

ИЦ “Физприбор”

**ПОВЕРКА
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА
ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**
Методические указания

Составил: Бархатов В.А.

Екатеринбург
2000 г

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Введение	3
2.	Основные параметры ультразвукового дефектоскопа	9
2.1.	Генератор зондирующих импульсов	9
2.2.	Приемный тракт дефектоскопа и система ВРЧ	13
2.3.	Глубиномер	16
2.4.	Система отображения сигналов	19
2.5.	Автоматический сигнализатор дефекта	20
2.6.	Информационная система дефектоскопа	23
3.	Схемы измерений параметров ультразвуковых дефектоскопов	23
4.	Поверка электронного блока ультразвукового дефектоскопа	30
4.1.	Операции поверки	30
4.2.	Средства поверки	31
4.3.	Требования к квалификации поверителя	33
4.4.	Требования безопасности	33
4.5.	Условия поверки	33
4.6.	Проведение поверки	34
4.7.	Внешний осмотр	34
4.8.	Опробование	34
4.9.	Определение параметров зондирующего импульса	34
4.10.	Определение максимальной чувствительности приемника дефектоскопа	36
4.11.	Определение полосы пропускания приемника	38
4.12.	Определение параметров амплитудной характеристики приемного тракта	40
4.13.	Определение погрешности измерения отношения амплитуд сигналов на входе приемника	43
4.14.	Определение динамического диапазона временной регуляции чувствительности	45
4.15.	Определение погрешности срабатывания порогового индикатора	47
4.16.	Проверка диапазонов настройки АСД	49
4.17.	Проверка диапазонов работы системы отображения сигналов	52
4.18.	Определение погрешности глубиномера	54
4.19.	Проверка работоспособности информационной системы дефектоскопа	57
4.20.	Оформление результатов поверки	58
5.	ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ	59

1. Введение

С начала практического применения ультразвуковых методов дефектоскопии (50-е годы) и до настоящего времени, не прекращаются споры между метрологами, поверителями средств измерений и дефектоскопистами, разработчиками методов контроля на тему – **являются ли ультразвуковые дефектоскопы средствами измерений**. Это довольно сложный и неоднозначный вопрос, который непосредственно касается необходимости поверки дефектоскопов. Попробуем разобраться в данной проблеме. Проще всего это сделать на примере.

Пусть в каком-либо объекте встречается только один вид дефектов, скажем поры - сферические несплошности. Поры могут иметь различные размеры и располагаться во всем объеме изделия. На изделие в рабочих режимах действуют механические нагрузки и, естественно, вокруг несплошности происходит концентрация механических напряжений. Чем больше размер поры, тем сильнее концентрируются (увеличиваются) напряжения в окружающей ее области. Существует критический размер поры, при котором механические напряжения начинают превышать предел прочности, тогда изделие разрушается, происходит авария. Можно провести расчеты на прочность и указать максимально допустимый размер поры, при котором изделие не теряет свою механическую прочность. Обычно в таких расчетах устанавливают некоторый запас прочности изделия.

Для выявления несплошностей используем ультразвуковой метод неразрушающего контроля. Максимально допустимый размер поры по методике контроля будет браковочным уровнем. Если выявлена пора с размером больше максимально допустимого, она является недопустимым дефектом, изделие бракуется. Если выявлена пора с размером меньше максимально допустимого, несплошность не ухудшает прочность изделия и считается допустимой, изделие признают годным.

Для реализации метода контроля нужно определять размер поры в изделии. Возьмем ультразвуковой дефектоскоп, преобразователь и выберем метод прозвучивания. Здесь хорошо будет работать эхометод.

Необходимо еще настроить дефектоскоп. Для этого сделаем образцы с искусственными отражателями. Причем материал образцов должен быть таким же как у изделия. Отражатели изготовим в виде полусфер различного размера и расположим их в образцах на различной глубине. Диапазон размеров отражателей должен соответствовать размерам выявляемых пор в изделии, а диапазон глубины их залегания должен охватывать размеры изделия.

Проведем настройку дефектоскопа. Измерим амплитуды эхосигналов от отражателей в образцах и составим зависимости амплитуд эхосигналов от размера и глубины залегания. Представим данные зависимости, например, в виде графиков.

Теперь будем проводить неразрушающий контроль. Будем прозвучивать изделия и измерять амплитуды эхосигналов от пор. По графикам определим размеры пор и оценим их опасность, т.е. разберуем изделия. Поскольку погрешность измерений дефектоскопа и погрешность наших графиков известны, мы получим **косвенный метод измерений**.

Таким образом, **если известен тип несплошности, то ультразвуковой дефектоскоп реализует косвенный метод измерения размера несплошности**. В данном случае ультразвуковой дефектоскоп является средством измерений (СИ) со всеми вытекающими последствиями.

Однако, реальное применение методов неразрушающего контроля сильно отличается от выше приведенного примера. Дело в том, что в изделиях могут быть различные типы дефектов. В принципе может встретиться любой дефект из бесконечного множества типов. Зависимость амплитуды эхосигнала от размера и глубины залегания для каждого типа дефекта будет индивидуальным. Может встретиться дефект, который не обнаруживается ультразвуковым методом (от него не формируется эхосигнал), но он является опасным концентратором напряжений. Метод контроля пропускает дефект. С другой стороны есть несплошности, от которых прекрасно отражаются ультразвуковые волны и формируется эхосигнал большой амплитуды. Такие несплошности бракуются по методике контроля, но они могут быть слабыми концентраторами механических напряжений. Наблюдается перебраковка дефектов.

Методами ультразвуковой дефектоскопии производится обнаружение несплошностей и оценка их опасности. Численные характеристики сигналов от дефектов определяются, но погрешность измерений неизвестна, так как неизвестен тип

дефекта. Поэтому ультразвуковой дефектоскоп, используемый по его основному назначению, не является средством измерений.

Нужно признать, что методы ультразвукового контроля не дают 100% гарантии правильного определения типа и размера всех несплошностей. Методики ультразвукового контроля, как правило создаются для выявления наиболее опасных, типичных, наиболее часто встречающихся дефектов в изделиях. При этом выявляемость таких дефектов высокая, и оценка качества изделий достаточно реалистична.

Метод ультразвукового контроля должен обладать воспроизводимостью, т.е. результаты контроля должны быть одинаковыми при повторном проведении контроля и при замене элементов оборудования: дефектоскопов, преобразователей, образцов. Для этого в методиках контроля формулируются требования к ультразвуковой аппаратуре, указываются способы прозвучивания изделий, определяемые информативные параметры дефектов и правила браковки.

Как соотносится метрологическая поверка дефектоскопа с его «не метрологическим» применением? Зачем нужно поверять ультразвуковой дефектоскоп?

Главной задачей метрологии для средств неразрушающего контроля является обеспечение воспроизводимости результатов контроля. Для того, чтобы результаты контроля были одинаковыми, нужно проводить контроль как минимум одинаковыми дефектоскопами, а для этого необходимо поверять их метрологические характеристики

Ультразвуковая аппаратура, применяемая в различных отраслях промышленности, достаточно разнообразна. Создание универсальной методики поверки ультразвуковых дефектоскопов различного назначения, вряд ли возможно. Поэтому нужно определиться – **данные методические указания представляют собой типовую методику поверки ультразвукового дефектоскопа общего назначения используемого для ручного контроля.**

Аппаратура ультразвукового контроля является, пожалуй самой сложной по сравнению с приборами, реализующими другие методы контроля. Кроме того, средства ручного УЗ контроля имеют широкую область применения. Например, дефектоскоп общего назначения УД2-12 успешно используется для контроля тонкостенных сварных швов толщиной от 3мм и более, тот же самый дефектоскоп применяется для

контроля вагонных осей с торца, длина прозвучивания эхо-методом составляет 2150мм.

Ультразвуковым методом в ручном варианте производится контроль громадного количества различных изделий с размерами примерно от 2 мм до 3000мм. В связи с этим УЗ дефектоскоп должен иметь возможность настройки в широком интервале параметров.

Создано большое количество инструкций по ультразвуковому контролю изделий. Практически основной объем работ в ручном УЗ контроле производится по объектам, опасным в эксплуатации. Контроль осуществляется по инструкциям, утвержденным Госгортехнадзором России. Ниже приведен перечень наиболее часто применяемых инструкций.

1. **РД 34.17.302-97** Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды. Сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения. (**ОП 501 ЦД - 97**).
2. **РД РОСЭК 001-96** Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения.
3. **ОСТ 26.2044 – 83** Швы стыковых и угловых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля.
4. **ВСН 012-88. Ч.1.** Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Контроль качества и приемка работ.

В указанных документах описаны разнообразные виды контроля, но, тем не менее, диапазоны работы ультразвукового дефектоскопа в них гораздо уже, чем возможности прибора. В большинстве случаев производится контроль сварных соединений толщиной от 4 до 60мм. Такой вид контроля осуществляется наклонными преобразователями с частотой 2,5 и 5МГц с углами ввода 50 – 70 градусов.

При проверке ультразвукового дефектоскопа следует учитывать его область применения. Например, если дефектоскоп общего назначения используется только для контроля магистральных трубопроводов по ВСН 012-88, то можно ограничить его область применения. В частности по ВСН 012-88 не используется частота 1,25МГц. На этой частоте дефектоскоп может не поверяться. При этом необходимо указать область применения прибора в протоколе или в свидетельстве о проверке.

Для ручного контроля используют пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) и соответственно ультразвуковые

дефектоскопы общего назначения предназначены для работы с ними. В данных методических указаниях рассматривается **проверка дефектоскопов, применяемых только с пьезоэлектрическими преобразователями.**

Отличительной чертой средств УЗ контроля общего назначения является большая номенклатура ультразвуковых преобразователей. Если, например магнитный дефектоскоп имеет в комплекте несколько преобразователей, то ультразвуковой дефектоскоп как правило должен работать с несколькими десятками типов преобразователей.

За последние 20 лет различными организациями создана большая номенклатура ультразвуковых преобразователей. Применяются прямые и наклонные ПЭП с частотами от 1,25 до 10МГц. Они изготавливаются в двух вариантах: совмещенные и раздельно-совмещенные. Разработаны хордовые преобразователи для контроля тонкостенных труб малого диаметра, преобразователи головных волн, волн Рэллея и Лэмба. В ряде методик контроля используются специализированные преобразователи, например наклонные ПЭП с изменяемым углом ввода (контроль резьбовой части буровой трубы), и т.д.

В настоящее время происходит постепенная смена парка ультразвуковых дефектоскопов. Самый широко распространенный дефектоскоп УД2-12 разработан в начале 80-х годов. Сейчас этот прибор морально устарел. Ему на смену приходят современные ультразвуковые дефектоскопы, такие как УД9808, УД2-70, УД2-102 и др. Данные приборы содержат микропроцессор. Эхосигналы уже выводятся не на электронно-лучевую трубку, как в УД2-12, а на матричный дисплей. Новые приборы имеют дополнительные сервисные функции, такие как - запоминание параметров настройки и результатов контроля, вывод этих данных на ЭВМ с целью дальнейшего анализа. В частности при проверке такого дефектоскопа должна проверяться работа информационной системы на предмет неискаженной передачи данных.

В документах Госстандарта России термин «ультразвуковой дефектоскоп» применяется к системе - дефектоскоп, работающий совместно с преобразователем. Естественно, проверяются параметры всей системы. В их перечень попадают не только характеристики электронного блока дефектоскопа, но и параметры ультразвукового преобразователя, в том числе акустические. Такой подход в настоящее время является традиционным и отражен в большинстве методик проверки.

Следует различать два вида поверок:

- поверка ультразвукового дефектоскопа, работающего совместно с преобразователем,
- поверка одного электронного блока ультразвукового дефектоскопа.

В первом случае поверяется система «дефектоскоп + преобразователь» и определяются параметры этой системы с каждым преобразователем, входящим в комплект. Такой вид поверки не гарантирует воспроизводимость параметров системы при подключении преобразователя из одного комплекта, к дефектоскопу из другого комплекта.

Во втором случае, ультразвуковой дефектоскоп поверяется отдельно по совокупности электрических характеристик. И ультразвуковые преобразователи поверяются отдельно, но при работе совместно с дефектоскопом данного типа. Тогда в свидетельстве о поверке преобразователя указывается тип дефектоскопа, с которым он поверялся.

Поверку дефектоскопов совместно с преобразователями рационально проводить для дефектоскопов специализированных, имеющих небольшую номенклатуру преобразователей. Поверку же электронных блоков ультразвуковых дефектоскопов рационально проводить для дефектоскопов общего назначения.

Отметим, что в данных методических указаниях обсуждается только поверка электронного блока ультразвукового дефектоскопа.

Ниже приведен список документов, регламентирующих параметры ультразвуковых дефектоскопов и способы их поверки:

1. **ГОСТ 23049-84** Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования.
2. **ГОСТ 23667-85** Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерения основных параметров.
3. **ГОСТ 14782-86** Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

Определение основных параметров ультразвукового дефектоскопа производится в специальных схемах измерений, которые регламентированы ГОСТ 23667-85. Соответствие дефектоскопов общим техническим требованиям оговаривается в ГОСТ 23049-84.

В ГОСТ 14782-86, пожалуй в единственном, определен необходимый и достаточный перечень параметров системы ультразвукового контроля, которые должны в обязательном порядке нормироваться с целью обеспечения воспроизводимости результатов контроля – ГОСТ 14782-86: «Основные параметры контроля П2.8 (стр.8)».

Настоящие методические указания составлены на основе ГОСТ 23049-84, ГОСТ 23667-85, ГОСТ 14782-86, с учетом особенностей поверки современных ультразвуковых дефектоскопов.

2. Основные параметры ультразвукового дефектоскопа

Ультразвуковые дефектоскопы представляют собой сложные электронные устройства, качество которых определяется довольно большим набором электрических характеристик. Все характеристики можно объединить в несколько групп.

