

# Сравнительные характеристики отечественных и зарубежных дефектоскопов

Количество дефектоскопов продаваемых на российском рынке растет из года в год. И разобраться во всем их многообразии под силу далеко не каждому. Производителями заявляется все большее количество характеристик, призывающих пользователя сделать выбор в пользу той или иной модели. В данном обзоре, сделана попытка рассмотреть основные характеристики непосредственно электронных блоков дефектоскопов, как самостоятельных измерительных устройств, в отрыве от рекламных лозунгов и специализированных методик. Такой метод соответствует зарубежным подходам к описанию основных технических характеристик ультразвуковой техники.

Сложность составления подобных сравнительных обзоров заключается в том, что зачастую производители оборудования не афишируют подробные технические характеристики дефектоскопа в рекламных материалах и на сайтах. При отсутствии информации в соответствующей графе стоит фраза - **"нет данных"**.

Понятно, что охватить весь рынок в одном обзоре не возможно, поэтому были рассмотрены только наиболее распространенные универсальные дефектоскопы, использование которых возможно в той или иной мере в любой отрасли промышленности. Несмотря на наличие специализированных комплектов (авиационных, железнодорожных и пр.) на базе этих устройств – данная направленность комплектов обуславливается только настройками прибора и комплектностью принадлежностей и преобразователей (ПЭП).

В соответствии с этим в данный обзор не вошли следующие приборы:

- узкоспециализированные (рельсовые, трубные пр.)
- устаревшие модели (УД2-12 и пр.)
- дефектоскопы, занимающие очень незначительную долю рынка
- концептуальные новые модели, которые хоть и есть практически у всех производителей, но на практике еще не опробованы и широкого распространения не получили.

Общими для всех рассмотренных приборов является наличие связи с ПК (по порту RS232 либо USB), корпус из пластика либо легкого сплава, возможность крепления на корпусе оператора и прочие уже типичные опции, а также регистрации в Госстандарте (Ростехрегулировании) как средства измерения.

В обзоре рассмотрены характеристики следующих дефектоскопов:

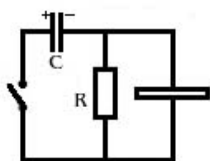
- USM-22B, USM-25DAC, USM23EX, USN-52L ф-мы "Krautkramer" Германия
- ЕРОСН III, ЕРОСН IV - ф-мы "Panametrics" США
- MASTERSCAN 340 ф-мы "Sonatest" Англия
- УД2В-П46 НПЦ "Кропус" г. Ногинск
- УД2-70 НПП "Луч" г. Москва/"Ультракон-Сервис" г. Киев
- DIO 562 ф-мы "Starmans" Чехия
- УД4-Т ф-мы "Votum" Молдова г.Кишинев
- А1212 «Эксперт» ф-мы "АКС" г.Москва
- УД2-103 "Пеленг" ф-мы "Алтек" г.Санкт-Петербург
- УИУ "Сканер" ф-мы "Алтес" г. Москва
- УД2-140 ф-мы «Ультратех» г. Калининград

Все технические характеристики взяты из рекламных проспектов, интернет-сайтов и руководств по эксплуатации приборов. Авторы статьи не несут ответственности за предоставление производителями неверной информации.

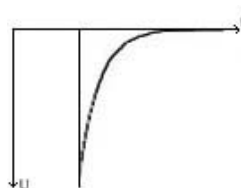
## Параметры зондирующего импульса

Собственно зондирующим импульсом называется акустический импульс, излучаемый преобразователем в изделие. Т.е. форма зондирующего импульса в значительной мере определяется также подключенным преобразователем. Без подключенного преобразователя импульс представляет собой односторонний толчок напряжения, убывающий по экспоненциальному закону.

Несмотря на различие в конструкциях приборов общий принцип возбуждения колебаний остается неизменным. Конденсатор в дефектоскопе заряжается до некоторого напряжения, затем управляющим сигналом от тактового генератора замыкается электронный выключатель, в результате чего конденсатор разряжается через демпфирующее сопротивление (или индуктивность), включенное параллельно колебательному элементу. Этот импульс разряда возбуждает в колебательном элементе затухающие механические колебания. Такой способ возбуждения называют **ударным**.

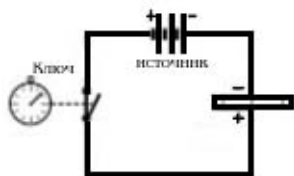


Электрическая схема ударного возбуждения

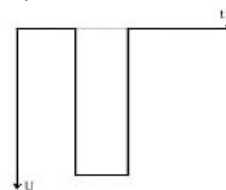


Электрический сигнал разряда при ударном возбуждении

Кривая разряда и период механических колебаний в значительной степени зависит от емкости конденсатора  $C$  и сопротивления резистора  $R$ . Для оптимального согласования прибора с конкретным преобразователем в некоторых дефектоскопах есть возможность переключения величин  $C$  и  $R$ . Однако, поскольку собственная частота колебаний пьезоэлемента зависит напрямую от его толщины, для эффективного возбуждения различных преобразователей необходимо приложение различной энергии. В противном случае, возбуждение ударным импульсом достаточно большого пьезоэлемента, будет сравнимо с коротким ударом часового молоточка по громадному колоколу. Для повышения эффективности возбуждения пьезокристаллов используют генераторы прямоугольных импульсов. Электронный ключ в генераторе прямоугольных импульсов отключает излучатель в требуемый момент времени, позволяя формировать импульсы необходимой длительности.



Электрическая схема генератора прямоугольных импульсов



Электрический сигнал при прямоугольном возбуждении

Таким образом, вся энергия импульса может быть приложена к пьезоэлементу в течение регулируемого периода. Длина импульса определяет колебательные характеристики пьезоэлемента. Теоретически, для наиболее эффективного возбуждения колебаний, длительность импульса возбуждения должна быть равна половине периода основной частоты пьезопластины. Т.е. для 5 МГц это 100 нс, для 2,5 МГц - 200 нс и тд. Возбуждение импульсами несоответствующей длительности может привести к искажению формы эхо-импульсов, увеличению их длительности и тд. Наибольшая эффективность генератора прямоугольных импульсов и возрастание амплитуды эхо-сигналов наблюдается на частотах ниже 4-5 МГц. На частотах выше 10 МГц разница между ударным возбуждением и возбуждением импульсами прямоугольной формы практически отсутствует.

Кроме того, иногда применяется возбуждение радиоимпульсом с регулировкой количества периодов (в основном для низких частот), периодом меандра с регулировкой количества периодов или с формированием импульсов заданной формы и длительности.

<b>Сравнительные параметры генераторов дефектоскопов</b>			
<i>Наименование дефектоскопа и производитель</i>	<i>Тип импульса возбуждения</i>	<i>Амплитуда импульса</i>	<i>Регулировка длительности импульса</i>
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	прямоугольный	200 В	от 50 до 500 нс, с шагом 25нс
<b>USM-25 DAC, 22В, 23EX, 52L</b> «Krautkramer»	ударного возбуждения	высокая/низкая	регулировкой С и R -контура
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	ударного возбуждения	100, 200 и 400 В	нет данных
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	прямоугольный для частот от 0.05 до 15 МГц; ударного возбуждения - от 15 до 25 МГц	100, 200, 300 и 400В	регулировка длительности прямоугольного импульса
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	прямоугольный с регулируемой длительностью	200 и 400В	от 20 до 500 нс
<b>DIO-562</b> «Starmans»	прямоугольный с регулируемой длительностью	55, 110 и 220В	есть
<b>УД4-Т</b> «Votum»	программируемая форма зондирующего импульса	нет данных	есть
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	ударного возбуждения	200 В	нет
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	период меандра	20,100, 200В	от 0,5-10 периодов меандра
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтек»	ударного возбуждения	нет данных	нет
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	ударного возбуждения	50-150В	нет
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	ударного возбуждения	8В и 160В	фиксированные С и R для каждого частотного диапазона

## Частота следования зондирующих импульсов

Частота следования ЗИ, указываемая в герцах (Гц), является одной из основных характеристик определяющих производительность контроля, т.е. максимальную скорость сканирования поверхности объекта контроля, при которой еще возможно выявление дефекта.

