

## Ультразвуковой дефектоскоп **A1212 МАСТЕР**

Авторы: К.т.н. Самокрутов А.А., д.т.н. Шевалдыкин В.Г., Люткевич А.М., Пастушков П.С., Кузнецов Е.А.

Источник: [www.acsys.ru](http://www.acsys.ru)

### Введение

#### О ручном УЗ контроле

На сегодняшний день ультразвуковой (УЗ) неразрушающий контроль, наряду с другими методами НК, получил широкое распространение в техногенной практике человека. Сочетание ряда характерных для УЗ НК свойств делает этот вид контроля во многих случаях практически незаменимым.

В настоящее время более 50% объема работ по обследованию промышленных конструкций выполняется с использованием ультразвуковых средств и методов, при этом преобладающим является ручной контроль. Одними из наиболее распространенных в настоящее время приборов (в отрасли НК) являются ручные УЗ дефектоскопы общего назначения. Популярность УЗ дефектоскопов обусловлена широким классом задач, которые возможно решать с их помощью и большим количеством объектов контроля, которые требуется подвергать процедурам УЗ НК. Как известно, спрос рождает предложение и, соответственно потребностям на данные приборы, имеется большое предложение от различных производителей малогабаритных УЗ дефектоскопов, как российских, так и зарубежных [1].

#### Как выбрать прибор?

У потребителей, которые захотят приобрести подобный прибор, закружится голова от выбора из нескольких десятков типов дефектоскопов, которые предлагаются на мировом рынке. Как выбрать тот вариант, который наилучшим образом будет работать и при этом не будет безумно дорогим? Чтобы ответить на данный вопрос, требуется провести целое научное исследование - изучить все технические характеристики различных приборов, сравнить их между собой, выбрать главные параметры и решить - сколько за это следует заплатить. Не случайно в специальной литературе появились аналитические статьи, посвященные этой теме [2-4].

Изучив данные материалы, можно сделать парадоксальный вывод - все современные дефектоскопы практически ни чем друг от друга не отличаются! Отличия состоят только в размере экрана, весе, потреблении и интерфейсе. Электрические и дефектоскопические параметры всех современных цифровых УЗ дефектоскопов очень близки - так как во всех этих приборах используются практически одни и те же электронные компоненты. Так что же - следует выбирать приборы по субъективному принципу - "нравится - не нравится", по известности марки или только по цене и весу?

Мы так не считаем. Притом что все сказанное выше верно, каждый прибор имеет существенные отличия, которые могут значительно облегчить работу с ним или обеспечить решение специфической задачи. Вычленив эти отличия весьма трудно, ориентируясь только на формальный перечень технических характеристик. Гораздо легче провести анализ приборов, если непосредственно их разработчики расскажут об особенностях своих творений, а потребителю останется решить какие отличительные особенности для него важнее.

Данная статья является реализацией подобного подхода применительно к группе дефектоскопов, выпускаемых нашей компанией "Акустические Контрольные Системы"<sup>ТМ</sup> (АКС), входящей в Ассоциацию "СПЕКТР-ГРУПП".

#### Общие сведения о приборе

Малогабаритный УЗ дефектоскоп общего назначения A1212 фирма "АКС" выпускает уже более пяти лет. Это самый легкий и малогабаритный ультразвуковой дефектоскоп не только в России, но и в мире. При этом он является полноценным цифровым УЗ дефектоскопом. Но за прошедший период времени появились новые возможности по улучшению технических и эргономических параметров, накопились замечания и пожелания потребителей. Итогом работы в данном направлении является прибор нового поколения, получивший имя собственное - "МАСТЕР", но сохранивший индекс A1212 как символ преемственности лучших свойств своего предшественника.

При описании возможностей этого прибора ниже рассматриваются параметры наиболее типичные и общие для всех современных цифровых дефектоскопов, а затем раскрываются отличительные особенности, которые, по нашему мнению, являются существенными и важными.

