАТЬ ДАТЧИК ПУТИ)

Установите сканер в начало участка для калибровки и выбрав кнопками   пункт КАЛИБРОВАТЬ ДАТЧИК ПУТИ нажмите кнопку . Прибор выведет на экран сообщение (рис. 3-20) и будет ждать подтверждения окончания калибровки. Проведите сканером вдоль заданного участка калибровки и нажмите «ДА» в диалоговом окне прибора на рис.3-20

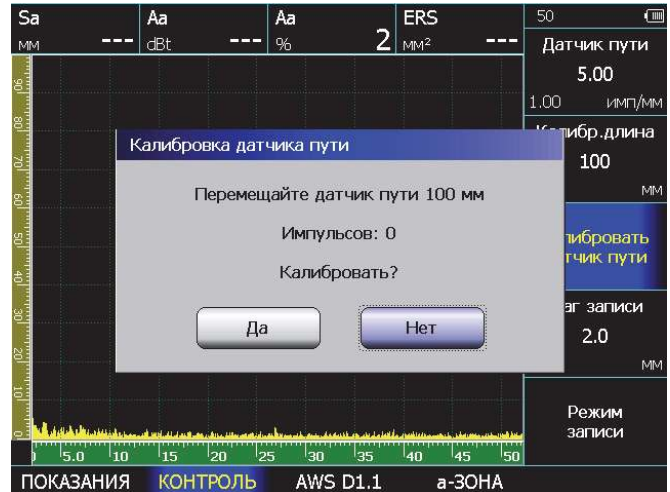






Рис.3-20 Режим калибровки энкодера

Измерение шага записи данных при сканировании (ИЗМЕРЕНИЕ-КОНТРОЛЬ-ШАГ ЗАПИСИ)

Выберите пункт ШАГ ЗАПИСИ и укажите кнопками   шаг с которым дефектоскопу следует сохранять результаты при сканировании (кнопка  регулирует шаг изменения параметра).

При этом надо понимать, что чем меньше шаг при сканировании, тем больший объем данных занимает конечный результат сканирования, поэтому целесообразно выбирать данный параметр исходя из размера дефекта, который требуется найти.

Сканирование объекта (ИЗМЕРЕНИЕ-КОНТРОЛЬ-РЕЖИМ ЗАПИСИ)

Для начала записи результатов выберите пункт РЕЖИМ ЗАПИСИ и нажмите кнопку .

(см. п.4.7)

3.5 Сохранение и вызов настроек


Настройки дефектоскопа могут быть сохранены в памяти. При вызове настройки текущие параметры заменяются параметрами из памяти прибора, и на экране отображается сохраненный вместе с параметрами сигнал.




Хранение настроек устроено в виде файловой системы с папками любого уровня вложенности.

Сохранение настроек (ОСНОВНЫЕ/НАСТРОЙКИ-СОХРАНИТЬ НАСТРОЙКУ)

Шаг 1. Выберите пункт меню **ОСНОВНЫЕ**

Шаг 2. Нажмите кнопку  еще раз

Шаг 3. Выберите пункт **НАСТРОЙКИ** с помощью нажатия кнопки  под ним

Шаг 4. Выберите параметр **СОХРАНИТЬ НАСТРОЙКУ** с помощью кнопок   и нажмите кнопку 

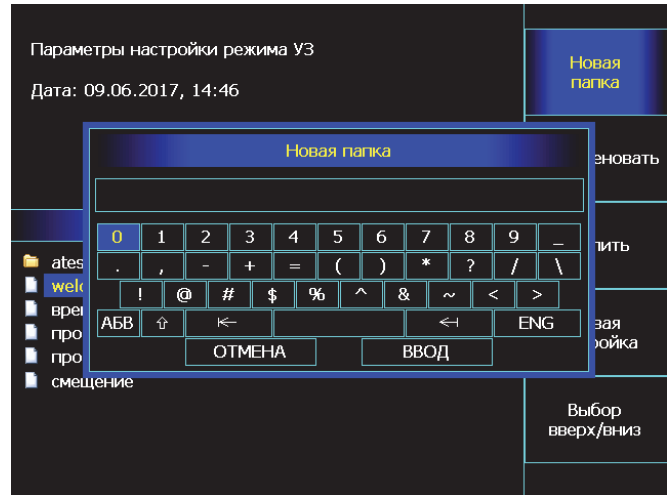







Рис.3-22 Сохранение новой настройки

Шаг 6. Используя кнопки   для выбора соответствующей строки и символа в ней и кнопку  для подтверждения выбора символа – задайте имя настройки. Затем выберите на экранной клавиатуре слово ВВОД и нажмите 

Загрузка настройки из памяти (ОСНОВНЫЕ/НАСТРОЙКИ-ЗАГРУЗИТЬ НАСТРОЙКУ)

Шаг 1. Выберите пункт **ЗАГРУЗИТЬ НАСТРОЙКУ** в меню **ОСНОВНЫЕ / НАСТРОЙКИ** и нажмите кнопку 

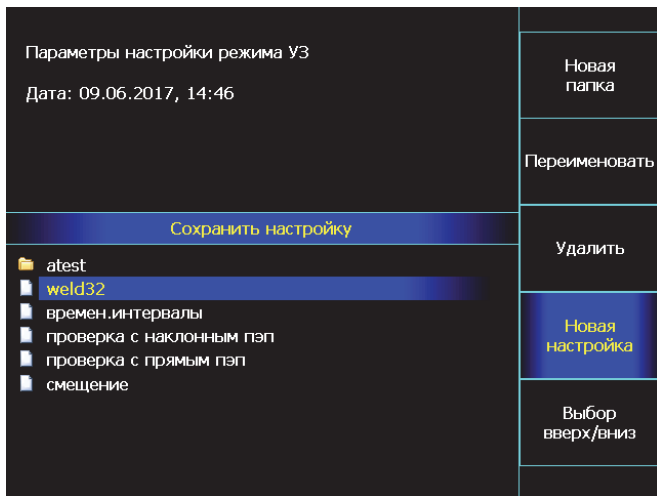





Рис.3-21 Сохранение настройки

Настройку можно сохранить в корневой папке, либо создать новую папку, где будут храниться однотипные настройки с целью упорядоченного доступа.

Шаг 5. Используйте кнопки   для выбора строки **НОВАЯ НАСТРОЙКА** либо **НОВАЯ ПАПКА** и нажмите кнопку 

На экране откроется окно, аналогичное показанному на рис. 3-22

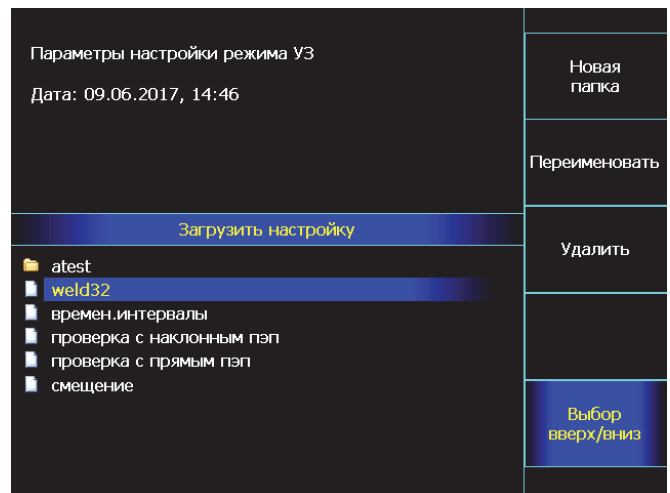





Рис.3-23 Загрузка настройки


Шаг 2. Используйте кнопки   напротив пункта **ВЫБОР ВВЕРХ/ВНИЗ** для выбора настройки из списка.