Кроме частоты следования ЗИ на реальную производительность влияют: диаметр излучающей поверхности преобразователя, условия контроля, геометрия и состояние поверхности и тд. Поэтому такая характеристика является весьма относительной. Однако максимальная частота следования ЗИ позволяет оценить предельную производительность самого дефектоскопа в определенных условиях. Например, если условно принять ширину диаграммы направленности преобразователя на определенной глубине равной 5мм, тогда учитывая, что для регистрации дефекта по ГОСТ необходимо не менее 3-х импульсов на дефект, можно приблизительно оценить максимально возможную для контроля скорость движения датчика по поверхности.

$$V \text{ (мм/с)} = (F \text{ след. /3}) * 5$$

Таким образом, при частоте следования 500 Гц, максимальная производительность такого прибора составит около 50 м/мин, что вполне достаточно даже для отдельных применений механизированного контроля. Наоборот, при частоте следования 10 Гц, максимальная скорость движения составит около 1 м/мин, что маловато даже для ручного контроля.

Многие приборы имеют переключаемую частоту посылок ЗИ "высокая/низкая" с тем, чтобы можно было проводить контроль материалов с различным затуханием, т.к. в материалах с малым затуханием при высокой частоте посылок ЗИ может произойти наложение эхо-импульса на собственный зондирующий импульс.

Кроме того, частота следования зондирующих импульсов обычно автоматически регулируется в зависимости от длительности развертки и других параметров настройки. Т.е. совершенно бессмысленно для изделия длиной 2 м, посылать зондирующие с частотой 1КГц, т.к. во время интервала между посылками импульсов, прибор должен принять эхо сигнал, а с такой глубины он может еще не вернуться.

Наименование дефектоскопа и производитель	Частота посылки
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	до 800 Гц/ 40 Гц
<b>USM-25 DAC</b> «Krautkramer»	до 1000 Гц / 40 Гц
<b>USM-22B</b> «Krautkramer»	до 400 Гц
<b>USM-23EX</b> «Krautkramer»	от 4 Гц до 1000 Гц (10 шагов)
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	высокая/низкая
<b>ЕРОСН III, IV</b> «Panametrics»	авто/низкая или сверхнизкая (по заказу)
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	35/63/150/200/500/1000 Гц
<b>DIO-562</b> «Starmans»	от 50 до 5000 Гц авт.
<b>УД4-Т</b> «Votum»	нет данных
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	30/60/120/250/500/1000 Гц
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	300 Гц
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтес»	1000 Гц
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	До 100 Гц
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтес»	от 76 Гц и 300/5000 Гц

## ПАРАМЕТРЫ РАЗВЕРТКИ ДЕФЕКТОСКОПОВ.

Длительность развертки представляет собой интервал времени прохождения импульса, в течение которого отраженный эхо-сигнал может быть выведен на экран. Обычно указывается в микросекундах или миллиметрах. Говоря о развертке в миллиметрах, всегда имеют в виду какой-то конкретный материал с известной скоростью звука (обычно это сталь 45 со скоростью примерно 5950-6000 м/с). Часто многие называют максимальную длительность развертки "глубиной прозвучивания". Такое название абсолютно неправильно, т.к. косвенно призвано создать мнение о том, что большая длительность развертки соответствует высокой мощности излучения прибора. На самом деле глубина прозвучивания (т.е. максимальное расстояние в материале, при котором можно получить сигнал от отражателя с заданным соотношением сигнал/шум) зависит в первую очередь от амплитуды зондирующего импульса, от коэффициента преобразования ПЭП, от затухания звука в материале объекта контроля, анизотропии его свойств, его геометрии и т.д. Т.е. вполне вероятно, что на приборе с длительностью развертки равной 5 метров - дефект, расположенный на глубине 500мм не будет выявляться, т.к. мощность усилителя, параметры преобразователя и прочие факторы не позволят сделать этого.

Под минимальной разверткой понимается наименьший интервал времени, который можно растянуть на весь экран дефектоскопа. Соответственно, чем меньше такой интервал, тем более удобно работать с малыми толщинами и близко расположенными дефектами, поскольку можно отобразить малую зону контроля на весь экран.

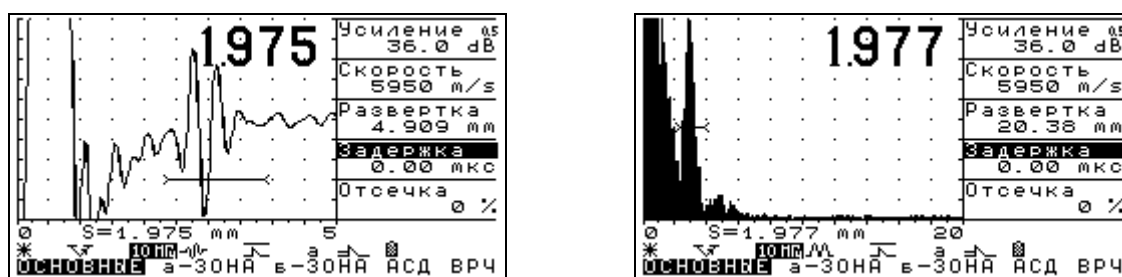


Рис 1. Сигнал отраженный от расположенного в 2мм от поверхности отверстия в образце СО-2. Прямой ПЭП 10 МГц. Слева - режим радиосигнала, развертка 5мм, справа режим полного детектора, развертка 20 мм. Как видно измерение удобнее и точнее проводить по левому рисунку.

Немаловажным является также шаг изменения развертки - в идеале, чем он меньше, тем лучше, т.е. тем точнее можно выставить развертку на экране. Однако обычно он зависит от частоты оцифровки сигнала и способа его обработки. В любом случае предпочтительней иметь возможность плавной регулировки развертки с шагом от 1 мм, чем фиксированные развертки, скажем 20, 50мм .. и тд. В последнем случае пользователь лишается возможности выставить сигнал в нужное место экрана.

Еще один важный параметр дефектоскопа - величина задержки развертки. Задержка развертки - начальный временной интервал, который не будет отображаться на экране дефектоскопа. Указывается обычно в микросекундах. Таким образом, чтобы контролировать изделие на наличие дефектов на глубине от 900 до 1000 мм - достаточно установить развертку более 1м, но тогда работать с таким сигналом совершенно неудобно, т.к. на экране он будет выглядеть как тонкая линия. Учитывая, что сигналы с глубины до 900 мм нас не интересуют, гораздо удобнее выставить задержку развертки порядка 300 мкс (что по стали составит как раз около 900 мм) и длительность развертки всего 100мм.