1. Параметры генератора зондирующих импульсов (ГЗИ).
2. Параметры приемного тракта дефектоскопа и системы временной регулировки чувствительности (ВРЧ).
3. Параметры глубиномера.
4. Параметры системы отображения сигналов.
5. Параметры автоматического сигнализатора дефекта (АСД).
6. Параметры информационной системы (канал передачи данных, память настроек и память данных контроля).

Рассмотрим подробнее системы ультразвукового дефектоскопа и их характеристики.

2.1. Генератор зондирующих импульсов

Генератор зондирующих импульсов предназначен для создания мощного электрического сигнала, которым возбуждается пьезопреобразователь. В дефектоскопах применяют ГЗИ различных конструкций Рисунок 1. В основном используются две схемы - релаксационный генератор импульсов Рисунок 1А и ключевой генератор Рисунок 1Б. Несмотря на то, что схемы на Рисунке 1

внешне похожи, генераторы работают принципиально в различных режимах.

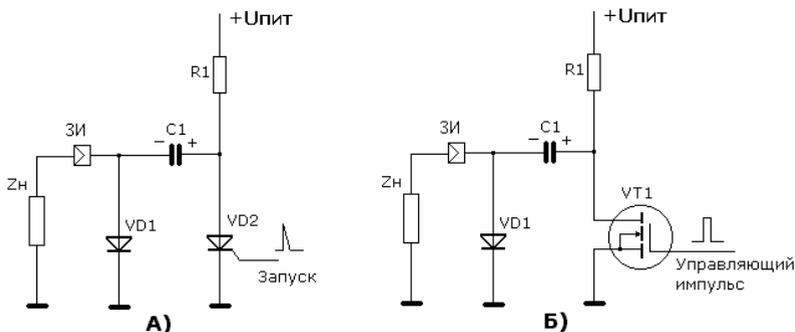


Рисунок 1 - Упрощенные схемы ЗИ.

А – релаксационный генератор, Б – ключевой генератор.

В релаксационном генераторе (Рисунок 1А) в исходном состоянии конденсатор С1 заряжен от внутреннего источника питания +Упит. Цепь заряда: +Упит, резистор R1, конденсатор С1, открытый диод VD1, общий провод. После подачи запускающего импульса на тиристор VD2, тиристор открывается и энергия, запасенная на конденсаторе С1, передается в нагрузку Zн. Конденсатор С1 разряжается на сопротивление нагрузки Zн по цепи: открытый тиристор VD2, общий провод, нагрузка Zн. Процесс разряда продолжается до тех пор пока ток разряда не уменьшится до нуля. В этот момент тиристор VD2 автоматически закрывается и начинается заряд С1 от источника питания +Упит, восстановление схемы в исходное состояние.

Если сопротивление нагрузки активное, формируется импульс вида Рисунок 2А. Амплитуда импульса определяется напряжением заряда конденсатора С1 (напряжением питания +Упит), длительность переднего фронта импульса зависит от скорости открывания тиристора VD2, а длительность заднего фронта определяется емкостью конденсатора С1 и сопротивлением нагрузки Zн. Таким образом форма зондирующего импульса в данной схеме сильно зависит от нагрузки. В релаксационной схеме емкость С1 делают относительно небольшой, несколько нанофард, для того чтобы длительность зондирующего импульса при подключении ПЭП была примерно равна $\frac{1}{2}$ периода колебаний.

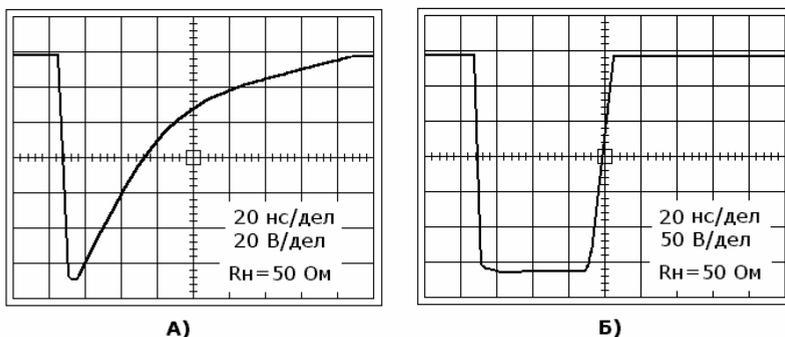


Рисунок 2 - Осциллограммы зондирующих импульсов на активной нагрузке.

- А) – релаксационный ГЗИ дефектоскопа УД2-12,
 Б) – ключевой ГЗИ дефектоскопа Sonic-136.

В ключевой схеме (Рисунок 1Б) тоже конденсатор $C1$ заряжен от источника питания $+U_{пит}$. Формирование зондирующего импульса производится с помощью быстродействующего ключевого транзистора $VT1$. На затвор транзистора подается управляющий импульс прямоугольной формы. Транзистор открывается на время действия управляющего сигнала, затем снова закрывается. В этот период времени напряжение конденсатора $C1$ прикладывается к нагрузке. На ней формируется мощный прямоугольный импульс отрицательной полярности (Рисунок 2Б). После запертия транзистора $VT1$ конденсатор $C1$ дозаряжается от источника питания. Длительность зондирующего импульса равна длительности управляющего сигнала, его амплитуда определяется напряжением заряда конденсатора $C1$, длительности переднего и заднего фронтов определяются быстродействием транзистора $VT1$.

Емкость конденсатора $C1$ выбирают достаточно большой, около 1 мкФ , поэтому во время формирования зондирующего импульса конденсатор $C1$ практически не разряжается. Вершина зондирующего импульса плоская. Параметры импульса слабо зависят от сопротивления нагрузки. Ключевые схемы ГЗИ применяют в современных дефектоскопах.

В схемах ГЗИ (Рисунок 1) можно регулировать амплитуду зондирующего импульса с помощью напряжения $+U_{пит}$. Обычно в

дефектоскопах предусмотрена такая регулировка амплитуды зондирующего импульса.

Для доказательства воспроизводимости ГЗИ дефектоскопа достаточно измерить характеристики зондирующего импульса на некоторой фиксированной электрической нагрузке.

По ГОСТ 23049-84 (стр.18) и по ГОСТ 23667-85 (стр.20) в методиках поверки и в технических условиях на дефектоскопы нормируются следующие параметры ГЗИ:

- амплитуда (или полный размах) импульса напряжения на номинальной нагрузке - U_r ,
- длительность переднего фронта импульса напряжения на номинальной нагрузке - t_f ,
- длительность импульса напряжения на номинальной нагрузке - t_i ,
- частота заполнения импульсов - $f_{зи}$,
- частота следования импульсов (такт работы дефектоскопа) - F .

Данный комплекс параметров является не полным. Нужно сделать некоторые замечания.

1. Помимо амплитуды импульса напряжения на номинальной нагрузке нужно определять еще диапазон изменения амплитуды зондирующего импульса. В методике поверки дефектоскопа УД2-12 этот параметр назван глубиной регулировки амплитуды зондирующего импульса. У некоторых дефектоскопов зарубежного производства амплитуда ГЗИ устанавливается в фиксированные состояния: -6 и -12 дБ относительно максимальной. Тогда нужно определить погрешность установки амплитуд зондирующего импульса.
2. Поверку временных параметров зондирующего импульса проще всего проводить со стандартной активной нагрузкой 50 Ом. Причем поверка несколько отличаться для различных схем ГЗИ. Если дефектоскоп имеет релаксационный ГЗИ, достаточно поверить длительность переднего фронта и длительность всего зондирующего импульса на уровне 0,5. Если же дефектоскоп снабжен ключевым ГЗИ, поверяются длительности переднего и заднего фронтов и также длительность всего зондирующего импульса на уровне 0,5.
3. Определение частоты заполнения зондирующего импульса не имеет смысла при использовании активной нагрузки 50 Ом. Как видно из Рисунка 2 сигнал является аperiodическим.

4. Нет никаких причин поверять частоту следования зондирующих импульсов, т.е. такта работы всего дефектоскопа. Отметим, что у большинства дефектоскопов тактовая частота меняется в зависимости от режима работы.

Приведенные характеристики определяются с помощью осциллографа.

Для эффективного возбуждения ультразвукового преобразователя используется согласующий элемент - индуктивность, которая подключается параллельно пьезоэлементу в ПЭП. В дефектоскопах, разработанных в НПО "ВОЛНА" традиционно эта индуктивность устанавливается в дефектоскоп и подключается к ГЗИ. Такое техническое решение используется только с релаксационными ГЗИ. По схеме генератора на Рисунке 1А индуктивность подключается параллельно диоду VD1. Тогда форма зондирующего импульса на активной нагрузке искажается, но, тем не менее, проверяемые параметры (амплитуда, глубина регулировки амплитуды ГЗИ, длительность переднего фронта и длительность импульса) обеспечивают воспроизводимость ГЗИ дефектоскопа.

В дефектоскопах зарубежного производства согласующую индуктивность встраивают в преобразователь. Поэтому нет дополнительных проблем связанных с искажениями зондирующего импульса. В частности, российские разработчики ультразвуковых дефектоскопов вынуждены делать согласующий элемент как отдельное устройство. В этом случае обеспечивается универсальность работы преобразователя с различными типами дефектоскопов.

2.2. Приемный тракт дефектоскопа и система ВРЧ

Ультразвуковые дефектоскопы можно условно разделить на два класса - аналоговые и цифровые. В аналоговых дефектоскопах обработка сигналов производится с помощью аналоговых устройств (усилитель высокой частоты, детектор, видеоусилитель и т.д.) и отображение сигналов осуществляется также аналоговым устройством (электроннолучевая трубка). Это дефектоскопы, разработанные в 70-х 80-х годах, такие как ДУК-66ПМ, УД-10УА, УД2-12. Цифровые дефектоскопы содержат микропроцессор, который обрабатывает сигналы в цифровом виде и отображает их на матричном дисплее. Это уже современные приборы. К цифровым дефектоскопам относятся, например USN 52, Ероч-3, УД9808. Устройство приемного тракта сильно отличается для данных двух классов дефектоскопов.

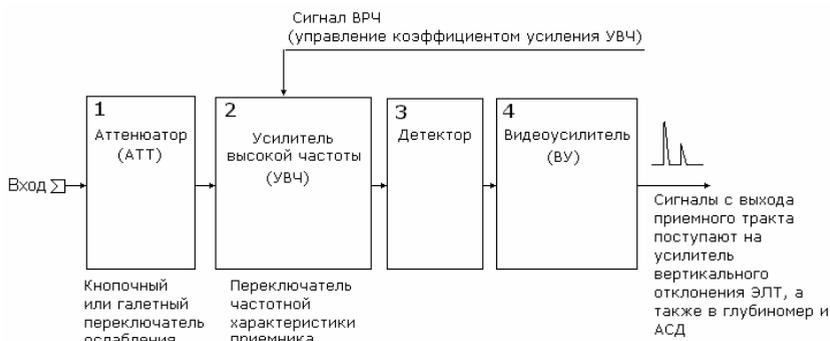


Рисунок 3 - Блок-схема приемника аналогового ультразвукового дефектоскопа.

Приемник аналогового ультразвукового дефектоскопа показан на рисунке 3. Здесь сигналы от пьезопреобразователя поступают на разъем «Вход» и затем на аттенюатор 1. Аттенюатор осуществляет калиброванное ослабление сигнала.

Далее сигналы усиливаются усилителем высокой частоты 2 (УВЧ). Обычно дефектоскоп имеет систему временной регулировки чувствительности, которая управляет коэффициентом усиления УВЧ 2.

Сигнал с выхода УВЧ поступает на детектор 3, где выделяется его огибающая. Затем протектированный сигнал еще усиливается видеоусилителем 4. На выходе приемника формируется сигнал в привычном виде - такой, как на экране электроннолучевой трубки дефектоскопа.

Сигналы с выхода приемника поступают на усилитель вертикального отклонения ЭЛТ, в глубиномер и АСД. Установка режима приемника производится посредством кнопок, переключателей и ручек переменных резисторов.

Приемник цифрового дефектоскопа показан на Рисунке 4. Здесь аналоговая часть приемника состоит из усилителя высокой частоты 1 и детектора 2.

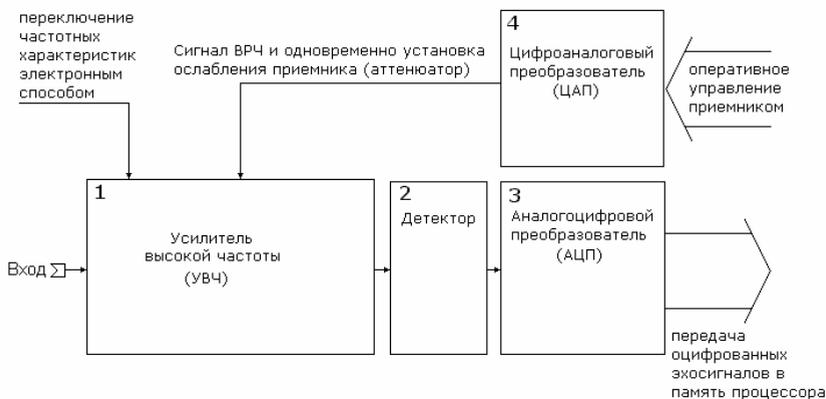


Рисунок 4 - Блок-схема приемника цифрового ультразвукового дефектоскопа.

Сигнал с выхода детектора 2 поступает на аналогоцифровой преобразователь 3 (АЦП), который преобразует его в цифровой код и передает в память микропроцессора. Дальнейшая обработка сигналов производится уже микропроцессором.

Сигнал временной регулировки чувствительности формируется цифроаналоговым преобразователем 4 (ЦАП). Цифровой код извлекается из памяти микропроцессора и преобразуется в некоторое напряжение (сигнал ВРЧ) на выходе ЦАП. Сигнал ВРЧ, как и у аналогового дефектоскопа, управляет коэффициентом усиления УВЧ.

Обнаружение эхосигнала, определение его координат и амплитуды, изображение на дисплее - все эти операции делает микропроцессор.

