

ВЗЛЕТ

Учебное пособие



**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
ТОЛЩИНОМЕР
ВЗЛЕТ УТ**



Санкт-Петербург
2006 г.

В данном пособии рассмотрены факторы, влияющие на работоспособность прибора и точность измерений.

Учебное пособие рассчитано в первую очередь на пользователей толщиномеров «ВЗЛЕТ УТ», желающих самостоятельно проводить измерения сложных объектов. Поэтому, при изложении материала, авторы считали, что читатель знаком как с устройством и работой данного прибора, так и с документом «Руководство по эксплуатации» В40.00-00.00 РЭ, входящим в комплект поставки толщиномера «ВЗЛЕТ УТ».

При составлении пособия использован опыт специалистов фирмы «ВЗЛЕТ», а также даны ответы на вопросы, наиболее часто встречающиеся у представителей организаций, эксплуатирующих толщиномер.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
1. ВЫБОР ПЭП	5
2. ПРИНЦИП РАБОТЫ «ВЗЛЕТ УТ»	6
3. ПОДГОТОВКА ТОЛЩИНОМЕРА К ИЗМЕРЕНИЯМ.....	10
4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ	11
4.1. Проверка работоспособности прибора.....	11
4.2. Подготовка поверхности	12
4.3. Настройка толщиномера.....	13
4.3.1. Настройка Скорости.....	13
4.3.2. Настройка ВРЧ	13
4.3.3. Настройка задержки.....	14
4.4. Проведение измерений.....	15
5. АРХИВЫ ПРИБОРА.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	18
Технические характеристики ультразвуковых отдельно-совмещенных ПЭП.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	19
Рекомендации по выбору ПЭП для работы с толщиномером в нестандартных условиях.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ В	27
Приспособление для измерения скорости ультразвука в жидкости	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	28
Схема организации меню «ВЗЛЕТ УТ»	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	29
Рекомендации по измерению толщины при проведении коррекции пороговой кривой (меню <ВРЧ>).....	29
1. Основные случаи, когда необходимо проведение коррекции пороговой кривой (ВРЧ)	29
2. Понятие пороговой кривой.....	29
3. Анализ причин, приводящих к некорректным измерениям толщины... 32	
3.1. Оптимизация измерений при наличии.....	32
внутреннего дефекта.....	32
3.2. Влияние слоя контактной смазки на корректность измерений толщины	34
3.3. Влияние толщины и радиуса объекта измерений на корректность измерений	35
3.3.1. Измерение объектов толщиной ≤ 10 мм.....	35
3.3.2 Измерение объектов толщиной $10 \text{ мм} < h \leq 50 \div 100$ мм.....	37
3.3.3 Измерение объектов большой толщины $h > 100$ мм	39
3.3.4 Измерение объектов с малым радиусом поверхности ($R < 10$ мм). ..	40
3.4. Влияние состояния поверхности ОИ на корректность измерений	41
3.4.1 Измерение объектов с большой шероховатостью поверхности ввода ультразвука или с корродированной поверхностью	41

3.4.2. Измерение объектов с шероховатости поверхности ввода ультразвука $R_z \rightarrow 0$ мкм (зеркальной поверхности)	41
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	42
Измерение задержки в призмах ПЭП	42

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВРЧ - временная регулировка чувствительности;

ЖКИ - жидкокристаллический индикатор;

ЗУ - зарядное устройство;

ОИ - объект измерения;

ПК - персональный компьютер;

ПЭП - пьезоэлектрический преобразователь;

РЭ - руководство по эксплуатации;

УЗ - ультразвук;

УЗК - ультразвуковые колебания;

УТ - ультразвуковой толщиномер.

1. ВЫБОР ПЭП

Толщиномер ультразвуковой «ВЗЛЕТ УТ» является толщиномером общего назначения. «ВЗЛЕТ УТ» предназначен для измерения толщины изделий из металлических и неметаллических материалов, индикации измеренных значений и их архивирования для последующего вывода на индикацию или на внешние устройства. Толщиномер может применяться для измерения толщины стенок емкостей, труб, а также толщины мостовых, корпусных, транспортных и других конструкций и изделий, в том числе с корродированными поверхностями. При типовой поставке в толщиномере «ВЗЛЕТ УТ» используется раздельно-совмещенный ПЭП типа П112-5,0-12/2-Б или П112-5,0-10/2-А-003. В преобразователе в одном корпусе размещены два пьезоэлемента на соответствующих акустических линиях задержки (призмах). Один из них работает в режиме излучения, другой – в режиме приема упругих колебаний.

Датчики типа П112-5,0-12/2-Б, призмы которых изготовлены из плавленного кварца, имеют слабую зависимость скорости УЗ в материале призмы от температуры, они термостабильны. Их можно рекомендовать для измерения объектов в большом диапазоне температур. Использование ПЭП данного типа также предпочтительнее при контроле изделий с большим радиусом кривизны, изделий из материалов с повышенным затуханием УЗК в материале, а также при толщине изделия более 30 мм. При выборе ПЭП нужно учитывать, что кварцевые призмы датчиков данного типа довольно хрупкие и требуют бережного отношения.

Датчики типа П112-5,0-10/2-А-003, призмы которых изготовлены из других материалов (различные пластики и т.п.),

не термостабильны. При каждом изменении температуры корпуса ПЭП более чем на 5 °С целесообразно корректировать настройки УТ. ПЭП типа П112-10-6/2-А следует отдать предпочтение, если условия контроля особо сложные, например, при измерении толщины труб в местах сгибов, а также при необходимости обнаружения локальных утончений малой площади. При контроле изделий, имеющих грубо обработанную или корродированную поверхность также предпочтительнее использовать ПЭП типа П112-5,0-10/2-А, т.к. данный преобразователь более стоек к механическому износу излучающей поверхности и обеспечивает лучшее акустическое согласование с металлом на грубо обработанных поверхностях, чем ПЭП типа П112-5,0-12/2-Б.

Следует помнить, что толщина изделий из материалов интенсивно «поглощающих» УЗК (например трубы из полихлорвинила) или рассеивающих УЗК (например конструкции из чугуна) не всегда может быть промерена прибором в стандартной комплектации. Существуют и другие сложные для измерений случаи. В зависимости от условий использования и требований заказчика толщиномер может быть укомплектован преобразователями других типов (см. Приложение А). Толщиномер обеспечивает возможность работы с ПЭП различных типов с номинальными частотами от 2,5 до 10 МГц. Рекомендации по выбору ПЭП сторонних производителей приведены в Приложении Б.

Каждый ПЭП обладает индивидуальными характеристиками. Толщиномер настраивается на конкретные ПЭП при выпуске из производства.

Если пользователь приобрел ПЭП к имеющемуся у него толщиномеру «ВЗЛЕТ УТ» он должен самостоятельно настроить прибор (см. Приложение Б).

Производитель не гарантирует метрологические характеристики УТ при использовании ПЭП сторонних производителей.

Толщиномер может использоваться также для измерения скорости распространения продольных УЗК в материале изделий известной толщины. С помощью «ВЗЛЕТ УТ» можно измерить скорость распространения УЗК и в жидкостях. Для этого необходимо несложное приспособление (см. Приложение В). Данное приспособление в комплект поставки не входит.

2. ПРИНЦИП РАБОТЫ «ВЗЛЕТ УТ»

В толщиномере «ВЗЛЕТ УТ» реализован эхо-импульсный метод измерения с использованием отдельно-совмещенного пьезоэлектрического преобразователя. Принцип работы толщиномера основан на свойстве ультразвуковых колебаний

отражаться от границы раздела сред с разными акустическими сопротивлениями.

Передающая пьезопластина ПЭП излучает импульс УЗК через призму в направлении поверхности изделия, толщина которого измеряется. Импульс УЗК распространяется в изделии до противоположной поверхности, отражается от нее, распространяется в обратном направлении и через другую призму поступает на приемную пластину (рис. 1).

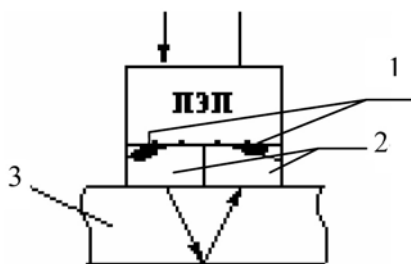
Время распространения УЗК от одной поверхности изделия до другой и обратно связано с толщиной изделия зависимостью:

$$H = \frac{c \cdot t}{2},$$

где H – толщина изделия;

c – скорость распространения УЗК в материале изделия;

t – время распространения УЗК от одной плоскости до другой и обратно.



1- передающая и приемная пьезопластины ПЭП; 2- призмы ПЭП; 3 - объект измерения.

Рис. 1. Схема проведения измерений.

Толщиномер измеряет временной интервал от момента передачи импульса УЗК до приема отраженного эхо-сигнала. Если значение скорости распространения УЗК в материале контролируемого изделия известно, то вычисляется толщина ОИ. Если производилось измерение на образце известной толщины, то вычисляется скорость распространения УЗК.

Все сигналы, регистрируемые толщиномером, условно можно разделить на «полезные» и «ложные». Полезный сигнал - это сигнал, позволяющие корректно измерять требуемые параметры. При измерении толщины, в качестве полезного сигнала используется первый донный сигнал (рис. 2,3).

Ложный сигнал (помеха) – это мешающий сигнал, приводящий к некорректным измерениям.

При измерении толщины ложными сигналами (помехами) являются:

1. Сигналы от призм датчика, сигналы от передней грани (поверхности) объекта измерения (сигнал от ПГ);

2. Реверберационные отражения от полостей, заполненных маслом (при большой коробоватости и/или волнистости поверхности ввода ультразвука);
3. Сигналы от дефектов (рис. 4).

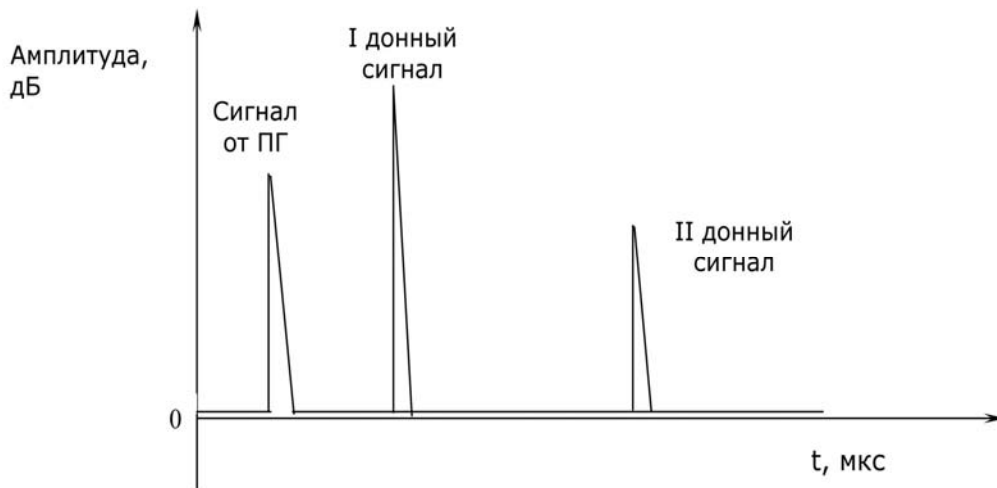


Рис. 2. Временная диаграмма принимаемых эхо-сигналов при измерении толщины образца 10мм.

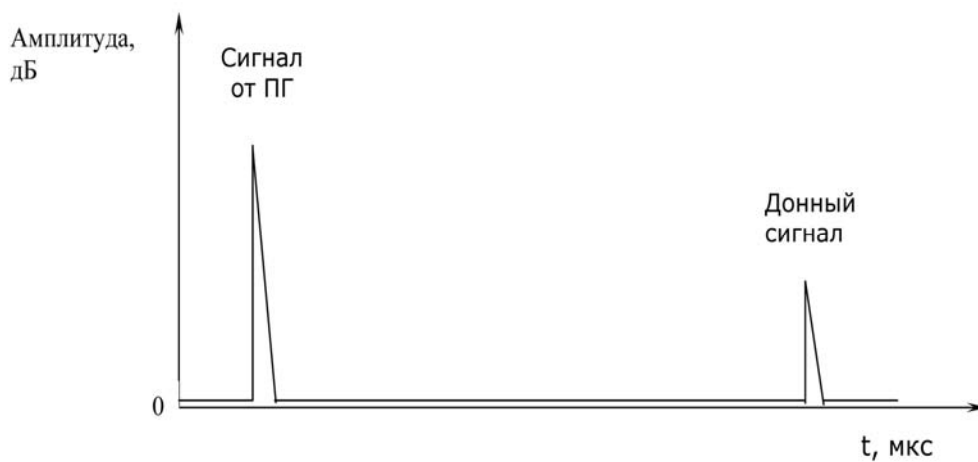


Рис. 3. Временная диаграмма принимаемых эхо-сигналов при измерении толщины образца 100мм.