Часто задержку развертки делают еще и отрицательную, т.е. до момента непосредственного вхождения импульса в материал. Это позволяет вывести на экран собственный зондирующий импульс, измерять временные интервалы непосредственно от его фронта и немаловажно для ряда операций поверки (определения коэффициента преобразования ПЭП, проверки правильности задания длительности зондирующего импульса и пр.). На некоторых дефектоскопах, наоборот,

развертка начинается не с нуля, а уже с некоторой задержкой, являющейся мертвой зоной для вывода сигнала на экран

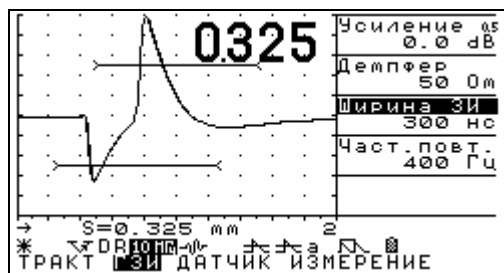


Рис.2 Собственный зондирующий импульс на экране дефектоскопа УД2В-П45

<b>Сравнительные параметры развертки дефектоскопов</b>			
<i>Наименование</i>	<i>Длительность развертки (по стали)</i>	<i>Регулировка длительности</i>	<i>Задержка развертки</i>
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	мин 0 – 2,9 мм; макс 0 - 3000 мм (0-10000мм по доп. заказу)	Плавная + четыре предустановки (определяются пользователем)	от –0.5 до 996 мкс
<b>USM-25 DAC</b> «Krautkramer»	мин 0 - 2,5 мм; макс 0 - 9999 мм	Плавная + предустановки	от -3.3 до 340 мкс
<b>USM-22B</b> «Krautkramer»	мин 0 - 2,5 мм; макс 0 - 1420 мм	Плавная + предустановки	от -3.3 до 340 мкс
<b>USM-23EX</b> «Krautkramer»	мин 0 -2,5мм; макс 0- 9999мм (в диапазоне 0.1-4 МГц) макс 0-1420мм (в диапазоне 2-15 МГц)	Плавная + предустановки	от -3.3 до 340 мкс
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	мин 0 - 5 мм; макс 0 - 5000 мм	Плавная + предустановки	от -20 до 999 мкс
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	от 1 до 5000 мм	Плавная + предустановки	от 0 до 350 мкс
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	от 1 до 10000 мм	Плавная + предустановки	от 0 до 350 мкс
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	мин 1 - 5 мм макс 1 - 20 000 мм	плавная + шагами	от 0 до 3333 мкс
<b>DIO-562</b> «Starmans»	макс 7500 мм	нет данных	от 0 до 1500 мкс
<b>УД4-Т</b> «Votum»	мин - 24 мм макс - 5000 мм	плавная	нет данных
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	мин 2.5 - 10 мм макс 2.5- 5000 мм	плавная	от 0 до 600 мкс
<b>A1212</b> «АКС»	мин 0 -15 мм макс 0 – 3000 мм	плавная	нет данных
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтек»	мин - 42 мм макс- 10 000 мм	фиксированная - 42, 84 и т.д. с шагом 42мм.	нет данных
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	мин 2 -60 мм макс 2 -3000 мм	с шагом 30мм	от 0 до 980 мкс с шагом 5 мкс
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	мин 3 - 24 мм макс 3-5000 мм	с шагом 24 мм	Нет данных

## Параметры приемного тракта дефектоскопов

Под частотным диапазоном понимают минимальную и максимальную границу принимаемых приемником частот, при которых уровень амплитуды принятого сигнала падает не более чем на заданную величину от истинного значения. Обычно такой уровень устанавливают равным  $-3\text{дБ}$  или  $-6\text{дБ}$ .

Усилители приемного тракта дефектоскопов делятся на резонансные (т.е. с заранее согласованными на определенную "резонансную" частоту контурами) и широкополосные (т.е. работающие во всем указанном диапазоне частот). Для получения высокой разрешающей способности при использовании высокодемпфированных преобразователей необходимо иметь дефектоскоп с широкой полосой частот, чтобы обеспечить получение эхо-импульсов с малой длительностью (т.е. не содержащих переходных колебаний) и, соответственно, возможность выявления мелких и близко расположенных дефектов. С другой стороны чрезмерное увеличение полосы частот ведет к возрастанию уровня шумов и ухудшению чувствительности, поэтому в широкополосных дефектоскопах с высокой верхней границей (15-25 МГц) как правило, устанавливают несколько частотных поддиапазонов, выбираемых пользователем.

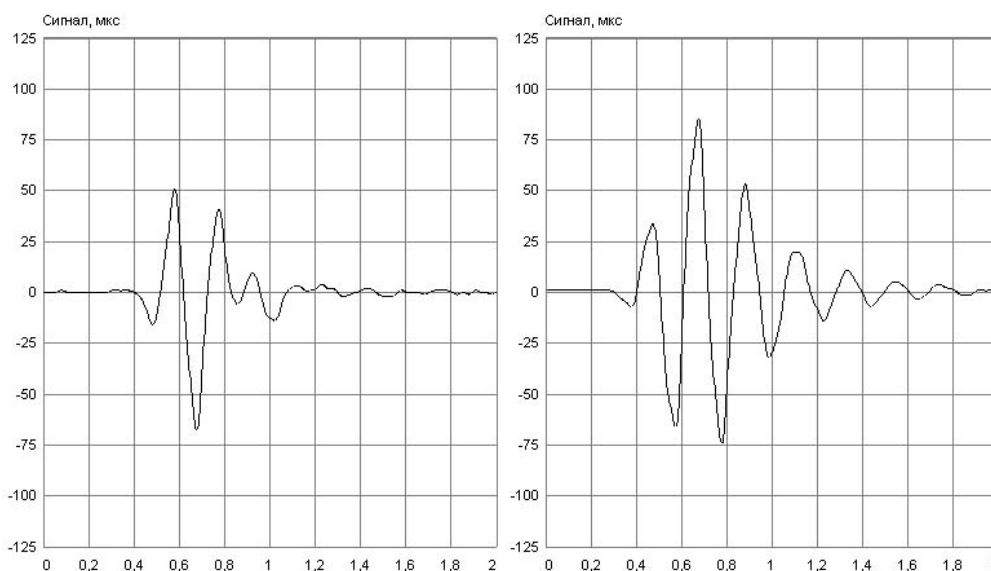


Рис 3 Вид отраженного эхо-импульса преобразователей частотой 5МГц. Слева - высокодемпфированный ПЭП в широкополосном режиме, справа - стандартный преобразователь в резонансном режиме.

В случае дефектоскопа с резонансным усилителем приемного тракта разрешающая способность значительно ниже, кроме того, для подключения преобразователя требуется переключение прибора на конкретную частоту, что ведет к ограничению номенклатуры используемых преобразователей в рамках заранее установленных частот приемника: для России обычно это 1,25; 1,8; 2,5; 5 и 10 МГц. Для широкополосного дефектоскопа номенклатура частот ограничена только верхней и нижней границей частотного диапазона.

Немаловажной является также возможность электрического демпфирования сигнала (входа приемника и выхода генератора). Такая функция позволяет повысить разрешающую способность слабо демпфированного преобразователя электрическим способом, уменьшить размер мертвой зоны и, в отдельных случаях, повысить соотношение сигнал/шум.