Переименование настроек

Любую настройку или папку можно переименовать, зайдя в режим сохранения или загрузки настройки из памяти (см. рис. 3-21 или 3-23), выбрав пункт **ПЕРЕИМЕНОВАТЬ** и нажав кнопку .

Открывшееся окно будет аналогично показанном на рис.3-22

Удаление настроек

Любую настройку можно удалить из режимов сохранения или загрузки настройки из памяти (см. рис. 3-21 или 3-23), выбрав пункт **УДАЛИТЬ** и нажав кнопку .

Открывшееся окно показано на рис.3-24

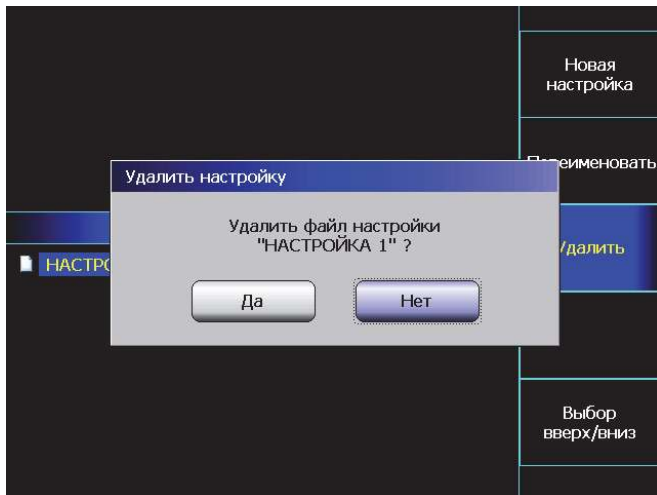







Рис.3-24 Удаление настройки

Используйте кнопки   выберите «ДА» и нажмите кнопку . Настройка будет удалена из памяти. Для отказа от удаления выберите «НЕТ» и нажмите кнопку  или просто нажмите кнопку .


Внимание! Папку с настройками целиком удалить нельзя.

4. Использование возможностей прибора во время контроля

4.1 Изменение усиления

Усиление дефектоскопа, которое увеличивает или уменьшает амплитуду сигналов, регулируется с помощью параметра **УСИЛЕНИЕ**, доступного практически из любого меню.



4.1.1 Выбор шага изменения усиления



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




Шаг изменения усиления: **0,5дБ; 1дБ; 2дБ и 6дБ**.

4.1.2 Выбор значения программируемой



кнопки 

При регулировке усиления, нажатие кнопки  может поднимать/опускать усиление на некую предварительно заданную величину. Повторное нажатие кнопки  возвращает усиление к обычному рабочему значению. Это может быть использовано, например, для быстрого увеличения усиления при переходе на поисковый уровень фиксации дефектов.

Шаг 1. Для того, чтобы задать значение величины дБ для кнопки  выберите пункт **ОСНОВНЫЕ**, нажмите кнопку  под ним еще раз и в подменю **УСТАНОВКИ** выберите пункт **+дБ**.

Шаг 2. Кнопками   установите требуемое значение. При этом каждое нажатие кнопки  будет менять шаг регулировки значения параметра 0.5- 1 -2 или 6 дБ.

4.2 Переход в режим дефектоскопа с ФАР

Для того, что быстро войти в режим дефектоскопа с ФАР (если в ПО дефектоскопа открыта версия с ФАР) выберите пункт **ОСНОВНЫЕ**, нажмите кнопку  под ним еще раз и в подменю **НАСТРОЙКИ** выберите пункт **РЕЖИМ ФР** и нажмите кнопку .

Прибор войдет в режим дефектоскопа с фазированными антенными решетками. При таких переключениях все текущие настройки дефектоскопа с ФАР и классического дефектоскопа сохраняются в памяти, поэтому оператор может переключаться в другой режим возвращаться назад без потери рабочих данных.



Для работы с дефектоскопом с ФАР воспользуйтесь соответствующим отдельным руководством по эксплуатации.

4.3 Режим «электронная лупа»

Для увеличения сигналов, находящихся в а- или б-зоне контроля, предназначен режим «электронная лупа», позволяющий растянуть сигналы на все окно А-скана.

Для использования режима:



Шаг 1. Выберите пункт **ЭКРАН**, нажав кнопку  под ним.

Шаг 2. Выберите параметр ЛУПА и кнопками   установите значение:

а-зона – на экран будет выведено увеличенное изображение сигналов в а-зоне контроля;

б-зона – на экран будет выведено увеличенное изображение сигналов в б-зоне контроля;

нет – прибор работает в обычном режиме.

Для того, чтобы визуально обозначить в каком режиме находится прибор в строке статуса и в правом верхнем углу А-скана выводится специальный символ  или , информирующий об том какая зона отображается на экране.

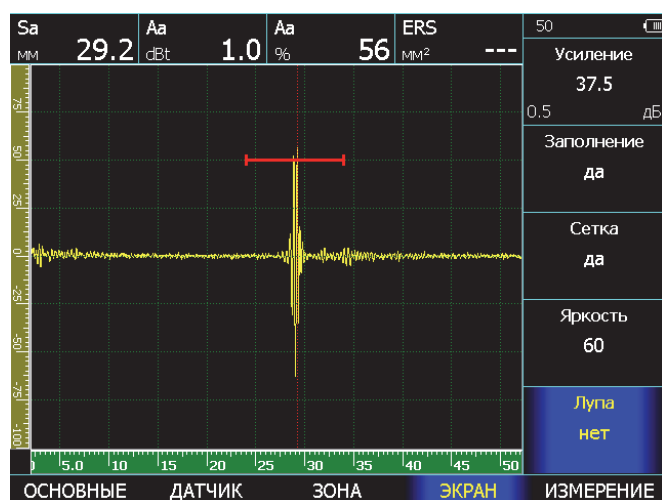


Рис.4-1 Работа в режиме 'электронная лупа'.

а) обычный режим, б) увеличение сигнала а-зоне

При работе в режиме «электронная лупа» регулировка начала соответствующей зоны контроля (а-Начало или б-Начало) смещает сигнал влево-вправо по экрану, а регулировка ширины зоны (а – Ширина или б-Ширина) увеличивает/уменьшает масштаб сигнала.

Внимание! Регулировка задержки (ОСНОВНЫЕ-ЗАДЕРЖКА) и развертки экрана (ОСНОВНЫЕ-РАЗВЕТКА) в режиме электронной лупы не влияет на вид экрана.

4.4 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 . Для выхода из данного режима нажмите эту же кнопку еще раз.



Рис.4-2 Полноэкранный режим

Во время полноэкранного режима вы можете использовать кнопки  , как показано на рис.4-3.

