



Будько Владимир Борисович,
заместитель руководителя Центра
инженерно-технического аудита ООО
«Технологический институт “ВЕМО”»



Грунин Игорь Юрьевич,
руководитель Центра инженерно-
технического аудита ООО
«Технологический институт “ВЕМО”»

О ПРИМЕНЕНИИ В СУДЕБНОЙ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Средства неразрушающего контроля (СНК), виды неразрушающего контроля, характер взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом.

Budko V.B., Grunin I.J.

DEVICES OF NOT DESTROYING CONTROL AND THEIR APPLICATION IN FORENSIC BUILDING-TECHNICAL EXPERT APPRAISAL

Means of not destroying control (SNC), kinds of not destroying control, to character of interaction of physical fields or substances with controllable object.

Ключевые слова: приборы, экспертиза

Keywords: devices, examination

К средствам неразрушающего контроля (СНК) относят контрольно-измерительную аппаратуру, в которой используют проникающие поля, излучения и вещества для получения информации о качестве исследуемых объектов.

Неразрушающий контроль (НК) подразделяют на девять видов: магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, акустический и осуществляемый с помощью проникающих веществ. Методы реализации того или иного

НК классифицируют по следующим признакам:
по характеру взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом;

по первичным информативным параметрам;

по способам получения первичной информации.

В таблице, отражающей классификацию СНК, приборы разделены на семь основных групп, причем оптические и тепловые приборы



Рис. 1. Ультразвуковой толщиномер А1207

отнесены к одной группе. Первые четыре знака определяют общие отраслевые признаки СНК, пятый знак обозначает основной физический метод, на основе которого создан прибор. Шестой знак определяет класс аппаратуры по основным приборным признакам.

По техническому исполнению СНК можно подразделить на три класса:

1 – автономные приборы для контроля одной или нескольких взаимосвязанных качественных характеристик;

2 – комплексные системы, автоматические линии и роботы-контролеры, предназначенные для определения ряда основных параметров, характеризующих качество объекта;

3 – системы НК для автоматического управления технологическими процессами по качественным признакам.

С точки зрения использования СНК в судебной строительно-технической экспертизе интерес представляет 1-й класс приборов.

По видам контролируемых параметров СНК разделяют на приборы, предназначенные: для обнаружения нарушений сплошности – трещин, раковин, расслоений и т.п. (приборы-дефектоскопы, установки-дефектоскопы);

для контроля геометрических характеристик (наружные и внутренние диаметры, толщина стенок, покрытий, слоев, степень износа,

Классификация приборов неразрушающего контроля

Код	Виды приборов с указанием метода контроля	Применение в ССТЭ
42 7610	<i>Акустические</i> для контроля методом:	
42 7611	теньвым	Наибольшее применение находит эхо-импульсный (ультразвуковой) метод . Около 90% объектов, контролируемых акустическими методами, проверяют эхо-методом. По сложившейся практике эхо-импульсные (ультразвуковые) приборы подразделяются на толщиномеры, дефектоскопы, томографы
42 7612	эхо-импульсным	
42 7613	резонансным	
42 7614	свободных колебаний	
42 7615	эмиссионным	
42 7616	импедансным	
42 7617	велосимметрическим	
42 7618	Прочие	