<b>Сравнительные параметры приемного тракта дефектоскопов</b>			
<i>Наименование</i>	<i>Тип усилителя и диапазон частот</i>	<i>Наличие встроенных фильтров</i>	<i>Демпфирование</i>
<b>УД2В-П46</b> «Крокус»	широкополосный усилитель 0.5-15 МГц (- 6 дБ) 1 -10 МГц (-3 дБ)	- аналоговые фильтры на 1,25, 2.5 и 5 и 10 МГц - 12 дополнительных диапазонных цифровых фильтров -7 индуктивных контуров для согласования любых ПЭП	25/50/1000 Ом
<b>USM-25 DAC</b> «Krautkramer»	широкополосный усилитель 0.5-20 МГц (- 3 дБ)	нет	50/150/1000 Ом
<b>USM-22B</b> «Krautkramer»	широкополосный усилитель 0.5-15 МГц (- 3 дБ)	нет	50/500/1000 Ом
<b>USM-23EX</b> «Krautkramer»	широкополосный с диапазонами: 0,1-4 МГц, 0.5-4 МГц, 0.8-8 МГц, 2-15 МГц (-3 дБ)	переключением диапазонов	50/500 Ом
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	широкополосный с диапазонами: 0,4-10.2 МГц, 0.25-4.9 МГц, 2.3-10.8 МГц, 1.7-8.2 МГц (-3 дБ)	переключением диапазонов	50/100/150/1000 Ом
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	широкополосный усилитель 0.4 – 17.5 МГц (по уровню – 6 дБ)	нет	50/150/400 Ом
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	широкополосный усилитель 0.05 – 25 МГц (по уровню – 6 дБ)	широкополосные, узкополосные, низкочастотные и высокочастотные фильтры	50/63/150/400 Ом
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	0.3 - 20 МГц (-6дБ)	узкополосные фильтры на 1, 2, 5,10 и 15 МГц	33/50/100/400 Ом
<b>DIO-562</b> «Starmans»	широкополосный усилитель 0.5-20 МГц (уровень не известен)	аналоговые фильтры на 2,5; 4 и 5 МГц. узкополосные цифровые фильтры на 1, 2,5, 4 и 5 МГц	30/33/300/4700 Ом
<b>УД4-Т</b> «Votum»	широкополосный 0,2-10 МГц	есть	нет
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	0,4, 1.25, 1.8, 2.5, 5 и 10 МГц	нет	нет
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	широкополосный 0.8-15 МГц	нет	нет
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтек»	1-10 МГц (уровень не известен)	нет	нет
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	Резонансный с частотами 1,25; 1,8; 2,5; 5 и 10МГц	нет	нет
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	0.1 –10 МГц с заводскими установками на 1.25, 1.8, 2.5 и 5 МГц (0.1, 0.4, 0.6 и 10 МГц по спец. заказу)	нет	нет



## Динамический диапазон усиления, регулировка усиления.

Один из самых основных параметров приемника дефектоскопа - это диапазон принимаемых сигналов. С одной стороны, необходимо, чтобы при входном напряжении порядка нескольких десятков микровольт, их сигналы еще как-то различались на уровне шумов, с другой стороны, напряжения в несколько десятков вольт должны отображаться без ограничивающих эффектов. Динамический диапазон усиления определяет отношения максимальной и минимальной границы принимаемых сигналов. Величина диапазона указывается в дБ.

Необходимо учитывать, что динамический диапазон усиления и реальная величина усиления это разные понятия, т.к. в динамический диапазон входит еще и ослабление сигнала с помощью встроенных аттенюаторов и усилителей с отрицательным коэффициентом. Например, у прибора УД2В-П46 динамический диапазон 110 дБ, а реальное усиление 80 дБ. В любом случае стоит учитывать, что большой динамический диапазон и большое усиление это не абсолютный показатель качества усилителя, т.к. нет смысла ни в излишнем аттенюаторе, для сигналов по амплитуде больше зондирующего импульса, ни в мощном, но шумящем усилителе.

Также, с точки зрения удобства пользования прибором немаловажное значение также имеет возможность изменять величину усиления с разными шагами.

<b>Сравнительные параметры приемного тракта дефектоскопов</b>			
<i>Наименование дефектоскопа и производитель</i>	<i>Динамический диапазон усилителя</i>	<i>Шаг изменения усиления</i>	<i>Дополнительные функции</i>
<b>УД2В-П45</b> «Кронус»	110 дБ	0.5,1,2 и 6 дБ	
<b>USM-25 DAC, - 22B, -23EX</b> «Krautkramer»	110 дБ	0.5,1,2,6 и 12 дБ	
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	110 дБ	0.5, 1, 2 и 6 дБ + программируемый шаг величиной от 6,5 до 24 дБ	
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	100 дБ	0.1 дБ или 6 дБ	
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	110 дБ	0.1 дБ или 6 дБ	
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	110 дБ	0.5, 2, 6, 14 и 20 дБ	
<b>ДИО-562</b> «Starmans»	80 дБ	0.1, 0.5, 1 и 6 дБ	
<b>УД4-Т</b> «Votum»	140 дБ	0.5 дБ	
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	100 дБ	0.5 дБ или 1 дБ	
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	80 дБ	1 дБ	
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтек»	85 дБ	1 дБ	АРУ
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	80 дБ + дополнительный аттенюатор 30дБ	0,5 дБ	АРУ
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	80 дБ	1 дБ	АРУ

## Временная регулировка чувствительности (ВРЧ)

Поскольку амплитуда эхо-сигналов убывает по глубине ввиду затухания ультразвука в материале и физики звукового поля, оценивать сигналы при одинаковом усилении не имеет смысла. Для этого есть два взаимосвязанных пути:

1. Выравнивание амплитуд сигналов, путем построения кривой ВРЧ. Усиление изменяется по глубине с таким расчетом, чтобы сигналы от одинаковых отражателей имели на экране одинаковую амплитуду независимо от глубины их расположения. В этом случае порог оценки может быть принят фиксированным.

2. Строится кривая амплитуда-расстояние (АРК) обратная кривой ВРЧ и все оценки сигналов производятся по отношению не к фиксированному порогу, а к кривой линии, изменяющейся по глубине.

В случае достаточно больших зон контроля первый способ предпочтительней ввиду большего диапазона настройки, т.к. определение по АРК неизбежно будет ограничено отношением сигналов в пределах 20 дБ, т.е. в пределах 10-100% высоты экрана.

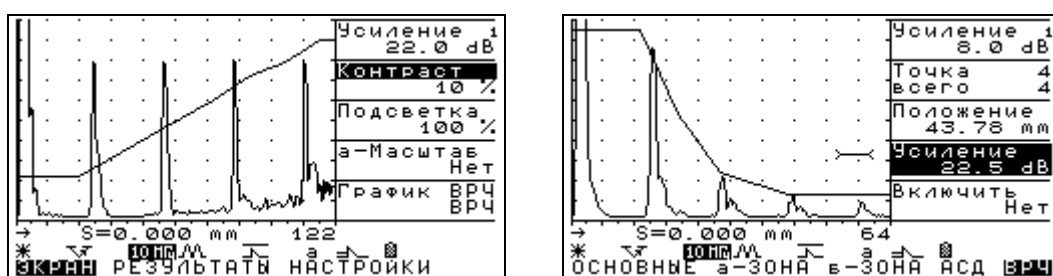


Рис.4 Слева - выравнивание амплитуд эхо-сигналов с помощью ВРЧ, справа - контроль с помощью АРК.

Основной характеристикой ВРЧ является - глубина ВРЧ, т.е. величина, определяющая соотношение реальных амплитуд сигналов, которые можно выровнять с помощью ВРЧ. Чем данный показатель больше, тем соответственно лучше. Кроме того, зачастую объект контроля имеет сложную форму, анизотропию свойств по глубине и пр., а форма кривой ВРЧ далека от прямой линии или экспоненты. Тогда имеют значение еще две характеристики ВРЧ: возможность построения кривой по нескольким точкам и максимальная крутизна кривой ВРЧ (т.е. максимальное количество дБ на которые можно изменить усиления за 1 мкс).