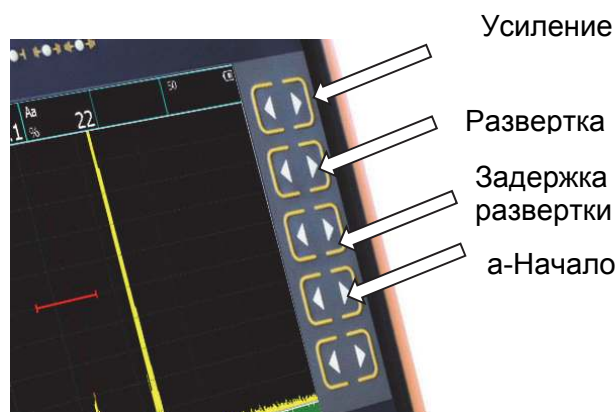








Рис.4-3 Использование кнопок   в полноэкранном режиме

Также можно использовать кнопки , ,  и  в их обычном назначении.

4.5 Использование режима огибающей сигнала

Дефектоскоп УСД-60 имеет три режима прорисовки А-скана:

максимум – обычный типовой А-скана, когда экран обновляется в стандартном режиме

накопление – в этом режиме несколько результатов складываются перед выводом на экран;

огибающая – режим огибающей сигнала.

Данные режимы переключаются в параметре **А-СКАН** в меню **ИЗМЕРЕНИЕ**.

В режиме огибающая на экране сохраняется максимальная амплитуда в каждой точке экрана. Это позволяет наглядно отображать движение максимума сигнала, например, для оценки характера и формы дефекта.

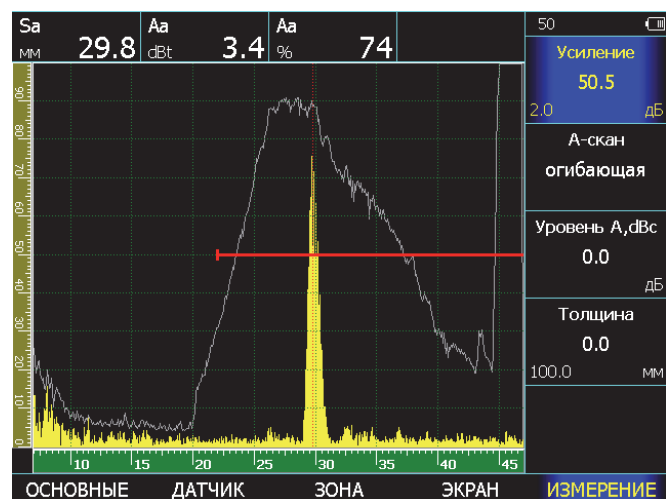


Рис.4-4 Огибающая сигнала от зарудки 2x1,2 мм

Огибающая сбрасывается при любом изменении прорисовки экрана – при смене развертки, задержки, усиления, положения зон контроля.

Для использования огибающей:

Шаг 1. Выберите пункт **ИЗМЕРЕНИЕ** нажав кнопку под ним

Шаг 2. Кнопками выберите параметр **А-СКАН** и установите значение **ОГИБАЮЩАЯ**

4.6 Использование режима накопления сигналов

В режиме накопления прибор делит максимально возможную, с учетом установленных параметров работы, частоту посылок импульсов и делит ее на частоту регенерации экрана прибора. Получившееся целое число - равно числу накапливаемых и усредняемых А-сканов перед выводом результирующего сигнала на экран прибора.

Данный режим полезен при контроле крупнозернистых материалов для повышения соотношения сигнал/шум, а также при использовании активных ЭМА-преобразователей.

Для использования накопления:

Шаг 1. Выберите пункт **ИЗМЕРЕНИЕ** нажав кнопку под ним

Шаг 2. Кнопками выберите параметр **А-СКАН** и установите значение **НАКОПЛЕНИЕ**

4.7 Сканирование с датчиком пути

Для входа в режим записи результатов по датчику пути (энкодеру):

Шаг 1. Выберите пункт **ИЗМЕРЕНИЕ** нажав кнопку под ним

Шаг 2. Нажмите кнопку еще раз для входа подменю

Шаг 3. Выберите пункт **КОНТРОЛЬ** кнопкой и кнопками выберите параметр **РЕЖИМ ЗАПИСИ**

Шаг 4. Нажмите кнопку

В этом режиме откроется специальное окно (рис.4-5)

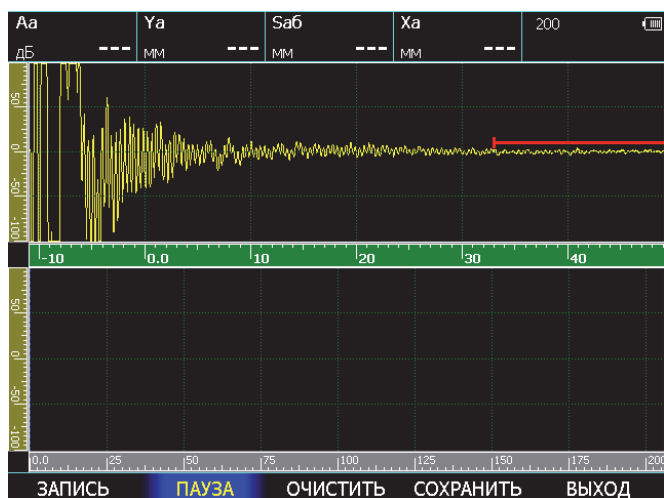


Рис.4-5 Режим контроля по датчику пути

В этом режиме доступны следующие действия:

- ЗАПИСЬ** – запись данных в память прибора;
- ПАУЗА** – приостановка записи для проверки заботы;
- ОЧИСТИТЬ** – сброс результатов текущего сканирования;
- СОХРАНИТЬ** – сохранение результатов в памяти дефектоскопа;
- ВЫХОД** – возврат в обычный режим работы.

4.8 Сохранение и просмотр результатов контроля

Результаты измерений могут быть сохранены в виде базы данных протоколов измерений. Общая емкость памяти 1 Гб. Количество результатов зависит от размера записываемых файлов (обычные сканы или записи по датчику оборотов). 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.

4.8.1 Сохранение результата

Шаг 1. Для сохранения результата нажмите кнопку

Откроется окно, аналогичное показанному на рис.4-6

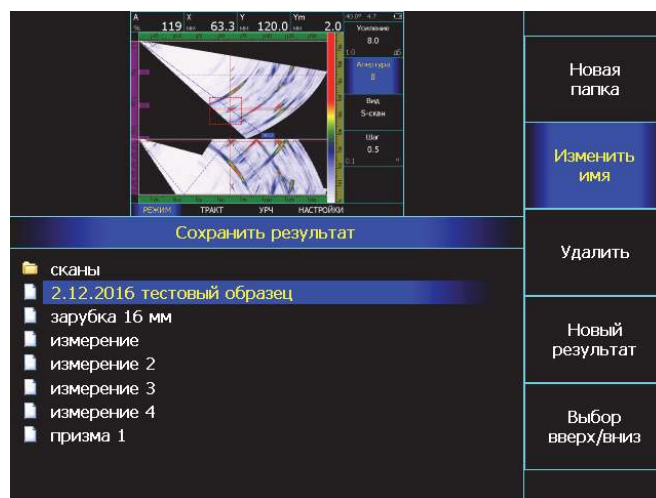


Рис.4-6 Сохранение результата

Шаг 2. Вы можете перезаписать существующий результат или создать новый.