Код	Виды приборов с указанием метода контроля	Применение в ССТЭ
42 7620	<i>Капиллярные</i> для контроля методом:	В основном используются в практике производственного контроля качества изделий из металла. В ССТЭ пока распространения не получили
42 7621	цветным (хроматическим)	
42 7622	яркостным (ахроматическим)	
42 7623	люминесцентным	
42 7624	люминесцентно-цветным	
42 7625	фильтрующихся частиц	
42 7626	комбинированным	
42 7628	Прочие	
42 7630	<i>Магнитные</i> для контроля методом:	
42 7631	магнитопорошковым	
42 7632	магнитографическим	
42 7633	магнитоферрозондовым	
42 7634	индукционным	
42 7635	пондеромоторным	
42 7636	магнитополупроводниковым	
42 7638	Прочие	
42 7640	Оптические и тепловые	В ССТЭ в основном используются: эндоскопы (для визуального осмотра труднодоступных мест); лазерные дальнометры (для проведения линейных измерений)
	<i>Оптические</i> для контроля методом:	
42 7641	прошедшего излучения	
42 7642	отраженного излучения	
42 7643	собственного излучения	
	<i>Тепловые</i> для контроля методом:	
42 7644	прошедшего излучения	
42 7645	отраженного излучения	
42 7646	собственного излучения	В ССТЭ в основном используются: пирометры (для оперативного измерения температуры поверхности); тепловизоры (для определения и визуализации распределения температурных полей на исследуемых поверхностях)
42 7648	Прочие	

Код	Виды приборов с указанием метода контроля	Применение в ССТЭ
42 7650	<i>Радиационные для контроля методом:</i>	В основном используются в практике производственного контроля качества изделий из металла. В ССТЭ пока распространения не получили
42 7651	рентгеновским	
42 7652	гамма	
42 7653	бета	
42 7654	нейтронным	
42 7655	позитронным	
42 7658	Прочие	
42 7660	<i>Радиоволновые для контроля методом:</i>	В ССТЭ в последнее время активно используются георадары (радиоволновые приборы для контроля методом отраженного излучения) для решения целого комплекса задач, в основном связанных с выявлением причинно-следственной связи между разрушением объекта (нарушением конструктивной целостности элементов) и изменениями свойств грунтов оснований
42 7661	прошедшего излучения	
42 7662	отраженного излучения	
42 7663	собственного излучения	
42 7668	Прочие	
42 7670	<i>Электромагнитные (вихревых токов) и электрические для контроля электромагнитным методом с использованием преобразователей:</i>	В ССТЭ чаще всего применяются вихревые дефектоскопы, предназначенные для контроля и определения размера поверхностных дефектов труб, прутков, листов и иных подобных изделий, измерения толщины покрытий, определения электропроводности и других физических свойств материалов, контроля качества сварных и паяных соединений
42 7671	проходных	
42 7672	накладных	
42 7673	экранных	
42 7674	комбинированных	
42 7675	Для контроля электрическим методом	
42 7678	Прочие	

ширина и длина изделия и т.д.);

для измерения физико-механических и физико-химических характеристик (электрические, магнитные и структурные параметры, отклонения от заданного химического состава, твердость, пластичность, коэрцитивная сила), контроля качества упрочненных слоев, содержания и распределения ферритной фазы и т.п.;

для технической диагностики (предска-

зания возникновения) различного рода дефектов, в том числе нарушений сплошности, изменений размеров и физико-механических свойств изделий на период их эксплуатации.

Выбор метода и прибора НК для решения задач дефектоскопии, толщинометрии, структуроскопии и технической диагностики зависит от параметров контролируемого объекта и условий его обследования.



Рис. 2. Ультразвуковой дефектоскоп A1220 МОНОЛИТ



Рис. 3. Ультразвуковой дефектоскоп A1214 ЭКСПЕРТ

Ниже представлены некоторые образцы приборов НК, которые представляют интерес для экспертов-строителей.

Акустические приборы для контроля эхо-импульсным (ультразвуковым) методом

Ультразвуковой толщиномер A1207 является самым маленьким толщиномером, совмещающим удобство в эксплуатации и все основные функции современного толщиномера (рис. 1). Прибор выполнен в моноблочном исполнении, преобразователь встроен в электронный блок прибора. Идеален для экспресс-контроля.

Толщиномер A1207 предназначен для измерения толщины стенок металлических и пластиковых труб, котлов, сосудов, обшивок с шероховатостью поверхностей до Rz160 и радиусом кривизны от 10 мм.

Область применения: химическая, пищевая, нефтегазовая промышленность, судостроение и судоремонт, тепловая и атомная энергетика, трубопрокатные, машиностроительные и транспортные предприятия, коммунальное хозяйство.