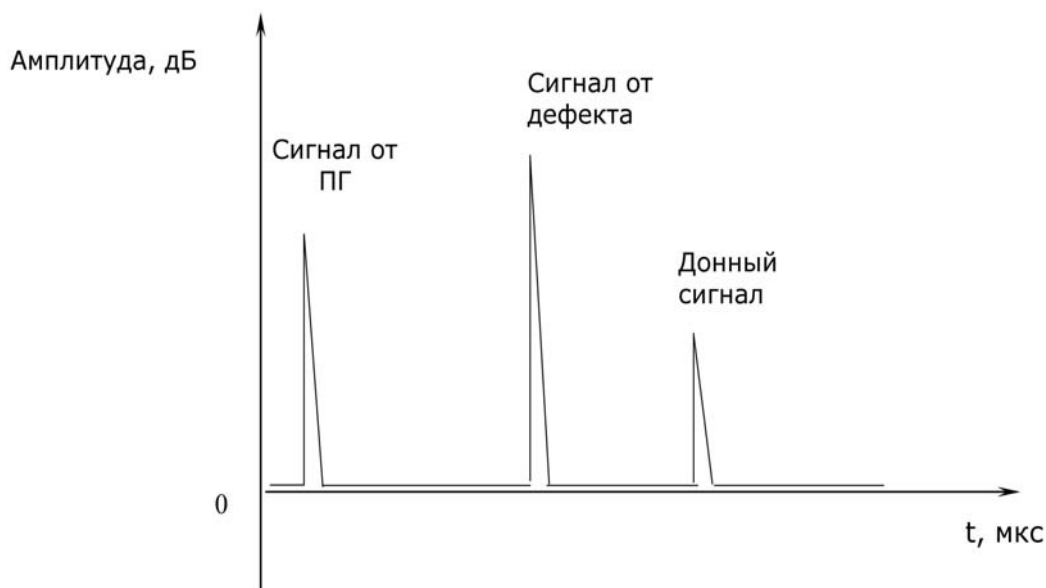


Рис. 4. Временная диаграмма принимаемых эхо-сигналов при измерении толщины образца, имеющего дефект.

Для успешного проведения измерений необходимо корректное использование настроечных параметров УТ. К настроечным параметрам относятся: **Скорость, ВРЧ, Задержка.**

Скорость – скорость распространения УЗК в объекте контроля.

ВРЧ – временная регулировка чувствительности, по сути является амплитудным ограничением принимаемого эхо-сигнала, пороговой кривой. ВРЧ характеризуется максимальным значением амплитуды (порога), параметр – **max ВРЧ** (дБ) и значением спада амплитуды пороговой кривой, параметр – **спад ВРЧ** (дБ/мкс) (рис. 5).

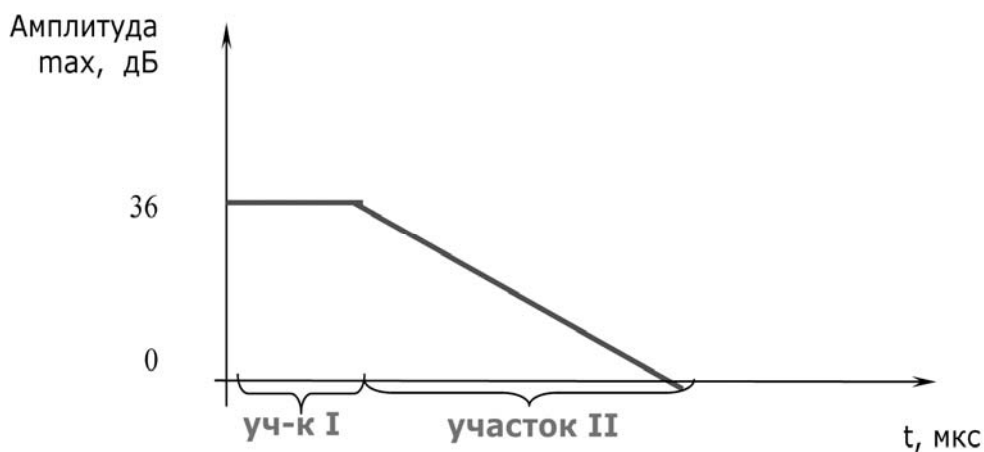


Рис.5. Вид пороговой кривой.

Участок I – участок постоянной амплитуды. Его уровень задает параметр **max ВРЧ**. Длина участка задана алгоритмом обработки результатов измерения и одинакова для всех пороговых кривых. Значение параметра **max ВРЧ** может изменяться в пределах 0-99 дБ.

Участок II – участок спада пороговой кривой. Скорость спада (наклон) задает параметр **Спад ВРЧ**. Значение параметра **Спад ВРЧ** лежит в интервале 1-99 дБ/мкс.

Пороговая кривая «маскирует» все сигналы, имеющие амплитуду меньше, чем значение порога. В качестве информативного сигнала выбирается сигнал, имеющий максимальное превышение над кривой ВРЧ (кривой маскирования) (рис.6).

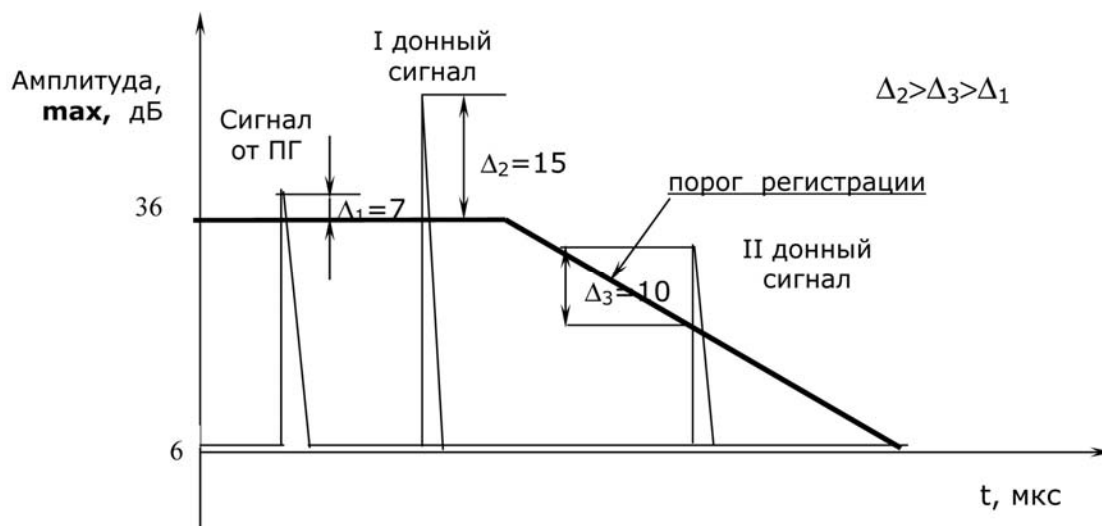


Рис. 6. Временная диаграмма кривой ВРЧ и принятых сигналов.

Задержка – временная задержка прохождения УЗК в призмах ПЭП. Значение задержки для конкретного датчика является индивидуальной характеристикой. Первоначальное значение задержки определяется на заводе-изготовителе.



3. ПОДГОТОВКА ТОЛЩИНОМЕРА К ИЗМЕРЕНИЯМ


После транспортировки УТ к месту эксплуатации при отрицательной температуре окружающего воздуха и внесении его в помещение с положительной температурой следует во избежание отказа вследствие конденсации влаги выдержать изделие в упаковке не менее двух часов.

Подсоединить ПЭП к толщиномеру, для этого подключить к 2-м разъемам, расположенным на верхней боковой панели толщиномера ПЭП при помощи соединительного кабеля.



ВНИМАНИЕ! При любых манипуляциях с ПЭП (присоединение, отсоединение и т.п.) прикладывайте усилие только к разъему (штеккеру), не тяните за кабель.

Поставка УТ осуществляется с заряженной, но отключенной батареей аккумуляторов (БА). Перед включением УТ убедиться, что батарея аккумуляторов подключена.

Включить толщиномер нажатием клавиш  (и возможно ) на панели управления. При этом на экране толщиномера появится один из режимов меню, воспроизводящий состояние (настройки) толщиномера на момент выключения прибора.

Убедиться по индикации уровня заряда (символ  в углу ЖКИ) в наличии и объеме заряда БА. Полностью темный фон знака свидетельствует, что батарея заряжена на 100 %. Одна строка внутри поля знака соответствует примерно 20 % объема заряда.

Если степень разряда батареи аккумуляторов приблизится к критической, толщиномер, продолжая нормально функционировать, начнет подавать короткие звуковые сигналы. При непрерывной работе УТ с начала подачи звуковых сигналов до полного выключения пройдет не менее 10 мин.





Возможно принудительное выключение УТ из окна <Основное меню> одновременным нажатием кнопок  + .

Для заряда батареи необходимо вставить разъем на кабеле зарядного устройства в гнездо на боковой стенке электронного блока толщиномера и убедиться в начале процесса заряда по свечению индикатора на передней панели. Заряд полностью разряженной батареи занимает около 16 часов. Подзаряд батареи может производиться при любом уровне заряда, возможность перезаряда аккумуляторов УТ исключена.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Проверка работоспособности прибора

При первоначальном включении толщиномера после длительного перерыва в эксплуатации или при необходимости проверить правильность работы УТ можно провести измерения эталона толщины, из комплекта толщиномера. Для этого необходимо вызвать заводские настройки ПЭП, подключенного в данный момент к прибору:

- выбрать из <Основного меню> последовательно режимы <Калибровка>, <Настройка>, <Задержка>. Схема организации меню приведена в Приложении Г;
- клавишами ,  активизировать номер настройки;
- ввести при помощи функциональных или цифровых клавиш номер ячейки архива настроек, соответствующий двум последним цифрам заводского номера ПЭП, подключенного к толщиномеру, и нажать клавишу ;
- двукратным нажатием клавиши  переписать из ячейки архива настроек в ОЗУ заводские настройки на данный ПЭП.
ВНИМАНИЕ! После считывания настроек отображаемый номер ячейки увеличится на единицу. На ЖКИ отображено содержимое запрошенной ячейки архива.

После проведенных операций УТ готов к измерениям с подключенным ПЭП.

Нанести контактную жидкость на эталон толщины, из комплекта УТ.

Вернуться в <Основное меню> последовательно выбрать <Измерение>, <Стандартное>. Установить ПЭП на эталон.

Если измеренная толщина соответствует действительному значению (с учетом погрешности измерения), то можно приступить настройке УТ и контролю толщины прочих объектов.

В случае расхождения показаний толщиномера и толщины эталона необходимо проверить корректность используемых при измерении значений параметров ВРЧ, скорости УЗ и задержки. Заводские настройки УТ обычно следующие: **max ВРЧ** 30±5 дБ, **спад ВРЧ** 2 дБ/мкс, **Скорость** УЗК 5920 м/с, **Задержка** ≈3,5 мкс. Обнаруженное несоответствие необходимо устранить.

Если результаты измерения проведенные на эталонном образце после подстройки снова неудовлетворительны, необходимо выполнить калибровку задержки (Приложение Е).

4.2. Подготовка поверхности

Перед проведением измерений необходимо провести предварительную подготовку поверхности контролируемого изделия в месте установки преобразователя. Для этого очистить с помощью металлической щетки контактирующую с преобразователем поверхность изделия от отслаивающейся окалины, защитных покрытий, наплавов металла и других грубых неровностей поверхности. После чего с помощью ветоши тщательно удалить с зачищенной поверхности остатки абразива, опилок, стружки и т.п.

После проведения подготовки на поверхность контролируемого изделия в местах измерения необходимо

нанести слой контактной смазки. Чем более гладкая поверхность изделия, тем более тонкий слой смазки требуется.

4.3. Настройка толщиномера

Для поведения измерения толщины необходимо настроить УТ. Для этого нужно указать значения параметров: **Скорость УЗК, ВРЧ, Задержка**. Настраиваемые параметры УТ должны соответствовать параметрам измеряемого объекта.

4.3.1. Настройка Скорости






Необходимое значение скорости УЗ может быть определено:

- по внутренним справочным данным в окне <Справочные>;
- по справочным данным, приведенным в РЭ или из других источников;
- предварительным измерением толщиномером скорости УЗ в образце из аналогичного материала известной толщины;

Если материал ОИ известен, нужно обратиться к списку <Справочные> и выбрать нужное значение скорости УЗК.

Если значение скорости УЗК известно, оно вводится оператором в режиме <Калибровка> через окно <Справочные> или <Ввод скорости>. Единица измерения – м/с.

Если необходимо произвести измерение скорости УЗ в материале образца известной толщины, выполняют следующее:

- открыть окно <Ввод скорости>;
- клавишами ,  активизировать позицию толщины изделия <H=X,X>;
- с помощью цифровых клавиш набрать значение толщины образца в мм с точностью до 0,01 мм и нажать клавишу ;
- клавишами ,  активизировать позицию скорости УЗ <X,X м/с>;
- установить датчик на образец материала известной толщины и произвести измерение скорости УЗ. При необходимости записать измеренное значение скорости УЗ в архив настроек, предварительно установив нужный номер ячейки архива в позиции <Настройка XX>.