Перемещение по списку результатов осуществляется кнопками напротив пункта «ВЫБОР ВВЕРХ/ВНИЗ».

Создание нового файла результата

Для создания нового файла результатов выберите пункт **НОВЫЙ РЕЗУЛЬТАТ** и нажмите кнопку . На экране появится диалоговое окно с раскладкой алфавита, цифр и символов. (рис.4-7)

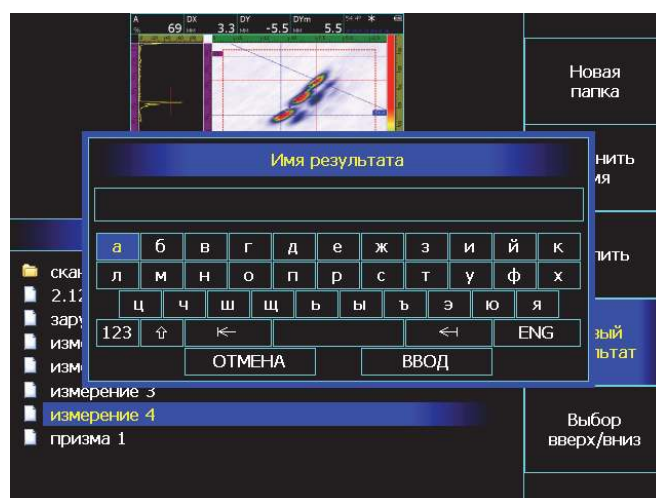









Рис.4-7 Создание нового имени файла результатов

Используя кнопки   напротив строк выберите символ и подтвердите выбор кнопкой , постепенно ввода имя. После этого выберите надпись ВВОД  на экранной клавиатуре и нажмите кнопку .

Создание новой папки для результатов

Результат также можно сохранить в любую из существующих папок или создать новую папку с результатами для их упорядочивания. Для этого выберите пункт НОВАЯ ПАПКА и нажмите кнопку . В открывшемся окне, аналогичном показанному на рис.4-7, введите имя новой папки.

Перезапись существующего файла

Для записи результата в уже существующий файл, выберите файл из списка и нажмите кнопку .

На экране появится диалоговое окно, как показано на рис. 4-8





Выберите «ДА» кнопками   и нажмите кнопку  для замены содержимого файла.




Рис.4-8 Перезапись существующего файла

Изменение имени существующего файла

В любой момент времени можно изменить имя файла, выбрав пункт ИЗМЕНИТЬ ИМЯ и нажав кнопку . Открывшееся окно будет аналогично показанному на рис.4-7

Удаление существующего файла

В любой момент времени можно удалить любой файл, выбрав пункт УДАЛИТЬ и нажав кнопку . Открывшееся окно будет аналогично показанному на рис.4-9

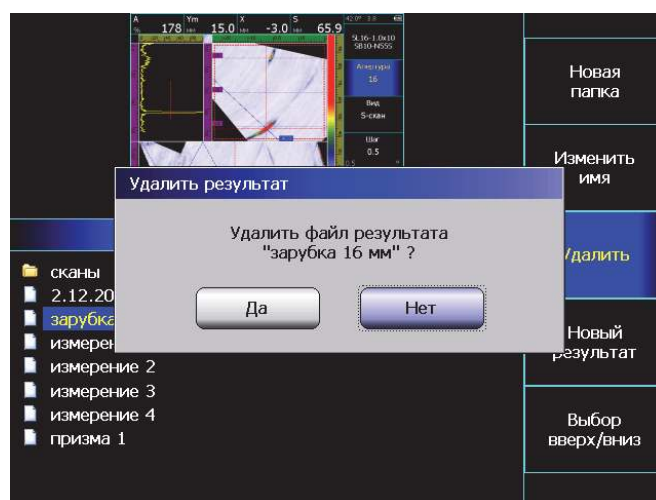






Рис.4-9 Удаление файла

4.8.2 Просмотр результатов

Шаг 1. Для входа в режим просмотра результатов нажмите кнопку 

Шаг 2. В открывшемся окне (рис.4-10) выберите пункт «Просмотр ВВЕРХ/ВНИЗ» и найдите интересующий результат. Нажмите кнопку  для просмотра. Возврат в окно выбора осуществляется кнопками  или .

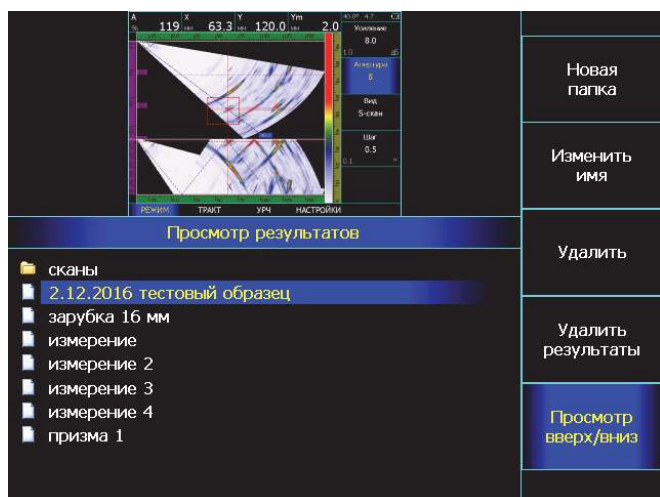


Рис.4-10 Выбор файла для просмотра

В окне (рис.4-10) можно не только просматривать файлы, но и изменять им имя, создавать новые папки файлов, удалить один или сразу все файлы. Эти процедуры аналогичны описанным выше в п.4.8.1

Просмотр сканов, записанных с использованием энкодера

Дефектоскоп сохраняет не только статичные картинки, но может записывать и последовательность кадров по датчику оборотов (энкодеру). Для просмотра таких файлов служит специальный режим.

Шаг 1. Выберите файл с результатом сканирования

Шаг 2. Нажмите кнопку  для входа в режим просмотра сканов

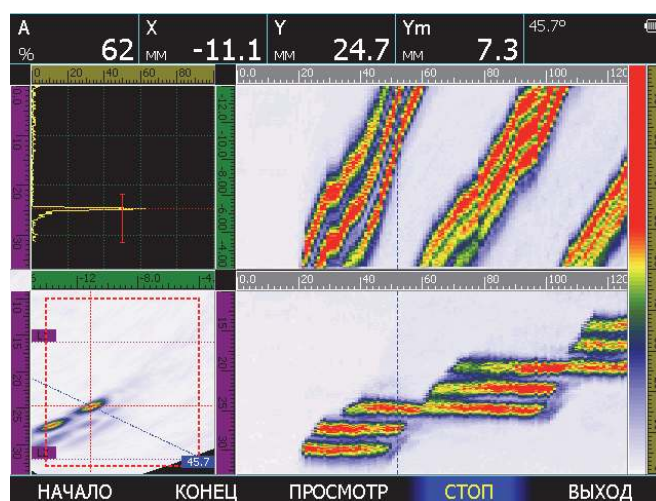



Рис.4-11 Просмотр результата сканирования

В этом режиме:

- НАЧАЛО** – переход в начало скана;
- КОНЕЦ** – быстрый переход в конец записи скана;
- ПРОСМОТР** – просмотр последовательности кадров в режиме реального времени;
- СТОП** – остановка просмотра;
- ВЫХОД** – завершение просмотра текущего скана и возврат в предыдущее окно

5. Использование ВРЧ/АРК

Дефектоскоп УСД-60 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.	<i>Использование автоматического аттенюатора накладывает некоторые ограничения на диапазон изменения усиления ВРЧ. Максимальный диапазон реального усиления (70 дБ), возможен только при усилении 20дБ. Далее, при увеличении усиления, максимальный диапазон соответственно сужается на величину усиления. Т.е. на 40дБ усиления, он равен -50дБ, на 60дБ усиления – 30дБ и т.д.</i>
------------------	---


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.


