

Министерство образования Российской Федерации

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
нефти и газа имени И.М.Губкина

В.А. Лукьянов, Е.В.Петрусенко

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ И ДЕФЕКТОСКОПИЯ

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Диагностика и контроль оборудования нефтегазопереработки»

Под редакцией проф. А.И. Владимирова

Москва 2002

УДК 532.529.5

В.А. Лукьянов, Е.В. Петрусенко

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ И ДЕФЕКТОСКОПИЯ.

М.: РГУ нефти и газа, 2002, 13 с.

Методические указания к лабораторной работе по курсу «Диагностика и контроль оборудования нефтегазопереработки» предназначены для ознакомления студентов с технологией ультразвуковой толщинометрии и дефектоскопии, с назначением и областью применения ультразвуковых преобразователей дефектоскопа. Они включают описание устройства, назначения и принципа действия ультразвуковых преобразователей, а также методики поиска внутренних дефектов с помощью прямого и наклонного преобразователя.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 657300 «Оборудование и агрегаты нефтегазового производства» специальности «Оборудование нефтегазопереработки».

Рецензент – заведующий кафедрой транспорта и хранения нефти и газа РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина профессор, д.т.н. Писаревский В.М.

© Российский государственный университет нефти и газа им. И.М.Губкина, 2002

1. Цель лабораторной работы

1. Изучение технологии ультразвуковой толщинометрии и дефектоскопии с помощью прямого датчика-преобразователя.
2. Изучение технологии ультразвуковой дефектоскопии с помощью наклонного датчика-преобразователя.
3. Определение координат отверстий внутри металлических образцов.

2. Теоретические основы

2.1. Ультразвуковые преобразователи.

Для возбуждения и приёма ультразвуковых колебаний используют электроакустические преобразователи.

Генерация и регистрация ультразвуковых волн в электроакустических преобразователях основана на так называемом пьезоэлектрическом эффекте.

Прямой пьезоэлектрический эффект заключается в поляризации материала при воздействии на него растягивающими или сжимающими нагрузками. Обратный пьезоэлектрический эффект заключается в образовании сжимающих или растягивающих нагрузок при поляризации материала.

Иллюстрация возникновения прямого пьезоэлектрического эффекта приведена на рис. 1.

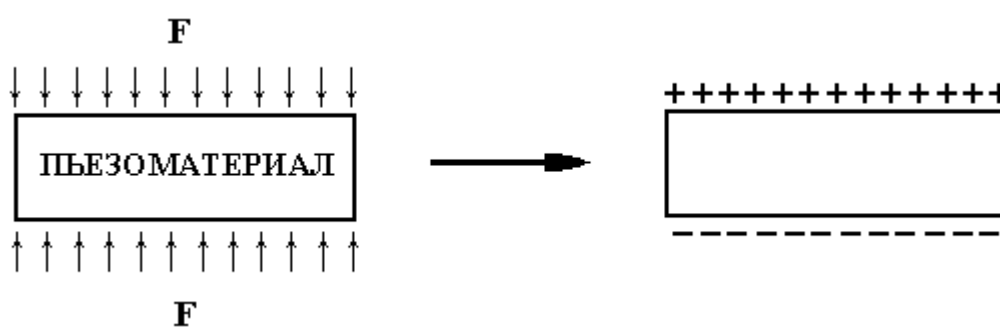


Рис. 1. Прямой пьезоэлектрический эффект.

Пьезоэлектрическими свойствами обладают некоторые керамические материалы, например, цирконат-титана свинца или титанат бария.

Поверхности пьезоэлемента металлизированы и являются электродами. При подаче на них электрического напряжения пластина изменяет свою толщину вследствие действия обратного пьезоэлектрического эффекта. Если напряжение знакопеременно, то пластина колеблется в такт этим изменениям, создавая в окружающей среде упругие колебания. При этом пластина работает как излучатель и частота её колебаний соответствует частоте прикладываемого напряжения.

Если пьезоэлектрическая пластина воспримет импульс давления, то на её обкладках, вследствие прямого пьезоэлектрического эффекта появятся заряды, величина которых может быть измерена. В этом случае пьезопластина работает как приёмник.

Конструкции основных типов ультразвуковых преобразователей представлены на рис. 2.

Различают прямые, излучающие в контрольный объект продольные волны нормально к поверхности (рис. 2 а, в), и наклонные (рис. 2 б), с помощью которых в изделии возбуждаются поперечные, поверхностные, нормальные и продольные волны.