#### Технические характеристики

Ультразвуковой дефектоскоп A1212 МАСТЕР является малогабаритным цифровым дефектоскопом общего назначения. Он спроектирован для эксплуатации, как в условиях помещений, так и на открытом воздухе в широком диапазоне температур, механических воздействий, осадков и других внешних факторах. Его основные технические параметры приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Рабочие частоты ультразвука, МГц	0,8 - 15,0
Полоса частот приемного тракта, МГц	0,5 - 25
Максимальная толщина контролируемых материалов эхо-методом, мм	3000 (по стали)
Абсолютная чувствительность, не менее, дБ	110
Диапазон измерений интервалов времени, мкс	0,1 - 1300
Устанавливаемые длительности разверток, мкс	5,0 - 1300
Пределы регулировки задержки разверток, мкс	0,0 - 99,9
Число стробов	2
Диапазон настройки на скорость ультразвука в материале, м/с	1000 - 15000
Форма импульса возбуждения УЗ преобразователя / периодов	меандр / 0,5 - 10
Шаг регулировки длительности импульса возбуждения, нс	50
Амплитуда (половина размаха) импульса возбуждения, В	20, 100, 200
Частота повторения зондирующих импульсов, Гц	5 - 200
Эффективное значение собственного шума, приведенного ко входу приемного тракта в полосе 0,5 - 25,0 МГц, мкВ	25±20%
Диапазон перестройки аттенюатора, дБ	0 - 80 с шагом 1
Абсолютная погрешность ступеней аттенюатора, не более, дБ	±0,1
Динамический диапазон цифровой ВРЧ, не менее, дБ	30
Библиотека настроек, конфигураций	100
Память данных (А-скан и все параметры)	500
Интерфейс связи с компьютером	USB
Питание прибора	аккумулятор / сетевое
Тип дисплей / разрешение, точек / подсветка	ЖК, 320x240, белая
Средний ток потребления при работе (с подсветкой), мА	150 (200)
Средняя продолжительность непрерывной работы (с подсветкой), ч	12 (8)
Масса электронного блока с аккумулятором, г	650
Габариты электронного блока, мм	240x120x45
Диапазон рабочих температур, °С	-20 - +50

## Режимы работы

Прибор предназначен для поиска дефектов и измерения их параметров по известным методикам на основе УЗ эхо-метода НК. Естественно, можно использовать и методы прохождения и их комбинаций с методом отражения. Исходя из этого, в приборе реализованы несколько режимов работы, которые могут потребоваться в различных ситуациях.

Наиболее часто используемым является режим "ПОИСК" (рис.1). На экране дефектоскопа отображаются эхо-сигнал, состояние аттенюатора, результаты измерений координат и уровней сигналов, а также основные параметры, установленные при настройке. С помощью строки меню пиктограмм в нижней части экрана можно переключать режимы, выбирать способ представления сигнала (недетектированный, детектированный с заливкой или без, пространственной огибающей), устанавливать уровень компенсированной отсечки, управлять стробами и

ВРЧ. Реализованы автоматический и ручной способы измерения координат и амплитуд эхо сигналов. Измерение амплитуды осуществляется с учетом значения аттенюатора.

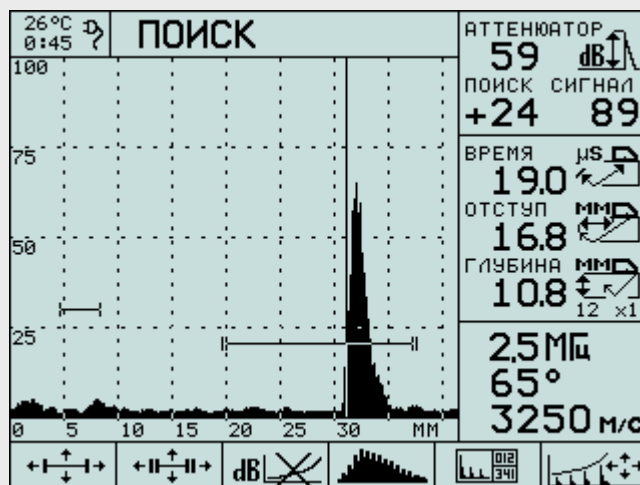


Рис. 1. Экрана дефектоскопа в режиме "ПОИСК"

Если требуется подробное изучение формы эхо сигнала, то в двухоконном режиме "ЛУПА" (рис.2) можно в нижнем окне увидеть растянутый фрагмент, соответствующий временному интервалу первого строба.