В одной настройке сохраняется только одна последовательность опорных точек. Для записи опорных точек:

Шаг 1. Выберите пункт **ДАТЧИК**, нажмите кнопку  под ним еще раз для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт **ВРЧ/АРК**, нажмите кнопку  под ним еще раз для входа в подменю 2-го уровня.

Шаг 3. Выберите пункт меню **ТОЧКИ** кнопкой 

Шаг 4. Выберите параметр **ТОЧКА ВРЧ** и кнопками  установите значение **ДОБАВИТЬ**.

Шаг 5. Выберите параметр **а-НАЧАЛО** и кнопками  установите а-зону на первый эхо-сигнал

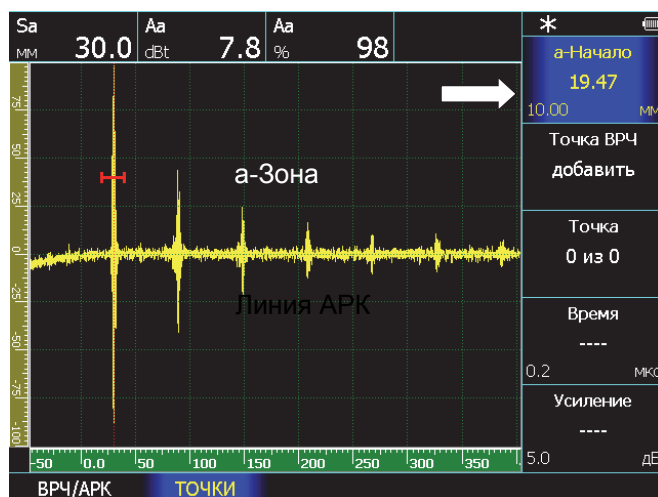



Рис.5-1 Начало записи точек ВРЧ/АРК

Шаг 6. Выберите параметр **ТОЧКА ВРЧ** и нажмите кнопку . В параметр **ВРЕМЯ** при этом запишется время прихода выбранного сигнала, а в параметр **УСИЛЕНИЕ** – усиление тракта необходимое для того, чтобы сигнал «вытянуть» на 100% высоты экрана.

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.

Дефектоскоп автоматически рассчитывает усиление необходимое для того, чтобы высота эхо сигнала составляла 100% высоты экрана. Оператору не нужно вручную устанавливать эхо-сигналы на одинаковый уровень.

Важно. Для того, чтобы прибор обработал эхо-сигнал при записи точек нужно, чтобы его высота была больше 10% высоты экрана.

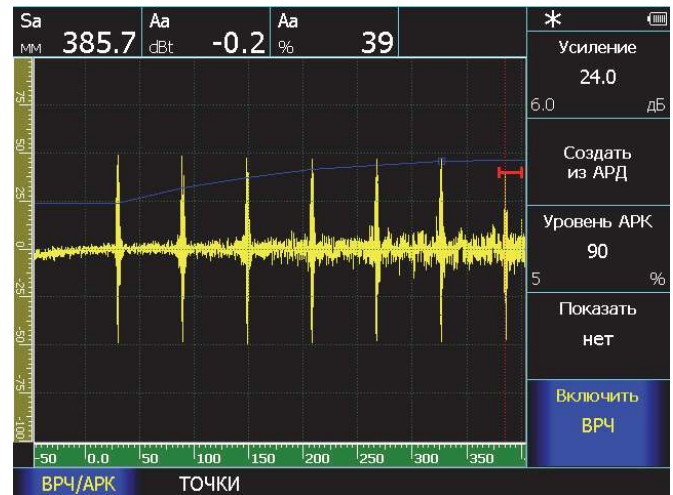


Рис.5-3 Результат записи ВРЧ/АРК

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

5.2 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 порозному для различных применений.

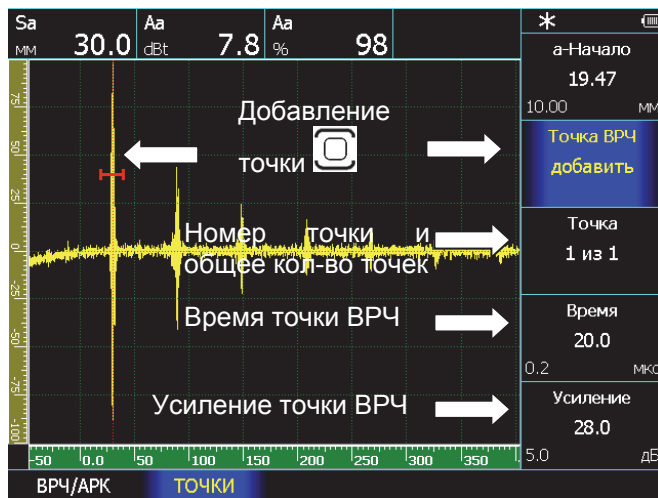




Рис.5-2 Записи точек ВРЧ/АРК

Шаг 7. Повторите шаги 5 и 6 для остальных эхо-сигналов, последовательно записывая их память прибора.

Шаг 8. После того, как все отражатели записаны в память прибора включите ВРЧ на экране. Для этого выберите пункт меню **ВРЧ/АРК** кнопкой и в параметре **ВКЛЮЧИТЬ** установите кнопками значение **ВРЧ**.

При включении ВРЧ, графическое изображение кривой ВРЧ автоматически отобразится на экране.

Для работы с кривой АРК:

Шаг 1. Выберите пункт меню **ВРЧ/АРК** и в параметре **ВКЛЮЧИТЬ** кнопками   установите «АРК».

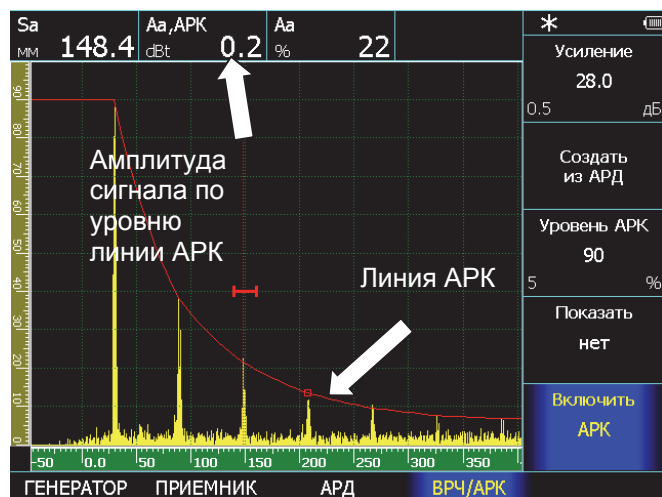






Рис.5-4 Использование АРК

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 по АРК включается автоматически при работе в режиме АРК, т.е. при выборе величин в меню **ПОКАЗАНИЯ** амплитуда в дБ относительно уровня порога а-зоны «Аа» не отображается, а появляется величина «Аа, АРК».