<b>Сравнительные параметры ВРЧ дефектоскопов</b>					
<i>Наименование дефектоскопа и производитель</i>	<i>Наличие ВРЧ</i>	<i>Максимальная глубина ВРЧ</i>	<i>Количество точек кривой</i>	<i>Крутизна кривой ВРЧ</i>	<i>Контроль по АРК (DAS)</i>
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	есть	90 дБ	10 точек	12 дБ/мкс	есть (+ 2 дополнительные кривые до –20 дБ от базовой)
<b>USM-25 DAC</b> «Krautkramer»	есть	нет данных	10 точек (+ 3 дополнительных кривых)	нет данных	есть
<b>USM-22В, -23 EX</b> «Krautkramer»	нет	-	-	-	-
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	есть	40 дБ	10 точек	6 дБ/мкс	есть (опция)
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	есть, по доп. заказу	нет данных	-	нет данных	-
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	есть, по доп. заказу	нет данных	-	-	-
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	есть	40 дБ	-	-	есть (+ кривые по -6, -12 и -14 дБ)
<b>DIO-562</b> «Starmans»	по временным законам АРК и АРД	80 дБ, только по АРК и АРД	-	-	есть (+АРД)
<b>УД4-Г</b> «Votum»	есть	80 дБ	до 256 точек	-	есть
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	есть	60 дБ	64 точки	-	есть (+АРД)
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	есть	40 дБ	32 точки	-	Есть(+АРД)
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтес»	есть	60 дБ	8 точек	-	нет данных
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	есть	60 дБ	до 20 точек	20 дБ/мкс	есть (+ 2 дополнительные кривые до –20 дБ от базовой)
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтес»	есть	60 дБ	в виде кривой с изменяемой кривизной	-	нет данных

## Форма отображения эхо - импульсов на экране дефектоскопа

На сегодняшний день существует достаточно много способов отображения сигналов. Наиболее распространенный из всех - в виде А-развертки (A-scan), т.е. обычное двухмерное отображения изменения амплитуды на входе дефектоскопа в течении времени. Более информативны В-развертка (изображение в виде точек разной яркости, чем больше амплитуда, тем темнее точка), С-развертка, TOFD-построение и 3D-развертка. Существует еще ряд других более специальных форм представления сигналов.

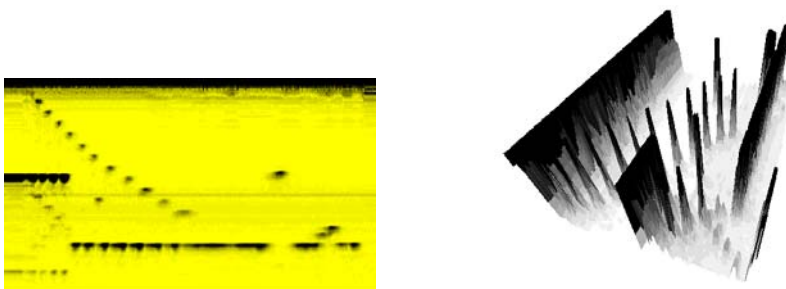


Рис.5 Изображение стандартного образца СО-1 в виде В-развертки (слева), 3D-развертки (справа), полученное с помощью дефектоскопа и ЭВМ.

Однако отображение В, С и пр. разверток требует использования дефектоскопа совместно с компьютером, датчиками пути и пр., так как на самом экране дефектоскопа мощная информативная картинка превращается в скупую совокупность только белых и черных точек (без полутонов), количество которых зависит от разрешения экрана. В дефектоскопах отображаются как правило псевдо-В-развертки, т.е. строящиеся по времени заданному оператором (без координатного устройства).

А - развертка в свою очередь встречается в четырех вида:

1. Высокочастотный реальный сигнал (радиосигнал)
2. Полностью детектированный сигнал (сумма положительной и отрицательной полуволны радиосигнала)
3. Положительный детектированный сигнал
4. Отрицательный детектированный сигнал

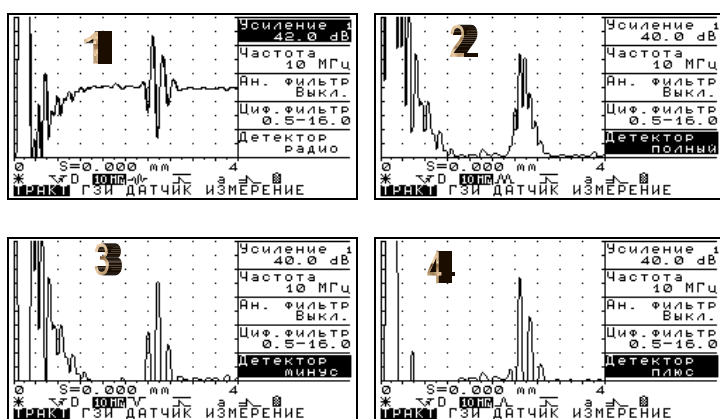


Рис 6. Отображение А-развертки: радиосигнал (1), полный детектор (2), отрицательная полуволна (3), положительная полуволна (4)

Однополупериодное детектирование необходимо в основном тогда, когда нужно точно определять время прохождения сигнала (измерение толщины стенок, локализация дефекта и пр.), т.к. при таком виде развертки получаются более строгие фронта импульса. Полное детектирование имеет преимущества при определении амплитуды сигналов, т.к. изображает все эхо независимо от фазы. Радиосигнал, обладает преимуществами всех остальных способов и, кроме того, незаменим тогда, когда необходимо измерять расстояние до отражателей с различной полярностью (включения с разными акустическими свойствами), для определения частоты преобразователя, а

также для выявления малых отражателей вблизи от больших эхо-импульсов (например, мелких подповерхностных дефектов).

<b>Форма отображения сигналов на экранах дефектоскопов</b>					
<i>Наименование дефектоскопа и производитель</i>	<i>радио-сигнал</i>	<i>полный детектор</i>	<i>положительная полуволна</i>	<i>отрицательная полуволна</i>	<i>Дополнительные функции</i>
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	+	+	+	+	Огибающая пика, квази В-развертка. Работа в реальном времени с ПК
<b>USM-25 DAC, -23EX</b> «Krautkramer»	-	+	+	+	
<b>USM-22B</b> «Krautkramer»	-	+	-	-	
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	+	+	+	+	
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	+	+	+	+	
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	+	+	+	+	по доп. заказу
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	+	+	+	+	
<b>DIO-562</b> «Starmans»	+	+	+	+	В-развертка по времени заданному оператором или датчику пути (только для DIO 562HIGH)
<b>УД4-Т</b> «Votum»	+	+	-	-	В-развертка по времени заданному оператором, С-развертка
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	-	+	-	-	
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	+	+	+	+	огibaющая
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтек»	-	+	-	-	
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	-	+	-	-	огibaющая, В-скан
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	+	+	-	-	В-развертка по времени заданному оператором

## Характеристики экранов дефектоскопов.

На все современные дефектоскопы устанавливаются либо жидкокристаллические графические индикаторы (ЖКИ), либо электролюминесцентные дисплеи (ЭЛД). О достоинствах и недостатках этих типов спорят уже не первый год, однако в последнее время все ведущие зарубежные производители или перешли на установку ЖКИ или предлагают их в качестве опции.