В дефектоскопах, созданных в последние годы (УД9808, USN 52), цифровому преобразованию подвергается высокочастотный сигнал. В приемнике отсутствует детектор. На экране матричного дисплея может отображаться или высокочастотный или детектированный сигнал. Алгоритм обработки сигнала содержит программу цифровой фильтрации и цифрового детектирования.

Важно отметить, что в цифровом дефектоскопе невозможно определить параметры только аналоговой части приемника. Измеряемые величины неизбежно будут обрабатываться “искажаться” алгоритмом микропроцессора. Поэтому параметры приемника нужно

представлять, как общие параметры аналоговой части, плюс алгоритм обработки.

Существуют переходные модели дефектоскопов, которые содержат микропроцессор, но приемник дефектоскопа является полностью аналоговым и отображение сигналов осуществляется в аналоговом виде на ЭЛТ. Например УДС-32, Sonic-136, USK-7D.

Несмотря на существенные отличия приемников цифровых и аналоговых дефектоскопов, комплекс проверяемых параметров остается одним и тем же. Согласно ГОСТ 23049-84 (стр.18) и по ГОСТ 23667-85 (стр.21) нормируются следующие характеристики приемника и системы ВРЧ:

- максимальная чувствительность приемника (мкВ),
- полоса пропускания приемного тракта (МГц),
- верхняя и нижняя границы динамического диапазона (дБ или %),
- погрешность измерения отношения амплитуд сигналов на входе приемника (дБ),
- динамический диапазон ВРЧ (дБ).

Для измерения указанных характеристик необходимо создавать тест-сигналы с нормированной амплитудой и частотой. Схема измерения приведена в ГОСТ 23667-85.

2.3. Глубиномер

Глубиномер ультразвукового дефектоскопа реализует косвенный метод измерения координат дефектов. Глубиномер определяет время задержки эхосигнала относительно зондирующего импульса T и по известным зависимостям рассчитывает координаты дефекта. Существует несколько схем прозвучивания изделий Рисунок.5 и, соответственно, координаты дефектов определяются по различным формулам.

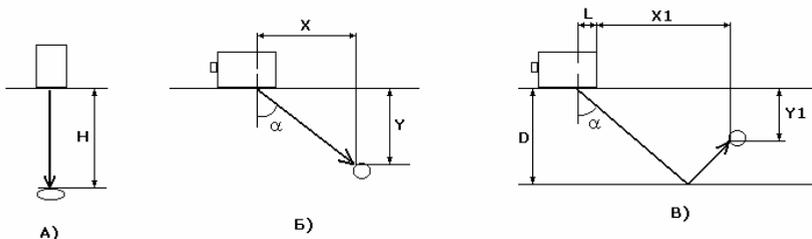


Рисунок 5 - Схемы прозвучивания дефектов:

- А) – прямым преобразователем,
- Б) – наклонным преобразователем,
- В) - наклонным преобразователем
однажды отраженными лучами.

$H = (C_l/2) * (T - T_{пзп})$ - глубина залегания дефекта для прямого преобразователя.

$X = (C_t/2) * \sin(\alpha) * (T - T_{пзп})$, $Y = (C_t/2) * \cos(\alpha) * (T - T_{пзп})$ – координаты дефекта для наклонного преобразователя.

Здесь $T_{пзп}$ – время задержки волн в преобразователе,
 C_l – скорость продольных волн в изделии,
 C_t – скорость поперечных волн в изделии,
 α - угол ввода наклонного преобразователя.

Величины $T_{пзп}$, C_l , C_t , α являются параметрами настройки. В том или ином виде данные параметры устанавливаются в дефектоскопе. Например, в приборе USN 52 величины $T_{пзп}$, C_l , C_t , α задаются в явном виде в меню управления второго уровня.

В аналоговых дефектоскопах, например в УД2-12, настройка глубиномера задается ручкой “>0<” ($T_{пзп}$) и ручками масштабов преобразования микросекунд задержки в миллиметры шкалы прибора “ммН” - $(C_l/2)$, “ммХ” - $((C_t/2) * \sin(\alpha))$, “ммУ” - $((C_t/2) * \cos(\alpha))$.

В некоторых дефектоскопах, например USN 52, глубиномер позволяет проводить отсчет координаты X_1 от передней кромки ПЭП (Рисунок.5 В). Кроме того в схемах прозвучивания однажды отраженными лучами ПЭП удобно определять глубину залегания дефекта Y_1 от наружной поверхности изделия (см. Рисунок.5 В). Глубиномер рассчитывает координаты дефекта по формулам

$$X_1 = X - L, Y_1 = 2 D - Y,$$

где: L – стрела преобразователя, D – толщина изделия, X и Y – координаты, найденные по формулам (1) и (2).

Есть некоторая разница в способах измерения задержки эхосигнала T . Наиболее широкое распространение получили два способа измерения задержки: по фронту эхосигнала и по его пику (Рисунок 6).

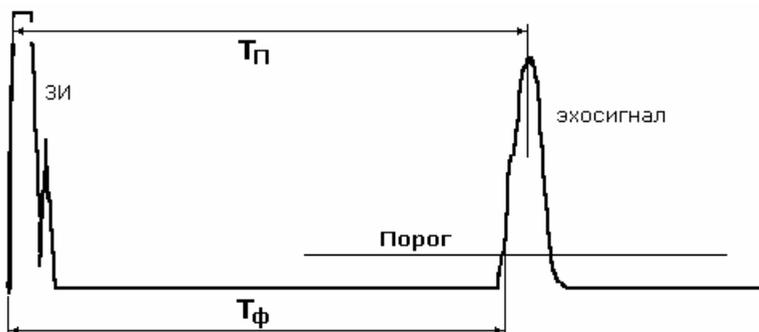


Рисунок 6 - Способы определения задержки эхосигнала в ультразвуковых дефектоскопах.

Для определения задержки по фронту эхосигнала T_f схема дефектоскопа имеет небольшой порог по амплитуде и задержка определяется в момент пересечения эхосигналом данного порога. Такой способ измерений реализован в большинстве аналоговых дефектоскопов.

При измерении задержки по фронту величина задержки T_f имеет небольшую зависимость от амплитуды эхосигнала, так как эхосигнал имеет некоторую длительность переднего фронта. Для типичных ультразвуковых преобразователей длительность переднего фронта эхосигнала составляет 1 – 2 периода колебаний.

В цифровых дефектоскопах часто используется способ измерения задержки по пику эхосигнала T_p (Рисунок.6). Прибор анализирует эхосигнал и определяет момент времени, в который наблюдается максимум эхосигнала, затем определяется задержки до этого момента времени.

Параметры настройки дефектоскопа зависят от способа измерения задержки. Следует быть внимательным к тому, как дефектоскоп измеряет время задержки эхосигнала и как он рассчитывает координаты дефекта.

По ГОСТ 23049-84 (стр. 18-19) и по ГОСТ 23667-85 (стр.21-22) определяется:

- погрешность глубиномера (мм),
- диапазон скоростей ультразвука в контролируемых материалах (м/с).

К указанным параметрам необходимо еще добавить:

1. Проверку диапазона настройки времени задержки **T_{зп}**.
2. Проверку диапазона настройки углов ввода **α** .
3. Если в дефектоскопе параметры **Cl**, **St**, **α** не задаются в явном виде, то следует проверять диапазоны настройки масштабов глубиномера во всех режимах.

Для определения погрешности глубиномера и диапазонов настройки требуется создать тест-сигнал, синхронизированный с зондирующим импульсом дефектоскопа и имеющий калиброванную задержку. Обычно данный тест-сигнал получают от акустических блоков, т.е. прозвучивая образцы из металла различными преобразователями. В принципе, не имеет значения каким способом создается тест-сигнал, главное, он должен быть откалиброван по задержке, и параметры тест-сигнала должны соответствовать параметрам приемного тракта дефектоскопа.

2.4. Система отображения сигналов

Для наблюдения эхосигналов традиционно применяется развертка типа **A** Рисунок 7, т.е. зависимость амплитуды сигнала от времени. В аналоговых дефектоскопах развертка **A** отображается на электронно-лучевой трубке, а в цифровых дефектоскопах – на матричном дисплее.

В общем случае отображение сигналов на экране дефектоскопа производится в пределах некоторого интервала времени **T_p** - длительность развертки и начало развертки имеет смещение по времени **T_{см}** Рисунок 7.

При поверке дефектоскопа необходимо проверять диапазоны настройки смещения экрана **T_{см}** и длительности развертки **T_p**. Конкретные значения величин **T_p**, **T_{см}** указываются в паспортных данных дефектоскопа.

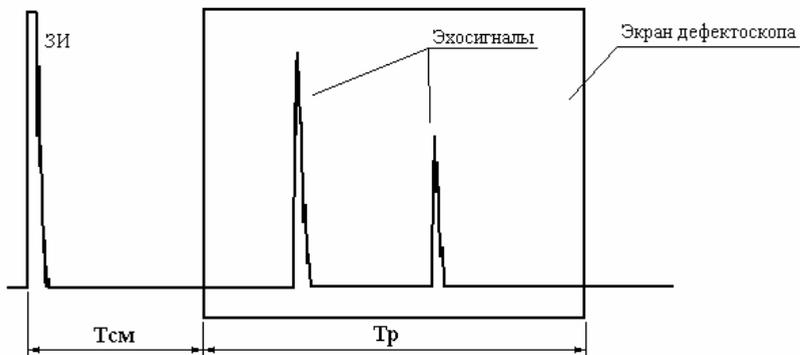


Рисунок 7 - Изображение эхосигналов на экране дефектоскопа.
Развертка типа А.

В ГОСТ 23049-84 и ГОСТ 23667-85 временные характеристики развертки дефектоскопа не нормируются.

2.5. Автоматический сигнализатор дефекта

Автоматический сигнализатор дефектов является сервисным устройством. Его основное назначение – выработать световой и (или) звуковой сигнал при обнаружении сигналов от дефектов.

В методиках ультразвукового контроля анализируются не все сигналы, а только сигналы, попадающие в некоторый диапазон задержек – в зону контроля.

Система АСД ультразвукового дефектоскопа имеет строб, отмечающий зону ожидания сигналов от дефектов, и порог, по которому происходит обнаружение сигнала.

АСД дефектоскопов поддерживают два метода контроля – эхометод и теневой метод

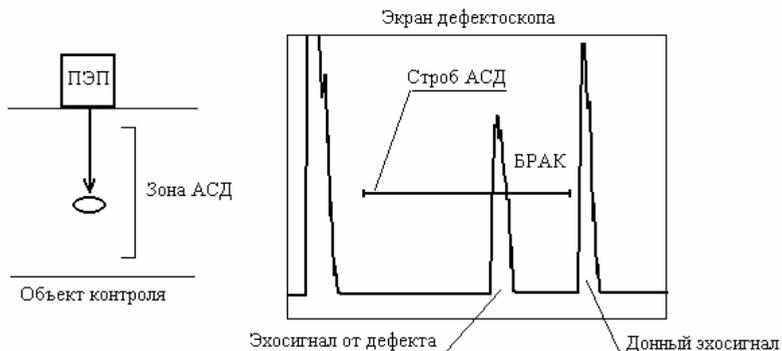


Рисунок 8 - Принцип работы АСД для эхометода ультразвукового контроля.

В эхометодe ультразвукового контроля Рисунок 8 строб АСД устанавливается на экране дефектоскопа в соответствии с диапазоном глубин залегания дефектов. Порог АСД, вертикальное расположение строба, устанавливается по амплитуде эхосигнала от искусственного отражателя в образце – браковочный или поисковый уровень чувствительности.

Затем, в процессе контроля, АСД выдает световой или звуковой сигнал, если какой-либо эхосигнал от дефекта попадает в строб АСД и превышает порог.



Рисунок 9 - Принцип работы АСД для теневого метода контроля.

В теновом методе Рисунок 9. анализируется сигнал, прошедший объект контроля. Данный сигнал имеет задержку, пропорциональную толщине изделия. Амплитуда прошедшего сигнала максимальна, если нет дефектов. Амплитуда уменьшается, если в зоне прозвучивания есть несплошность, т.е. образуется тень от дефекта.

АСД для тенового метода также имеет строб, который захватывает прошедший сигнал. АСД выдает световой или звуковой сигнал тогда, когда прошедший сигнал становится меньше порога.

Автоматический сигнализатор дефектов имеет следующие параметры:

1. Положение порога срабатывания АСД или диапазон установки порога.
2. Диапазон задержки строба АСД.
3. Диапазон длительности строба АСД.
4. Погрешность срабатывания АСД.

При поверке дефектоскопа определяются все выше перечисленные характеристики АСД.

Однако, по ГОСТ 23667-85 определяются два параметра – погрешность настройки порогового индикатора и быстродействие порогового индикатора.

Формулировки ГОСТ 23667-85 неточные. Как можно нормировать погрешность настройки порогового индикатора, если его установка производится каждый раз перед проведением ультразвукового контроля?

Что касается быстродействия порогового индикатора, в ультразвуковых дефектоскопах время обнаружения сигнала примерно равно интервалу между посылками зондирующих импульсов. У большинства дефектоскопов этот интервал или период повторения ЗИ, составляет $(1,0 \div 20,0)$ мс, тактовая частота $(50 \div 1000)$ Гц. Это в несколько раз меньше, чем время реакции человека на световое или звуковое воздействие. Определение быстродействия порогового индикатора не актуально.

2.6. Информационная система дефектоскопа

Современные ультразвуковые дефектоскопы, снабженные микропроцессором, предоставляют оператору дополнительные сервисные функции – запоминание настройки прибора, запоминание данных ультразвукового контроля и передачу данных в ЭВМ для формирования заключений по контролю.

С точки зрения метрологии необходимо проверять работоспособность информационных функций прибора на предмет неискаженного запоминания, извлечения и передачи данных.

3. Схемы измерений параметров ультразвуковых дефектоскопов

Основные схемы измерения характеристик ультразвукового дефектоскопа указаны в ГОСТ 23667-85.