По конструкции преобразователи подразделяют на отдельные, которые предназначены только для генерации или приёма ультразвуковых волн (рис. 2 а, б), совмещённые, у которых один пьезоэлемент служит излучателем и приёмником и отдельно-совмещённые, имеющие два пьезоэлемента в одном корпусе (рис. 2 в).

В зависимости от геометрических размеров объекта, искомых дефектов, типа материала, схемы контроля могут быть использованы наклонные преобразователи с углом ввода от 40° до 75° и рабочей частотой от 1 до 5 МГц. Эти преобразователи позволяют генерировать частотные колебания, являющиеся для объекта контроля источником поперечных ультразвуковых волн, скорость распространения которых в стали составляет около 3250 м/с.

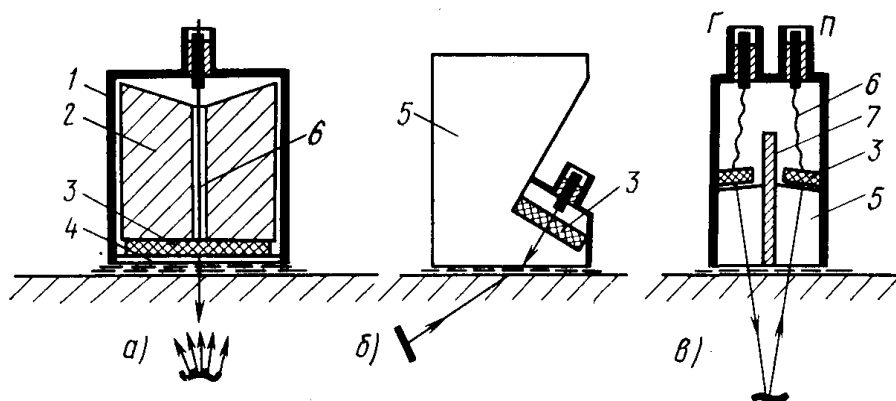


Рис. 2. Конструкции основных типов ультразвуковых преобразователей.
 а - прямой, б—наклонный (призматический), в—раздельно-совмещенный (РС); 1 - корпус; 2—демпфер, 3 — пьезопластина, 4—защитное доньшко (протектор), 5 — призма, 6 — токоподвод, 7 — акустический экран.

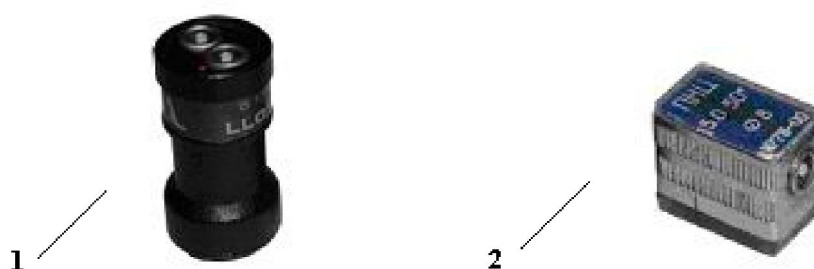


Рис. 3. Внешний вид ультразвуковых преобразователей дефектоскопа А1212.
 1 – прямой совмещённый датчик-преобразователь LL017.
 2 – наклонный совмещённый датчик-преобразователь ПКН 5.0-50°.

Прямые преобразователи используются в основном для определения толщины изделий.

Наклонные преобразователи используются в случаях, когда установить датчик-преобразователь непосредственно над контролируемой поверхностью не представляется возможным из-за конструктивных особенностей объекта контроля (например, сварные соединения, угловые соединения, поверхности со сложным профилем), или из-за его повышенной шероховатости. Максимальная шероховатость поверхности (R_z) для применения ультразвукового контроля не должна превышать 40 мкм.

Для определения внутренних дефектов в объекте контроля в основном используются наклонные преобразователи, поскольку они позволяют эффективно сканировать объект контроля по вертикали. Прямые преобразователи не в полной мере отвечают этому назначению, поскольку не позволяют

определять наличие «нижних дефектов» под «верхними дефектами». Сигнал отражается от «верхнего дефекта» и не позволяет зафиксировать «нижний дефект» (рис. 4). При использовании наклонного преобразователя возможно, перемещая его по горизонтальной поверхности, сканировать дефекты, расположенные в вертикальной плоскости (рис. 4).