Особенности:

- простота настройки и использования;
- встроенный раздельно-совмещенный преобразователь на 10 МГц;
- работоспособность при температурах от -30°C до +55°C;
- четыре скорости ультразвука с возможностью их изменения;

- низкая цена;
- малые габариты и масса (умещается в кармане);
- наличие V-коррекции;
- возможность замены пользователем встроенного УЗ-преобразователя;
- полный цифровой тракт;
- встроенный NiMH-аккумулятор;
- разъем для внешнего источника питания и заряда аккумулятора.

Ультразвуковой низкочастотный дефектоскоп A1220 МОНОЛИТ предназначен для решения задач толщинометрии и дефектоскопии сложных материалов, таких как бетон, горный камень, асфальт (рис. 2). Уникальность прибора состоит в том, что он позволяет проводить тестирование эхо-методом при одностороннем доступе к объекту контроля, что делает возможным осуществление контроля эксплуатируемых объектов – зданий, мостов, тоннелей и пр.

Одним из важных преимуществ прибора является то, что контроль проводится без применения контактной жидкости, благодаря использованию в качестве элементов антенной решетки преобразователей с сухим точечным контактом, и без особой предварительной подготовки поверхности, что значительно облегчает работу оператора и ускоряет процесс тестирования.

Назначение:

- измерение толщины изделий из бетона;
- поиск инородных включений, пустот и трещин внутри изделий и конструкций из же-

лезобетона, камня, пластмасс и подобных им материалов при одностороннем доступе к объекту контроля;

- исследование внутренней структуры крупнозернистых материалов.

Дефектоскоп А1220 МОНОЛИТ состоит из электронного блока с экраном и клавиатурой, а также 24-элементного (6x4) матричного антенного устройства, элементы которого подпружинены и позволяют проводить измерения на криволинейных и шероховатых поверхностях. Для сквозного прозвучивания используются дополнительные ультразвуковые преобразователи продольных и поперечных ультразвуковых волн.

Особенности:

- прибор обеспечивает различные формы представления результатов измерений на встроенном жидкокристаллическом дисплее;

- несмотря на многофункциональность, прибор прост в управлении благодаря интуитивному интерфейсу и меню пиктограмм, которые обеспечивают быстрый доступ к основным настройкам и функциям прибора;

- эргономичный дизайн дефектоскопа и его малый вес (всего 650 г вместе с аккумуляторным блоком), а также комплект ремней «hands free» делают этот прибор удобным инструментом для работы в труднодоступных местах;

- все результаты тестирования (реализации) сохраняются в энергонезависимой памяти прибора, после чего могут быть переданы через USB-порт на внешний компьютер для дальнейшей обработки, документирования и архивирования результатов обследования.

Ультразвуковой дефектоскоп А1214

ЭКСПЕРТ – цифровой малогабаритный дефектоскоп общего назначения, предназначен для контроля изделий из металлов и пластмасс (рис. 3). Обеспечивает реализацию типовых и специализированных методик ультразвукового контроля, высокую производительность и точность измерений; имеет полностью цифровой тракт.

Назначение:

- контроль сварных швов;
- поиск мест коррозии, трещин, внутренних расслоений и других дефектов;
- определение координат и оценка параметров дефектов типа нарушений сплошности и однородности материала в изделиях из металлов и пластмасс;

- измерение толщины изделия.

Особенности:

- большой высококонтрастный электролюминесцентный дисплей позволяет долго работать с прибором, не напрягая зрение;

- диапазон рабочих температур от -30°С до +50°С;

- максимальное время непрерывной работы – 12 часов;

- вес дефектоскопа с аккумулятором – 1,9 кг;

- быстросъемный аккумулятор;

- полностью цифровой тракт;

- ударопрочный корпус;

- большая библиотека настроек (100 конфигураций);

- энергонезависимая память на 500 изображений экрана (развертки типа А с соответствующими параметрами);



Рис. 4. Ультразвуковой томограф А1040М ПОЛИГОН



Рис. 5. Пирометр MT6 MiniTemp (Raytek)