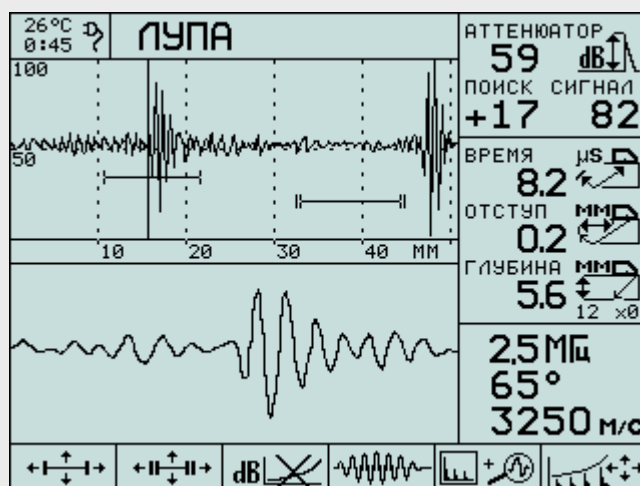


Рис. 2. Экрана дефектоскопа в режиме "ЛУПА"

Как и в предыдущей версии А1212, реализована функция построения сечения в режиме В-СКАН (рис.3). Сечение формируется в нижнем окне экрана. Его можно дополнительно анализировать, изменяя порог отсеки. Возможности прибора позволяют сохранять эти изображения в памяти и передавать их на компьютер.

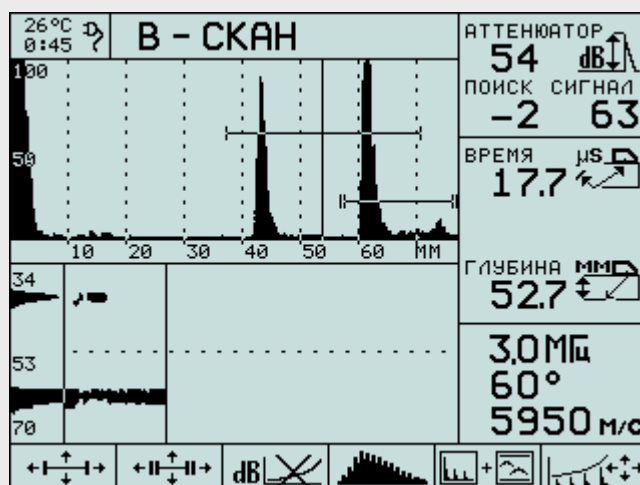


Рис. 3. Экрана дефектоскопа в режиме "В-СКАН"

В ряде случаев не требуется вся символьная информация, выводимая на экран в описанных режимах, а интересует только какое-то одно значение. При этом его можно отобразить более крупным шрифтом, что

дополнительно позволит увеличить область экрана, отведенную для отображения эхо сигналов. Это целесообразно, к примеру, в случае толщинометрии с использованием прямого преобразователя. Данный подход реализован в режиме "ОБЗОР" (рис.4). Некоторые важные параметры отображаются мелким шрифтом в правой верхней области экрана.