4.3.2. Настройка ВРЧ

Параметры ВРЧ (которые записаны после калибровки в процессе производства по эталону в ячейку архива настроек с номером, соответствующим последним двум цифрам заводского номера датчика) являются оптимальными для измерения объектов, близких по характеристикам к эталону. Начните проводить измерения с заводскими настройками ВРЧ. Они универсальны и, как правило, позволяют промерить с

удовлетворительной точностью подавляющее большинство ОИ. При проведении измерений объектов с иными характеристиками рекомендуется устанавливать или корректировать параметры ВРЧ (полученные при заводской калибровке УТ) с учетом толщины, вида материала, величины затухания УЗ и состояния поверхности в месте контакта ПЭП с объектом измерения.

Устанавливая значения параметров ВРЧ следует иметь в виду, что:

- чем меньше значение максимума ВРЧ, тем выше чувствительность толщиномера к эхо-сигналу;
- чем выше значение скорости спада ВРЧ, тем быстрее во времени увеличивается чувствительность толщиномера к эхо-сигналу.

При обмере стальных изделий с использованием датчика типа П112-5,0-12/2-Б рекомендуется:

- для плоскопараллельных изделий толщиной более 50 мм или цилиндрических объектов диаметром более 100 мм при любой шероховатости поверхности в месте контакта ПЭП значение максимума ВРЧ должно быть в пределах 45-50 дБ или на 5-10 дБ больше значения максимума, полученного при заводской калибровке;
- для объектов с радиусом кривизны менее 20 мм значение максимума должно составлять 25 дБ или на 5-10 дБ меньше значения максимума, полученного при заводской калибровке;
- значения спада характеристики ВРЧ для объектов из стали толщиной более 10 мм должно составлять 2 дБ/мкс. При толщине менее 10 мм значение спада ВРЧ не играет роли. Для иных материалов требуется корректировка значения спада ВРЧ, значение которого может определяться, исходя из коэффициента поглощения данного материала.

Для коррекции значений параметров ВРЧ в режиме <Калибровка> через окно <Настройка> перейти к окну <ВРЧ>. Активизировать позиции максимума ВРЧ или скорости спада ВРЧ и цифровыми клавишами ввести требуемое значение параметра.

Настройка ВРЧ для более сложных объектов описана в Приложении Д.

4.3.3. Настройка задержки

Начните проводить измерения с заводскими настройками задержки. Если результат измерений будет неудовлетворительным, проверьте работоспособность УТ по эталону. Если вы пришли к необходимости корректировать значение параметра **Задержка**, соблюдайте указания, изложенные в Приложении Е. Для всех типов датчиков, в том числе и для датчиков типа П112-5,0-12/2-Б и П112-10-4х4-Б, призмы которых изготовлены из плавленого кварца, имеющего

слабую зависимость скорости УЗ в материале призмы от температуры, корректировать величину задержки при изменениях температуры в процессе измерений не обязательно.

Для всех типов ПЭП, в том числе и для датчиков типа П112-5,0-10/2-А и П112-10-6/2-А, призмы которых изготовлены из других материалов (различные пластики и т.п.), необходимо корректировать величину задержки перед началом измерений, а также при изменениях температуры корпуса датчика в процессе выполнения измерений. Корректировать (измерять) величину задержки целесообразно при каждом изменении температуры корпуса ПЭП более чем на 5°С.

4.4. Проведение измерений

Для обеспечения передачи акустических колебаний преобразователь должен быть плотно прижат к контактирующей поверхности. **ВНИМАНИЕ!** При этом недопустимо ПЭП «притирать» к контролируемой поверхности (двигать или поворачивать на ней), так как это может привести к появлению царапин на рабочей поверхности преобразователя, что в свою очередь приводит к искажению результатов измерений.

На цилиндрических поверхностях малого диаметра (например, трубы) преобразователь устанавливается так, чтобы линия раздела призм ПЭП была ориентирована перпендикулярно оси цилиндра (рис. 7).

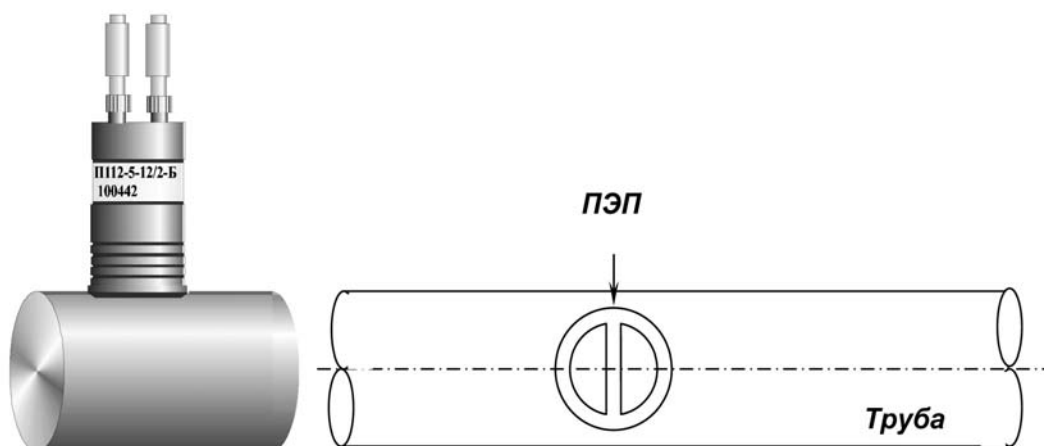


Рис. 7. Расположение ПЭП при измерениях.

Время контакта ПЭП с поверхностью нагретой до 80-150 °С не должно превышать 4 с. Измерение при этом должно проводиться в режиме <Экспресс>. После каждого контакта с нагретой поверхностью ПЭП необходимо охлаждать на воздухе не менее 30 с.

После снятия преобразователя с поверхности изделия необходимо следить за тем, чтобы на контактной поверхности ПЭП не оставался толстый слой контактной смазки, который может приводить к появлению ложных измерений.

Для проведения измерений перейти в режим <Измерение>. Данный режим состоит из двух подрежимов <Стандартное> и <Экспресс>. Подрежим <Стандартное> отличается от подрежима <Экспресс> наличием времени задержки на оценку стабильности контакта ПЭП с объектом. Время получения первого измерения в подрежиме <Экспресс> - не более 0,2 с, в подрежиме <Стандартное> - не более 0,5 с при стабильном контакте. Подрежим <Экспресс> рекомендуется использовать, если сложно достичь стабильного контакта с ОИ, например: при измерениях нагретой поверхности, при измерениях объектов малого радиуса кривизны. В всех прочих случаях используется подрежим <Стандартное>. Выбрать требуемый подрежим, установить ПЭП на подготовленную поверхность. Добиться устойчивого акустического контакта, что отображается на экране в левом нижнем углу символом « \emptyset ». Знак наличия акустического контакта появляется после установки ПЭП на объект измерения, если отраженный эхо-импульс поступил в приемник УТ и принятый сигнал после необходимой обработки соответствует требованиям по обеспечению измерений.

Если при установке ПЭП на ОИ на экране отсутствует символ наличия акустического контакта « \emptyset », то необходимо проверить, наличие смазки и других факторов, влияющих на акустический контакт.

Если при попытке проведения измерений не получен акустический контакт или имеются сомнения в результате измерения, необходимо проверить:


- корректность используемых при измерении значений параметров **ВРЧ** и **Скорости** УЗ. Обнаруженное несоответствие необходимо устранить;
- проверить правильность работы УТ по эталону толщины из комплекта толщиномера согласно п.п. 4.1.

5. АРХИВЫ ПРИБОРА


«ВЗЛЕТ УТ» имеет два типа архивов: архив настроек, где может храниться информация о настройках прибора и архив результатов измерений. Просматривать архивы можно непосредственно на ЖКИ УТ или на ПК через порт последовательного интерфейса RS-232 с помощью программы «Монитор ВЗЛЕТ УТ».


Режим <Архив> предназначен для работы с архивом результатов измерений: чтения результатов и очистки архива.


Архив измерений представляет собой двумерный массив, состоящий из 10 групп по 100 ячеек в каждой. Просмотр архива измеренных значений толщины может осуществляться с ЖКИ в окне <Просмотр архива>.

Для считывания содержимого ячейки архива необходимо нажать клавишу . **ВНИМАНИЕ!** Для удобства просмотра архива, после считывания архивного значения отображаемый номер ячейки увеличивается на единицу. На ЖКИ отображено содержимое запрошенной ячейки архива.

При чтении архива на ЖКИ индицируется запись одной ячейки, выбранной по адресу: номер группы и номер ячейки в группе.

Очистка архива производится в окне <Очистка архива>. По нажатию клавиши  производится очистка всех ячеек одной группы архива измеренных значений, номер которой индицируется. После очистки ячеек изменения номера группы не происходит.

Запись в архив измерений осуществляется после проведения измерения. В случае необходимости записи результатов измерения в архив необходимо указать значение номера группы и номера ячейки. Процедура записи в архив по нажатию  возможна только при активизированной позиции измеренного значения. После проведения записи в архив номер ячейки автоматически увеличивается на единицу, что позволяет записывать несколько результатов измерения, не производя дополнительных действий для изменения номера ячейки.

Возможен ввод значения толщины с клавиатуры по нажатию клавиши  с последующей записью этого значения в архив.

Архив настроек содержит до 100 типов настроек. Под настройкой будем понимать совокупность значений четырех параметров: **Скорость УЗК, max ВРЧ, спад ВРЧ, Задержка** в призмах ПЭП. Для работы с определенным типом настройки необходимо активизировать позицию номер настройки в одном из окон <Ввод скорости>, <ВРЧ>, <Задержка>. Ввести номер ячейки и считать значения настройки. При считывании настройки № XX каждый раз будет происходить считывание четырех параметров одновременно: Скорости УЗК, max ВРЧ, спада ВРЧ, задержки в призмах ПЭП.

После считывания номер настройки увеличивается на 1, поэтому на экране видны считываемые параметры, и уже следующий номер настройки.

Запись значений в настройку производится отдельно и при записи номер настройки не увеличивается, т. е. для записи настройки необходимо: занести в настройку № XX значение скорости, ВРЧ и задержки в призме.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технические характеристики ультразвуковых раздельно-совместимых ПЭП

Условное обозначение	П112-5.0-12/2-Б	П112-10-3/2-А (№ М1)	П112-5-6/2-А (№ М5)	П112-2.5-12/2-Б (№ М11)	П112-2.5-12/2-А-1 (№ М12)	П112-2.5-12/2-А-2 (№ М13)	П112-2.5-12/2-БТ-002	П112-2.5-12/2-БТ-002
$f_{\text{раб}}$, МГц	5,0	10	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Диапазон толщин, мм	1-300	0,5-10	1-30	2-300	1,5-200	3-300	2-300	2-1000
Min радиус изделия при толщине стенки =S, м	R10 S2	R3 S1	R5 S1.2	R10 S3	R10 S3	R10 S3	R10 S3	R10 S3
Rz max поверхности установки ПЭП	160	100	100	100	180	180		
Размер контактной поверхности, мм ²	Ø12	Ø4	Ø6	Ø12	Ø12	Ø12	Ø14	Ø14
Отношение сигнал/шум (дБ) на глубинах диапазона контроля (мм)	16(1-300)						16(2-300)	16(2-1000)
Габаритные размеры dxh, мм	20, h47, 5	7, h12	10, h20	17, h25	16, h20	16, h20		
Фирма изготовитель	Взлет	Константа	Константа	Константа	Константа	Константа	Луч	Луч

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Рекомендации по выбору ПЭП для работы с толщиномером в нестандартных условиях

Как указано в РЭ, толщиномер «Взлет УТ» может работать с отдельно-совмещенными датчиками для толщиномеров на 2,5 – 10 МГц различных фирм изготовителей.

Для оптимального выбора ПЭП, необходимо учитывать совокупность факторов, характерных для данного объекта измерения, среди которых можно отметить, шероховатость, радиус кривизны, толщину, материал, температуру и др. Таким образом, корректно выбрать тип используемого датчика без учета всех условий измерений достаточно затруднительно.

В связи с этим, ниже приводятся общие рекомендации, которые могут помочь наиболее корректно выбрать тип датчика для конкретных задач толщинометрии.

Ультразвуковые раздельно-совмещенные датчики имеют условное обозначение П112-ХХ-ХХ-ХХ, и подразделяются на датчики для толщиномеров и дефектоскопов.

Задачей толщинометрии является получение отраженного донного сигнала. При этом даже для малых измеряемых толщин зондирующий и отраженный импульс не должны сливаться, что обеспечивается за счет применения коротких импульсов и специальных призм в толщиномерном датчике.

Поэтому, специфической особенностью датчиков для толщиномеров является низкая добротность и широкий спектр, для обеспечения их высокой разрешающей способности.