Для определения параметров зондирующих импульсов используется схема, приведенная на Рисунке 10.

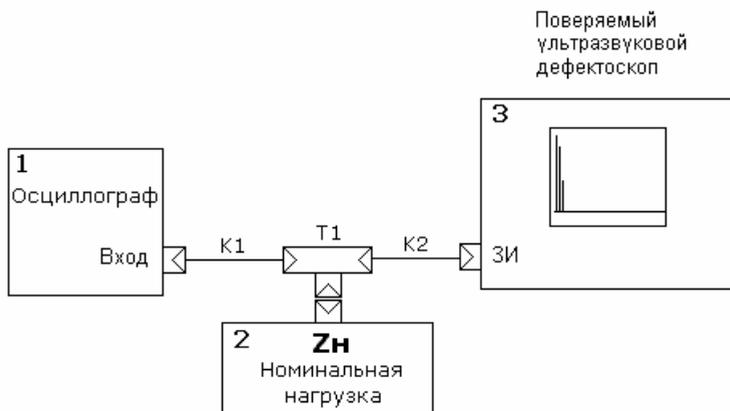


Рисунок 10 - Схема определения параметров генератора зондирующих импульсов.

1 – осциллограф, 2 – номинальная нагрузка,
3 – ультразвуковой дефектоскоп, K1, K2 – коаксиальные кабели,
T1 – тройник коаксиальный.

Параметры зондирующего импульса определяют по осциллографу. Измеряют следующие величины:

1. Амплитуду зондирующего импульса.
2. Диапазон регулировки амплитуды ЗИ.
3. Длительность переднего фронта.
4. Длительность заднего фронта (для ключевых ГЗИ).
5. Длительность зондирующего импульса.

Целый комплекс параметров дефектоскопа определяется в схемах, показанных на Рисунках 11, 12. Коаксиальные кабели, соединяющие схему, обозначены на рисунках как К1, К2, К3, К4. Здесь не показан осциллограф, который в процессе измерений, подключается к различным выводам схемы. Прибор АТТ-90-0,1-95/2 имеет схему защиты от перенапряжений и допускает подачу зондирующего импульса дефектоскопа на свой выход, как это показано на Рисунке 12.

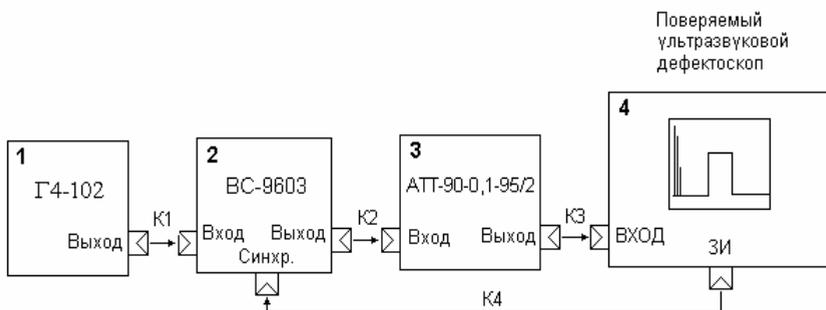


Рисунок 11 - Схема проверки ультразвукового дефектоскопа с отдельными разъемами генератора зондирующего импульса «ЗИ» и входа приемника «Вход».
 1 – генератор сигналов, 2 – временной селектор,
 3 – аттенюатор, 4 – дефектоскоп.

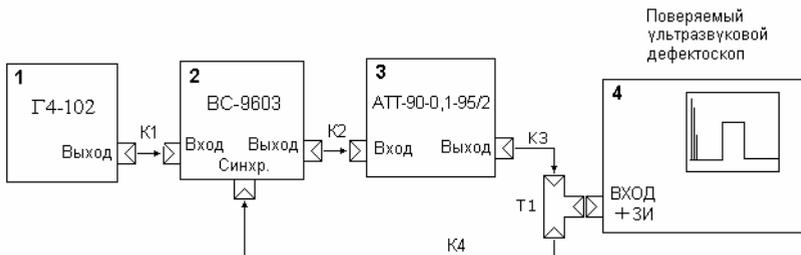


Рисунок 12 - Схема проверки ультразвукового дефектоскопа совмещенным разъемом генератора зондирующего импульса и входа приемника.

1 – генератор сигналов, 2 – временной селектор,
3 – аттенюатор, 4 – дефектоскоп.

В схемах Рисунки 11,12 на временной селектор 2 поступает непрерывный синусоидальный сигнал высокой частоты от генератора сигналов 1. Временной селектор 2 использует зондирующий импульс дефектоскопа для синхронизации работы. Он пропускает высокочастотный сигнал на выход в некоторый интервал времени с задержкой относительно зондирующего импульса. На выходе временного селектора 2 формируется прямоугольный импульс с высокочастотным заполнением. Этот сигнал ослабляется аттенюатором 3 и подается на вход приемника дефектоскопа. В результате формируется тест-сигнал, калиброванный по амплитуде и частоте и синхронизированный с тактом работы дефектоскопа. Огибающая тест сигнала наблюдается в виде прямоугольного импульса на экране дефектоскопа Рисунок 13.

Временные характеристики этого сигнала, задержка и длительность, задаются с небольшой точностью. Недостатком схем Рисунки.11,12 является отсутствие фазовой синхронизации высокочастотного заполнения тест сигнала. Фаза высокочастотного заполнения случайным образом меняется в процессе измерений.

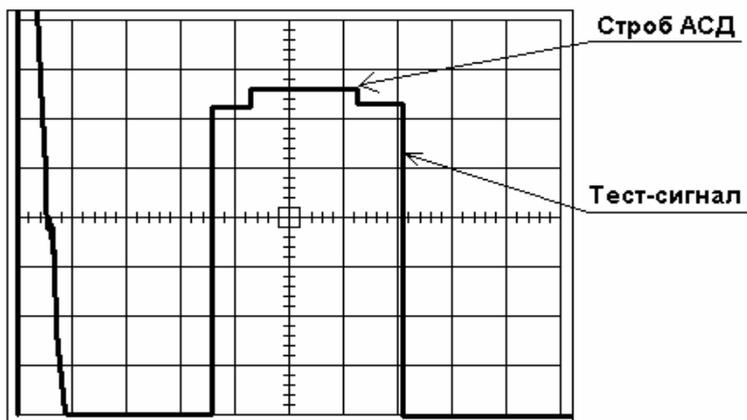


Рисунок 13 - Вид тест сигнала на экране дефектоскопа УД2-12, создаваемого поверочными схемами (Рисунки 8, 9).

С помощью схем Рисунки 11,12 определяют следующие характеристики дефектоскопа:

1. Максимальная чувствительность приемника (мкВ).
2. Полоса пропускания приемника (МГц).
3. Параметры амплитудной характеристики приемного тракта: верхняя и нижняя границы динамического диапазона (дБ или %).
4. Погрешность измерения отношения амплитуд сигналов на входе приемника (дБ).
5. Динамический диапазон временной регулировки чувствительности (дБ).
6. Погрешность срабатывания порогового индикатора (% или дБ).
7. Проверка диапазонов настройки строба АСД.
8. Проверка диапазонов работы системы отображения сигналов.

Параметры глубиномера ультразвукового дефектоскопа определяются в схеме на Рисунке 14. Здесь, для формирования эхосигналов с известной задержкой используется преобразователь П111-2,5-Ø14 и стандартный образец СО-2 по ГОСТ 14782-86.

При прозвучивании образца ультразвуковой импульс переотражается между верхней и нижней гранями. На преобразователе формируется набор эхосигналов с шагом задержки $t_{co-2} \approx 20$ мкс. Точное значение времени t_{co-2} указывается в паспорте СО-2 или в свидетельстве о проверке.

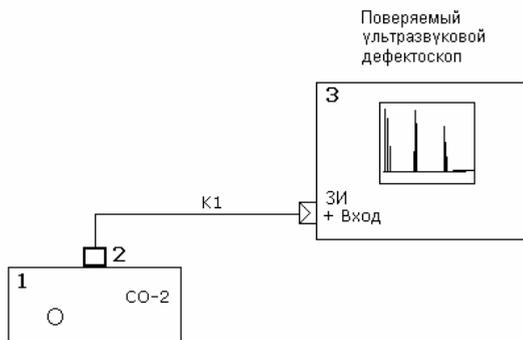


Рисунок 14 - Схема проверки глубиномера ультразвукового дефектоскопа.

1 – стандартный образец СО-2, 2 – ультразвуковой преобразователь, 3 – дефектоскоп, К1 - кабель.

Глубиномер дефектоскопа настраивается по одному или двум эхосигналам, затем измеряют координаты других эхосигналов и определяют погрешность глубиномера. При этом определяться погрешность глубиномера во всех режимах – глубина **Н**, или **Х**, **У**.

С помощью схемы на Рисунке 14 определяют:

1. Погрешность глубиномера, (мм),
2. Диапазон настройки скоростей ультразвука, (м/с).
3. Диапазон настройки времени задержки, **Тпэп**.
4. Диапазон настройки углов ввода, **α**.
5. В аналоговых дефектоскопах определяют диапазоны настройки масштабов глубиномера во всех режимах.

У цифровых дефектоскопов дополнительно проверяется работоспособность информационной системы Рисунок 15. Обычно проверка производится посредством тестов. Запоминание настройки прибора, и извлечение ее из памяти

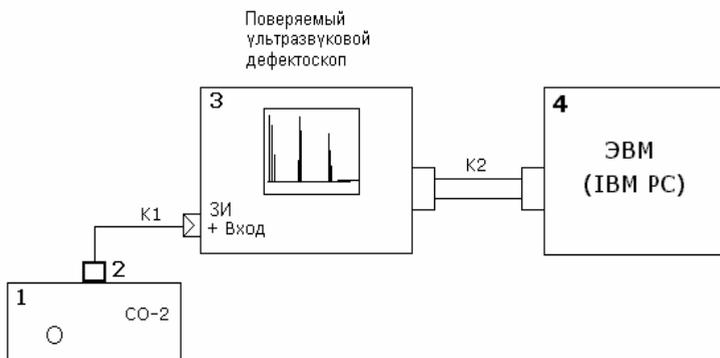


Рисунок 15 - Схема проверки работоспособности информационной системы дефектоскопа.

1 – стандартный образец СО-2, 2 – ультразвуковой преобразователь, 3 – дефектоскоп, 4 – ЭВМ, К1 – кабель коаксиальный, К2 – кабель связи с ЭВМ.

В сущности, для проверки всех измерительных систем ультразвукового дефектоскопа необходим тест-сигнал, нормированный по всем параметрам: амплитуде, частоте, фазе, длительности и задержке относительно зондирующего импульса. Тест-сигнал, параметры которого можно менять в широких пределах. Иногда, для проверки специализированных дефектоскопов, нужно создать несколько таких сигналов. Кроме того, необходимо измерять параметры зондирующего импульса.

Схема, обеспечивающая комплексное измерение всех параметров ультразвукового дефектоскопа, показана на Рисунке 16.

Схема состоит из ЭВМ 1 и синтезатора сигналов 2. Синтезатор сигналов управляется от ЭВМ. А также данные измерений от него передаются в ЭВМ.

Синтезатор 2 вырабатывает полностью нормированный тест-сигнал. Он формируется путем прямого цифрового синтеза с помощью сверхскоростного цифро-аналогового преобразователя. Частота дискретизации тест-сигнала 160МГц. Синхронизация синтезатора 2 производится от зондирующего импульса дефектоскопа 3. Погрешность синхронизации составляет 3нс. Тест-сигнал поступает на вход приемника дефектоскопа 3.

Поскольку синтезатор 2 может вырабатывать практически любые сигналы, вплоть до имитации эхосигнала ультразвукового преобразователя, то схема Рисунок 16 позволяют определить амплитудные, частотные и временные параметры дефектоскопа и их погрешности.

Дополнительно синтезатор 2 содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП) предназначенный для определения параметров зондирующего импульса. АЦП установлен на входе «Вход ЗИ. Синхр.». С его помощью определяется осциллограмма зондирующего импульса и, соответственно, параметры ЗИ. Частота дискретизации АЦП также 160МГц, погрешность 0,5%.

Важно отметить, что дефектоскоп поверяется в одном единственном включении в схему Рисунок.16.

Обработка результатов поверки производится на ЭВМ. Это обеспечивает высокую оперативность работы и гибкость в установке параметров тест-сигналов.

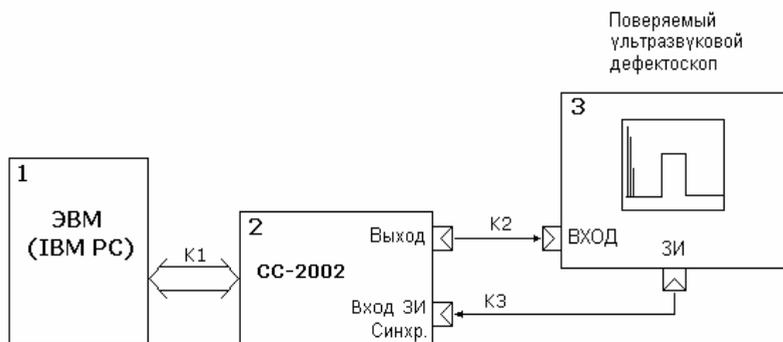


Рисунок 16 - Схема комплексной поверки ультразвукового дефектоскопа.

1 – ЭВМ, 2 – синтезатор сигналов СС-2002 , 3 – дефектоскоп,

К1 – кабель связи с ЭВМ, К2,К3 – коаксиальные кабели.

4. Поверка электронного блока ультразвукового дефектоскопа

Настоящие методические указания распространяются на ультразвуковые дефектоскопы общего назначения и устанавливают методику их первичной и периодической поверки.

4.1. Операции поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1. Операции поверки проводятся организациями Госстандарта России или аккредитованными метрологическими службами. В случае отрицательного результата при проведении одной из операций, поверку дефектоскопа прекращают, и прибор признают не прошедшим поверку.