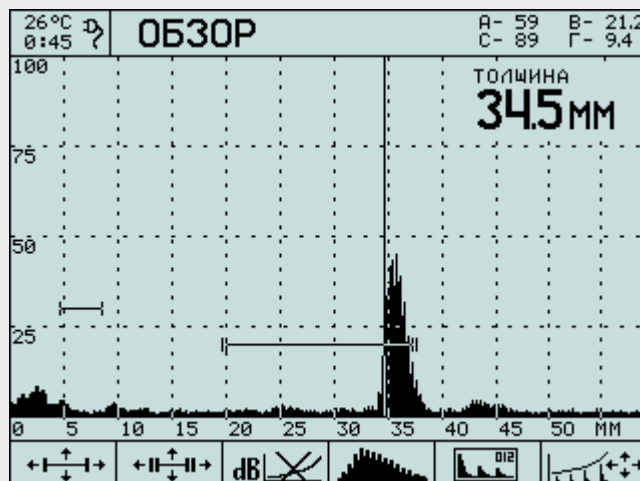


Рис. 4. Экрана дефектоскопа в режиме "ОБЗОР"

Наблюдаемые сигналы иногда требуется зафиксировать для подробного анализа или записи в память прибора с целью документирования результатов контроля. Для этого предназначен режим "СТОП" (рис.5). В этом режиме возможно вручную перемещать курсор и измерять амплитуду остановленного ("замороженного") сигнала в произвольной точке экрана. Этот сигнал можно сохранить в энергонезависимой памяти. Каждой записи присваивается имя, состоящее из названия конфигурации и индивидуально устанавливаемого номера записи. В режиме "СТОП" можно просмотреть ранее записанные сигналы. После выхода из режима "СТОП" восстанавливаются все настройки прибора.

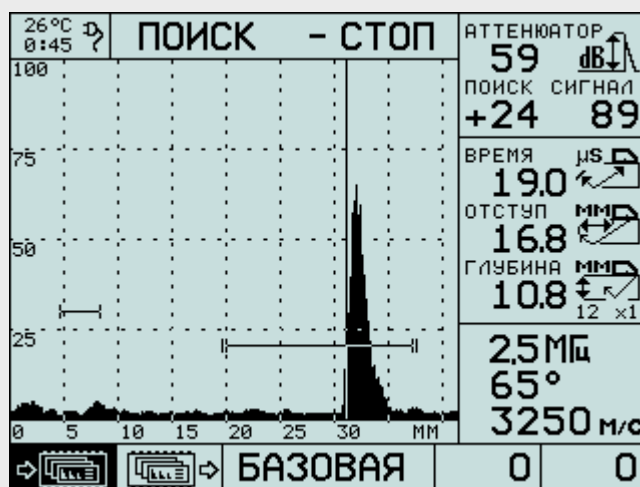


Рис. 5. Экрана дефектоскопа в режиме "СТОП"

Настройка параметров дефектоскопа осуществляется в режиме с соответствующим именем. При этом в верхней части экрана динамически отображается сигнал, а в нижней - перечень параметров и их значения. Наблюдая сигнал, можно оперативно подстраивать параметры. Количество настраиваемых параметров дефектоскопа весьма значительно (более 20), поэтому для удобства работы они разбиты на группы. Выбор активной группы осуществляется через меню пиктограмм в нижней части экрана. Здесь же можно откорректировать или создать новую конфигурацию, присвоить ей имя и записать в память. Имя текущей конфигурации отображается в верхней строке экрана.

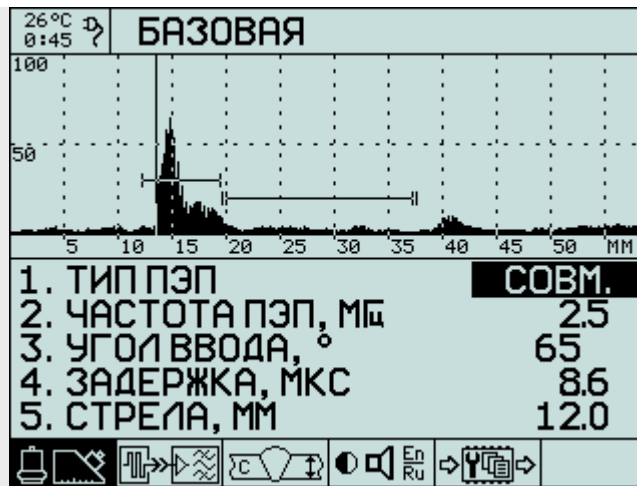


Рис. 6. Экрана дефектоскопа в режиме "НАСТРОЙКА"