Большинство, индикаторов на жидких кристаллах, используемых в современных дефектоскопах, имеет *трансрефлективный* тип. Трансрефлективные индикаторы используют белый или серебряный полупрозрачный материал, который отражает часть внешнего света, а также пропускает свет задней подсветки. Поскольку эти индикаторы как отражают, так и пропускают свет, то могут использоваться в широком диапазоне яркостей освещения. Частота обновления экрана обычно составляет не более 20-25 Гц, что, однако, вполне достаточно учитывая устройство человеческого зрения. Многие приборы имеют регулируемую яркость и контрастность изображения. Подсветка ЖКИ выполняется люминесцентная и светодиодная. В первом случае лучшая яркость дисплея достигается ценой узкого температурного диапазона (т.к. светодиодная подсветка подогревает индикатор и позволяет работать при температурах от  $-20^{\circ}\text{C}$ ) и меньшей долговечности. ЖКИ индикаторы бывают как ч/б, так и многоцветными.

Тип освещения	Прямой солнечный свет	Офисное освещение	Приглушенный свет	Очень слабый свет
Качество изображения	Великолепно (без подсветки)	Хорошо (без подсветки)	Хорошо (с подсветкой)	Очень хорошо (с подсветкой)

### Достоинства ЖКИ:

- несомненное достоинство ЖКИ - их абсолютная безвредность для зрения. Т.е. паразитные излучения отсутствуют, можно работать с прибором сколько угодно долго, не утомляя зрение

- отсутствие мерцания и искажений;

- малое энергопотребление. Напряжение питания ч/б ЖКИ - 5В, а значит это прекрасные характеристики потребления энергии и, следовательно, малое количество аккумуляторов и большой ресурс их работы до подзарядки.

- низкий показатель собственных шумов. ЖКИ практически не влияют на уровень общих шумов прибора;

- долговечность и надежность ЖКИ, связанные с его принципом действия и конструкцией;

### Недостатки:

- небольшой угол просмотра (около 50 град);

- меньшая яркость и контрастность чем у ЭЛД, ограничивающая расстояние от глаза оператора.

Меньшей инерционностью и лучшим качеством обладают полноцветные дисплеи с активной матрицей, в которых каждый пиксель управляется отдельным тонкопленочным транзистором (thin-film transistor, TFT). Фактически дефектоскопы с TFT дисплеями используют встроенный компьютер, который обрабатывает сигнал и формирует изображение, но может быть причиной электрических шумов.

Электролюминесцентные дисплеи обладают прекрасными характеристиками яркости и контрастности, вследствие принципа работы, основанного на свечении люминофора под воздействием прикладываемого переменного напряжения. Частота обновления экрана ЭЛД выше, чем у ЖКИ. Они обеспечивают хорошие визуальные характеристики при наблюдении за экраном с расстояния или под углом, что особенно полезно для промышленных стационарных устройств.

<b>Сравнительные экранов дефектоскопов</b>			
<i>Наименование дефектоскопа и производитель</i>	<i>Тип экрана и его размер</i>	<i>Разрешение</i>	
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	ЖКИ или ЭЛД 110x65 мм	240x128	
<b>USM-25 DAC, -22В, -23ЕХ</b> «Krautkramer»	ЖКИ 96,5x72 мм	320x240	
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	ЖКИ 114x76 мм, 60 Гц	480x320	
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	ЭЛД или ЖКИ 72x96 мм	ЭЛД 256x320 ЖКИ 240x320	
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	ЭЛД ЖКИ	ЭЛД 320x240 ЖКИ 320x240	
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	8-ми цветный ЖКИ с активной матрицей или монохромный ЖКИ 102.7x77мм	320x234	
<b>DIO-562</b> «Starmans»	ЖКИ 120x65мм	240x128	
<b>УД4-Т</b> «Votum»	TFT, 256 цветов	320x240	
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	8-ми цветный ЖКИ	320x240	
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	ЭЛД	320x240	
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтек»	ЭЛД 110x50мм	160x80	
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	ЭЛД 115x86 мм	320x240	
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	ЖКИ или ЭЛД 108x57.5 мм	240x128	

## Память настроек и результатов

Все современные цифровые дефектоскопы обладают энергонезависимой памятью настроек и результатов измерений.

Память настроек прибора позволяет сохранить в дефектоскопе определенное количество настроек, содержащих все параметры контроля (развертку, зоны контроля, параметры датчика и пр.), с тем, чтобы в последующем вызывать их из памяти, не задавая их заново вручную. Иногда есть возможность сохранить само изображение на экране прибора в момент записи настройки. Сохранение изображения можно в дальнейшем сохранить на компьютере, вставить в протокол отчета о контроле и пр.

Возможность присваивать настройкам логичные буквенно-цифровые имена на русском или английском языках - одна из наиболее необходимых. Гораздо проще задать имя, например, "Контроль трубы диам. 30мм", чем потом вспоминать, что хранится под именем "Настройка №5". Не меньшее значение имеет возможность переименования настроек собственно с клавиатуры дефектоскопа, т.е. непосредственно на участке контроля. В дальнейшем с помощью специального программного обеспечения (ПО), можно сохранять, переименовывать и записывать настройки в дефектоскоп, формируя, таким образом, необходимые блоки настроек для конкретного вида работ. Подобное ПО у разных производителей или поставляется бесплатно вместе с прибором или продается за отдельную плату.

Память результатов позволяет сохранять для дальнейшей обработки численные значения измерений: амплитуду, толщину, расстояние до дефекта, скорость в материале пр. С помощью ПО на компьютере можно обработать данные, сформировать протоколы, посчитать статистику и т.д..

Крайне важно, когда сохраняется не просто результат глубиномера, а полностью сформированный протокол контроля с датой, временем, копией экрана дефектоскопа и всеми параметрами настройки. В этом случае можно автоматически формировать с помощью ПО протоколы любого вида и хранить их в базах данных по каждому изделию.

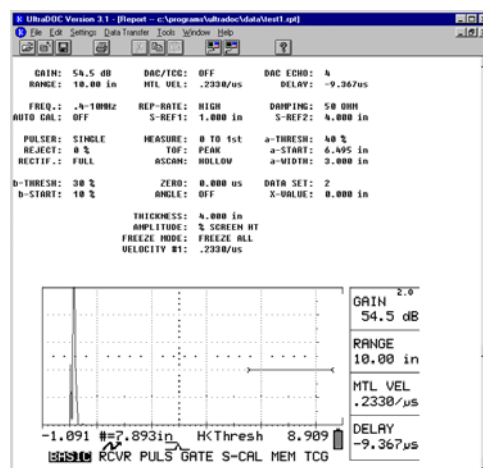
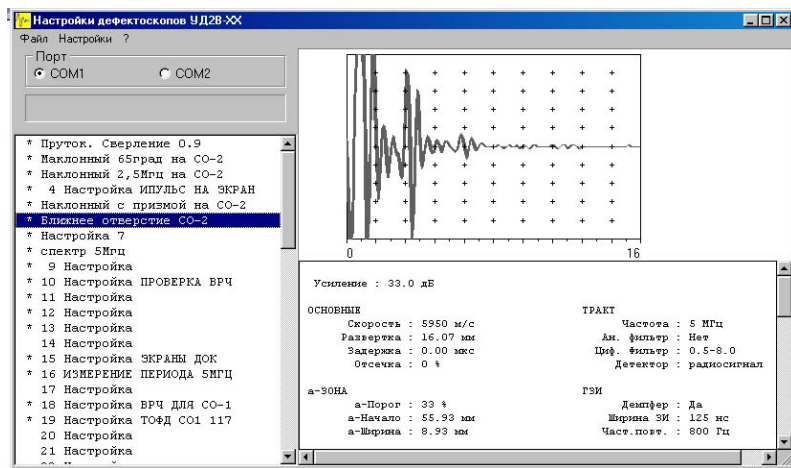


Рис. Программа UdPar для работы с настройками дефектоскопов серии УД2В-П (слева) и программа UltraDOC для работы с настройками приборов фирмы Krautkramer (справа).