Высота верхней точки кривой АРК на экране прибора может быть задана оператором. Для этого выберите кнопкой  пункт **ВРЧ/АРК** и в параметре **УРОВЕНЬ АРК** задайте положение верхней точки в % высоты экрана кнопками  .


Кнопка  при этом регулирует шаг изменения значения параметра.

5.3 Редактирование кривой ВРЧ/АРК



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



Для редактирования точек:



Шаг 1. Выберите пункт **ДАТЧИК**, нажмите кнопку  под ним еще раз для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт **ВРЧ/АРК**, нажмите кнопку  под ним еще раз для входа в подменю 2-го уровня.

Шаг 3. Выберите пункт меню **ТОЧКИ** кнопкой .



Шаг 4. Выберите параметр **ТОЧКА** и кнопками   выберите точку, которую хотите отредактировать.




Шаг 5. Выберите параметр **ВРЕМЯ** и кнопками   измените положение точки.




Шаг 6. Выберите параметр **УСИЛЕНИЕ** и кнопками   измените усиление точки.

Шаг 7. Повторите шаги 4-6 для других точек.

Для удаления точек:

Шаг 1. Выберите параметр **ТОЧКА** и кнопками   выберите точку, которую хотите удалить.

Шаг 2. Выберите параметр **ТОЧКА ВРЧ**, кнопками   поменяйте его значение на «УДАЛИТЬ» и нажмите кнопку .

Шаг 3. В появившемся диалоговом окне (рис. 5-5) кнопками   выберите «ДА» и нажмите кнопку .

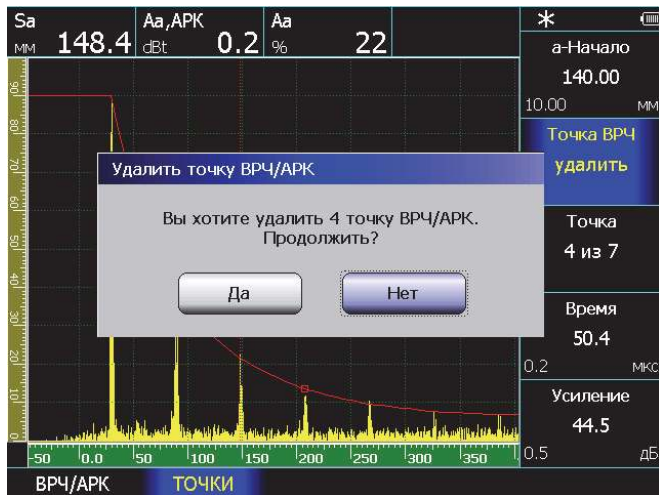





Рис.5-5 Удаление точек ВРЧ/АРК


Для добавления точек вручную:

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

Выберите параметр **ТОЧКА ВРЧ**, кнопками   поменяйте его значение на «ДОБАВИТЬ» и нажмите кнопку .

При отсутствии сигнала в зоне контроля точка добавится автоматически на 10мкм больше по параметру ВРЕМЯ и на 6 дБ больше по параметру УСИЛЕНИЕ относительно последней сохраненной точки.

5.4 Копирование последовательности точек из АРД

В дефектоскопе есть возможность построить кривую ВРЧ используя (при наличии) имеющуюся кривую АРД (см. п.6). Для копирования точек выберите в меню **ВРЧ/АРК** параметр **СОЗДАТЬ ИЗ АРД** и нажмите кнопку .

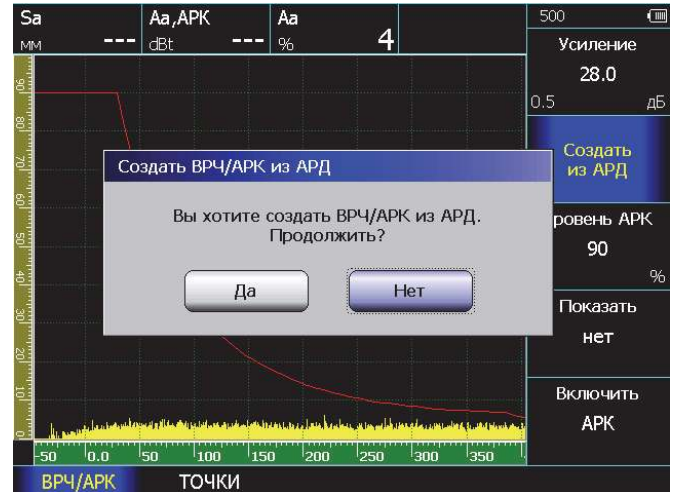





Рис.5-6 Создание кривой ВРЧ/АРК из имеющейся кривой АРД

В появившемся диалоговом окне (рис. 5-6) кнопками   выберите «ДА» и нажмите кнопку .

6. Использование АРД

Дефектоскоп УСД-60 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 в одной настройке.



Шаг 1. Выберите пункт **ДАТЧИК**, нажмите кнопку  под ним еще раз для входа в подменю.


Шаг 2. Выберите пункт **АРД**, нажмите кнопку  под ним еще раз для входа в подменю 2-го уровня.

Шаг 3. Выберите пункт меню **ТОЧКИ** кнопкой .

Шаг 4. Выберите параметр **ТОЧКА АРД** и кнопками   установите значение **ДОБАВИТЬ**.

Шаг 5. Установите датчик на эталонный образец, найдите максимальное отражение от первого отражателя (на минимальной глубине).

Шаг 6. Выберите параметр **а-НАЧАЛО** и кнопками   установите а-зону на первый эхо-сигнал

Шаг 7. Выберите параметр **ТОЧКА АРД** и нажмите кнопку . В параметр **ГЛУБИНА** при этом запишется глубина отражателя, а в параметр **ЗАТУХАНИЕ** – усиление тракта необходимое для того, чтобы сигнал «вытянуть» на 100% высоты экрана.

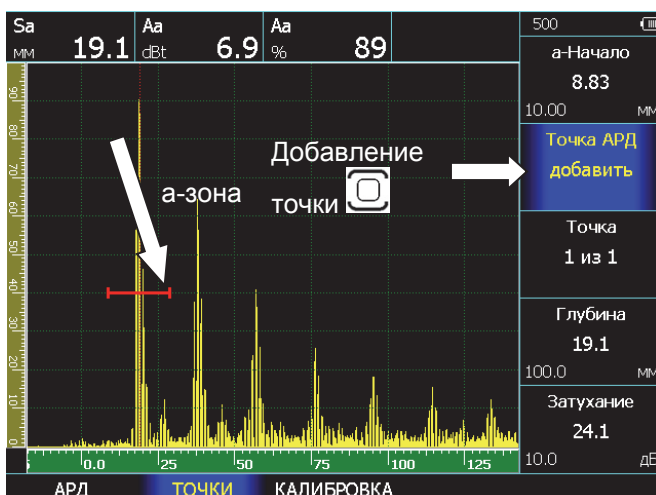





Рис.6-1 Создание зависимости АРД

Шаг 8. Повторите шаги 5 и 6 для остальных эхо-сигналов, последовательно записывая их память прибора.