## Отличительные особенности

### Конструкция

Наиболее заметным отличием УЗ дефектоскопа А1212 МАСТЕР является его нестандартный корпус, имеющий форму подобную ракетке для настольного тенниса. Такая форма была выбрана из эргономических соображений. Габариты верхней части корпуса определяются дисплеем, а ручка, в которой разместились элементы питания, должна удобно лежать в руке.

Небольшой вес и габариты прибора создают удобства при поездках и командировках, а также позволяют работать с дефектоскопом в сложных и стесненных условиях. По весу новый прибор на 200 г легче своего предшественника за счет применения ударопрочного пластика в качестве материала корпуса.

Характерной особенностью наших разработок является обеспечение защиты приборов от грязи, воды и пыли по нормам не ниже IP65. Это относится и к данному дефектоскопу. Специальные пазы, резиновые уплотнения, герметизация мест установки разъемов, снабженных крышками, решают данную проблему.

В реальных условиях работы оператору могут потребоваться различные варианты расположения прибора - настольный, с удержанием в одной руке, в режиме "свободные руки", с защитой от бликов внешнего освещения и т.п. С помощью аксессуаров, входящих в комплект, можно решить все эти задачи (рис.7).



Рис. 7. Варианты использования прибора

### Питание

Важным элементом любого прибора является система энергопитания. В новом приборе предусмотрены все возможные варианты - от сети, встроенного аккумулятора или от стандартных пальчиковых элементов питания. Как основной предлагается вариант со встроенным аккумулятором, при этом штатное зарядное устройство обеспечивает ускоренный (за 2 часа) режим зарядки и возможность тренировки аккумулятора для продления срока его службы. При разработке прибора удалось сбалансировать емкость аккумулятора и потребления электронных схем, так что, поместившийся в ручке прибора аккумулятор обеспечивает не менее 12 часов непрерывной работы. Для оценки оставшегося запаса времени на дисплее показывается общее время работы прибора с момента последней зарядки аккумулятора.

### Дисплей

Дисплей прибора определяет многие его функциональные и потребительские характеристики. Графический дисплей ручного УЗ дефектоскопа должен быть не слишком большим и не очень маленьким. Исходя из эргономических соображений, был выбран размер области отображения порядка 80x70 мм. Разрешение 320x240 точек является вполне приемлемым для приборов данного класса. В малогабаритной аппаратуре в настоящее время более обоснованным представляется применение монохромных экранов, работоспособных в широком

диапазоне температур и освещенностей.

Использование дисплеев электролюминесцентного типа для прибора ручного исполнения не оправдано из-за большого энергопотребления и высокой стоимости индикатора. В результате тщательного анализа многих вариантов, выбор был сделан в пользу жидкокристаллического (ЖК) дисплея с белой подсветкой. Он обеспечивает большой угол обзора, высокую контрастность и долговечную малопотребляющую светодиодную подсветку.

Главной проблемой ЖК дисплеев является их значительная инерционность при низких температурах. Для преодоления этого недостатка дефектоскоп оснащен системой подогрева экрана, что позволяет уверенно работать при низких температурах. Управление подогревом осуществляется с использованием встроенного в прибор измерителя температуры. При необходимости длительной работы на отрицательных температурах предусмотрена возможность подключения внешнего дополнительного источника питания.

### Частоты зондирования и обновления экрана

Один из важных параметров УЗ эхо импульсного дефектоскопа - частота следования зондирующих импульсов. Она должна быть достаточно высокой, чтобы не пропустить дефект при быстром сканировании преобразователем, но иногда ее необходимо снижать для избежания реверберационных помех или для уменьшения энергопотребления. В А1212 МАСТЕР этот параметр можно установить от 5 до 200 Гц. Но заложенные в прибор решения позволяют для специальных вариантов применения повысить его до 1000 Гц и более.