Задачей дефектоскопии является выявление дефектов и оценка их параметров, поэтому для повышения чувствительности контроля датчики для дефектоскопов изготавливаются высокодобротными.

В связи с этим, выбирая раздельно-совмещенный датчик для толщиномера, следует обращать внимание на указание для какого прибора (каких целей) он предназначен.

ВНИМАНИЕ! При использовании ПЭП, не входящих в комплект поставки при их первичном использовании с толщиномером «Взлет УТ» необходимо выполнить калибровку толщиномера на новый ПЭП согласно рекомендациям производителя.

При работе с ПЭП, имеющими призму не из кварца, т.е. из термочувствительного материала необходимо отслеживать температурные изменения времени задержки в призме (меню <Задержка>), влияющие на точность измерения толщины, путем периодического измерения задержки, используя стандартный образец.

Условия измерения, когда рекомендуется использовать ПЭП, не входящий в комплект поставки

На практике необходимость работы с датчиком, не входящим в комплект поставки может возникать в следующих случаях.

1. При измерении толщины объектов, имеющих высокую температуру поверхности.

Датчик П112-5,0-12/2-Б, входящий в комплект поставки обеспечивает измерение толщины с заданной погрешностью (указанной в эксплуатационной документации) при температуре поверхности ОИ до 150⁰С и длительности акустического контакта датчика с поверхностью ОИ не более 20 с.

При необходимости увеличения длительности контакта или температуры поверхности можно использовать высокотемпературные датчики производства ЗАО «Константа» (см. таблицу Б1).

Таблица Б1

Условное обозначение	$f_{\text{раб}}$, МГц	Температура контактной поверхности, ⁰ С	Максимальное время контакта, сек	Время остывания ПЭП, сек	Фирма - изготовитель
П112-5,0 ¹ -12/2-Т	5,0	150	180	300	Константа
		200	30	10	
		350	1	30	

2. При измерении толщины объектов, имеющих малый радиус кривизны ОИ $R < 10$ мм.

Уменьшение радиуса кривизны наружной поверхности приводит к уменьшению площади контакта ПЭП с поверхностью ОИ и, следовательно, к уменьшению амплитуды измеряемого эхо-сигнала. Предельным случаем является контакт в виде линии касания. Для создания более стабильного акустического контакта рекомендуется выбирать ПЭП с минимальным размером контактной поверхности.

Датчик П112-5,0-12/2-Б, входящий в комплект поставки толщиномера «Взлет УТ» обеспечивает измерение толщины объектов с заданной погрешностью, имеющих радиус кривизны $R \geq 10$ мм. При этом, перед проведением измерений, рекомендуется выполнить соответствующую настройку

В случае необходимости контроля изделий с радиусом кривизны $3...5\text{мм} \leq R \leq 20\text{мм}$ и толщине стенки не более 10 мм можно использовать например, П112-10-3/2-А (производства фирмы «Константа»), у которого размер площади контакта

¹ Датчики изготавливаются на частоты: 1,25; 2,5; 5 и 10 МГц по заказу.

составляет 4 мм². В последнем случае квадратная форма элементов также способствует повышению стабильности акустического контакта. Для контроля изделий с толщиной стенки превышающей 10 мм (до 30 мм) можно рекомендовать датчик П112-5-6/2-А (той же фирмы).

Дополнительно рекомендуется, при измерении толщин труб малых диаметров, использовать жидкую контактную смазку (например, масло трансформаторное ГОСТ 982-80), обеспечивая при подготовке контроля гладкую, цилиндрическую контактную поверхность, а при проведении контроля - минимальное количество контактной смазки на поверхности трубы.

3. При измерении толщины объектов имеющих большую шероховатость поверхности ввода ультразвука $Rz \geq 160$ мкм или подвергнутых коррозии (эродированию).

Повышение неровностей поверхности приводит к увеличению толщины слоя жидкости между ПЭП и изделием.

Для измерений толщины металла на поверхности которого наблюдается язвенная коррозия (с глубиной отдельных язв 0,25мм и более) рекомендуется использовать специальные толщиномерные датчики, призмы которых выполнены из материала с низкой скоростью распространения продольных колебаний (плексиглас; капролон и др.) с нулевым или малым (меньше 7°) углом между пьезоэлементами, например датчики типа KMS - 4 (KMR - 4), фирмы Krautkramer (от толщиномеров), или другие датчики близкого типа.

Применение пластмассовых призм, имеющих акустическое сопротивление более близкое (чем для призм из плавленого кварца) к акустическому сопротивлению контактной смазки, улучшает акустическое согласование датчика с контролируемым металлом при увеличенной толщине контактного слоя. При этом, использование малых углов между пьезоэлементами (с учетом материала призм) позволяет выполнять контроль толщины металла даже при наличии язвенной коррозии наружной поверхности металла (поверхности установки датчика), так как малый угол между пьезоэлементами увеличивает величину подповерхностной «мертвой зоны» до 1,5 ÷ 2,5мм.

Использование датчиков с пластмассовыми призмами имеет свои недостатки. Так как скорость звука в пластмассе в значительной степени зависит от температуры, то при изменяющихся температурных условиях на объекте контроля необходима периодическая корректировка значения времени задержки в призме (Выполняется с использованием эталона; меню <Задержка>). Повышенное значение «мертвой зоны» и необходимость многократной корректировки времени задержки в призме уменьшают универсальность использования таких датчиков.

ВНИМАНИЕ! При работе с объектами, имеющими большую шероховатость поверхности, рекомендуется настроить пороговую кривую соответствующим образом (меню <ВРЧ>).

4. При измерении толщины материалов, имеющих большое затухание ультразвука.

4.1. За счет механизма поглощения ультразвука (например, оргстекло).

При выборе датчика следует руководствоваться необходимостью обеспечения относительно низкой рабочей частоты 1-2,5 МГц. Учитывая, что «Взлет УТ» снизу ограничен частотой 2,5 МГц можно рекомендовать использовать П112-2.5-12/2-Б (№ М11), П112-2.5-12/2-А-1(№ М12) или П112-2.5-12/2-А-2 (№ М13) (производства фирмы «Константа»), а также П112-2.5-12/2-БТ-002 (производства фирмы «Луч»). Причем выбор конкретного преобразователя следует производить с учетом всех факторов (шероховатости, толщины ОИ и т. д.).

4.2. За счет механизма рассеяния ультразвука

Рассеяние связано с тем, что материал имеет зернистую структуры, на границах которых могут происходить процессы отражения, преломления и трансформации волн, приводящее к затуханию звука. Для некоторых таких материалов (например, чугуна, композиционных материалов) рассеяние связано с тем, что он представляет собой сплав зерен различных компонентов (для чугуна феррита и графита) и имеет разнотернистую структуру. Для других материалов – с наличием пор или инородных включений. Для третьих – крупнозернистая структура (аустенитные стали).

Для избавления от помех, связанных с дифракционным рассеянием на границах зерен необходимо обеспечить выполнения соотношения $\lambda \gg \bar{D}$, где \bar{D} - размер зерна, λ - длина волны, т.е. выбрать более низкую частоту: 1-2,5 МГц.

НАСТРОЙКА ТОЛЩИНОМЕРА НА НОВЫЙ ПЭП

(СКРЫТОЕ МЕНЮ <ПАРАМЕТРЫ ЭТАЛОНА>)

Для настройки на новый ПЭП выбрать калибровочный образец с известной скоростью распространения продольных волн (которая может быть отличной от скорости в ОИ) и известной толщиной (измеренной микрометром). В качестве эталона может выступать любой шлифованный образец из металла (не имеющий внутренних дефектов) с плоскопараллельными поверхностями, размером не менее 25 x 25 мм (для h = 4) и 50 x 50 мм (для h = 25мм) или стандартные образцы типа СО МИС V2 (СО МИС V1); толщина образца выбирается в диапазоне от 4 до 25 мм.



1. Подключить выбранный датчик к толщиномеру (для этого возможно потребуются перепайка разъемов или использование переходников);
2. Определить значение обобщенного коэффициента в миллиметрах.



Обобщенный коэффициент «К» учитывает влияние геометрических и акустических параметров датчика.

В первом приближении значение коэффициента «К» равно толщине разделительного экрана между призмами датчика. Произвести микрометром измерение толщины разделительного экрана.





3. Настроить Параметры эталона.

- Для этого **в выключенном состоянии прибора**



одновременным нажатием кнопок  и  ; войти в режим <Параметры эталона> .

- Если толщиномер включен, то для этого необходимо выключить его: перейти в <Основное меню> и нажать на кнопку  и, удерживая ее в нажатом положении, нажать на кнопку  или дождаться автоматического отключения;

- Ввести измеренную толщину образца с помощью цифровых кнопок на передней панели прибора.
- Перевести активную (мигающую) позицию на параметр

Скорость клавишами  ,  или  ,  и, если требуется, ввести скорость звука в эталоне цифровыми кнопками.

- Перевести активную (мигающую) позицию на параметр **Коэффициент** и установить измеренное значение обобщенного коэффициента в диапазоне от 0,01 до 0,99, при котором обеспечивается минимальная ошибка измерений малых толщин (после повторно выполненной калибровки) для выбранного датчика.




- Нажать  для запоминания введенных данных, а затем  - для перехода в <Основное меню>.

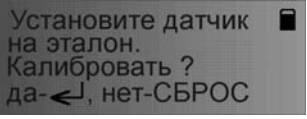

4. Провести КАЛИБРОВКУ ПО ЭТАЛОНУ. Для этого:

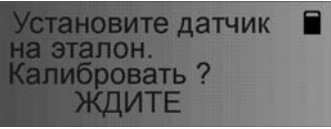

- Выбрать <Основное меню> .
- Выбрать режим <Калибровка>: переместить активную позицию (мигающую индикацию) на указанный режим

стрелками  или  .

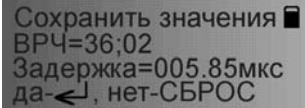
- Перейти в режим <Калибровка> нажатием кнопки  .

- Выбрать режим <Эталон> стрелками  или  и перейти к следующей панели нажатием кнопки .

- Согласиться выбрав «Да»  и нажав .

- После появления панели  с мигающим режимом «ЖДИТЕ».
- Нанести контактную жидкость и установить ПЭП на эталон.
- Добиться устойчивого акустического контакта: появления на экране символа «».

В результате проведения измерений индицируется панель




Т.е. прибор измерит, как уже отмечалось ранее :

- значение максимума кривой ВРЧ, равное 36 (в данном примере);
- время задержки в призме;
- а также скрытый параметр **Коэффициент** из меню <Параметры эталона>.

Необходимо согласиться с этими значениями и сохранить






результаты калибровки, выбрав «Да» и нажав .



5. Выполнить настройку ВРЧ для данного ПЭП.

Для этого, после появления МЕНЮ <ВРЧ> удостовериться, что активной является одна из групп нижней строки: значение максимума или спад ВРЧ, в противном случае добиться этого стрелками и нажать  для перехода режим запоминания параметров ВРЧ

ПРИМЕЧАНИЕ.



В случае, если указанный номер настройки уже использован или содержит нужные для Вас данные, то измените номер. Для этого требуется

- активизировать функцию номера настройки стрелками , .
- ввести номер цифровыми клавишами или стрелками , .
- подтвердить выбор нажатием клавиши .

6. Запомнить значение ВРЧ в необходимый номер настройки, нажатием клавиши .
7. Нажать 2 раза кнопку  и выйти в меню <Калибровка>, выбрать <Настройка>.
8. Ввести скорость УЗК в эталоне (если требуется).
9. Далее выйти в меню <Измерение>, режим <Стандартный> и установить ПЭП на эталон и провести измерение толщины.
10. Удостовериться в правильности калибровки по критерию: толщина должна быть равна толщине эталона с погрешностью $\pm 0,1$ мм.
В противном случае:
 11. Проверить качество акустического контакта.
 12. Если показания прибора не равны толщине образца, то принудительно выключить прибор. Войти в режим <Параметры эталона> и изменить значение обобщенного коэффициента.
 13. В случае занижения показаний, требуется уменьшить коэффициент на величину, равную значению занижения (например, если показания занижены на 0,1 мм, то коэффициент приблизительно надо уменьшить на значение 0,1).
 14. Если значение завышено, то коэффициент требуется увеличивать. Максимальное значение коэффициента 0,99.

ПРИМЕЧАНИЯ.

- Для датчиков с расстоянием между призмами большим, чем 1 мм, коэффициент надо выставлять равным 0,99. И калибровку производить путем регулировки задержки в призме в ручном или в автоматическом режиме.
- Для датчика П112-5,0-12/2-Б, входящего в комплект поставки «Взлет УТ» коэффициент $K=0,85$.

15. Нажать  для запоминания, а затем  для выхода в <Основное меню>.
16. В случае изменения **Коэффициента** в меню <Параметры эталона> необходимо последовательно войти в меню <Калибровка>, <Эталон> и произвести калибровку для нового коэффициента заново (см. пп. 7-17).

Удостовериться, что прибор измеряет толщину с заданной погрешностью, в противном случае методом последовательных приближений добиться этого.