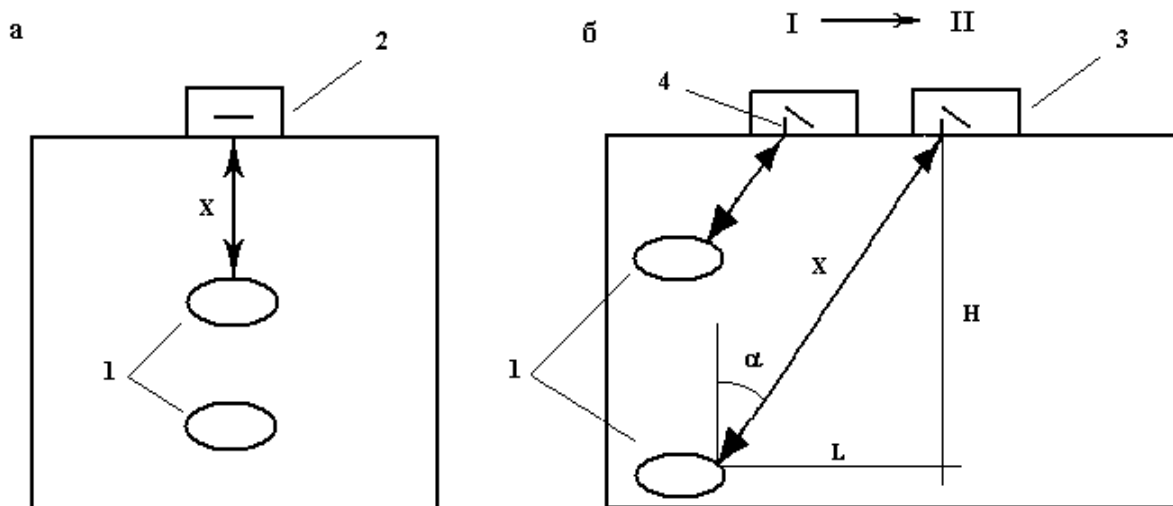


Рис. 4. Определение координат отверстий с помощью прямого (а) и наклонного (б) преобразователя.

1 – дефекты; 2 – прямой преобразователь; 3 – наклонный преобразователь; 4 – риска на наклонном преобразователе; H – глубина залегания дефекта; L – расстояние до дефекта по горизонтали; X – полное расстояние до дефекта; α – угол ввода преобразователя.

2.2. Методы проведения ультразвукового контроля.

Наиболее распространённые на практике эхоимпульсный и теневой методы ультразвукового контроля.

Эхоимпульсный метод (рис. 5, б) заключается в прозвучивании изделия короткими импульсами ультразвуковых колебаний и регистрации эхосигналов, отражённых от дефекта и идущих к приёмнику. Признаком дефекта является появление эхосигнала на экране дефектоскопа. При этом чем больше дефект, тем больше амплитуда эхосигнала.

Этот метод наиболее широко распространён из-за простоты реализации, возможности одностороннего доступа к изделию, независимости результатов контроля от конфигурации и состояния противоположной (донной) поверх-

ности, а также из-за высокой точности в определении координат дефектов. Основным недостатком метода является наличие значительной «мёртвой» зоны в металле под пьезоэлектрическим преобразователем, что не позволяет выявлять в объекте контроля подповерхностные дефекты.

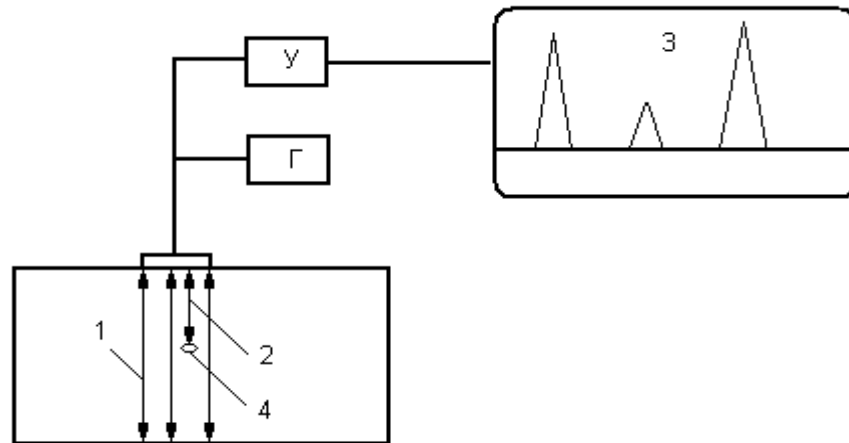


Рис. 5. Схема обнаружения дефектов эхоимпульсным методом с помощью прямого раздельно-совмещённого преобразователя.