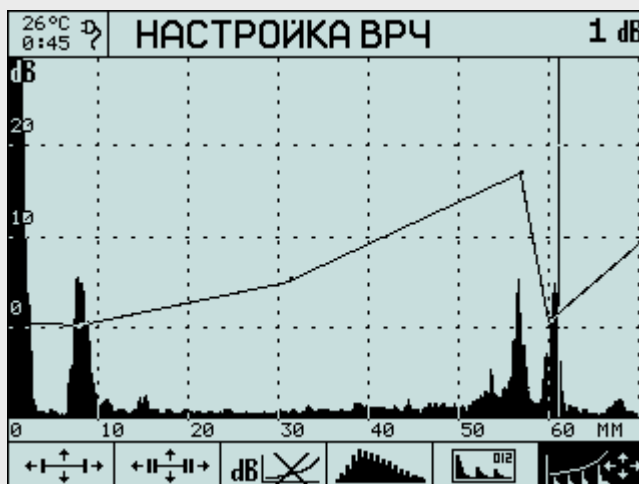
При высокой скорости сканирования важна не только частота зондирования, но и инерционные свойства экрана и человеческого глаза. Кратковременно возникший эхо импульс может быть пропущен, если индикатор не успеет его отобразить или если человеческий глаз его не зафиксирует. Поэтому в А1212 МАСТЕР реализована система, обеспечивающая запоминание быстротекающих процессов и вывод их на экран в темпе, доступном для восприятия человеком. Эта отличительная особенность прибора повышает вероятность обнаружения дефектов при высокой скорости сканирования.

### Возможности полного цифрового тракта

Практически все современные УЗ дефектоскопы являются цифровыми, но не все имеют полный цифровой тракт. Что это означает, и что это дает потребителям? Полный цифровой тракт (ПЦТ) - это оцифровка сигнала до его детектирования. Наличие ПЦТ в том или ином приборе проверяется по возможности представить сигнал в недетектированном виде (радиосигнал) в реальном масштабе времени (рис.2). За счет использования ПЦТ достигаются: высокая линейность измерений амплитуды - исключается нелинейный детектор; реализуется полноценная цифровая фильтрация и обработка сигналов - следовательно, исключаются аналоговые фильтры, катушки, схемы коммутации; предоставляются дополнительные возможности для анализа за счет оценки фазы эхо сигнала и использования режима цифровой лупы.

Использование цифровой обработки позволяет отображать значительные временные интервалы без пропусков коротких импульсов. Так, в модификации данного прибора, предназначенной для волноводного контроля рельсов, при дальности 50 метров, проводилась регистрация импульсов длительностью несколько микросекунд. При этом регистрируются все выбросы - как положительных, так и отрицательных полярностей.

Перенос большинства операций обработки сигналов в область вычислительных процедур в итоге приводит к упрощению схемотехники прибора, стабильности параметров тракта при любых внешних воздействиях и повышению надежности его работы. Это относится и к функции временной регулировки чувствительности (ВРЧ). Цифровая ВРЧ дефектоскопа обеспечивает регулировку уровня сигнала по произвольной функции, задаваемой 32 узловыми точками. Временное положение точек выбирается с шагом 1 мкс, а глубина регулировки обеспечивается до 30 дБ через 1 дБ. Между узловыми точками осуществляется плавное изменение коэффициента передачи по экспоненциальному закону, что позволяет наиболее корректно и оперативно подобрать требуемую характеристику (рис.8). Удаление, установка и изменение узловых точек производится весьма просто в специальном режиме редакция ВРЧ, при этом можно оперативно наблюдать влияние изменений на эхо сигнал.