Таблица 1.

Наименование операций	Номера пунктов в документе	Обязательность проведения операции при		
		Выпуске из производства	Выпуске после ремонта	Эксплуатации и хранения
Внешний осмотр	4.7	Да	Да	Да
Опробование	4.8	Да	Да	Да
Определение параметров зондирующего импульса	4.9	Да	Да	Да
Определение максимальной чувствительности приемника дефектоскопа	4.10	Да	Да	Да
Определение полосы пропускания приемника	4.11	Да	Да	Да
Определение параметров амплитудной характеристики приемного тракта	4.12	Да	Да	Да
Определение погрешности измерения отношения амплитуд сигналов на входе приемника	4.13	Да	Да	Да

Определение динамического диапазона временной регулировки чувствительности	4.14	Да	Да	Да
Определение погрешности настройки порогового индикатора	4.15	Да	Да	Да
Проверка диапазонов настройки глубиномера	4.16	Да	Да	Да
Определение погрешности глубиномера	4.17	Да	Да	Да
Проверка диапазонов работы системы отображения сигналов	4.18	Да	Да	Да
Проверка работоспособности информационной системы дефектоскопа	4.19			

4.2. Средства поверки

Для поверки дефектоскопов используют следующие средства измерений:

- осциллограф С1-65,
- генератор сигналов Г4-102,
- аттенюатор АТТ-90-0,1-95/2,
- временной селектор ВС 9603,
- ультразвуковой преобразователь П111-2,5-Ø14,
- стандартный образец СО-2 по ГОСТ 14782-86.

Все средства измерений должны быть поверены в органах Госстандарта или в аккредитованных метрологических службах.

Допускается замена оборудования на аналогичное при условии, что параметры приборов удовлетворяют следующим требованиям.

4.2.1. Осциллограф:

- время нарастания переходной характеристики 10нс,
- полоса пропускания при неравномерности 3дБ - не уже 0,1 – 35МГц,
- выброс переходной характеристики не более 5%,
- входное сопротивление не менее 1,0 МОм,
- входная емкость не более 30пФ,
- погрешность измерения амплитуды импульсного сигнала не более 10%,
- погрешность измерения временных интервалов не более 12%,

- диапазон амплитуд исследуемых сигналов не уже $(0,03 \div 300,0)$ В,
- диапазон длительностей исследуемых сигналов не уже $0,035\text{мкс} \div 50\text{мс}$.

4.2.2. Генератор сигналов.

- диапазон частот не уже $(0,5 \div 15,0)$ МГц,
- максимальная амплитуда выходного сигнала не менее 0,5В.

4.2.3. Аттenuатор.

- диапазон рабочих частот – $(0,01 \div 30,0)$ МГц.
- неравномерность амплитудночастотной характеристики в рабочем диапазоне частот - 1 дБ.
- диапазон ослабления сигналов – $(0 \div 90,0)$ дБ.
- дискретность регулировки ослабления - 0,1 дБ.
- максимальная амплитуда входного сигнала - 1,0 В.
- погрешность прибора в диапазонах ослабления.
 - в диапазоне $(0 \div 19,9)$ дБ $\pm 0,03$ дБ.
 - в диапазоне $(20,0 \div 39,9)$ дБ $\pm 0,05$ дБ.
 - в диапазоне $(40,0 \div 59,9)$ дБ $\pm 0,1$ дБ.
 - в диапазоне $(60,0 \div 90,0)$ дБ $\pm 0,2$ дБ.
- наличие ограничителей сигналов на входе и выходе прибора должны обеспечивать его подключение непосредственно к рабочим цепям ультразвуковых дефектоскопов.
- входное и выходное сопротивление прибора – 50 ± 4 Ом.

4.2.4. Временной селектор.

- амплитуда входного сигнала - не более 1,5 В.
- рабочий диапазон частот – $(0,1 \div 30,0)$ МГц.
- неравномерность полосы пропускания в рабочем диапазоне частот - ± 1 дБ.
- длительность строб-импульса – $(3,0 \div 200,0)$ мкс.
- время задержки строб-импульса относительно импульса синхронизации – $(10,0 \div 700,0)$ мкс.
- ослабление сигнала в паузах - не менее 60 дБ.

4.2.5. Ультразвуковой преобразователь П111-2,5-Ø14.

- частота ультразвуковых колебаний $(2,25 \div 2,75)$ МГц,
- длительность эхосигнала на уровне -6 дБ не более 1,2 мкс,
- размер мертвой зоны не более 8мм,
- ширина диаграммы направленности не более 7 градусов.

4.2.6. Стандартный образец СО-2 по ГОСТ 14782-86.

- размеры образца должны соответствовать чертежу, приведенному в ГОСТ 14782-86,
- образец изготавливается из мелкодисперсной малоуглеродистой стали марок Ст3 – Ст20,
- скорость продольных волн должна быть (5900 ± 59) м/с,
- скорость поперечных волн должна быть (3270 ± 133) м/с,
- время распространения продольных волн от верхней грани образца до нижней и обратно должно быть (20 ± 1) мкс (стандартное время образца СО-2),
- стандартное время образца СО-2 должно быть известно с погрешностью не более $\pm 0,1$ мкс (0,5%).

4.3. Требования к квалификации поверителя

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускают лиц, имеющих удостоверение государственного поверителя и изучивших устройство и принцип работы аппаратуры по эксплуатационной документации.

4.4. Требования безопасности

При проведении проверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

4.4.1 При проведении проверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.3.019-80.

4.4.2. Освещенность рабочего места поверителя должна соответствовать требованиям санитарных норм СН 245-71.

4.4.3. При проведении проверки необходимо подробно изучить руководство по эксплуатации поверяемого ультразвукового дефектоскопа.

4.5. Условия проверки

При проведении проверки должны соблюдаться следующие условия:

4.5.1. Температура окружающего воздуха - $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

4.5.2. Относительная влажность воздуха - $(65 \pm 15)\%$.

4.5.3. Атмосферное давление - (100 ± 4) кПа.

4.5.4. Напряжение питания сети – (220 ± 10) В,
частота – (50 ± 5) Гц.

4.5.5. Внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать, либо находиться в пределах, не влияющих на работу прибора.

4.6. Проведение поверки

При проведении поверки выполняются ниже следующие операции по П4.7. ÷ П4.19.

4.7. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено.

- 4.7.1. Соответствие комплектности прибора прилагаемой документации.
- 4.7.2. Отсутствие механических повреждений дефектоскопа.
- 4.7.3. Наличие заводского или регистрационного номера на приборе.
- 4.7.4. Все надписи на аппаратуре должны быть четкими и ясными.
- 4.7.5. Разъемы должны быть чистыми.
- 4.7.6. Органы управления и коммутации должны быть исправными.

4.8. Опробование

- 4.8.1. Подключить ультразвуковой дефектоскоп к сети переменного тока 220В, если прибор имеет сетевой адаптер, или установить в дефектоскоп комплект аккумуляторов.
- 4.8.2. Включить дефектоскоп. При успешном включении должен загореться индикатор питания и должна появиться «картинка» на устройстве отображения сигналов.
- 4.8.3. Проверить действие всех органов управления прибора. Органы управления должны работать согласно техническому описанию на дефектоскоп.

4.9. Определение параметров зондирующего импульса

Работа генератора зондирующих импульсов и основные параметры сигнала ГЗИ рассмотрены в П.2.1.

Проверка параметров ГЗИ производится в схеме Рисунок.10. Здесь эквивалентная нагрузка состоит из сопротивления 50 Ом. Соберите схему Рисунок.10.

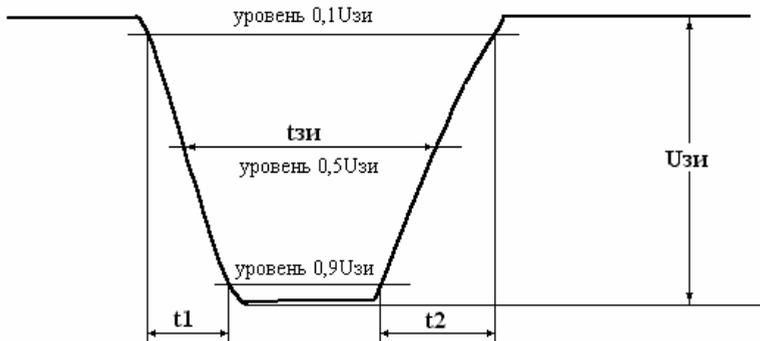


Рисунок 17 - Определение параметров зондирующего импульса.

- 4.9.1. Настройте устойчивую синхронизацию осциллографа от переднего фронта зондирующего импульса. Передний фронт сигнала должен наблюдаться на экране осциллографа. Синхронизация не должна срываться при изменении амплитуды зондирующего импульса во всем диапазоне.
- 4.9.2. Установите максимальную амплитуду зондирующего импульса. Определите амплитуду **Uзи max** по экрану осциллографа.
- 4.9.3. Установите минимальную амплитуду зондирующего импульса. Определите амплитуду **Uзи min** по экрану осциллографа.
- 4.9.4. Найдите глубину регулировки амплитуды зондирующего импульса в по формуле:

$$20 \cdot \text{Log}(U_{\text{зи max}} / U_{\text{зи min}}) \text{ [дБ]}$$

- 4.9.5. Снова установите максимальную амплитуду зондирующего импульса.
- 4.9.6. По экрану осциллографа определите длительность переднего фронта сигнала **t₁**, длительность заднего

фронта t_2 и длительность зондирующего импульса $t_{зи}$ (Рисунок 17.). Длительности фронтов определяются как время изменения сигнала между уровнями (0,1 ÷ 0,9) от амплитуды сигнала $U_{зи}$. Длительность $t_{зи}$ определяют как время действия сигнала на уровне $0,5 * U_{зи}$.

4.9.7. Проведите сравнение полученных результатов с паспортными данными дефектоскопа.

Если дефектоскоп имеет несколько режимов работы ГЗИ, проведите определение параметров зондирующего импульса для каждого из режимов.

Если дефектоскоп не имеет регулировки амплитуды зондирующего импульса, определение минимальной амплитуды сигнала по П.4.9.3. и глубины регулировки по П.4.9.4. не проводится.

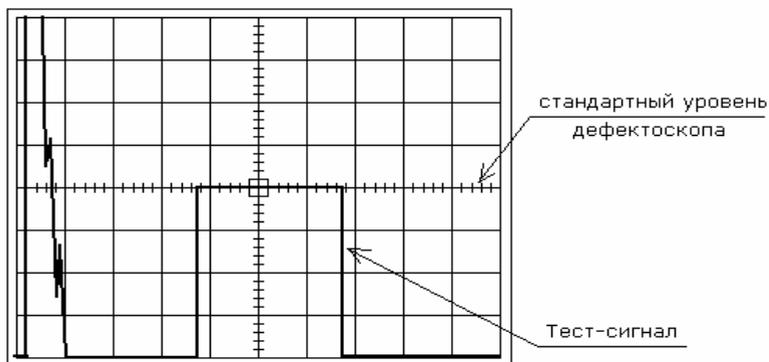
Для дефектоскопов, содержащих фиксированную установку амплитуды зондирующего импульса, например Epoch-3, определяются амплитуды ГЗИ во всех состояниях (П.4.9.2. ÷ 4.9.3.) и, если необходимо, определяется ослабление сигнала ГЗИ (см. П.4.9.4.).

У дефектоскопов, имеющих релаксационный (тиристорный) ГЗИ, определяется длительность переднего фронта зондирующего импульса t_1 и длительность зондирующего импульса $t_{зи}$, а у дефектоскопов, снабженных ключевым ГЗИ, определяется три временных характеристики t_1 , t_2 , $t_{зи}$ Рисунок 17.

4.10. Определение максимальной чувствительности приемника дефектоскопа

Максимальную чувствительность приемника ультразвукового дефектоскопа выражают в виде минимальной амплитуды входного сигнала, который воспринимается на стандартном уровне дефектоскопа. Обычно стандартным уровнем называют среднюю линию на экране дефектоскопа. Максимальную чувствительность измеряют в микровольтах. Дефектоскопы общего назначения имеют максимальную чувствительность приемника (100 ÷ 400) мкВ.

Рассмотрим порядок определения максимальной чувствительности в схеме Рисунок 11.



чувствительность приемника установлена максимальной

Рисунок 18 - Вид тест сигнала при измерении максимальной чувствительности приемника дефектоскопа.

- 4.10.1. В начале производится установка параметров схемы: генератора сигналов 1, временного селектора 2 и аттенюатора 3. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают $(0,5 \div 1,0)$ В. Проверяют синхронизацию работы временного селектора 2. Устанавливают определенную задержку и длительность тест сигнала. Ослабление аттенюатора выбирают небольшим – $(10,0 \div 20,0)$ дБ. Затем настраивают развертку и чувствительность дефектоскопа таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на его экране. Картинка на экране должна быть устойчивой.
- 4.10.2. С помощью осциллографа измеряют амплитуду тест сигнала на входе приемника дефектоскопа – U_0 . Обычно амплитуда составляет $(50,0 \div 400,0)$ мВ. Дополнительно фиксируют ослабление аттенюатора K_0 [дБ].
- 4.10.3. Устанавливают максимальную чувствительность приемника дефектоскопа. При этом амплитуда тест сигнала выходит за пределы экрана дефектоскопа.
- 4.10.4. Увеличивают ослабление аттенюатора до тех пор, пока амплитуда тест сигнала не уменьшится до

стандартного уровня дефектоскопа. Фиксируют ослабление аттенюатора $K1$ [дБ]. Вид сигнала показан на Рисунке 18.

4.10.5. Производят расчет максимальной чувствительности $U1$ по формуле:

$$U1 = U0 * 10^{(K0-K1)/20}$$

Отметим, что если дефектоскоп имеет несколько режимов работы приемника с различными диапазонами частот, то операции П.4.10.1 ÷ П.4.10.5. проводятся для всех диапазонов частот.