<b>Организация блоков памяти дефектоскопов</b>					
<i>Наименование дефектоскопа и производитель</i>	<i>Память настроек</i>	<i>Запоминание изображения</i>	<i>Буквенно-символьные имена</i>	<i>Ввод имен с клавиатуры прибора</i>	<i>Память результатов</i>
<b>УД2В-П46</b> «Кропус»	100 блоков настроек с А-сканом	А-развертка, огибающая (как вместе с настройками, так и с протоколами)	да	русские и английские буквы и спец. символы	750 протоколов с датой, временем, А-сканом, параметрами работы. Специальное ПО для ведения баз данных на ПК
<b>USM-25 DAC</b> «Krautkramer»	200 блоков с датой, временем и описанием	нет	да	нет	нет данных
<b>USM-22B</b> «Krautkramer»	100 блоков данных	А-развертка	да	нет	нет данных
<b>USM-23EX</b> «Krautkramer»	100 блоков данных	нет	да	нет	нет данных
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	100 блоков данных	А-развертка	да	английские буквы и спец. символы	2500 результатов (до 99 файлов)
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	130 блоков данных	А-развертка (вместе с настройками)	да	анг, фран, и нем. буквы и спец. символы	3000 результатов
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	500 блоков данных	А-развертка	да	алфавит по выбору и спец. символы	10000 результатов
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	100 блоков настройки	А-развертка (вместе с настройками)	да	английские буквы и спец. символы	2000 результатов (до 14 блоков)
<b>DIO-562</b> «Starmans»	100 блоков настройки (зависит от памяти РСМСІА карты)	1000 протоколов с А-разверткой 100 протоколов с В-разверток	нет данных	нет данных	вместе с протоколом
<b>УД4-Т</b> «Votum»	500 настроек, 1000 параметров ПЭП	А,В,D и пр.	да	да	500 записей
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	100 блок настройки	100 А-разверток с настройками	да	русские буквы и спец. символы	4000 значений глубиномера
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	100 настроек	500 А-разверток с параметрами	нет данных	нет данных	500 А-разверток с параметрами
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтес»	255 блоков данных	А-развертка (до 1000 изображений)	нет, цифровая нумерация по порядку	-	1000 результатов
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	До 500 записей А-скана или параметров	А-развертка (до 500 записей)	нет	-	До 27000 результатов глубиномера или 290 участков пути или 45 участков по датчику пути
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	всего 128 кБайт - 300-настроек	160 протоколов с А-разверткой или 25 протоколов с В-разверткой (вместо настроек)	нет, цифровая нумерация по порядку	нет	10 отчетов (по 100 записей) (вместо настроек)

## Зоны контроля, АСД

Под зоной контроля (стробом) понимают некоторую перемещаемую по экрану в горизонтальном и вертикальном направлениях линию регулируемой длины. При появлении сигнала в зоне, ограниченной этой линией, срабатывает автоматическая сигнализация дефектов (АСД). Кроме того, первая зона обычно используется для измерения (расстояния до пересечения первой зоны с фронтом сигнала или до максимального пика сигнала в зоне, максимальной амплитуды в зоне и пр.). Независимыми, зоны контроля называют в случае, если установки (положение, ширина) одной из зон не влияют на установки других. Немаловажное значение имеет также индивидуальная логика определения дефектов (т.е. логика сигнализации - сигнал выше порога/ ниже порога и тд.) - таким образом можно контролировать, например, одновременное превышение сигналом порога в первой зоне контроля и падение донного сигнала ниже порога во второй. Выход на внешнее АСД используется в основном для промышленного контроля, когда для визуализации дефекта необходимо подсоединить некоторую внешнюю звуковую или световую схему сигнализации.

Наименование дефектоскопа и производитель	Зоны контроля	АСД	Выход на внешнее АСД
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	2 независимых зоны с индивидуальной логикой определения дефектов	свет/звук	Есть, на наушники или другое АСД
<b>USM-25 DAC</b> «Krautkramer»	2 независимых зоны	свет	нет
<b>USM-22B</b> «Krautkramer»	2 зоны, вторая зависит от установок первой	свет	нет
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	2 независимых зоны	свет	есть
<b>USM-23EX</b> «Krautkramer»	2 зоны, вторая зависит от установок первой	свет/звук	нет
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	1 зона	свет	есть
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	1 зона (2 зоны по допол. заказу)	свет	есть
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	2 независимых зоны с индивидуальной логикой определения дефектов	свет	есть
<b>ДИО-562</b> «Starmans»	3 зоны. (2 независимых + зона с возможностью регулировки усиления)	звук, изменение цвета сигналов в первом стробе	есть
<b>УД4-Т</b> «Votum»	2 зоны	нет данных	Нет данных
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	2 независимых зоны	звук, визуальная - символами "1" и "2" в углу экрана	Выход на наушники
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	2 зоны	свет, звук	нет
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтес»	1 зона		нет
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	2 зоны	звук	нет
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтес»	1 или 2 зоны (опция)	свет/звук	выход на наушники

## Измеряемые величины

Все современные дефектоскопы измеряют только два типа величин: время прихода сигнала и его амплитуду. Остальные величины расстояние (толщина) и скорость звука является производными от времени. Таким образом, теоретическая точность измерения всех величин прибором зависит от всего двух параметров: погрешности измерения временных интервалов и погрешности измерения амплитуды. Реальная же точность измерения зависит от громадного количества факторов: температуры окружающей среды, акустического контакта, качества поверхности и тп. Поэтому, говоря о точности измерений, обычно имеют в виду точность самого прибора, а реально достижимая точность измерений уже определяется методикой и условиями контроля.

Точность определения времени прихода сигнала зависит как от частоты дискретизации сигнала при оцифровке, так и от способа обработки полученных данных. Чем выше частота оцифровки, тем на больше количество точек разбивается каждый период сигнала, и соответственно, тем больше объем полученных о сигнале данных и выше точность. Частота оцифровки современных дефектоскопов колеблется в пределах от 5 до 60 МГц.

Другой не менее важный фактор - это способ обработки данных. Принципиально поступают двумя способами. В первом случае, обрабатывают в реальном времени весь объем полученных данных (в рамках интересующей развертки), а на экран выводят картинку соответствующего разрешения. Тогда точность измерений определяется количеством полученных данных (т.е. частотой оцифровки). Такие дефектоскопы, как правило, могут использоваться для прецизионных измерений толщины с разрешением 0.01мм и выше.

Второй способ заключается в выделении из всех данных только той части, что требуется для вывода на экран и дальнейшей обработки только этого малого количества. В этом случае точность вычислений зависит от количества точек по горизонтали экрана, и следственно, зависит от длительности развертки. Т.е. погрешность составляет определенный процент от глубины. Точность установки зон контроля (стробов) также определяется экранной разверткой. Такие дефектоскопы нельзя использовать для точного измерения толщины, однако их возможностей бывает вполне достаточно для поиска и локализации дефектов, в том случае, если прецизионное определение их координат не требуется.

При измерении амплитуды также существует ряд нюансов. Стандартный способ измерения заключается в определении амплитуды сигнала в % относительно высоты экрана или в дБ, относительно порога срабатывания. Второй вариант, в общем-то, просто разновидность первого, т.к. дБ определяются как отношение положения пика сигнала на экране к положению порога на экране. Точность определения как правило находится в пределах 1 дБ, что вполне соответствует всем существующим методикам. Однако, проблемы возникают в том случае, если необходимо сравнить амплитуды сигналов, достаточно сильно отличающихся друг от друга (т.е. в 10 раз и больше). В этом случае сравнение по экрану провести невозможно, поскольку оба сигнала вместе не помещаются на экране (т.е. один еще не виден, а второй уже зашкаливает). Тогда необходимо либо строить кривую ВРЧ и выравнивать сигналы на глаз по экрану, и затем учитывать параметры ВРЧ, либо менять усиление для каждого сигнала и потом учитывать изменение усиления. И то и другое крайне неудобно и трудоемко.