## Энергетический потенциал

Предельные возможности электрического тракта радиотехнических систем характеризуются понятием энергетического потенциала. Упрощенно можно сказать, что это выраженное в децибелах отношение максимальной амплитуды возбуждающего УЗ преобразователь сигнала к приведенному к входу уровню помех приемного тракта. Чем больше энергетический потенциал дефектоскопа, тем более далекие и малые дефекты он может зарегистрировать. Большой энергетический потенциал необходим при контроле протяженных объектов, сред с большим затуханием ультразвука, дефектоскопии многослойных конструкций, при использовании преобразователей с низкими коэффициентами передачи.

Для А1212 МАСТЕР этот параметр составляет почти 140 дБ. Однако в приборе заложен ряд возможностей, позволяющих дополнительно поднять уровень сигнала над шумом на 15 - 20 дБ за счет использования цифрового фильтра и программируемого многопериодного (до 10 периодов) генератора сигналов возбуждения.

## Интерфейс

Графический дисплей позволяет не только подробно отображать в виде осциллограмм сами сигналы и использовать различные шрифты, но и дает возможность упростить общение с прибором, сделать его более понятным, "человеческим" через применение поясняющих рисунков - пиктограмм. Данный подход иногда обозначается понятием "интуитивный интерфейс", - означающим, что управление прибором и его функции должны быть интуитивно понятны без обязательного штудирования руководства по эксплуатации.

Все это в полной мере присутствует в новом дефектоскопе. Ассоциативные меню пиктограмм в различных режимах, пояснительные рисунки рядом с параметрами, названия и схематичные обозначения клавиш позволяют легко и просто освоить работу с дефектоскопом, не заглядывая в его описание. Но иногда это даже вредит делу - случается, что некоторые пользователи вообще не читают описания, и не используют все возможности прибора, которые подробно изложены в руководстве по эксплуатации.

Структура представления данных на экране продумана так, что всегда присутствует необходимая для оперативного контроля информация. Одним из нововведений, развивающим возможности старого прибора, является динамическая пиктограмма рядом с параметром глубины залегания дефекта, на которой и схематически, и в цифровом виде отображается кратность отражения луча наклонного преобразователя. Другой особенностью является реализация двуязычного (русского и английского) интерфейса, переключаемого программно. Это следствие наличия интереса к нашим приборам не только из России, но и из зарубежных стран.

Работу с прибором значительно облегчает наличие библиотеки настроек, в которой может храниться до 100 конфигураций прибора. Настойку прибора под различные ситуации и объекты контроля можно осуществлять в условиях лаборатории, а на объекте полностью перестроить прибор простым выбором из меню конфигурации с соответствующим именем. Имя конфигурации может быть произвольным длиной до 22 символов, что упрощает его интерпретацию.

## Работа с внешним компьютером

Стандартом де-факто для большинства измерительных приборов является наличие памяти и канала связи с универсальным внешним компьютером, с помощью которого обычно осуществляется документирование и анализ собранной информации. Увеличение объема запоминаемой информации, усложнение ее структуры, рост возможностей современной вычислительной техники привели к необходимости использования в А1212 МАСТЕР более скоростного и надежного USB (Universal Serial Bus) интерфейса. Каждый современный компьютер имеет несколько USB портов.

Хочется отметить, что внедрение в дефектоскоп подобного интерфейса является нетривиальной технической задачей. По нашей информации, на сегодняшний день нет малогабаритных УЗ приборов НК с подобным интерфейсом. Для пользователей дефектоскопов применение USB дает экономию времени и дополнительные возможности прибора. К примеру, объем памяти в 4 МБ (а это немного для современных приборов) будет перекачиваться в компьютер через RS-232 (что обычно используется) не менее 5 минут, а через USB это займет около 10 секунд. В настоящее время существует тенденция к увеличению объема запоминаемой информации за счет регистрации В-сканов и полных недетектированных сигналов, поэтому повышение скорости обмена данными есть объективная потребность.