4.11. Определение полосы пропускания приемника

Приемник ультразвукового дефектоскопа работает в некотором диапазоне частот. Типичная частотная зависимость коэффициента усиления приемника представлена на Рисунке 19. Здесь на графике максимальный коэффициент усиления принят за 0дБ. Обычно у дефектоскопов общего назначения коэффициент усиления приемника составляет $10^5 \div 10^6$ раз.

АЧХ характеризуется частотой максимального усиления F_0 и частотами границ диапазона F_H , F_B . Причем границей диапазона считается частота, на которой коэффициент усиления уменьшается на 3дБ (в 1,414 раза). Разность частот $\Delta F = F_B - F_H$ называют полосой пропускания приемника.

Частоту F_0 определяют по максимуму тест-сигнала на экране дефектоскопа, а частоты F_H , F_B - по уменьшению амплитуды тест-сигнала на 3дБ относительно максимальной. Пусть используется схема Рисунок 11. Последовательность действий следующая:

4.11.1. Производится начальная установка параметров схемы: генератора сигналов 1, временного селектора 2 и аттенюатора 3. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают (0,5 ÷ 1,0)В. Проверяют синхронизацию работы временного селектора. Задержку тест сигнала устанавливают произвольной, а его длительность выбирают не менее 10 периодов колебаний высокой частоты. Ослабление аттенюатора устанавливают

небольшим – $(10 \div 20)$ дБ. Затем настраивают развертку и чувствительность дефектоскопа таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на экране. Картинка на экране дефектоскопа должна быть устойчивой. Систему ВРЧ дефектоскопа отключают.

- 4.11.2. Изменяют частоту генератора сигналов 1 и находят частоту F_0 , при которой на экране дефектоскопа наблюдается максимум амплитуды тест-сигнала. Считывают частоту F_0 по шкале на генераторе сигналов.
- 4.11.3. Устанавливают амплитуду тест-сигнала на стандартный уровень экрана дефектоскопа (средняя линия экрана). При этом используют органы регулировки чувствительности дефектоскопа или изменяют ослабление аттенюатора. Частота тест-сигнала должна быть равна F_0 .
- 4.11.4. Уменьшают ослабление аттенюатора на 3,0дБ.
- 4.11.5. Увеличивают частоту тест-сигнала до тех пор, пока его амплитуда на экране не достигнет стандартного уровня. Считывают верхнюю граничную частоту F_v по шкале генератора сигналов.
- 4.11.6. Уменьшают частоту тест-сигнала до тех пор, пока снова его амплитуда не достигнет стандартного уровня. Считывают нижнюю граничную частоту F_n по шкале генератора сигналов.
- 4.11.7. Определяют полосу пропускания приемника по формуле

$$\Delta F = F_v - F_n$$

Если необходимо, определяют добротность АЧХ приемника

$$Q = F_0/\Delta F$$

Отметим, что если дефектоскоп имеет несколько режимов работы приемника с различными диапазонами частот, то операции определения полосы пропускания проводятся для каждого из режимов.

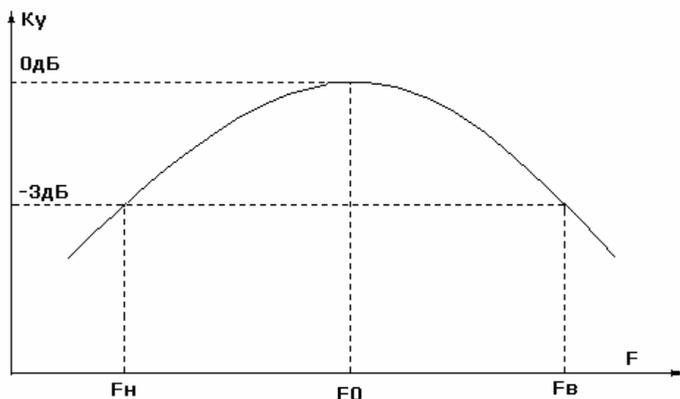


Рисунок 19 - Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) коэффициента усиления приемника дефектоскопа.

4.12. Определение параметров амплитудной характеристики приемного тракта

Амплитудная характеристика приемного тракта дефектоскопа представляет собой зависимость амплитуды сигнала на экране дефектоскопа $A_э$ от амплитуды сигнала на входе приемника $U_{вх}$.

В общем случае эта зависимость является нелинейной и связана в основном с нелинейностью коэффициента передачи детектора. В поверочных схемах амплитудная характеристика строится в отношениях амплитуд сигналов на входе приемника или, точнее, в коэффициентах ослабления аттенюатора Рисунок 20.

В технических характеристиках ультразвукового дефектоскопа содержатся требования к линейности амплитудной характеристики. Обычно указывается верхняя и нижняя границы динамического диапазона (дБ или %). Рисунок 20 демонстрирует эти характеристики. Здесь линия 1 - линия идеальной линейности, линии 2 верхняя и нижняя границы нелинейности амплитудной характеристики, линия 3 – амплитудная характеристика дефектоскопа.

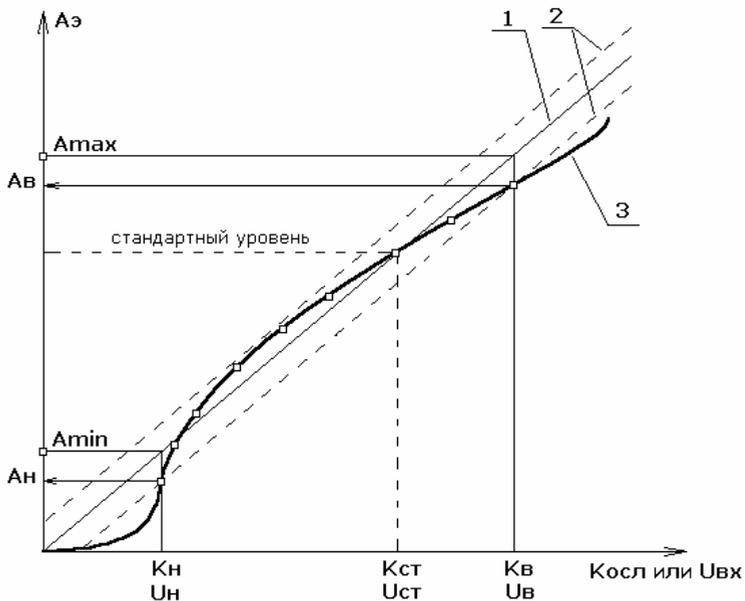


Рисунок 20 - Амплитудная характеристика приемного тракта дефектоскопа.

Границы динамического диапазона выражают в виде максимальной и минимальной амплитуд сигналов A_{max} и A_{min} , в пределах которых нелинейность амплитудной характеристики не выходит за границы допуска (линии 2 на Рисунке 20). Амплитуды A_{max} и A_{min} часто выражают в процентах относительно общей высоты экрана дефектоскопа, например $A_{max}=90\%$, $A_{min}=10\%$. С другой стороны, те же границы можно определить в амплитудах входного сигнала. Тогда границы динамического диапазона выражают в децибелах относительно амплитуды входного сигнала $U_{ст}$, отображаемого на стандартном уровне (см. Рисунок 20).

Нижняя граница $20 \cdot \log(U_n/U_{ст}) = K_{ст} - K_n$ [дБ].

Верхняя граница $20 \cdot \log(U_v/U_{ст}) = K_v - K_{ст}$ [дБ].

При проверке ультразвукового дефектоскопа границы динамического диапазона, как правило, не определяют, а проверяют их соответствие паспортным данным. Согласно ГОСТ 23667-85

поверку необходимо проводить не менее чем в 8 точках динамического диапазона.

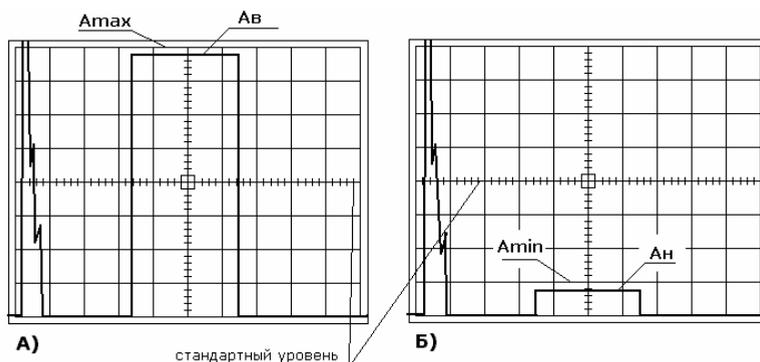


Рисунок 21 - Поверка верхней А) и нижней Б) границ динамического диапазона приемного тракта.

Рассмотрим последовательность действий при проверке амплитудного динамического диапазона дефектоскопа. Используем схему Рисунок 11.

4.12.1. Производится начальная установка параметров схемы: генератора сигналов 1, временного селектора 2 и аттенюатора 3. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают $(0,5 \div 1,0)В$. Проверяют синхронизацию работы временного селектора. Задержку и длительность тест-сигнала устанавливают произвольной, длительность выбирают не менее 5 периодов колебаний высокой частоты. Ослабление аттенюатора устанавливают 20дБ. Настраивают развертку и чувствительность дефектоскопа таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на экране. Картинка на экране дефектоскопа должна быть устойчивой. Систему ВРЧ дефектоскопа отключают.

4.12.2. Органами регулировки чувствительности дефектоскопа устанавливают амплитуду тест-сигнала на стандартный уровень (среднюю линию экрана). Фиксируют ослабление аттенюатора $K_{ст}$ [дБ].

- 4.12.3. Уменьшают ослабление аттенюатора на величину, указанную в методике поверки дефектоскопа, например на 6дБ. При этом амплитуда тест-сигнала возрастает до верхней границы динамического диапазона A_{max} , в данном случае до верхней линии экрана (Рисунок 21 А).
- 4.12.4. Проверяют отклонение амплитуды тест-сигнала A_v от верхней границы диапазона A_{max} . Если это отклонение превышает допуск, верхняя граница динамического диапазона не соответствует паспортным данным.
- 4.12.5. Увеличивают ослабление аттенюатора относительно Кст на величину, также указанную в методике поверки, например на 12дБ. При этом амплитуда тест-сигнала уменьшается до нижней границы динамического диапазона A_{min} , в данном случае до одной клетки экрана (Рисунок 21 Б).
- 4.12.6. Проверяют отклонение амплитуды тест-сигнала A_n от нижней границы диапазона A_{min} . Если это отклонение превышает допуск, нижняя граница динамического диапазона не соответствует паспортным данным.
- 4.12.7. Проводят аналогичные проверки еще в 6 точках диапазона амплитуд $A_{max} - A_{min}$.

В технических характеристиках некоторых ультразвуковых дефектоскопов параметры амплитудной характеристики не указываются. Минимальными требованиями к амплитудной характеристике следующие:

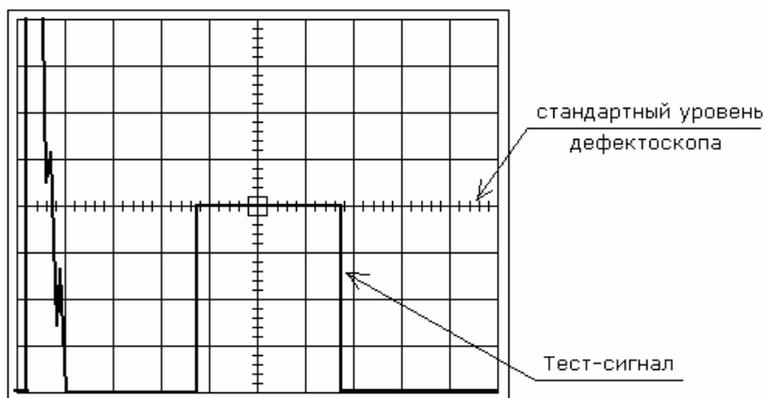
- верхняя граница динамического диапазона относительно стандартного уровня не менее +6,0 дБ,
- нижняя граница динамического диапазона относительно стандартного уровня не более -6,0 дБ,
- погрешность амплитуды сигнала на границах динамического диапазона не более $\pm 1,0$ дБ.

4.13. Определение погрешности измерения отношения амплитуд сигналов на входе приемника

Аттенюаторы ультразвуковых дефектоскопов проградуированы в децибеллах. Аттенюаторы выполняются в виде многопозиционных переключателей, наборов кнопок или, в современных дефектоскопах, управляются электронным способом от внутреннего микропроцессора. Отметим, что в дефектоскопах Российского производства аттенюаторы проградуированы в децибеллах ослабления

сигнала, а в зарубежных дефектоскопах – в децибеллах усиления. Знаки децибелл ослабления и усиления прямо противоположны. В дальнейшем будем обсуждать поверку дефектоскопов только Российского производства.

Когда говорят о погрешности измерения отношения амплитуд сигналов, подразумевается погрешность ослабления аттенюатора дефектоскопа. Данная погрешность определяется с помощью образцового аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2. Тест-сигнал ослабляется образцовым аттенюатором и затем аттенюатором дефектоскопа. Ослабление двух аттенюаторов сравнивается по индикатору, в качестве которого служит экран дефектоскопа.



амплитуда тест-сигнала устанавливается на стандартный уровень образцовым аттенюатором АТТ 90-0,1-95/2

Рисунок 22 - Вид тест-сигнала при определении погрешности аттенюатора дефектоскопа.

Рассмотрим порядок определения погрешности аттенюатора дефектоскопа в схеме Рисунок 11.

- 4.13.1. Начальная установка параметров схемы: генератора сигналов 1, временного селектора 2 и аттенюатора 3. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают (0,5 ÷ 1,0)В. Проверяют синхронизацию работы

временного селектора. Задержку и длительность тест-сигнала устанавливают произвольной, длительность выбирают не менее 5 периодов колебаний высокой частоты. Ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 устанавливают максимальное. Чувствительность дефектоскопа устанавливают тоже максимальной. Ослабление аттенюатора дефектоскопа устанавливают минимальное, обычно 0дБ. Настраивают развертку дефектоскопа таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на экране. Картинка на экране дефектоскопа должна быть устойчивой. Систему ВРЧ дефектоскопа отключают.