1 – ультразвуковые импульсы, отражающиеся от донной поверхности; 2 – ультразвуковые импульсы, отражающиеся от дефекта; 3 – А-развёртка на экране дефектоскопа; 4 – дефект; У—усилитель, Г—генератор.

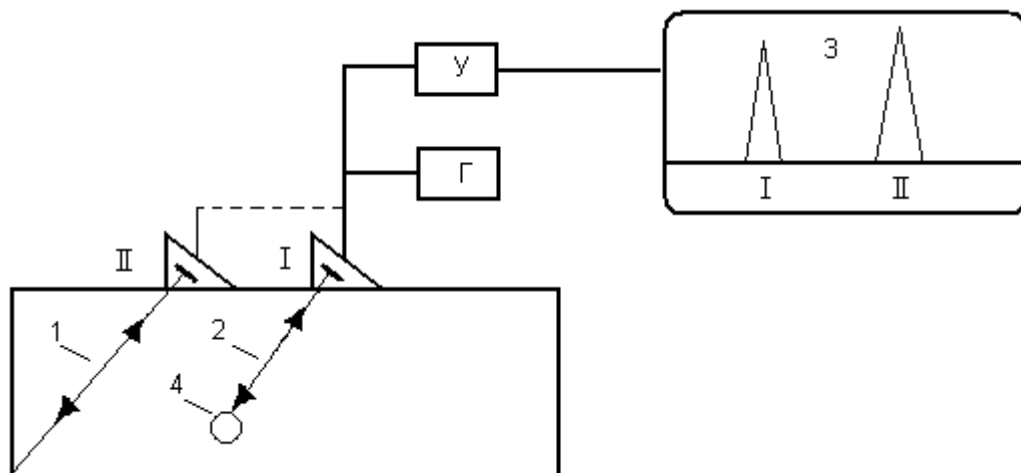


Рис. 6. Схема обнаружения дефектов эхоимпульсным методом с помощью наклонного раздельно-совмещённого преобразователя.

1 – ультразвуковые импульсы, отражающиеся от донной поверхности;
 2 – ультразвуковые импульсы, отражающиеся от дефекта;
 3 – А-развёртка на экране дефектоскопа;
 4 – дефект; У—усилитель, Г—генератор
 I – положение датчика-преобразователя, фиксирующего наличие дефекта;

II – положение датчика-преобразователя, фиксирующего донный сигнал.

Теневой метод (рис. 7) реализуется путём сквозного прохождения ультразвука через изделие. При этом используют два соосно размещённых пьезоэлектрических преобразователя (ПЭП) (излучатель и приёмник), а о наличии дефектов судят по пропаданию или уменьшению амплитуды сквозного сигнала. Недостатками метода являются необходимость двухстороннего доступа к изделию, а также использование сложной механической системы соосного фиксирования датчиков. К преимуществам следует отнести слабую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта, высокую помехоустойчивость и отсутствие «мёртвой» зоны.

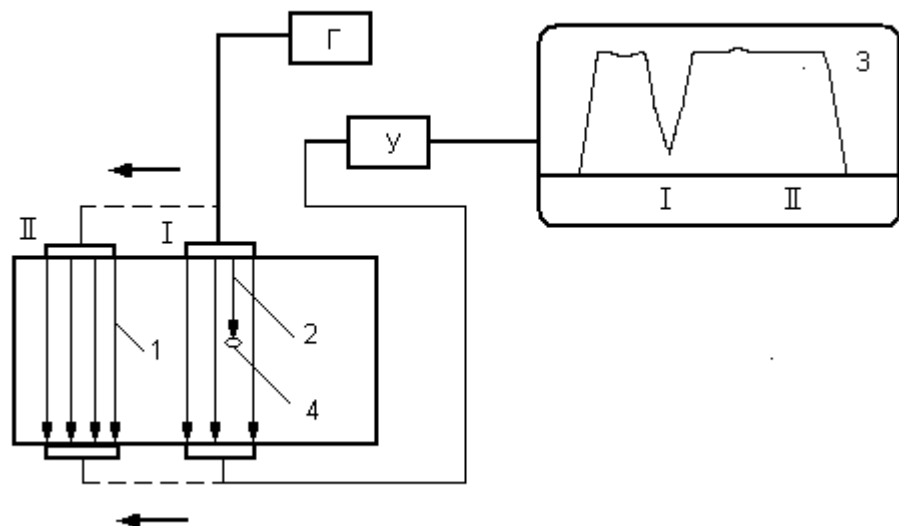


Рис. 7. Схема обнаружения дефектов теневым методом с помощью прямого отдельного преобразователя.