ВНИМАНИЕ! При работе прибор использует параметры эталона, которые были занесены последними. Поэтому, в случае использования разных ПЭП, необходимо задав номер настройки сохранить параметры калибровки (ВРЧ и задержку в призме, при этом установленное значение коэффициента также будет сохраняться). В случае работы с объектами из одного и

того же материала можно сохранить и значение скорости звука для исследуемого материала.

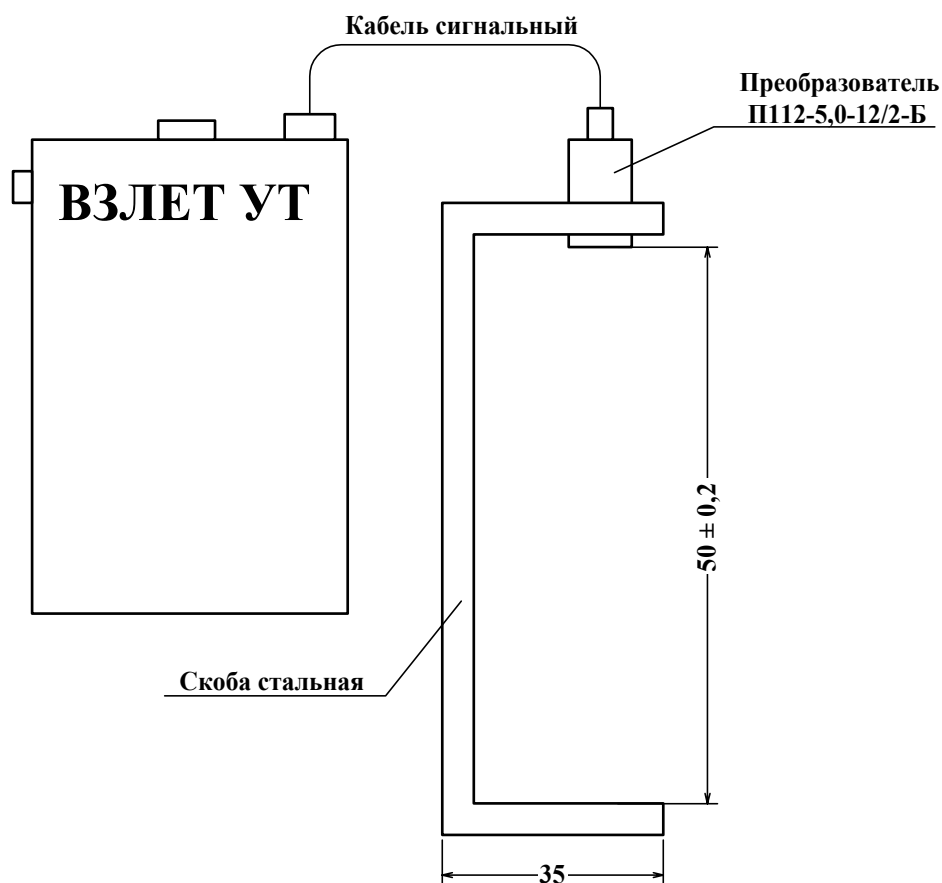
В дальнейшем, подключая новый ПЭП – считывать его настройки из памяти.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Приспособление для измерения скорости ультразвука в жидкости

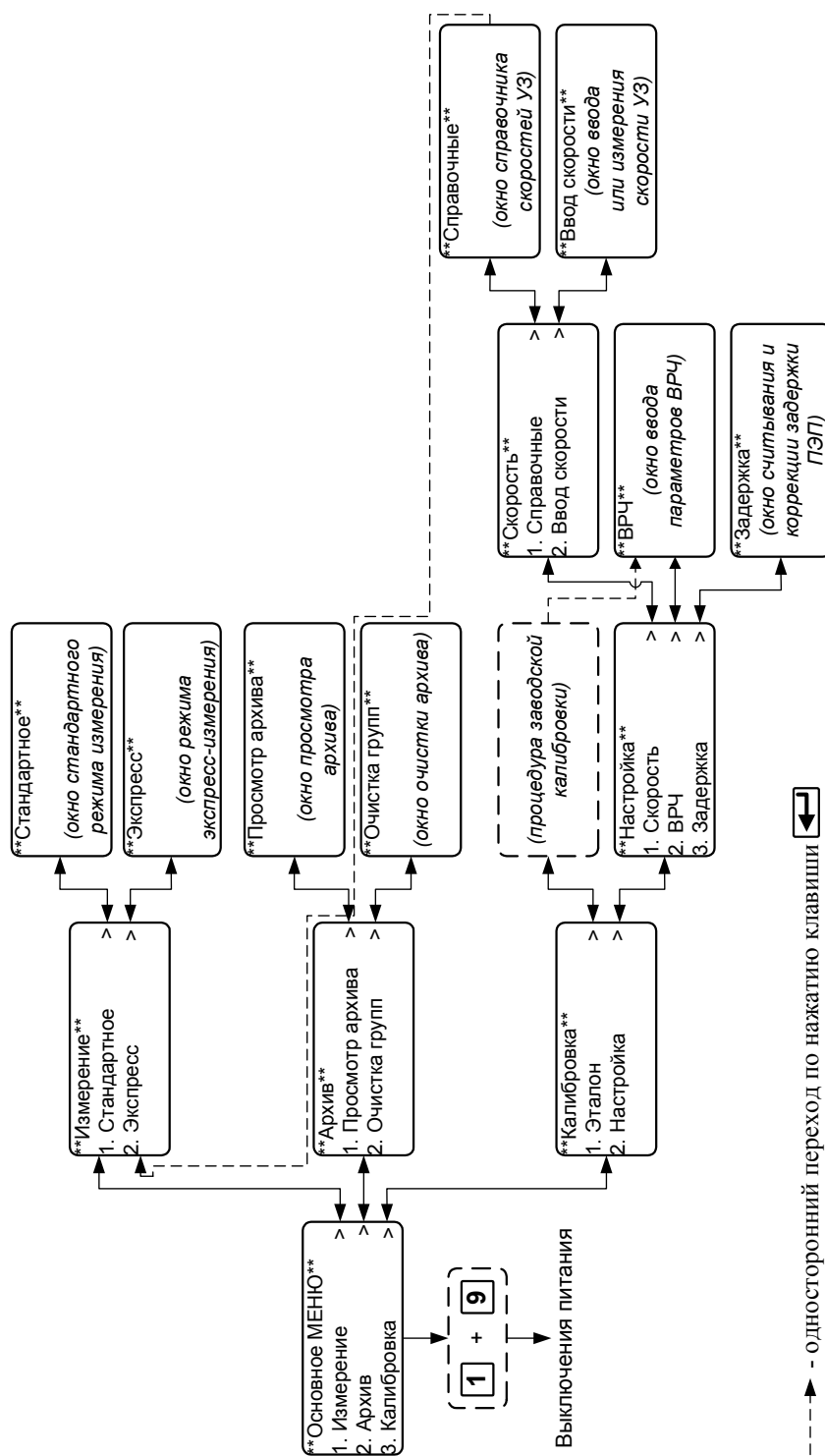
При отсутствии таблиц скорости ультразвука в жидкости скорость ультразвука определяется с помощью приспособления, изображенного на рисунке. Непосредственно перед измерением скорости ультразвука корпус приспособления (скоба стальная) погружается в исследуемую жидкость из трубопровода, а толщиномер настраивается для измерения скорости ультразвука. Затем ультразвуковым толщиномером производят непосредственное измерение скорости ультразвука.

Для измерения скорости ультразвука в жидкости возможно также применение прибора УС-12 ИМ (ЩО 2.048.045 ТО), толщиномеров других типов и т.д.



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Схема организации меню «ВЗЛЕТ УТ»



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Рекомендации по измерению толщины при проведении коррекции пороговой кривой (меню <ВРЧ>)

1. Основные случаи, когда необходимо проведение коррекции пороговой кривой (ВРЧ)

В процессе выполнения измерений толщины в ряде случаев возможно получение некорректных результатов при работе с объектами, имеющими сложную для неразрушающего контроля геометрию:

- малый радиус кривизны поверхности ($R < 20$ мм);
- большую толщину $h > 100$ мм;
- различного рода внутренние дефекты;
- большую шероховатостью поверхности ввода ультразвука (корродированную поверхность) или с зеркальную (абсолютно гладкую) поверхность.

Формальными признаками этого могут быть следующие ситуации:

- в процессе измерения толщины не удается получить результат измерения и добиться устойчивого акустического контакта датчика с объектом измерения – появления на экране символа « \emptyset »;
- измеряемое значение толщины намного меньше реального.

В этих случаях следует выполнить корректировку параметров пороговой кривой (меню <ВРЧ >).

2. Понятие пороговой кривой

Алгоритм измерения, используемый в приборе, позволяет регистрировать все сигналы, амплитуда которых превышает пороговую кривую во временном интервале, соответствующем 300 мм по стали.

При этом пороговая кривая «маскирует» все сигналы, имеющие амплитуду меньше, чем значения порога для данной глубины (h).

В качестве «полезного» (информативного) сигнала выбирается сигнал, имеющий максимальное превышение над кривой маскирования, во всем интервале просмотра (300 мм по стали). Коэффициент усиления (K_y) может изменяться от 0 до 99 дБ во всем интервала просмотра.

Вид пороговых кривых приведен на рис. Д1:

пороговая кривая 1- вид пороговой кривой при максимальном уровне (амплитуде) порога -99 дБ и минимальном значении спада - 1 дБ/мкс.

пороговая кривая 2 - вид пороговой кривой при максимальном уровне (амплитуде) порога -99 дБ и максимальном значении спада - 99 дБ/мкс.

пороговая кривая 3-вид стандартной пороговой кривой для контроля изделий из стали, при максимальном значении амплитуды порога -36 дБ и стандартном значении спада - 2 дБ/мкс;

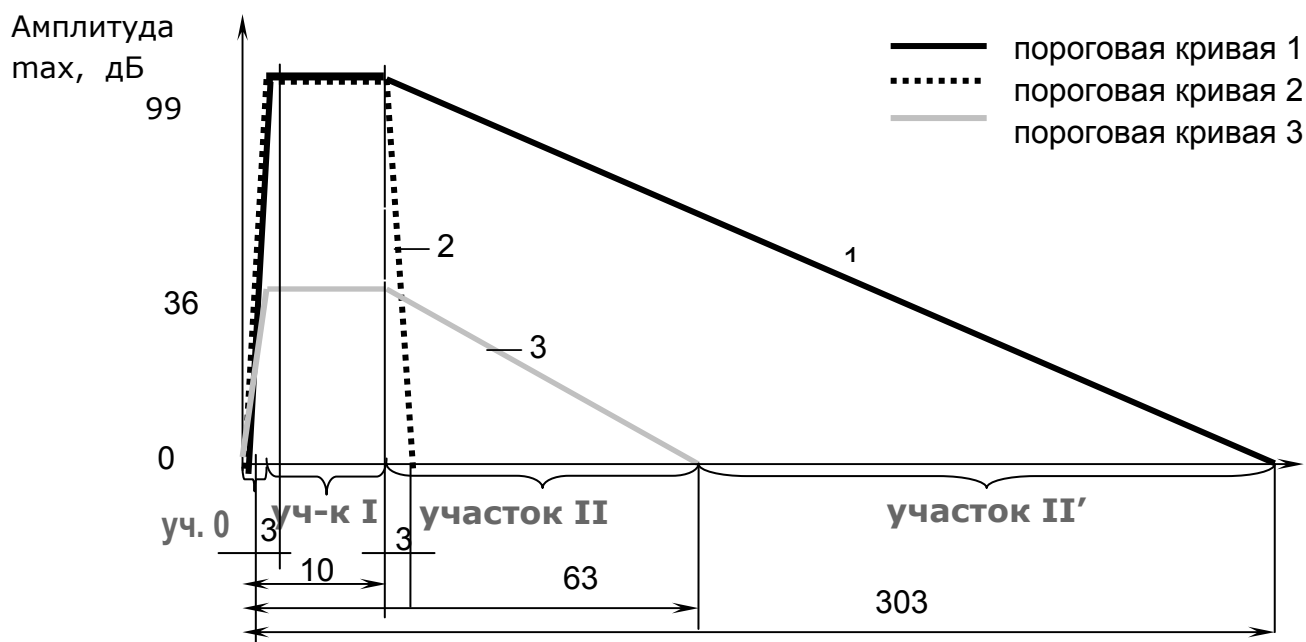


Рис. Д1 Вид пороговых кривых

В общем случае пороговая кривая состоит из трех прямолинейных участков (см. рис.Д1):

участок 0 – участок роста пороговой кривой, длина участка 3 мм (для стали с $CL=5920$ м/с), в дальнейшем описании пренебрежем влиянием этого участка на работу толщиномера;

участок I – участок постоянной амплитуды, длина участка равна 7 мм (для стали с $CL=5920$ м/с) и одинакова для всех пороговых кривых. На этом промежутке (при измерения толщин $H \leq 10$ мм) нет возможности влиять на регистрацию и обработку **первого** донного сигнала путем изменения наклона пороговой кривой;

участок II – участок спада (для пороговых кривых 1 и 3)– зона влияния спада (наклона) пороговой кривой на регистрацию донных сигналов;

участок II' (для пороговых кривых 2 и 3), зона не влияния наклона и амплитуды пороговой кривой на регистрацию донных сигналов.