- 4.13.2. Не калиброванными ручками чувствительности на дефектоскопе устанавливают амплитуду тест-сигнала на стандартный уровень Рисунок 2. Фиксируют ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2. Обозначим его K_{\max} [дБ].
- 4.13.3. Увеличивают ослабление аттенюатора дефектоскопа на одну ступень. Номинальное ослабление ступени обозначим как K_i [дБ]. Амплитуда тест-сигнала на экране дефектоскопа уменьшится.
- 4.13.4. Уменьшают ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 до тех пор, пока амплитуда тест-сигнала снова не достигнет стандартного уровня Рисунок 22. Фиксируют ослабление аттенюатора $K_{атт}$ [дБ].
- 4.13.5. Погрешность ослабления ступени определяют по формуле:

$$\Delta K = K_i - (K_{\max} - K_{атт}) \text{ [дБ]}$$

- 4.13.6. Проводят операции 12.5.3. ÷ 12.5.5. для всех ступеней аттенюатора дефектоскопа.

4.14. Определение динамического диапазона временной регуляции чувствительности

Динамический диапазон ВРЧ есть отношение максимальной и минимальной чувствительности приемника в децибеллах, в пределах которого работает система ВРЧ.

В качестве примера используем схему Рисунок 11. Вид тест-сигнала в этих измерениях показан на Рисунках 23 А и Б. Здесь не

показан строб ВРЧ, так как в дефектоскопах различных марок система ВРЧ реализована совершенно по разному. На рисунках указано только положение начала и конца зоны ВРЧ.

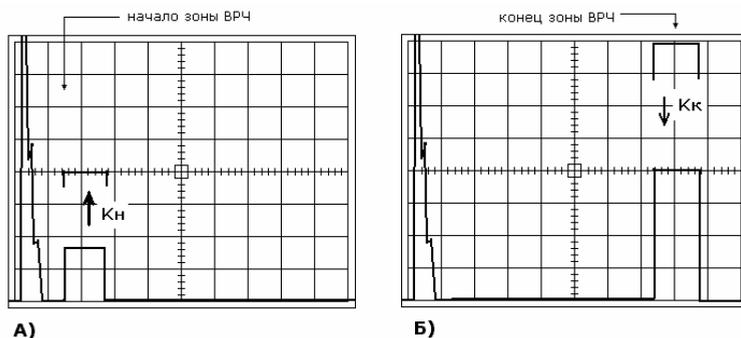


Рисунок 23 - Вид тест-сигнала на экране дефектоскопа при определении динамического диапазона ВРЧ:

А – в начале зоны, Б – в конце зоны.

- 4.14.1. Начальная установка параметров схемы: генератора сигналов 1, временного селектора 2 и аттенюатора 3. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают $(0,5 \div 1,0)В$. Проверяют синхронизацию работы временного селектора. Задержку и длительность тест-сигнала устанавливают произвольной, длительность выбирают не менее 5 периодов колебаний высокой частоты. Ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 устанавливают максимальное. Чувствительность дефектоскопа устанавливают тоже максимальной. Ослабление аттенюатора дефектоскопа устанавливают минимальное, обычно 0дБ. Настраивают развертку дефектоскопа таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на экране. Картинка на экране дефектоскопа должна быть устойчивой.
- 4.14.2. Включают систему ВРЧ дефектоскопа. Зону ВРЧ устанавливают: начало в первой трети экрана, конец – в последней трети. Изменение чувствительности в зоне

ВРЧ устанавливают максимальной. Тогда в начале зоны ВРЧ дефектоскоп имеет минимальную чувствительность, а в конце зоны ВРЧ – максимальную.

- 4.14.3. Настраивают задержку тест-сигнала таким образом, чтобы тест-сигнал находился в начале зоны ВРЧ (Рисунок 23 А).
- 4.14.4. Изменяя ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2, устанавливают амплитуду тест-сигнала на стандартный уровень дефектоскопа (Рисунок 23 А). Фиксируют ослабление K_n [дБ].
- 4.14.5. Изменяя задержку тест-сигнала, устанавливают его в конец зоны ВРЧ (Рисунок 23 Б). Амплитуда тест-сигнала при этом возрастает, так как система ВРЧ плавно увеличивает чувствительность от начала до конца зоны ВРЧ.
- 4.14.6. С помощью аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 амплитуду тест-сигнала устанавливают на стандартный уровень дефектоскопа. Фиксируют ослабление K_k [дБ].
- 4.14.7. Динамический диапазон ВРЧ рассчитывают по формуле

$$\Delta K_{врч} = K_k - K_n \text{ [дБ]}.$$

4.15. Определение погрешности срабатывания порогового индикатора

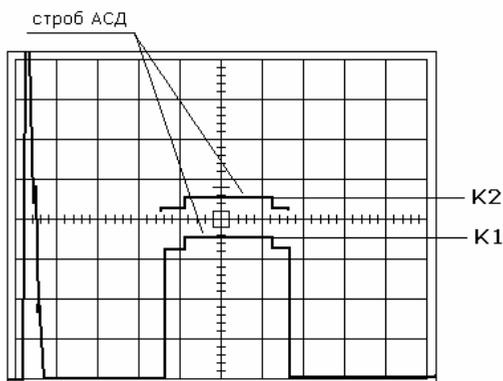
В ультразвуковых дефектоскопах пороговый индикатор является элементом автоматического сигнализатора дефекта (АСД). Система АСД имеет строб, предназначенный для выделения эхосигналов от дефектов в некотором интервале времени, и пороговый индикатор. Если эхосигнал попадает в строб АСД и его амплитуда превышает порог индикатора, дефектоскоп выдает световой или звуковой сигнал.

В методиках ультразвукового контроля строб АСД настраивается различными способами, главным образом для разделения эхосигналов от дефектов и эхосигналов от технологических отражателей (границ изделия). Порог срабатывания АСД практически во всех дефектоскопах может регулироваться. В методиках контроля порог устанавливается на различные уровни по экрану, поэтому проверка положения порога не требуется.

Электронное устройство в дефектоскопе, реализующее систему АСД, не идеально. Существует некоторый интервал амплитуд сигнала,

в котором неустойчиво срабатывает пороговый индикатор. Если постепенно увеличивать амплитуду сигнала, пороговый индикатор начинает то включаться – то выключаться. При дальнейшем увеличении амплитуды относительное время включения возрастает и, наконец, пороговый индикатор переходит в постоянно включенное состояние. По ГОСТ 23667-85 данный интервал амплитуд называют погрешностью настройки порогового индикатора или зоной нечувствительности. Хотя, здесь больше подходит термин - зона неопределенности срабатывания порогового индикатора.

Рассмотрим порядок определения погрешности порогового индикатора в схеме Рисунок 11.



К1 и К2 ослабления аттенюатора в моменты начала и конца срабатывания порогового индикатора дефектоскопа

Рисунок 24 - Вид тест-сигнала на экране дефектоскопа при определении зоны неопределенности порогового индикатора.

4.15.1. Начальная установка параметров схемы. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают $(0,5 \div 1,0)В$. Проверяют синхронизацию работы временного селектора. Задержку и длительность тест-сигнала устанавливают произвольной, длительность выбирают не менее 5 периодов колебаний высокой частоты. Ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 устанавливают

(10,0 ÷ 20,0)дБ. Чувствительность и развертку дефектоскопа устанавливают произвольно таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на экране. Картинка на экране дефектоскопа должна быть устойчивой. Систему ВРЧ дефектоскопа отключают.

- 4.15.2. Строб автоматического сигнализатора дефекта (АСД) устанавливают в пределах вершины тест-сигнала.
- 4.15.3. Изменяют ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 и находят амплитуду тест-сигнала, при которой начинает срабатывать АСД Рисунок 24. Фиксируют ослабление К1.
- 4.15.4. Уменьшают ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2, тест-сигнал увеличивается, и находят его амплитуду, для которой АСД устойчиво обнаруживает тест-сигнал Рисунок 24. Фиксируют ослабление К2.
- 4.15.5. Рассчитывают зону нечувствительности порогового индикатора АСД

$$\Delta K = K1 - K2 \text{ [дБ]} \text{ или в процентах } \delta = 100\% * 10^{\Delta K/20}.$$

Если дефектоскоп имеет несколько порогов в системе АСД, например УД2-12 имеет 3 порога, то операции П.4.15.1.÷ П.4.15.5. проводят для каждого из них.

Неопределенность срабатывания порогового индикатора крайне редко указывается в паспортных данных дефектоскопов. Данный параметр не должен превышать величины 0,5дБ или 6%.

4.16. Проверка диапазонов настройки АСД

Проверяется диапазон задержек строба АСД, диапазон 54длительностей строба АСД и диапазон настройки порогов АСД. Проверка указанных диапазонов производится в схеме Рисунок 11. Дополнительно в схему подключается осциллограф Рисунок 25.

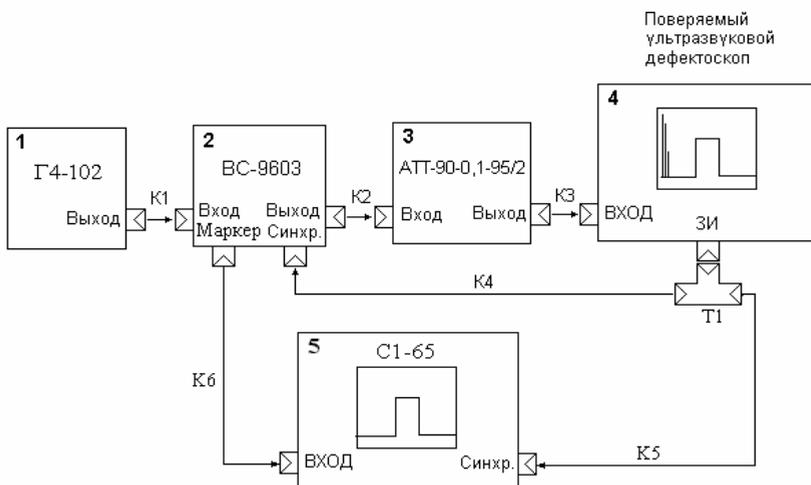


Рисунок 25 - Схема определения диапазонов настройки АСД и системы отображения сигналов.

1 – генератор сигналов, 2 – временной селектор, 3 – аттенуатор, 4 – дефектоскоп, 5 – осциллограф, К1 – К6 – кабели коаксиальные, Т1 – тройник коаксиальный.

Синхронизация осциллографа 5 осуществляется от зондирующего импульса дефектоскопа 4. Зондирующий импульс подается на вход внешней синхронизации осциллографа через кабель К5.

Временной селектор 2 имеет дополнительный выход «Маркер», на который выводится положительный прямоугольный импульс, соответствующий интервалу времени пропускания селектора. Другими словами, начало и конец импульса маркера совпадают с временными рамками тест-сигнала. Импульс маркера подается на вход осциллографа через кабель К6.

Принцип измерений прост. Тест-сигнал устанавливается к какое-нибудь положение по экрану дефектоскопа, скажем на начало строба АСД. Затем определяется задержка сигнала маркера по осциллографу. Так как задержка тест-сигнала и сигнала маркера равны, то измеряется задержка строба АСД.

Проверка диапазонов настройки АСД производится следующим образом.

- 4.16.1. Начальная установка параметров схемы. Развертку дефектоскопа устанавливают от зондирующего импульса. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают (0,5 ÷ 1,0)В. Проверяют синхронизацию работы временного селектора. Задержку и длительность тест-сигнала устанавливают произвольной. Ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 устанавливают (10 ÷ 20)дБ. Чувствительность и развертку дефектоскопа устанавливают произвольно таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на экране. Картинка на экране дефектоскопа должна быть устойчивой. Систему ВРЧ дефектоскопа отключают.
- 4.16.2. АСД. Установить минимальную задержку строба АСД. Строб перемещается в крайнее левое положение на экране дефектоскопа.
- 4.16.3. Установить передний фронт тест-сигнала на начало строба АСД.
- 4.16.4. Проверка минимальной длительностей строба АСД. Установить минимальную длительность строба АСД. Затем установить задний фронт тест-сигнала на конец строба АСД, совместить тест-сигнал со стробом. Определить длительность сигнала маркера по экрану осциллографа – t_{2min} .
- 4.16.5. Проверка максимальной длительностей строба АСД. Установить максимальную длительность строба АСД. Совместить тест-сигнал со стробом АСД экрану дефектоскопа. Определить длительность сигнала маркера по экрану осциллографа – t_{2max} .
- 4.16.6. Проверка минимальной задержки строба АСД. Проверить установку минимальной задержки строба АСД по П.4.16.2. Установить передний фронт тест-сигнала на начало строба АСД. Длительность тест-сигнала произвольная. Определить задержку сигнала маркера по экрану осциллографа – t_{1min} .
- 4.16.7. Проверка максимальной задержки строба АСД. Установить максимальную задержку строба АСД. Установить передний фронт тест-сигнала на начало строба АСД. Длительность тест-сигнала произвольная.

Определить задержку сигнала маркера по экрану осциллографа – t_{1max} .

- 4.16.8. Проверка диапазона настройки порога АСД. Установить строб АСД в пределах вершины тест-сигнала, как это было сделано в П.4.15. (Рисунок 24).
- 4.16.9. Установить минимальное положение порога АСД. Установить амплитуду тест-сигнала на порог срабатывания АСД. Амплитуда изменяется регулировкой ослабления аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2. Считать показания аттенюатора А1.
- 4.16.10. Установить максимальное положение порога АСД. Установить амплитуду тест-сигнала на порог срабатывания АСД. Считать показания аттенюатора А2.
- 4.16.11. Рассчитывают диапазон настройки порогового индикатора АСД

$$\Delta A = A1 - A2 \text{ [дБ]} \text{ или в процентах } D = 100\% * 10^{\Delta A/20}.$$

Считается, что дефектоскоп прошел проверку диапазонов настройки АСД, если параметры t_{1min} , t_{1max} , t_{2min} , t_{2max} , ΔA или D соответствуют паспортным данным дефектоскопа с точностью $\pm 20\%$.