Шаг 9. После того, как все отражатели записаны в память прибора включите АРД. Для этого выберите пункт меню **АРД** кнопкой  и в параметре **ВКЛЮЧИТЬ** установите кнопками   значение **ДА**.

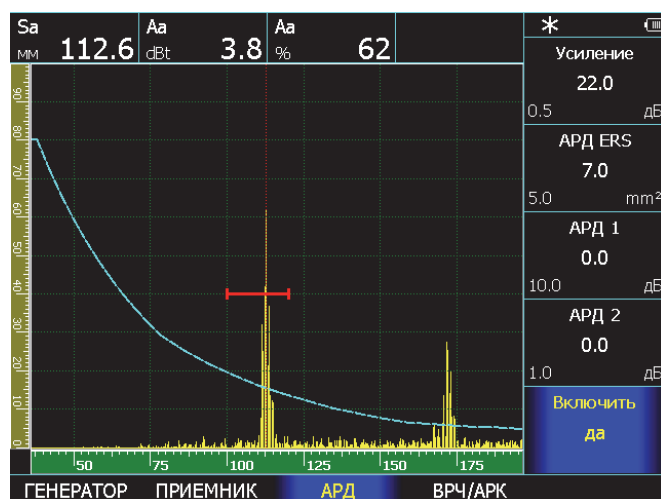


Рис.6-2 Созданная линия АРД на экране прибора

6.2 Установка дополнительных линий АРД

На экране может быть размещено 2 дополнительные линии АРД, отстоящие на расстоянии до ± 24 дБ от базовой.

Для установки дополнительных линий:

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

Шаг 2. Кнопками   задайте отступ дополнительной линии от базовой

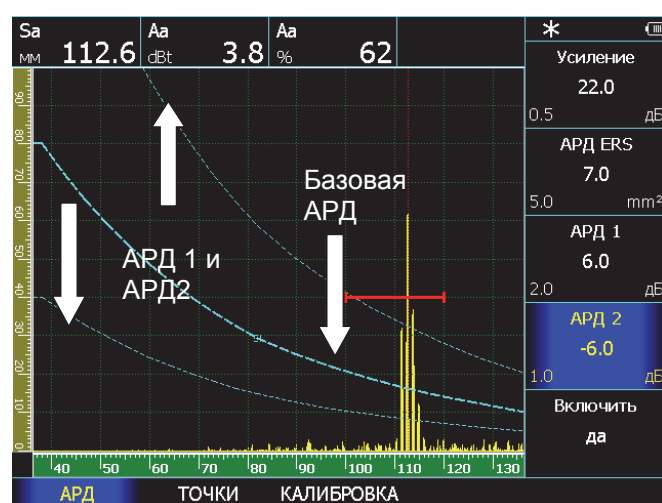


Рис.6-3 Установка дополнительных линий АРД

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


6.3 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/КАЛИБРОВКА** параметр **КАЛИБРОВАТЬ** и нажмите кнопку 

В появившемся диалоговом окне кнопками   выберите «ДА» и нажмите кнопку .

Положение пика сигнала максимальной амплитуды в а-зоне совместится с базовой кривой АРД.

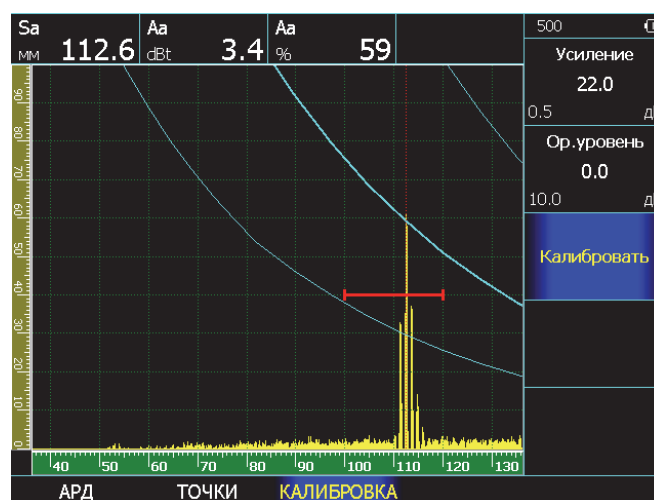




Рис.6-4 Привязка АРД к реальному отражателю

Если для привязки АРД имеется отражатель другой площади, то осуществить привязку можно со смещением, задав разницу в дБ между имеющимся отражателем и заданным в документации. Для этого выберите параметр **ОП.УРОВЕНЬ** и кнопками   задайте значение смещения.

6.4 Указание 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 АРД ERS и кнопками \leftarrow \rightarrow установите площадь отражателя в кв.мм.

Для измерения площади отражателя выберите в меню ИЗМЕРЕНИЕ/ПОКАЗАНИЯ в любом из полей величину ERS (рис.6-5)

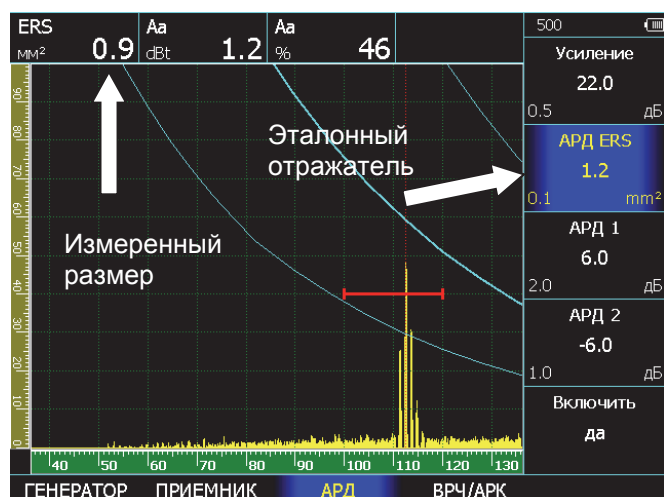


Рис.6-5 Вычисление эквивалентной площади отражателя

6.5 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 внесения коррекции по затуханию УЗК в существующую АРД:

Шаг 1. Выберите пункт **ДАТЧИК**, нажмите кнопку \uparrow под ним еще раз для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт **АРД**, нажмите кнопку \uparrow под ним еще раз для входа в подменю 2-го уровня.

Шаг 3. Выберите пункт меню **ТОЧКИ** кнопкой \uparrow

Шаг 4. Выберите параметр **ЗАТУХАНИЕ** и кнопками \leftarrow \rightarrow укажите значение в дБ на 1мм

7. Применение стандарта AWS D1.1


Дефектоскоп УСД-60 имеет возможность оценки эквивалентных размеров дефектов в соответствии с нормами, принятыми в американском стандарте по сварке AWS D1.1

Амплитуда сигнала от найденного в контролируемом материале дефекта сравнивается с учетом затухания с амплитудой ранее записанного эталонного дефекта.

Результирующей величиной является значение D, называемое рейтингом дефекта (оценочным коэффициентом дефектности)




Дефектоскоп рассчитывает данные автоматически, избавляя пользователя от необходимости вычислять их вручную.


Для расчета коэффициента D по AWS D1.1:

Шаг 1. Выберите пункт **ИЗМЕРЕНИЕ**, нажмите кнопку  под ним еще раз для входа в подменю.