В этой зоне достигается максимальная чувствительность измерений, т.к. регистрируются все сигналы, превышающие значение 0 дБ.

Изменением величины амплитуды порога max (дБ) и величины спада (дБ/мкс) осуществляется регулирование порога регистрации.

Внимание! Величина амплитуды принимаемого сигнала не зависит от величины амплитуды порога (величина max , дБ в меню <ВРЧ>).

Увеличение амплитуды порога (величины max) приводит к повышению порога регистрации и, следовательно, уменьшению чувствительности толщиномера.

Уменьшение амплитуды порога (величины max) приводит к понижению порога регистрации и, следовательно, увеличению чувствительности толщиномера.

Изменяя параметры пороговой кривой (амплитуду и спад) необходимо добиться превышения величины полезного сигнала над ложными и получить корректные измерения

ДЛЯ СПРАВКИ.

Все сигналы условно можно разделить на «полезные» и «ложные».

Полезный сигнал - это сигнал, позволяющие корректно измерять требуемые параметры. При измерении толщины, в качестве полезного сигнала используется первый донный сигнал.

Ложный сигнал (помеха) – это мешающий сигнал, приводящий к некорректным измерениям.

При измерении толщины ложными сигналами (помехами) являются:

1. Сигналы от призм датчика (сигналы от передней грани (ПГ) (поверхности) объекта измерения);
2. Реверберационные отражения от полостей, заполненных маслом (при большой коробоватости и/или волнистости поверхности ввода ультразвука);
3. Сигналы от дефектов.

Для отстройки от указанных ложных сигналов, в зависимости от геометрических параметров объекта существуют различные способы регулирования порога регистрации.

3. Анализ причин, приводящих к некорректным измерениям толщины

3.1. Оптимизация измерений при наличии внутреннего дефекта

Одной из причин, приводящих к некорректным измерениям толщины, является наличие внутренних дефектов в изделии. В этом случае возможна ситуация когда в качестве показаний прибора регистрируется глубина залегания дефекта, а не толщина изделия, что выражается в том, что измеренное значение толщины меньше реального. Это связано с тем, что превышение амплитуды эхо-сигнала от дефекта над пороговой кривой будет больше, чем превышение амплитуды донного сигнала над пороговой кривой.

Действия:

1. Изменить место установки датчика
Если это невозможно или ситуация не изменилась, то
2. В меню <ВРЧ> выставить максимальное значение амплитуды порога равное 99 дБ;
3. по приблизительно определенному значению измеряемой толщины – h рассчитать и ввести величину спада кривой.

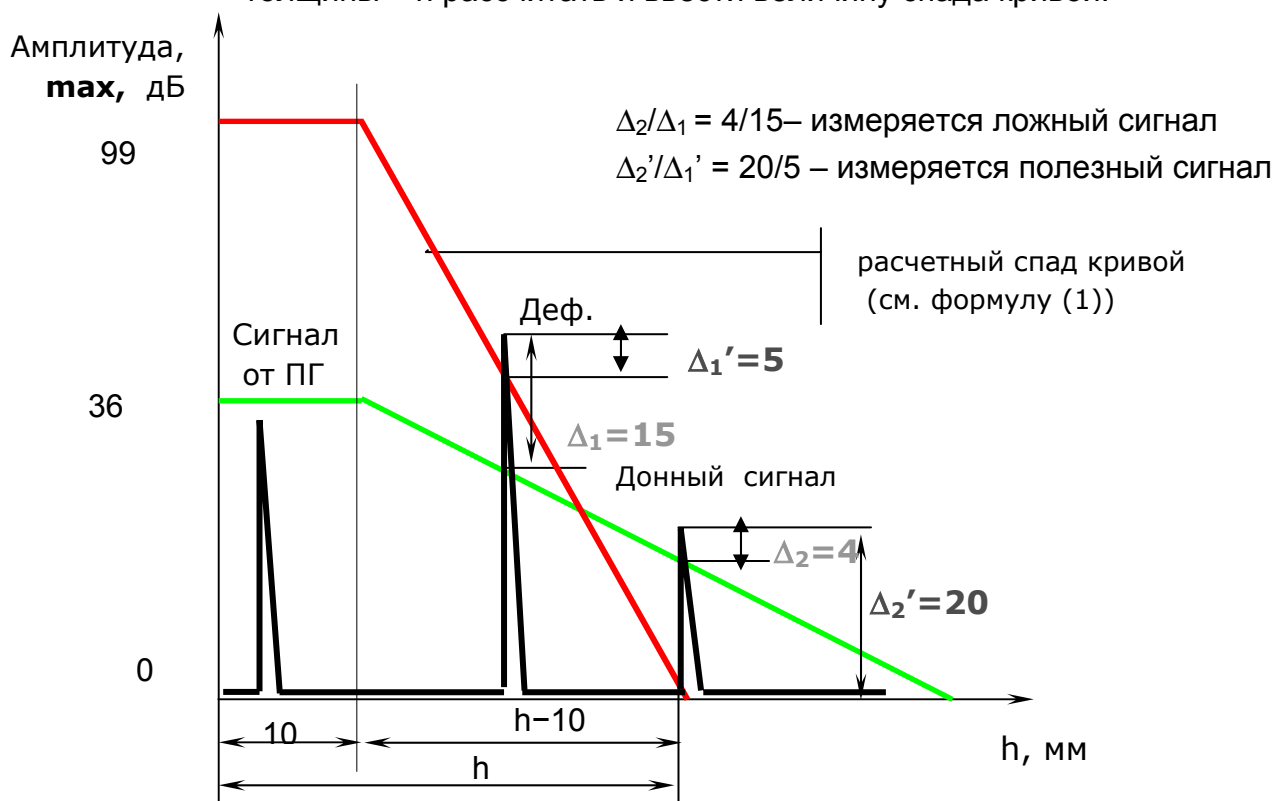


Рис. Д2.

$$H[M] = \frac{c_l \left[\frac{M}{c} \right] \cdot t_{\text{спад}} [c]}{2}$$

$$t_{\text{спад}} [c] = \frac{2 \cdot H[M]}{c_l \left[\frac{M}{c} \right]} = \frac{2 \cdot [h - 10 \cdot 10^{-3}] [M]}{c_l \left[\frac{M}{c} \right]}$$

$$\text{спад} \left[\frac{\text{дБ}}{\text{мкс}} \right] = \frac{99[\text{дБ}]}{t_{\text{спад}} \cdot 10^6 [c]} = \frac{99 \cdot c_l \left[\frac{M}{c} \right]}{2 \cdot 10^6 \cdot (h - 10) \cdot 10^{-3} [мм]} = \frac{99 \cdot c_l \left[\frac{M}{c} \right]}{2000 \cdot (h - 10) [мм]} \quad (1),$$

ЗАМЕЧАНИЯ:

1. Расчет спада кривой проводится для толщин, превышающих $h \geq 10$ мм. Если измеряемая толщина меньше 10 мм, то требуется выставить спад 99 дБ/мкс, а величину амплитуды плавно увеличивать. Если уровень сигнала от дефекта не превышает донный сигнал, указанные действия предотвратят некорректную интерпретацию контроля

2. Если результат вычислений по формуле (1) превышает предельное значение величины спада, то в качестве величины спада устанавливается его предельное значение, равное 99 дБ/мкс.

Пример:

1. материал – сталь $c_l = 5920$ м/с

$h = 150$ мм

$$\text{спад} \left[\frac{\text{дБ}}{\text{мкс}} \right] = \frac{99[\text{дБ}] \cdot c_l \left[\frac{M}{c} \right]}{2000 \cdot (h - 10) [мм]} = \frac{99[\text{дБ}] \cdot 5920 \left[\frac{M}{c} \right]}{2000 \cdot (150 - 10) [мм]} = 2,09 \left[\frac{\text{дБ}}{\text{мкс}} \right]$$

Результат вычислений требуется округлить до целого числа. Таким образом, спад = 2 дБ/мкс.

2. материал – сталь $c_l = 5920$ м/с

$h = 11$ мм

$$\text{спад} \left[\frac{\text{дБ}}{\text{мкс}} \right] = \frac{99[\text{дБ}] \cdot c_l \left[\frac{M}{c} \right]}{2000 \cdot (h - 10) [мм]} = \frac{99[\text{дБ}] \cdot 5920 \left[\frac{M}{c} \right]}{2000 \cdot (11 - 10) [мм]} = 293,04 \left[\frac{\text{дБ}}{\text{мкс}} \right]$$

В случае, если результат вычислений превышает предельное значение величины спада в приборе следует установить предельное значение величины спада. Таким образом, спад = 99 дБ/мкс.

Если толщина измеряемого изделия неизвестна даже приблизительно, то для избавления от мешающих сигналов от дефектов требуется попеременно плавно повышать значение амплитуды пороговой кривой (с шагом 3-5 дБ) и величину спада (с шагом 1 дБ/мкс). Если уровень сигнала от дефекта не превышает донный сигнал, указанные действия предотвратят некорректную интерпретацию контроля. Для повышения надежности рекомендуется произвести измерение толщины в нескольких точках по диаметру трубы.

3.2. Влияние слоя контактной смазки на корректность измерений толщины

Слой контактной смазки, используемой для обеспечения акустического контакта, также может явиться причиной некорректных измерений. Возможна ситуация, когда превышение над порогом отраженного от слоя ложного сигнала будет больше чем превышение донного сигнала. При этом прибор будет регистрировать толщину слоя контактной смазки, которая намного меньше реальной толщины.

Действие: использовать более жидкую смазку.

3.3. Влияние толщины и радиуса объекта измерений на корректность измерений

Помимо рассматриваемых ниже причин, характерных для конкретных геометрических параметров объекта измерения, на корректность результатов измерений не зависимо от геометрической формы объекта влияют такие причины как внутренние дефекты и контактная смазка (см .таблицу 2).

3.3.1. Измерение объектов толщиной ≤ 10 мм

При измерении объектов, имеющих толщину менее 10 мм, обеспечивается высокая чувствительность. При этом первый донный сигнал, как правило, превышает ложные сигналы и наблюдается примерно следующая картина (рис. Д3)

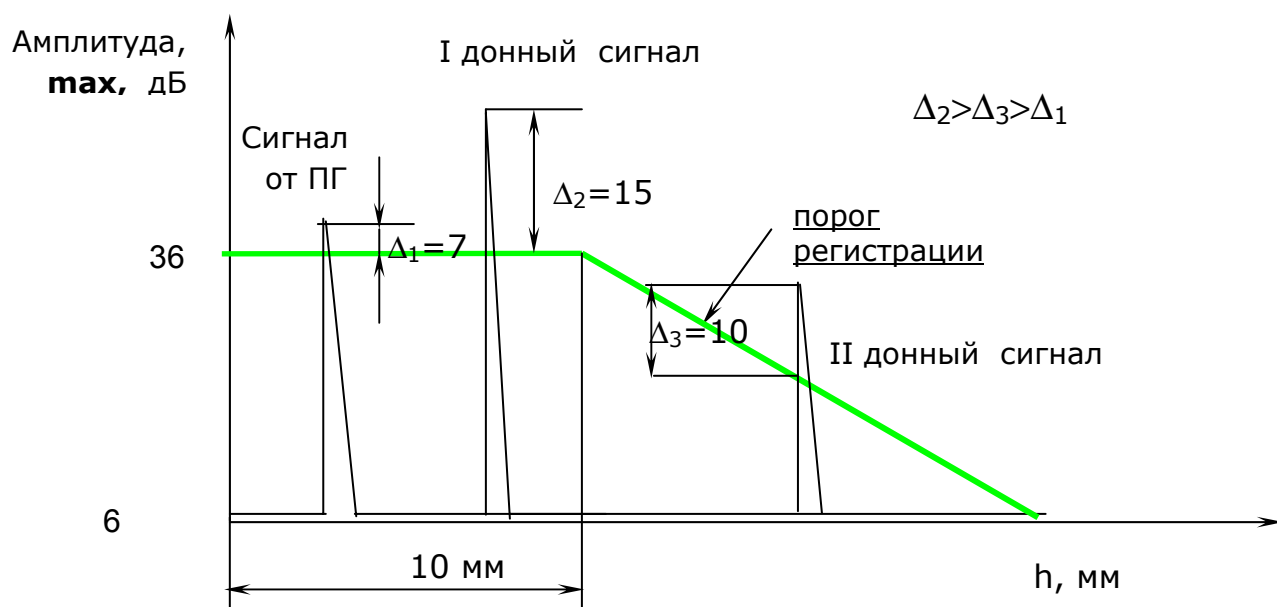


Рис.Д3. Изображение сигнала при контроле изделий с толщиной ≤ 10 мм.