4.17. Проверка диапазонов работы системы отображения сигналов

Как было показано в П.2.4., проверке подвергаются две величины: диапазон смещения экрана $T_{см}$ (мкс) и диапазон длительностей развертки T_p (мкс). Используется схема на Рисунке 25.

При проверке диапазонов $T_{см}$, T_p необходимо выполнить следующие действия.

- 4.17.1. Начальная установка параметров схемы. Развертку дефектоскопа устанавливают от зондирующего импульса. Частоту генератора сигналов выбирают в середине рабочего диапазона частот приемника дефектоскопа. Амплитуду сигнала высокой частоты устанавливают (0,5 ÷ 1,0)В. Проверяют синхронизацию работы временного селектора. Задержку и длительность тест-сигнала устанавливают произвольной. Ослабление аттенюатора АТТ-90-0,1-95/2 устанавливают (10 ÷ 20)дБ. Чувствительность и развертку дефектоскопа

устанавливают произвольно таким образом, чтобы тест-сигнал наблюдался на экране. Картинка на экране дефектоскопа должна быть устойчивой. Систему ВРЧ дефектоскопа отключают.

- 4.17.2. Установить минимальное смещение экрана дефектоскопа **Tсм min**. Установить передний фронт тест-сигнала на начало развертки дефектоскопа Рисунок 26. По экрану осциллографа определить задержку тест-сигнала, равную **Tсм min**.
- 4.17.3. Установить максимальное смещение экрана дефектоскопа **Tсм max**. Установить передний фронт тест-сигнала на начало развертки дефектоскопа Рисунок 26. По экрану осциллографа определить задержку тест-сигнала, равную **Tсм max**.
- 4.17.4. Установить минимальное смещение экрана дефектоскопа **Tсм min**. Установить минимальное время развертки дефектоскопа **Тр min**. Для определения **Тр min** установить передний фронт тест-сигнала на начало развертки дефектоскопа, а задний фронт тест-сигнала на конец развертки. По экрану осциллографа определить длительность тест-сигнала, равную **Тр min**.
- 4.17.5. Установить максимальное время развертки дефектоскопа **Тр max**. Установить задний фронт тест-сигнала на конец развертки. По экрану осциллографа определить время от начала развертки осциллографа до заднего фронта тест-сигнала. Это время равно **Тр max**.

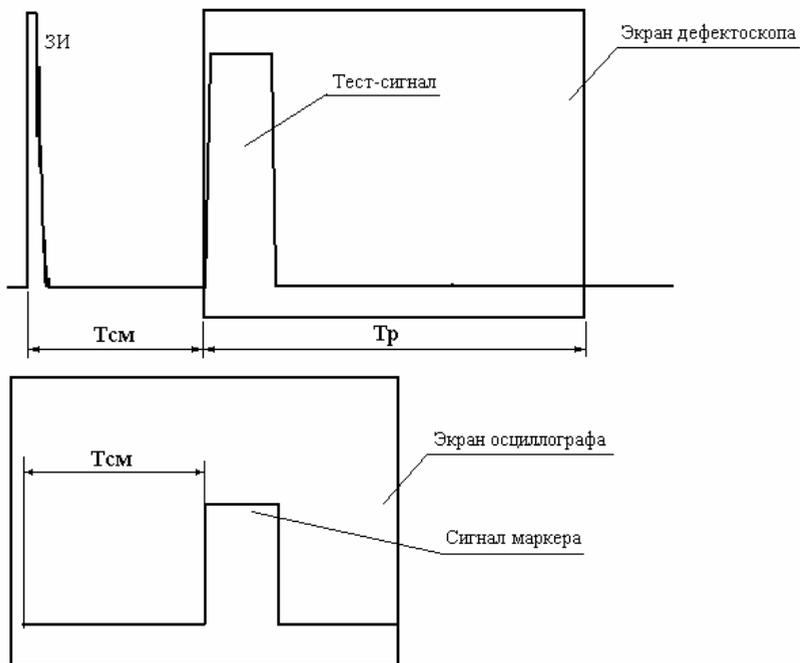


Рисунок 26 - Вид сигналов на экране дефектоскопа и осциллографа при определении диапазона смещения экрана дефектоскопа.

Считается, что дефектоскоп прошел проверку диапазонов работы системы отображения сигналов, если величины **Тсм min**, **Тсм max**, **Тр min**, **Тр max** соответствуют паспортным данным дефектоскопа с точностью $\pm 20\%$.

4.18. Определение погрешности глубиномера

В П.2.3. отмечалось, что для определения погрешности глубиномера можно использовать любой акустический блок, главное, чтобы задержка тест-сигналов в нем была точно воспроизводимой величиной. В данном случае используется образец СО-2 и преобразователь П111-2,5- $\varnothing 14$. Схема измерений изображена на Рисунке 14.

Вид сигналов в настроенном состоянии дефектоскопа показан на Рисунке 27.

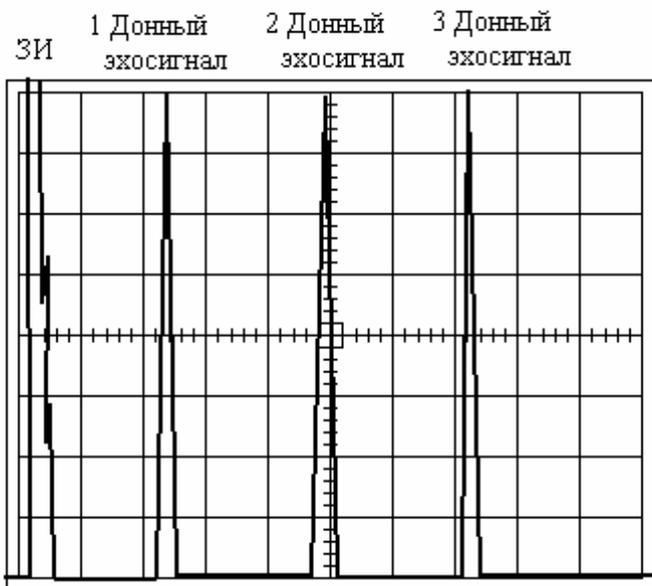


Рисунок 27 - Вид эхосигналов от образца СО-2 при определении погрешности глубиномера.

- 4.18.1. Начальная настройка дефектоскопа. Смазать маслом поверхность образца СО-2. Установить преобразователь на СО-2. Установить развертку дефектоскопа для наблюдения трех донных эхосигналов в СО-2. В помощь системы ВРЧ установить амплитуды донных сигналов на верхнюю линию экрана дефектоскопа (см. Рисунок 27).
- 4.18.2. Установить глубиномер в режим измерения задержки в микросекундах. Выделить (стробировать) первый донный эхосигнал. С помощью органов настройки времени задержки волн в преобразователе, ручка $\angle 0 \angle$ в УД2-12, установить показания глубиномера 20мкс. Если время пробега волн в СО-2 отличается от 20мкс, то установить показания глубиномера равными паспортному значению времени для данного СО-2.

4.18.3. Перевести глубиномер в режим измерения глубины дефекта для прямого преобразователя, координата **Н** УД2-12. Выделить (стробировать) первый донный эхосигнал. Органами настройки масштаба, **ммН** для УД2-12, установить показания глубиномера равными толщине СО-2 - 59,0мм.

4.18.4. Определить глубину залегания для второго и третьего донных эхосигналов Н2 и Н3. Определить погрешность глубиномера в данном режиме по формулам

$$\Delta Н2 = Н2 - 59,0*2$$

$$\Delta Н3 = Н3 - 59,0*3$$

4.18.5. Перевести глубиномер в режим измерения глубины дефекта для наклонного преобразователя, координата **У**. Выделить (стробировать) первый донный эхосигнал. Органами настройки масштаба, **ммУ** для УД2-12, установить показания глубиномера равными 30,0мм.

4.18.6. Определить глубину залегания для второго и третьего донных эхосигналов У2 и У3. Определить погрешность глубиномера в данном режиме по формулам

$$\Delta У2 = У2 - 30,0*2$$

$$\Delta У3 = У3 - 30,0*3$$

4.18.7. Перевести глубиномер в режим измерения координаты **Х**. Выделить (стробировать) первый донный эхосигнал. Органами настройки масштаба, **ммХ** для УД2-12, установить показания глубиномера равными 30,0мм.

4.18.8. Определить координаты для второго и третьего донных эхосигналов Х2 и Х3. Определить погрешность глубиномера в режиме измерения координат **Х** по формулам

$$\Delta Х2 = Х2 - 30,0*2$$

$$\Delta Х3 = Х3 - 30,0*3$$

Считается, что глубиномер дефектоскопа прошел поверку, если погрешности, найденные по выше указанным формулам не превышают $\pm 0,1$ мм для координаты **Н**, и $\pm 0,2$ мм для координат **Х, У**.

4.19. Проверка работоспособности информационной системы дефектоскопа

Здесь проверяются функции запоминания данных настройки, запоминание данных контроля и работоспособность канала передачи данных в ЭВМ. Используется схема измерений Рисунок 15. Указанные операции проводятся только для цифровых дефектоскопов.

- 4.19.1. Соберите схему Рисунок 15. Включите дефектоскоп и ЭВМ.
- 4.19.2. Проведите настройку дефектоскопа с преобразователем П111-2,5-Ø14 и стандартным образцом СО-2. Установите развертку дефектоскопа так, чтобы на экране наблюдались три донных эхосигнала. Настройте глубиномер дефектоскопа по первому и третьему эхосигналам. Проведите настройку ВРЧ дефектоскопа по трем донным эхосигналам. Установите строб АСД от первого до третьего эхосигнала. Порог АСД установите на стандартный уровень дефектоскопа. Для выяснения порядка настройки используйте техническое описание на дефектоскоп.
- 4.19.3. Проведите запоминание настройки в память прибора. Запишите параметры настройки на бумагу.
- 4.19.4. Измените все настроенные параметры дефектоскопа. Выключите дефектоскоп.
- 4.19.5. Включите дефектоскоп. Вызовите настройку, сделанную в П.4.20.2., из памяти дефектоскопа.
- 4.19.6. Сравните реальные параметры настройки дефектоскопа с записями, сделанными по П.4.20.3.
- 4.19.7. Установите преобразователь на образец СО-2 и проведите запоминание параметров эхосигналов, данных контроля. Сделайте несколько записей в память прибора. Параллельно запишите параметры эхосигналов на бумагу.
- 4.19.8. Выключите дефектоскоп. Затем включите дефектоскоп снова. Установите дефектоскоп в режим просмотра данных ультразвукового контроля. Проведите просмотр памяти данных и сравните их с вашими записями по П.4.20.7.
- 4.19.9. Проверка канала передачи данных. Подключите кабель связи дефектоскопа с ЭВМ. На ЭВМ запустите программу приема данных. Проведите тест канала

передачи данных. Если тест прошел успешно, проведите передачу данных на ЭВМ.

4.19.10. Сравните данные ультразвукового контроля на ЭВМ и данные в памяти дефектоскопа.

Проверка работоспособности информационной системы дефектоскопа считается успешной, если совпадают результаты по П.4.20.6., П.4.20.8., П.4.20.10.

Обычно в комплекте цифрового дефектоскопа имеется программа тестирования информационной системы. В этом случае, вместо П.4.20.1 ÷ П.4.20.10., используйте штатные операции тестирования.

4.20. Оформление результатов поверки

Результаты поверки заносят в протокол, форма которого приведена в Приложении А. Производится сравнение измеренных параметров дефектоскопа с паспортными значениями.

4.20.1. В случае соответствия параметров дефектоскопа паспортным данным оформляется протокол поверки установленной формы (см. Приложение А).

4.20.2. В случае отрицательных результатов сравнения выдается извещение о не пригодности дефектоскопа.

4.20.3. Допускается ограничение характеристик дефектоскопа, если прибор используется для работы по конкретным методикам ультразвукового контроля. В протоколе поверки должны быть указаны параметры дефектоскопа, поверенные не в полном объеме, а также методики ультразвукового контроля, по которым допускается использовать дефектоскоп.

4.20.4. Допускается использование другого оборудования для поверки дефектоскопов. При этом должна обеспечиваться точность определения параметров не хуже, чем в данных методических указаниях.

Наименование поверяющей
организации

Приложение А

5. ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

Ультразвуковой дефектоскоп _____ № _____ по
системе нумерации предприятия изготовителя, принадлежащий
предприятию _____.

Поверка проводилась образцовыми приборами

С1-65 № _____, Г4-102 № _____, АТТ90-0,1-95/2 № _____,

ВС-9603 № _____, П121-2,5-Ø14 № _____, СО-2 № _____.

Результаты поверки

Операции поверки и определяемые параметры	Допускаемые значения	Действительные значения	Вывод
Внешний осмотр			
Опробование			
Параметры зондирующего импульса			
Максимальная чувствительность приемника дефектоскопа			
Полоса пропускания приемника			
Параметров амплитудной характеристики приемного тракта			
Погрешность измерения отношения амплитуд сигналов на входе приемника			
Динамический диапазон временной регулировки чувствительности			
Погрешность настройки порогового индикатора			

Диапазоны настройки строба АСД			
Диапазоны работы системы отображения сигналов			
Погрешность глубиномера			
Проверка работоспособности информационной системы дефектоскопа			

Заключение по результатам проверки:

Параметры дефектоскопа _____
соответствуют паспортным данным.

Дефектоскоп годен для проведения ультразвукового неразрушающего контроля по инструкциям _____

Поверку проводил _____
(должность, Ф. И.О.)

№ удостоверения _____

“ ____ ” _____ 200__ г. _____
(подпись)