Рис. 6. Тепловизор FLIR T400

- традиционная развертка типа А с возможностью отображения сигналов как в детектированном виде, так и в недетектированном (радиосигнал);
- автоматическое определение уровня сигнала и координат дефекта при работе с АСД (два временных строга);
- возможность ручного измерения уровня и координат принятых сигналов с помощью экранного курсора;
- программируемая форма зондирующего импульса;
- регулируемая частота посылки зондирующих импульсов (до 200 Гц);
- построение функции ВРЧ по свободному закону (32-точечная интерполяция);
- встроенные АРД-диаграммы для совмещенных преобразователей с автоматическим расчетом эквивалентной площади дефектов;
- дополнительные режимы: «стоп-кадр», «электронная временная лупа»;
- построение развертки типа В;
- наличие режима толщиномера;
- связь с компьютером по высокоскоростному USB-порту;
- совместимость с широким спектром преобразователей различных производителей.

Ультразвуковой томограф А1040М ПОЛИГОН является многофункциональным устройством, обеспечивающим решение задач неразрушающего контроля бетона с использованием низкочастотного (20–100 кГц) ультразвукового диапазона и томографических методов обработки сигналов (рис. 4). Пред-

назначен для визуализации внутренней структуры изделий и конструкций из железобетона и камня при одностороннем доступе к ним с целью поиска инородных включений, пустот и трещин, а также определения состояния силовой арматуры в железобетоне.

Состоит из 10 измерительных блоков, объединенных в фокусирующую решетку, блока контроллера и интерфейсного блока, принимающего и обрабатывающего сигналы.

Каждый измерительный блок состоит из 4-х низкочастотных широкополосных преобразователей поперечных волн с сухим точечным контактом и керамическими износостойкими наконечниками, что обеспечивает их продолжительное использование по грубым поверхностям.

Каждый преобразователь имеет независимый пружинный прижим, что позволяет проводить измерения по неровным поверхностям. Номинальная частота каждого преобразователя – 50 кГц.

Массив данных собирается путем их аккумуляции со всех пар измерительных блоков решетки. Принимаемые томографической решеткой сигналы обрабатываются контрольным блоком и передаются на внешний компьютер, где с помощью специализированного программного обеспечения синтезируется образ сечения внутренней структуры объекта. Данный метод сбора данных обеспечивает фокусировку в каждой точке полупространства. Время сбора данных и вывода на экран образа сечения в одной позиции – 3 секунды.

Особенности:

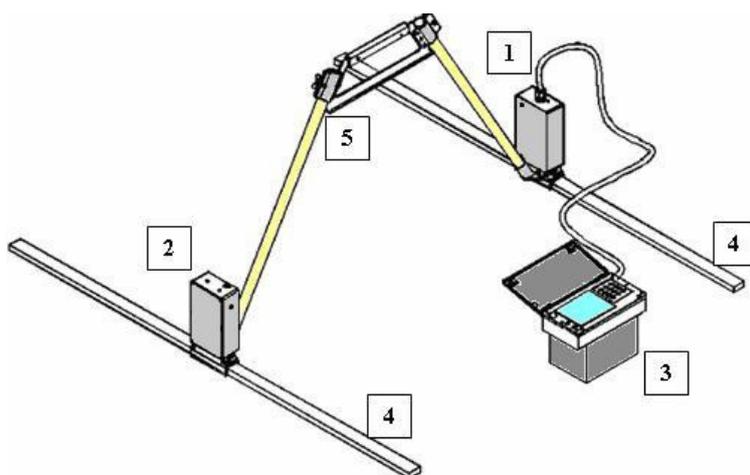


Рис. 7. Георадар «Лоза-В» в комплекте с антеннами 150 см (100 МГц)

- сухой акустический контакт;
- контроль эхо-методом при одностороннем доступе к объекту;
 - адаптация антенного устройства к неровностям поверхности контроля;
 - визуализация внутренней структуры практически в режиме реального времени для оптимальной интерпретации результатов контроля;
 - фокусирующая антенная решетка из 40 элементов обеспечивает оптимальное разрешение и повышенную чувствительность системы, фокусировку в каждой точке полупространства.