На рисунке $\Delta_2 > \Delta_3 > \Delta_1$, поэтому измерение будет выполняться по I донному сигналу.

Причины, приводящие к некорректным измерениям при работе с объектами толщиной ≤ 10 мм

При измерении объектов с толщиной ≤ 10 мм отсутствие стабильного акустического контакта или некорректные измерения толщины могут быть вызваны следующими причинами:

1. Ложные сигналы от призм (ПГ) превышают донный сигнал $\Delta_1 > \Delta_2$.

Действие: В связи с тем, что донный сигнал находится в пределах I участка пороговой кривой, где спад (наклон) пороговой кривой не может повлиять на регистрацию донного сигнала.

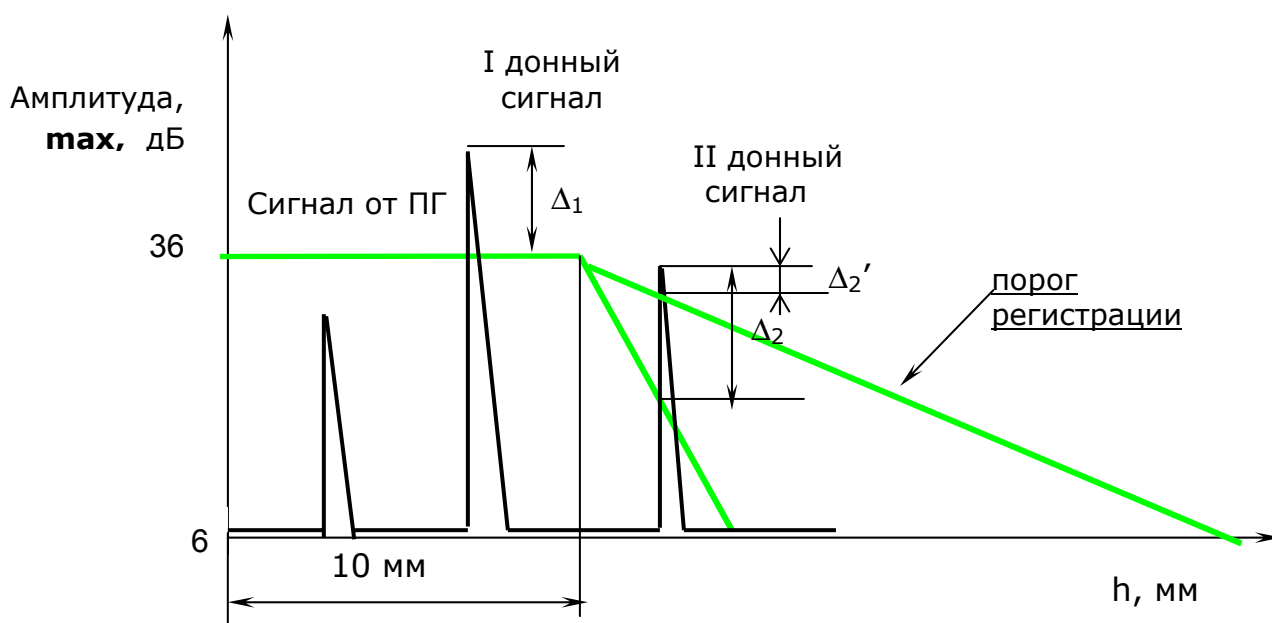
Рекомендуется дополнительная зачистка поверхности ввода ультразвука под датчиком для увеличения отношения полезный сигнал / помеха.

2. В приборе установлено значение амплитуды (величина \max в меню <ВРЧ>) пороговой кривой превышающее 36дБ. В этом случае амплитуда I донного сигнала ниже уровня порога и прибор не может его зарегистрировать.

Действие: понизить значение порога

3. В приборе установлено завышенное значение спада пороговой кривой. В результате этого, амплитуда II донного сигнала превышает пороговую кривую на большую величину, чем ее превышает амплитуда I донного сигнала (рис. Д4). При этом происходит ложное измерение, равное удвоенному значению толщины.

Действие: уменьшить величину спада кривой маскирования до значения 2 дБ/мкс или 1 дБ/мкс.



$\Delta_2 > \Delta_1$, где Δ_2 - превышение амплитуды II дон. сигнала амплитуды пороговой кривой в начальный момент времени

$\Delta_2' < \Delta_1$, где Δ_2 - превышение амплитуды II дон. сигнала амплитуды пороговой кривой после уменьшения величины спада

Рис.Д4. Изображение сигнала при контроле изделий с толщиной $h \leq 10$ мм.

3.3.2 Измерение объектов толщиной $10 \text{ мм} < h \leq 50 \div 100 \text{ мм}$

Как и в предыдущем случае, при измерении объектов, имеющих толщину в диапазоне $10 \text{ мм} < h \leq 50 \div 100 \text{ мм}$, обеспечивается сравнительно высокая чувствительность, донный сигнал, как правило, превышает ложные сигналы и наблюдается следующая картина (рис.Д5).

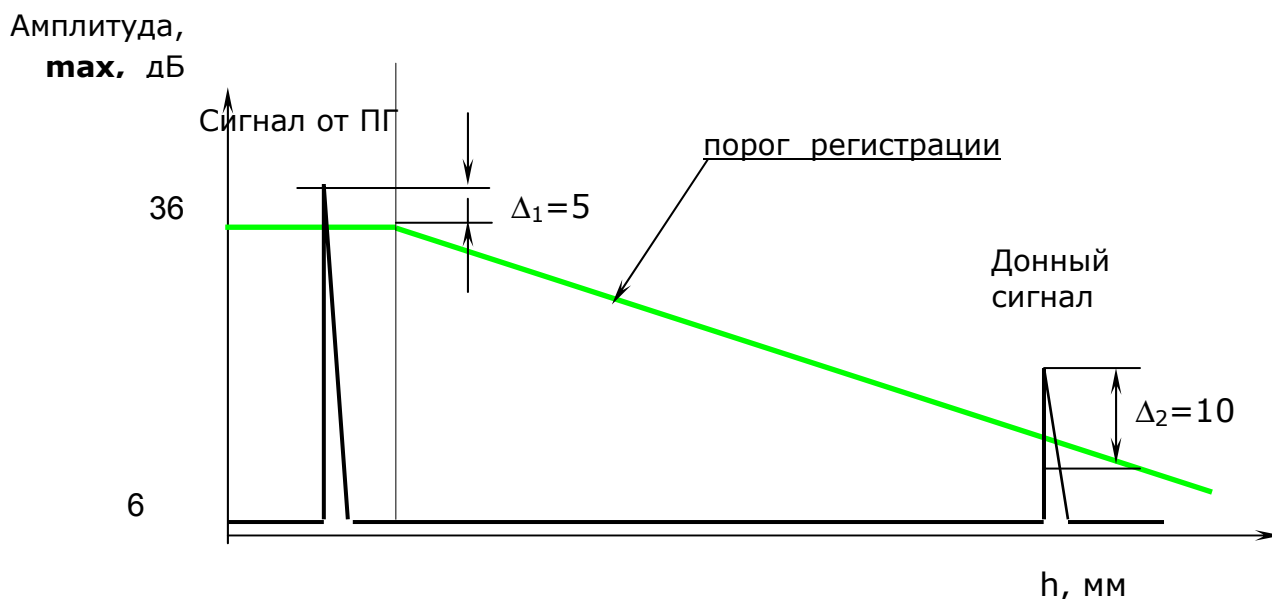


Рис. Д5. Изображение сигнала при контроле изделий с толщиной $10 \text{ мм} < h \leq 50 \div 100 \text{ мм}$.

Причины, приводящие к некорректным измерениям при работе с объектами толщиной $10 \text{ мм} < h \leq 50 \div 100 \text{ мм}$

При измерении объектов толщиной $10 \text{ мм} < h \leq 50 \div 100 \text{ мм}$ отсутствие стабильного акустического контакта или некорректные измерения толщины может быть вызвано следующими причинами:

1. Уровень ложных сигналов от призм (ПГ) превышает донный сигнал $\Delta_1 > \Delta_2$ (зеленая кривая на рис.Д6) в отличие от примера, изображенного на рисунке Д5 .

Действие: незначительно повысить порог регистрации (порядка 5 дБ-10) и /или увеличить величину спада пороговой кривой.

Пояснение: Сигнал от призм лежит в зоне постоянного значения амплитуды пороговой кривой, а донный — в зоне спада, поэтому при повышении порога регистрации (рис.Д6) и дополнительном увеличении величины спада (рис. Д7) увеличивается отношение сигнал/помеха, что позволяет выполнить измерения толщины корректно.

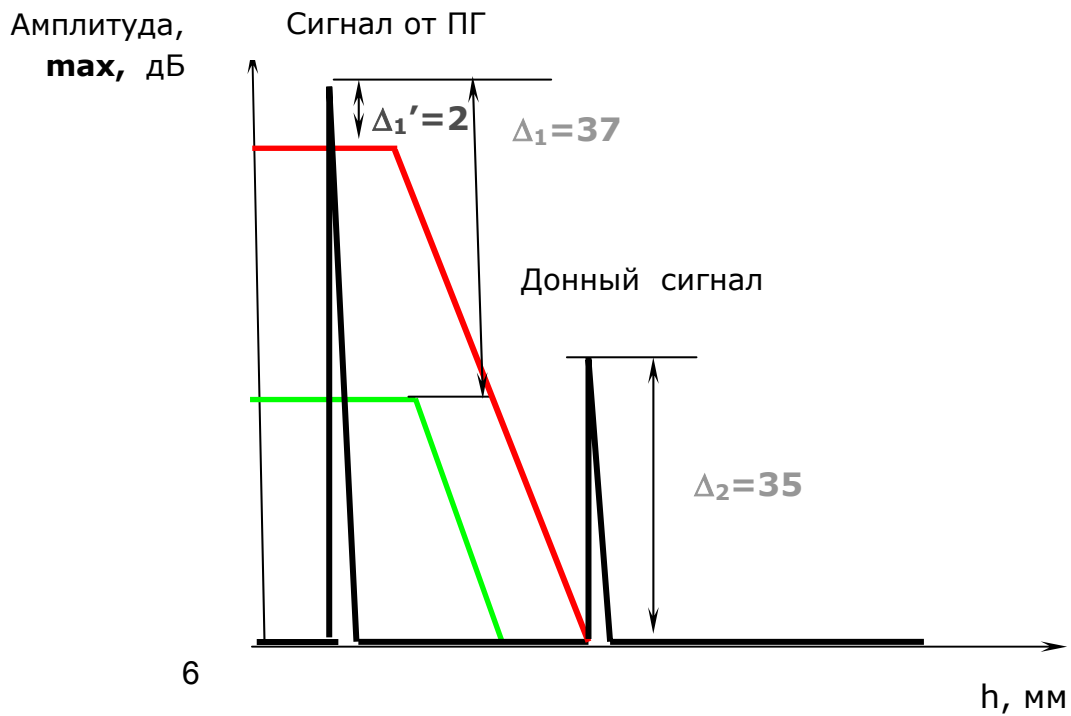


Рис. Д6.

До корректировки ВРЧ отношение полезный сигнал/помеха было $\Delta_2/\Delta_1=35/37$ – следовательно измерялся «ложный» сигнал.

После корректировки отношение полезный сигнал/помеха стало $\Delta_2/\Delta_1'=35/2$, измеряется полезный сигнал.

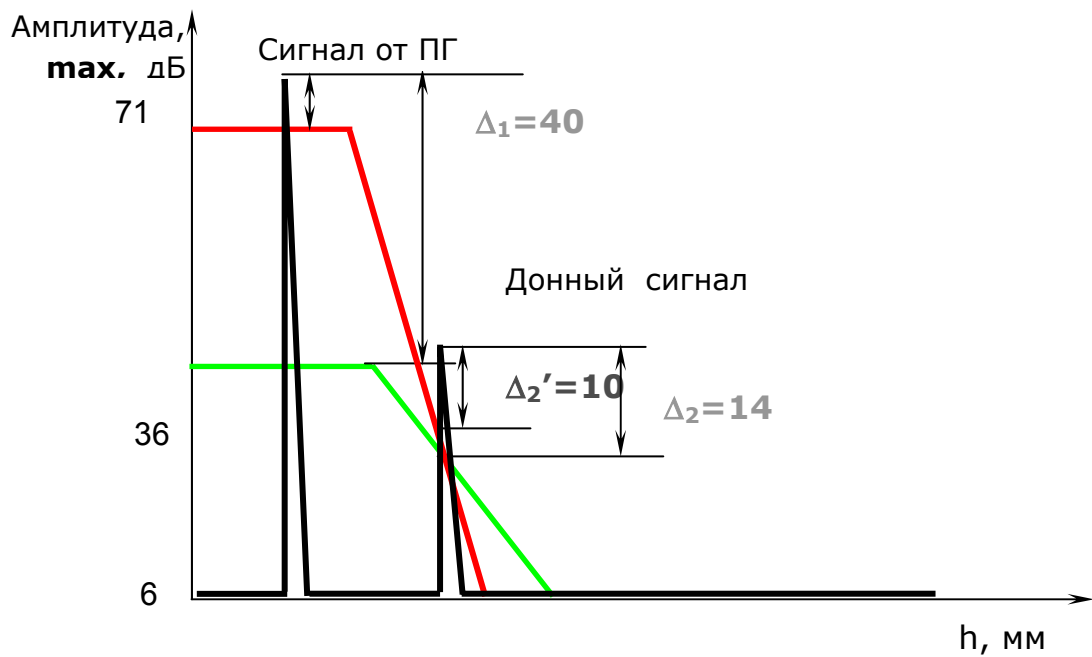


Рис. Д7.