При наличии внешнего компьютера и с помощью программ, входящих в комплект поставки дефектоскопа, можно составлять отчеты о работе, сохранять и распечатывать данные, настраивать конфигурации под методики и объекты в лабораториях, а загружать их в прибор, превращать компьютер в демонстрационный дефектоскоп, проводить исследовательские работы по УЗ контролю и т.п.

## Технологии

Все вышеперечисленные решения невозможно было бы реализовать без привлечения самых современных технологических и технических решений. Современные микропроцессоры, программируемые логические матрицы,

транзисторы и микросхемы последних разработок, технологии поверхностного монтажа, многослойные печатные платы, трехмерное конструирование и компоновка конструкции, высокоточные литые пресс-формы - все эти решения были использованы при разработке нового прибора.

В результате весьма сложный по идеологии и богатый по возможностям УЗ дефектоскоп удалось поместить в объеме около четверти литра (рис.9). При этом не пострадал очень важный параметр - надежность. На ее повышение при производстве нацелены различные организационные и технологические процедуры - 4-х слойные печатные платы с электропроверкой, поверхностный монтаж, термотренировка готовых изделий, климатические и виброиспытания, встроенные системы тестирования и т.п.



Рис. 9. Электронный отсек дефектоскопа A1212 МАСТЕР

## Варианты конструкций

Разработав малогабаритный ручной прибор, не представляет больших трудностей сделать прибор с экраном большего размера и, соответственно, в корпусе с увеличенными габаритами. Подобный дефектоскоп может быть более удобен для настольных применений, при работе в цеховых условиях и для тех, кому привычна классическая компоновка. При этом можно допустить повышенное потребление и рассчитывать в основном на питание от сети.

В результате был разработан еще один тип дефектоскопа, получивший индекс A1214 ЭКСПЕРТ (рис.10). Он будет выпускаться в двух вариантах - с жидкокристаллическим и электролюминесцентным дисплеем. В базовых вариантах исполнения электрические параметры и интерфейс управления в основном идентичны A1212 МАСТЕР.



Рис. 10. Дефектоскоп A1214 ЭКСПЕРТ

## Сервис

Любой, даже самый хороший прибор, без человека ничего не сможет сделать. Поэтому, наряду с повышением технических и эксплуатационных свойств дефектоскопов, важное внимание в нашей фирме уделяется работе с людьми. В учебном центре МНПО "Спектр" или в офисе фирмы при демонстрациях и отгрузках приборов наши высококвалифицированные специалисты обучают пользователей работе с приборами и основам УЗ контроля. Наряду с этим осуществляется информационное сопровождение при эксплуатации, методическая помощь, оперативные консультации, обновление версий программного обеспечения, а при необходимости и ремонт любой сложности.



## Заключение

Хотелось бы надеяться, что этот рассказ об одном из наших новых приборов позволит специалистам, ответственным за безопасность очень многих технических объектов, яснее представить возможности и достоинства как нашего изделия А1212 МАСТЕР, так и его аналогов. В свою очередь, мы уверены, что предлагаемое нами новое изделие имеет в своем классе одни из самых лучших показателей как технические, так и по критерию цена - качество.

## Литература

1. Ключев В. В., Ковалев А. В., Самокрутов А. А. Рынок средств УЗК - современное состояние. В мире неразрушающего контроля. 2001 № 1 с. 40 - 45.
2. Соколов А. Г. Сравнительный анализ технических возможностей ультразвуковых дефектоскопов общего назначения. В мире неразрушающего контроля. 2002 № 1 с. 12 - 16.
3. Чистяков В. В., Молотков С. Л.. Сравнительный анализ технических возможностей ультразвуковых дефектоскопов общего назначения. В мире неразрушающего контроля. 2002 № 2 с. 40 - 44.
4. Ринкевич А. Б., Смородинский Я. Г. Анализ параметров и технических характеристик современных ультразвуковых дефектоскопов общего назначения. Дефектоскопия, 2002, № 9, с. 3 - 26.