1 – ультразвуковые импульсы, проходящие до донной поверхности; 2 – ультразвуковые импульсы, прерывающиеся на дефекте; 3 – изображение ослабления донного сигнала на экране дефектоскопа, 4 – дефект; У – усилитель, Г – генератор

3. Порядок проведения работы.

Целью проведения испытаний является определение координат внутренних отверстий в контрольных образцах. В качестве контрольных образцов

используются бруски из стали марки Ст3 размером 105x27x43 мм. Все отверстия имеют диаметр 4 мм и являются сквозными.

Координаты отверстий следует нанести на чертёж бруска. Пример оформления результатов испытаний приведён на рис. 8. Расстояния до дефекта могут быть указаны как до точки отражения в дефекте (в этом случае они совпадают с показаниями дефектоскопа), так и до центра отверстия (в этом случае следует учитывать расстояние между центром отверстия и точкой отражения).

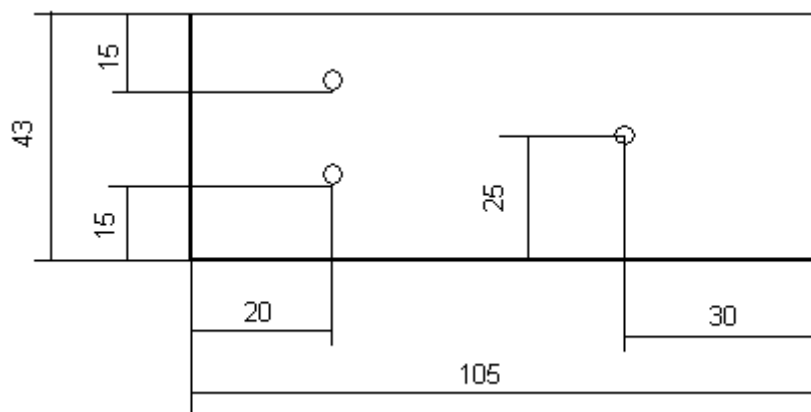


Рис. 8. Пример оформления результатов испытаний.

3.1. Определение координат отверстий в контрольных образцах прямым раздельно-совмещённым преобразователем.

Порядок проведения контроля состоит в следующем:

1. Подсоедините к блоку дефектоскопу прямой совмещённый датчик-преобразователь LL017.
2. Подготовьте дефектоскоп к работе. Порядок работы с дефектоскопом и назначение функциональных клавиш описано в лабораторной работе №1 «Изучение назначения, принципа действия и характеристик ультразвукового дефектоскопа».
3. Установите брусок таким образом, чтобы грани, закрытые полимерным покрытием, располагались в вертикальной плоскости.
4. Нанесите слой смазывающей жидкости на верхнюю поверхность стального бруска.

5. Установите датчик-преобразователь на верхнюю поверхность бруска и, перемещая датчик, произведите сканирование объёма бруска. Скорость сканирования – не более 150 мм/мин.
6. По факту появления на экране дефектоскопа А-развёртки и показаниям толщиномера (в правом нижнем углу экрана дефектоскопа «X= ») определите наличие и координаты внутренних отверстий. Ось отверстия определяется по координате минимального значения толщины.
7. Повторите процедуру сканирования не менее двух раз.
8. Переверните образец на 180° относительно горизонтальной оси.
9. Повторите процедуры, описанные в пп. 4÷7 параграфа 3.1.
10. Нанесите на чертёж образца (рис. 8) координаты отверстий.

3.2. Определение координат отверстий в контрольных образцах наклонным раздельно-совмещённым преобразователем.