$\Delta_2/\Delta_1=14 / 40$ – измеряется ложный сигнал

$\Delta_2'/\Delta_1'=10/5$ – измеряется полезный сигнал

В данном случае не достаточно только поднять порог, требуется также изменить величину спада.

3.3.3 Измерение объектов большой толщины $h > 100$ мм

Как известно, по мере удаленности от источника излучения (ПЭП) происходит затухание и дифракционное рассеивание ультразвукового сигнала. Поэтому при большой толщине измеряемого объекта, донный сигнал получается слабый и это может привести к тому, что ложный сигнал (помеха) от передней грани изделия будет иметь большее превышение над пороговой кривой, чем донный сигнал. Это приведет к некорректным измерениям толщины: 1-5 мм, вместо 50-100 мм).

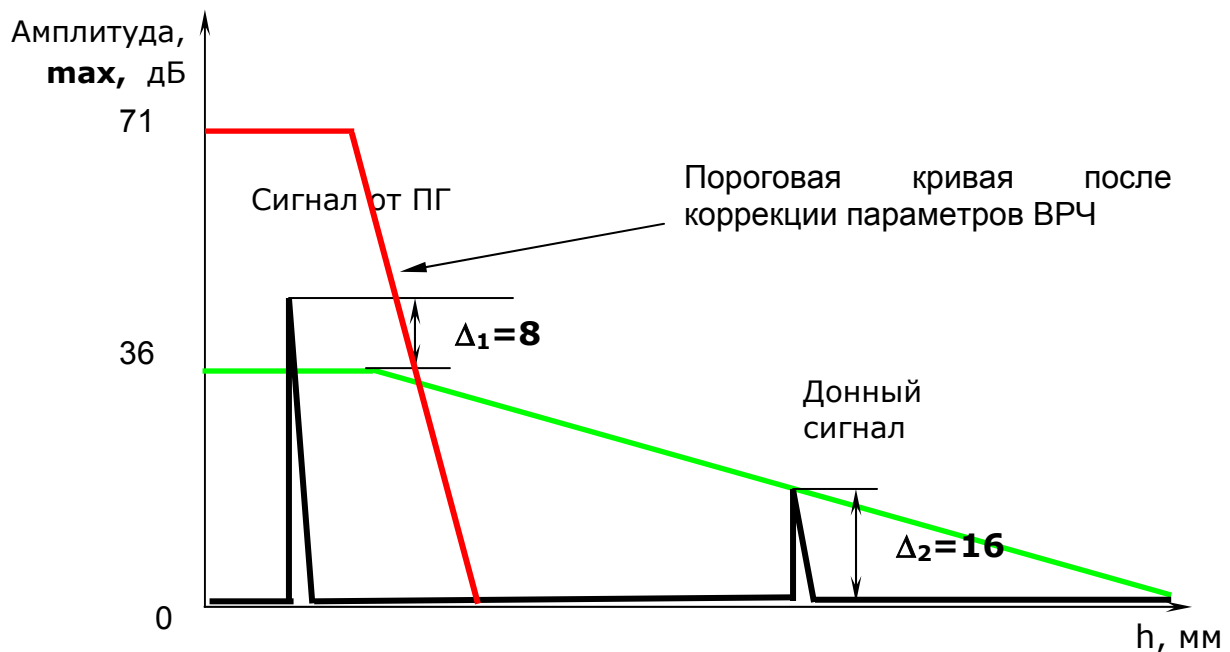


Рис. Д8.

Причины, приводящие к некорректным измерениям при работе с объектами толщиной $h > 100$ мм

Донный сигнал ниже порога регистрации (рис.Д8).

Действие: значительно повысить порог регистрации и увеличить значение спада (по формуле (1) п 4.3.1 или до предельного значения 99 дБ/мкс):

Например: $\text{max} = 99$ дБ ; спад = 99 дБ/мкс(рис. Д8).

Пояснение: Измерение происходит в случае превышения уровня амплитуды над порогом регистрации. Поэтому увеличение амплитуды пороговой кривой и величины ее спада, дает возможность увеличить отношение полезный сигнал / помеха, а значит корректно выполнить измерения.

3.3.4. Измерение объектов с малым радиусом поверхности ($R < 10$ мм)

При малой кривизне поверхности для проведения корректных измерений, в случае отсутствия язвенной коррозии поверхности ввода, рекомендуется использовать **жидкую** смазку (с малой вязкостью) и в **малом** количестве, что позволяет обеспечить практически точечный контакт и избежать реверберационных переотражений в слое контактной смазки. Так как при этом площадь соприкосновения между преобразователем и объектом измерения мала, то что приводит к уменьшению амплитуды донного сигнала (рис. Д9), что не позволяет выполнить измерения при стандартных параметрах кривой маскирования.

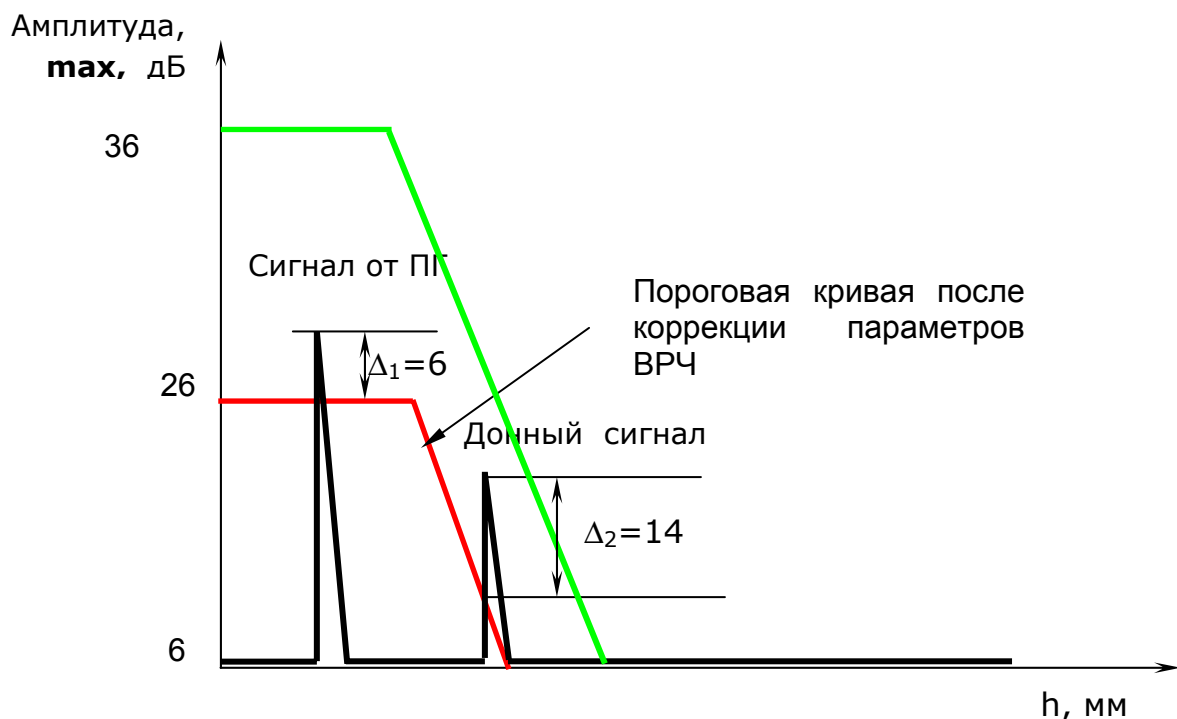


Рис. Д9.

Донный сигнал ниже уровня порога регистрации (рис.Д9). Измерения выполняются в случае превышения амплитуды полезного сигнала над порогом регистрации, поэтому понижение уровня кривой дает возможность зарегистрировать отраженный сигнал.

Действие: понизить порог регистрации (рис. Д9).

3.4. Влияние состояния поверхности ОИ на корректность измерений

3.4.1. Измерение объектов с большой шероховатостью поверхности ввода ультразвука или с корродированной поверхностью

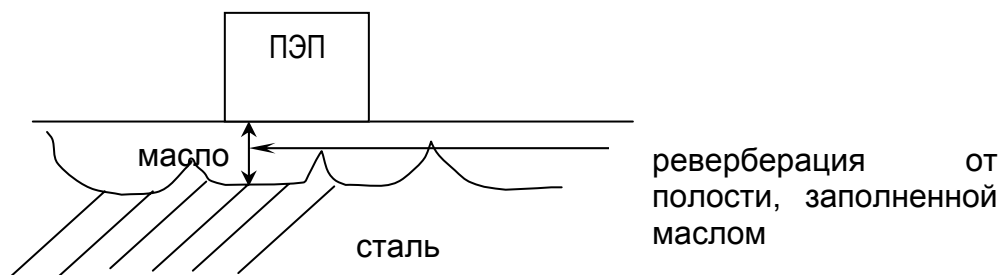


Рис. Д10.

Причины, приводящие к некорректным измерениям при работе с объектами с большой шероховатостью поверхности ввода ультразвука

При измерениях толщины объектов с большой шероховатостью поверхности ввода ультразвука или с корродированной поверхностью возможна ситуация, изображенная на рис.Д10, когда происходят реверберационные переотражения в полостях, заполненных контактной жидкостью. Это приводит к тому, что увеличивается сигнал от поверхности ($\Delta_1 > \Delta_2$), поэтому возможны некорректные измерения толщины (по сигналу от поверхности).

Действия: Для избавления от помехи, возникающей за счет реверберационных переотражений в слое масла следует повысить порог регистрации и увеличить величину спада пороговой кривой до значения, рассчитанного по формуле (1) (см. п. 3.1.).

3.4.2. Измерение объектов с шероховатости поверхности ввода ультразвука $R_z \rightarrow 0$ мкм (зеркальной поверхности)

При зеркальной поверхности ввода ультразвука ($R_z \rightarrow 0$ мкм) возможна ситуация, когда резко усиливается сигнал от призм преобразователя за счет слабого демпфирования релеевской волны (релеевская волна не затухает и проходит с одной призмы на другую). Уровень ложных сигналов от призм (ПГ) превышает донный сигнал $\Delta_1 > \Delta_2$.

Действие: повысить порог регистрации и увеличить величину спада пороговой кривой до значения, рассчитанного по формуле (1) (см. п.3.1.).

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Измерение задержки в призмах ПЭП

Значение задержки для конкретного датчика является индивидуальной характеристикой ПЭП. Физически величина задержки определяется временем распространения УЗК в призмах датчика и равна задержке начала измерения интервала времени прохождения УЗ импульса в изделии по отношению к началу генераторного импульса возбуждения ПЭП. В процессе эксплуатации значение задержки может измениться:

- при механическом износе (уменьшении толщины) призм датчика;

- при изменениях температуры корпуса ПЭП в процессе выполнения измерений.

ВНИМАНИЕ ! Для определения нового значения величины задержки необходимо использовать только прилагаемый к прибору эталон толщины. Использование каких-либо других эталонов для выполнения данной процедуры недопустимо.

Измерение значения задержки производится при корректных параметрах ВРЧ и скорости УЗ 5920 м/с. Порядок определения нового значения величины задержки следующий:

- открыть окно <Задержка>;

- клавишами  ,  активизировать значение задержки;

- установить ПЭП на эталон и добиться акустического контакта;

- оторвать датчик от поверхности эталона. При этом полученное значение задержки запишется в ОЗУ. При необходимости можно записать измеренное значение задержки в архив настроек, предварительно установив нужный номер ячейки архива в позиции <Настройка ХХ>.

Для всех типов датчиков, в том числе и для датчиков типа П112-5,0-12/2-Б и П112-10-4х4-Б, призмы которых изготовлены из плавленного кварца, имеющего слабую зависимость скорости УЗ в материале призмы от температуры, корректировать величину задержки при изменениях температуры в процессе измерений не обязательно.

Для всех типов ПЭП, в том числе и для датчиков типа П112-5,0-10/2-А и П112-10-6/2-А, призмы которых изготовлены из других материалов (различные пластики и т.п.), необходимо корректировать величину задержки перед началом измерений, а также при изменениях температуры корпуса датчика в процессе выполнения измерений. Корректировать (измерять) величину задержки целесообразно при каждом изменении температуры корпуса ПЭП более чем на 5°С.