Приборы теплового контроля

Пирометр MT6 MiniTemp (Raytek) – самый компактный и недорогой пирометр начального уровня (рис. 5). Для измерения температуры достаточно направить его на объект и нажать клавишу, на дисплее сразу отображается значение температуры поверхности объекта. Пирометр предназначен для работы на близких расстояниях: измеряет температуру объектов диаметром от 25 мм на расстоянии приблизительно 200 мм; диаметром 150 мм – на расстоянии 1,5 м.

Особенности:

- имеет расширенный диапазон до 500 °С, лазерный прицел, точность 1%;
- большой информативный дисплей с фиксацией значений температуры в течение 7 секунд;
 - питание от батарейки 9 В;
 - в комплект поставки входит удобный мягкий футляр;
 - спектральный отклик 6,5–18 мкм.

Области применения:

- контроль систем отопления, вентиляции и кондиционирования, температурного баланса помещения, обследование подающих и возвратных регистров, изоляции окон;
- обслуживание электросетей и щитов, обнаружение перегрева кабелей и соединений проводов, определение неисправных трансформаторов, выявление потерь электричества.

Новые тепловизоры FLIR T-серии от компании FLIR Systems обладают уникальными функциями, такими как touch screen, текстовые комментарии и возможность рисовать схемы (рис. 6). Непрерывно работает в течение четырех часов.

Особенности:

- простота использования;
- небольшие размеры и вес;
- сенсорный экран и функция формирования аннотации;
- высокое качество ИК-изображения;
- встроенная цифровая видеочамера;
- блок объектива с регулируемым наклоном;
- функция объединения ИК- и видеоизображений.

Георадары (радиоволновые приборы, для контроля методом отраженного излучения)

Георадары серии «ЛОЗА» относятся к классу геофизических приборов для исследования подповерхностной структуры почвы на глубине от нескольких до сотен метров, в зависимости от модели прибора, используемой антенны и параметров зондируемой среды (рис. 7).

Принцип действия радаров основан на излучении сверхширокополосных электромагнитных импульсов в подстилающую среду и регистрации их отражений от границ раздела слоев или объектов.

Отличительной особенностью приборов этой серии, по сравнению с известными зарубежными и отечественными аналогами, является большой энергетический потенциал, позволяющий работать в средах с высокой проводимостью, например в суглинке или влажной глине.

Все модели георадаров – «Лоза-М», «Лоза-В», «Лоза-Н» и «Лоза-К» – работают по одному и тому же принципу, имеют примерно одинаковый энергетический потенциал, конструктивно выполнены в одинаковых корпусах. Они различаются набором и конструкцией антенн, диапазоном рабочих частот, частотой дискретизации, видом экрана (монохромный, цветной), что обеспечивает различные возможности для решения геофизических задач, где, чаще всего, требуется найти компромисс между глубиной зондирования и пространственным разрешением. Отдельные параметры радара (например, время регистрации или вид амплитудной характеристики регистрируемого сигнала) по желанию заказчика могут быть изменены путем перепрограммирования встроенного микропроцессора.

Георадары серии «ЛОЗА» запатентованы (патент Комитета РФ по патентам и товарным знакам № 2205424 от 29.12.2001 г.), имеют сертификат соответствия и санитарно-эпидемиологическое заключение



Рис. 8. Универсальный вихретоковый дефектоскоп «Вектор»

№ 77.ФУ.02.401.П.000327.04.02 от 02.04.2002 г.