Порядок проведения контроля состоит в следующем:

1. Подсоединить к блоку дефектоскопу наклонный датчик-преобразователь ПКН 5.0-50°.
2. Подготовьте дефектоскоп к работе. В режиме «НАСТРОЙКА» выберите номер конфигурации, соответствующей характеристикам данного датчика-преобразователя.
3. Установите брусок таким образом, чтобы грани, закрытые полимерным покрытием, располагались в вертикальной плоскости.
4. Нанесите слой смазывающей жидкости на верхнюю поверхность стального бруска.
5. Установите датчик-преобразователь на верхнюю поверхность бруска и, перемещая датчик, произведите сканирование объёма бруска. Скорость сканирования – не более 150 мм/мин.
6. Зафиксируйте на экране дефектоскопа появление А-развёртки.
7. Нажмите «ВВОД» на панели дефектоскопа. Дефектоскоп при этом переходит в режим работы «СУММА», в котором осуществляется запоминание всех значений эхо-сигналов от дефекта-отражателя. При сканирова-

нии датчиком околодефектной зоны на экране дефектоскопа отображается фигура в виде неправильной пирамиды. Координата центра пирамиды соответствует координате центра цилиндрического отверстия.

8. Зафиксируйте координаты центра дефекта по показаниям в правом нижнем углу экрана дефектоскопа: «X= »»; «L= »»; «H= », где
X – расстояние до дефекта-отражателя по прямой;
L – расстояние до дефекта-отражателя по горизонтали;
H – расстояние до дефекта-отражателя по вертикали (глубина залегания).
9. Расстояние отсчитывается от риски, нанесённой на датчике-преобразователе.
10. Выйдите из режима «СУММА» посредством двухкратного нажатия клавиши «СТОП» на панели дефектоскопа.
11. Повторите процедуру сканирования не менее двух раз при перемещении датчика в одну и ту же сторону.
12. Поменяйте направление сканирования датчиком-преобразователем на противоположенное и повторите процедуры, описанные в пп. 5÷11 параграфа 3.2.
13. При наличии сомнений в точности проведения замеров переверните образец на 180° относительно горизонтальной оси и повторите процедуры, описанные в пп. 4÷12 параграфа 3.2.
14. Нанесите на чертёж образца координаты отверстий.

4. Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать чертежи контрольных образцов с нанесёнными координатами внутренних отверстий, определённых с помощью прямого и наклонного преобразователей.

5. Вопросы для самоконтроля

1. Что такое прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты ?
2. По каким критериям проводится классификации датчиков-преобразователей ?
3. В чём достоинства и недостатки эхо метода ультразвукового контроля ?
4. В чём достоинства и недостатки теневого метода ультразвукового контроля ?
5. Каким методом ультразвукового контроля эффективнее определять подповерхностные дефекты ?
6. Почему наклонным преобразователем сложнее зафиксировать донный сигнал ?

6. Литература

1. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий: Учеб. для ПТУ/ Н.П.Алешин, В.Г.Щербинской. М.:Высшая школа, 1991. 271 с.
2. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: Справочник в 2-х томах /Под ред. д.т.н. проф. В.В.Клюева. М.: Машиностроение, 1976.
3. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении./ Е.Ф.Кретов. С.-Пб.: «Радиоавионика», 1995, 326 с.
4. Ультразвуковой контроль сварных соединений./В.Г.Щербинский, Н.П.Алешин. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000, 496 с.
5. ГОСТ 28782-90. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования.
6. ГОСТ 8.495-85. ГСИ. Толщиномеры ультразвуковые контактные. Методы и средства поверки.

7. Перевод основных терминов на английский язык

Ультразвуковая дефектоскопия	Ultrasonic inspection, ultrasonic test(ing)
Преобразователь	Converter
Электроакустический преобразователь	Acoustical-electrical transducer
Пьезоэлектрический	Piezoelectric
Поперечная (поверхностная, продольная) волна	Transverse (surface, longitudinal) wave
Пьезоэлемент	Piezoelectric element
Ультразвуковой излучатель	Ultrasonic vibrator
Приемник	Receiver
Демпфер	Damper
Дефект	Defect
Протектор	Tread, protector
Ультразвуковая дефектоскопия теневым методом	Transmission ultrasonic test(ing)
Ультразвуковая дефектоскопия эхо-импульсным методом	Pulse-reflection ultrasonic test(ing)
Прозвучивание	Sonic test
Мертвая зона	Dead band, dead zone
A-развертка	A-display
Усилитель	Amplifier
Генератор	Generator
Брусок	Bar
Сканирование	Scanning