Шаг 2. Выберите пункт **AWS D1.1** кнопкой  под ним

Шаг 3. Установите преобразователь на эталонный образец, найдите максимальную амплитуду от эталонного отражателя и установите параметры а-зоны так, чтобы эталонный сигнал попадал в зону контроля. Пользователю нет необходимости выравнивать и оценивать амплитуду эталонного сигнала, достаточно чтобы его амплитуда была в пределах от 10% до 95% высоты экрана.

Шаг 4. Выберите пункт меню **B, Reference** кнопками   и убедившись, что эталонный сигнал попадает в зону контроля нажмите кнопку . В случае правильных действий, дефектоскоп сохранит амплитуду в памяти. В противном случае, появится предупреждающее окно (рис.7-1).

Увеличьте усиление приемного тракта дефектоскопа и заново нажмите кнопку  в параметре **B, Reference**.

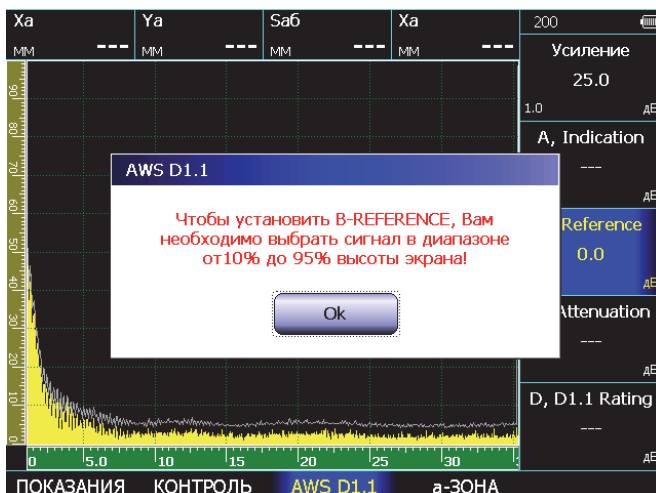



Рис.7-1 Окно предупреждения при недостаточной амплитуде эталонного сигнала

Шаг 5. Проведите сканирование объекта контроля и при нахождении дефекта в а-зоне контроля, выберите параметр A, Indication и нажмите кнопку . При достаточном уровне амплитуды в зоне контроля, дефектоскоп автоматически выполнит все вычисления, в противном случае выдаст окно аналогичное показанному на рис.7-1

Согласно стандарту AWS D1.1 вычисление коэффициента D производится по формуле:

$$D = A - B - C, \text{ где}$$

A - амплитуда сигнала от дефекта в контролируемом образце,
B – амплитуда от эталонного отражателя,
C – коэффициент затухания, рассчитываемый по формуле:

$$C = 0.079 \text{ dB/mm} * (S - 25.4 \text{ mm}), \text{ где}$$

S – путь ультразвукового сигнала до дефекта в мм. Если измеренный путь меньше 25.4 мм, то коэффициент затухания считается равным нулю.

D – результат оценки дефекта по стандарту AWS.

8. Меры безопасности

Источником опасности при эксплуатации дефектоскопа, при работе от сети переменного напряжения, согласно ГОСТ12.0.003 является повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Интенсивность ультразвука при работе с дефектоскопом в контактном варианте, т.е. в случае, когда оператор перемещает преобразователь вручную, не превышает 0,1 Вт/см². в соответствии с ГОСТ 12.1.019.

Для полного обесточивания дефектоскопа после его выключения необходимо вынуть кабель блока питания из разъема питания и отключить аккумуляторную батарею. Устранение неисправностей дефектоскопа производится только после полного обесточивания. Максимальное напряжение на элементах схемы внутри корпуса не превышает 200 В.

По способу защиты человека от поражения электрическим током дефектоскоп относится к классу 01 по ГОСТ 12.2.007.0.

К работе с дефектоскопом допускаются лица, прошедшие инструктаж и аттестованные на I квалификационную группу по технике безопасности при работе с электро- и радиоизмерительными приборами, а также изучившие руководство по эксплуатации на дефектоскоп.

Если дефектоскоп находился в условиях, резко отличающихся от рабочих, подготовку к измерениям следует начать после выдержки в нормальных условиях в течение 24 ч.

Перед включением дефектоскопа в сеть необходимо проверить исправность кабеля питания и соответствие напряжения сети (220 ± 10 %) В, частотой 50 Гц. Питающая сеть должна обеспечиваться защитой от замыкания на землю, которая устанавливается с действием на отключение.

9. Техническое обслуживание

Техническое обслуживание дефектоскопа сводится к проведению профилактических работ с целью обеспечения нормальной работы при его эксплуатации. Окружающая среда, в которой находится дефектоскоп, определяет частоту осмотра. Для проведения указанных ниже видов профилактических работ рекомендуются следующие сроки:

- Визуальный осмотр - каждые 3 месяца;
- Внешняя чистка - каждый месяц.

При визуальном осмотре внешнего состояния дефектоскопа рекомендуется проверять отсутствие сколов и трещин, четкость действия органов управления, крепление деталей и узлов на корпусе прибора. Пыль, находящуюся снаружи, устраняйте мягкой тряпкой или щеткой.

10. Метрологическая поверка

Дефектоскопы серии УСД-60 должны проходить метрологическую поверку, согласно утвержденной методике.

Межповерочный интервал – 1 год.

11. Транспортирование и хранение

Транспортирование и хранение дефектоскопа осуществляют упакованным в специальную сумку или кейс, входящими в комплект поставки.

Транспортирование дефектоскопа может осуществляться любым видом транспорта, предохраняющим от непосредственного воздействия осадков, при температуре окружающей среды от минус 25 до 55 °С (ГОСТ 12997 п. 2.24). При транспортировании допускается дополнительная упаковка дефектоскопа в полиэтиленовый мешок, картонную коробку или ящик, предохраняющие сумку от внешнего загрязнения и повреждения.

Дефектоскопы не подлежат формированию в транспортные пакеты.

12. Гарантии изготовителя

Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие дефектоскопа требованиям ТУ при соблюдении потребителем правил эксплуатации, транспортирования, хранения, предусмотренных настоящими техническими условиями.

Гарантийный срок эксплуатации электронного блока дефектоскопа 36 месяцев со дня продажи.

Гарантийный срок на аккумуляторную батарею - 12 месяцев со дня продажи.

Гарантийный срок не распространяется на естественный износ рабочих частей, комплектующих (кабели, преобразователи, призмы) в процессе эксплуатации.

13. Свидетельство о выпуске

Дефектоскоп ультразвуковой УСД-60 _____, заводской номер _____ соответствует техническим условиям и признан годным к эксплуатации.

Дата выпуска “ ____ “ _____ 201 г.

Первичная поверка проведена в комплекте с преобразователями:

Соответствие значений в дБ и отношений величин A1:A2

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

дБ	A1/A2	дБ	A1/A2	дБ	A1/A2
0	1.00	8	2.51	17	7.08
0.5	1.06	9	2.82	18	7.94
1	1.12	10	3.16	19	8.91
2	1.26	11	3.55	20	10
3	1.41	12	3.98	40	100
4	1.58	13	4.47	60	1,000
5	1.78	14	5.01	80	10,000
6	2.00	15	5.62	100	100,000
7	2.24	16	6.31	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	$\frac{кг}{м^2 * с} * 10^6$
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-ион для УСД-60ФР	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