Эксплуатация георадаров серии «Лоза» показала их эффективность при решении следующих задач:

- инженерно-геологические изыскания при проектировании линейных и площадных сооружений;
- контроль состояния грунта в зоне инженерных сооружений (фундаменты зданий, железные и шоссейные дороги);
- выявление и трассировка подземных металлических и неметаллических коммуникаций;
- поиск в грунте и в строительных конструкциях полостей искусственного и естественного происхождения (карстовые полости, пустоты и тектонические нарушения);
- определение мощности насыпных и деформированных грунтов, картирование границ коренных пород под рыхлыми отложениями;
- поиск песчано-гравийных отложений, картирование оползневых тел;
- определение состояния опор мостов, туннелей;
- обнаружение захоронений экологически вредных отходов;
- неразрушающий контроль зарытых емкостей, скрытых траншей, границ загрязненных почв, мест протечек и т.д.

Наиболее простой моделью, не требующей высокой квалификации оператора, является модель «Лоза-М». Она предусматривает только пороговую обработку сигнала, без регистрации волновой функции, что достаточно для решения большинства практических задач в инженерно-геологических изысканиях и археологии. Информация представляется на экране в бинарном режиме, в память записывается бинарный профиль.

По сравнению с радаром «Лоза-М» модификация «Лоза-В» позволяет дополнительно регистрировать полную волновую форму отраженного импульса. Модель «В» ориентирована на выполнение сложных инженерно-геологических изысканий и археологических обследований с использованием анализа амплитуды отраженного сигнала и «3-D»-обработки. Георадар может успешно использоваться при проведении обследований железобетонных и каменных конструкций.

Георадар «Лоза-К» отличается от модели «Лоза-В» этой серии тем, что он снабжен

микропроцессором для первичной обработки сигнала в реальном времени и цветным индикатором для отображения результатов. Отраженные сигналы регистрируются и сохраняются в памяти прибора в полноволновой форме. Георадары модификации «М», «В», «К» комплектуются антеннами с центральной частотой 100 и 150 МГц. По желанию заказчика возможна поставка антенн с центральной частотой 50 (длина 300 см) и 300 МГц.

Подводная версия георадара создана на базе модели «Лоза-М». С ее помощью возможно исследование геологической структуры придонного слоя грунта и обнаружение объектов под слоем ила.

«Лоза-Н» – это низкочастотный вариант георадара «Лоза-В», в котором нижняя частота рабочего диапазона уменьшена до 25 МГц. С его помощью возможно исследование геологической структуры грунта примерно до глубины 100 м (в зависимости от поглощающих свойств грунта).

Электромагнитные (вихревых токов) приборы для контроля электромагнитным методом с использованием комбинированных преобразователей

Универсальный вихретоковый дефектоскоп «Вектор» – прибор с повышенными функциональными возможностями для решения всего круга задач контроля ферромагнитных и неферромагнитных материалов методом вихревых токов (рис. 8). Дефектоскоп предназначен для контроля и определения размера поверхностных дефектов труб, прутков, листов и других изделий, измерения толщины покрытий, определения электропроводности и других физических свойств материалов, контроля качества сварных и паяных соединений.

Прибор сертифицирован Федеральным

агентством по техническому регулированию и контролю (сертификат RU.С.27.003.А № 26699) и зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под №33845-07.

Особенности:

- небольшие габариты и вес;
- большой жидкокристаллический экран с регулируемой яркостью и контрастностью, хорошо видимый как в темноте, так и при прямом солнечном свете;
- простая и понятная организация меню и клавиатуры;
- различные виды зон АСД с задаваемой логикой определения дефекта;
- богатые функциональные возможности и широкий круг решаемых задач;
- возможность подключения различных преобразователей;
- запоминание большого количества настроек и результатов контроля;
- порт RS232 для связи с ПК;
- питание от литий-ионных аккумуляторов;
- встроенное зарядное устройство.

Комплект поставки: электронный блок дефектоскопа; блок питания; встроенный аккумулятор; преобразователь с кабелем; кабель ВД-RS232PC для подключения ПК; программное обеспечение для ПК; кейс для переноски.

Список литературы

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В.Клюев, Ф.Р.Соснин, В.Н.Филинов и др.; Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1995. – 488.
2. <http://acsys.ru/>
3. http://sgt-nk.ru/equipment/?group_id=82
4. <http://www.pergam.ru/>