Более современным и удобным вариантом является измерение амплитуды сигналов **относительно опорного уровня**. Некий интересующий сигнал на входе принимают за опорный и все остальные измерения амплитуды проводят относительно него. Для этого необходимо, естественно, чтобы сам дефектоскоп обладал аппаратной поддержкой данной функции. При таком способе измерения не имеет значения величина усиления - прибор учитывает ее автоматически, освобождая пользователя от подобной необходимости. Кроме того, можно без труда вычислить реальное напряжение каждого сигнала в вольтах, а следовательно, без применения осциллографа и другой аппаратуры легко оценить коэффициент преобразования искателя.



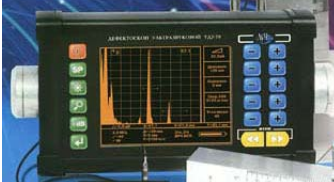




Наименование дефектоскопа и производитель	Точность индикации глубины/толщины	Погрешность измерения времени либо погрешность измерения толщины (эмпирически по образцам) на диапазоне T, мм	Измерение амплитуды в дБ относительно опорного сигнала
<b>УД2В-П46</b> «Кронус»	0.001 (при толщине до 10мм)	Собственная погрешность измерения времени $\pm 1$ нс (0.003 мм по стали)	есть
<b>USM-25 DAC, -22В</b> «Krautkramer»	0.01 (при минимальной развертке)		нет
<b>USM-23EX</b> «Krautkramer»	0.01 (при толщине до 99.99 мм)		есть
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	0.01 (при минимальной развертке)		нет
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	нет данных		нет
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	нет данных		нет
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	0.01		нет
<b>DIO-562</b> «Starmans»	0.01	нет данных	нет
<b>УД4-Т</b> «Votum»	-	не более 0.08мм	нет
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	0.1	$\pm (0.5+0.02T)$	нет
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	нет данных	нет данных	нет
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтек»	0.1	$\pm 50$ нс (0.15мм по стали)	нет
<b>УД2-140</b> «Ультратех»	0.1	$\pm (0.5+0.01T)$	нет
<b>УД2-103</b> «ПЕЛЕНГ» «Алтек»	0.01	$\pm (0.5+0.01T)$ $\pm (2+0.01T)$ при дефектоскопии; $\pm (0.07+0.004T)$ при толщиномет.	нет

## Работа от аккумуляторов, рабочая температура.

Наименование дефектоскопа и производитель	Количество аккумуляторов и их тип	Время работы без подсветки (от аккумулятора), час	Установка аккумуляторов	Рабочая температура
<b>УД2В-П46</b> «Крокус»	4 "С" ("D") батареек или NiCa, NiMh аккумуляторов	До 8 часов (ЭЛД), До 16 часов (ЖКИ)	съёмный внешний отсек с креплением на винтах	От -20 до 55 °С (ЭЛД), От 0 до +55 (ЖКИ)
<b>USM-25 DAC, -22B</b> «Krautkramer»	4 "С" батареек или NiCa, NiMh аккумуляторов	7 часов	внутри корпуса	От 0 до 45 °С
<b>USM-23EX</b> «Krautkramer»	6 батареек или AlMn, NiCa, NiMh аккумуляторов	4 часа	внутри корпуса	От 0 до 50 °С
<b>USN-52L</b> «Krautkramer»	6 "D" батареек или NiCa, NiMh аккумуляторов	12 часов	внутри корпуса	От 0 до 55 °С
<b>ЕРОСН III</b> «Panametrics»	неразборный аккумуляторный отсек 12 В	7-8 часов (ЭЛД) 10 часов (ЖКИ)	аккумуляторный отсек или (по доп. заказу) отсек с креплением на винтах под батареи размера "С".	От -15 до 40 °С
<b>ЕРОСН IV</b> «Panametrics»	12 В NiMH аккумуляторная батарея	7-8 часов (ЭЛД) 10 часов (ЖКИ)	внешняя или встроенная аккумуляторная батарея	От -20 до 50 °С для ЭЛД от 0 до 50 °С для ЖКИ
<b>MASTERSCAN 340</b> «Sonatest»	12В LI-ION батарея	8 часов с цветным дисплеем	внутри корпуса (съёмная на 2-х защелках)	от -10 до 55 °С
<b>DIO-562</b> «Starmans»	12В LI-ION или NiMh аккумуляторный отсек	5-7 часов с NiMh, 10-12 с LI-ION	внутри корпуса	от 0 до +50°С
<b>УД4-Г</b> «Votum»	Неразборная аккумуляторная батарея 12В	10 часов	внутри корпуса	От -20 до 50 °С
<b>УД2-70</b> «Ультракон-Сервис»	неразборный аккумуляторный блок 12 В	8 часов	внутри корпуса	От -20 до 50 °С
<b>A1212 «Эксперт»</b> «АКС»	неразборный аккумуляторный блок 12В	8 часов	внутри корпуса	От -20 до 45 °С
<b>УИУ "СКАНЕР"</b> «Алтес»	6 батарей или аккумуляторов	8 часов	внутри корпуса	От -10 до 35 °С. Расширенный – от -20 до 50 °С
<b>У2-140</b> «Ультратех»	Неразборный аккумуляторный блок	8 часов	внутри корпуса	От -20 до 50 °С
<b>УД2-103 «ПЕЛЕНГ»</b> «Алтес»	Неразборный 12В NiMH аккумуляторный блок (12 аккумуляторов)	7 часов (ЭЛД) 10 часов (ЖКИ)	Встроенная или внешняя	От -10 до 50 °С (ЖКИ) От -20 до 50 °С (ЭЛД) От -30 до 50 °С (спецверсия)

## Внешний вид, габаритные размеры и вес

Наименование дефектоскопа и производитель	Внешний вид	Вес	Габаритные размеры, ВхДхШ, мм
УД2В-П46 «Кронус»		2,2кг с аккум.	160x225x45
USM-25 DAC, -22В «Krautkramer»		1.6кг с аккум.	245x265x46
USM-23EX «Krautkramer»		3.5кг с аккум.	90x260x160
USN-52L «Krautkramer»		2.7кг с аккум.	133x249x146
EPOCH III «Panametrics»		3.5кг с аккум.	289x177x48
EPOCH IV «Panametrics»		2.6кг с аккум.	283x167x66
MASTERSCAN 340 «Sonatest»		2.5кг с аккум.	255x145x145

Наименование дефектоскопа и производитель	Внешний вид	Вес	Габаритные размеры, ВхДхШ, мм
<b>D10-562</b> «Starmans»		2 кг с аккумуля.	185x130x50
УД4-Т «Votum»		2.8кг с аккумуля.	130x210x111
УД2-70 «Ультракон-Сервис»		3.5кг с аккумуля.	145x245x75
A1212 «Эксперт» «АКС»		2,5 кг с аккумуля	250x160x82
УИУ "СКАНЕР" «Алтес»		3.5 кг с аккумуля.	90x225x200
УД2-140 «Ультратех»		2,5 кг с аккумуля.	180x130x60
УД2-103 «ПЕЛЕНГ» «Алтек»		2.3 без аккумуля.	265x165x60