

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»  
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к организации самостоятельной работы по дисциплине  
вариативной части по выбору вуза профессионального цикла**

## **МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**(часть 3)**

**для всех форм обучения  
направления подготовки 15.04.02  
«Технологические машины и оборудование»**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»  
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к организации самостоятельной работы по дисциплине  
вариативной части по выбору вуза профессионального цикла  
МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
(часть 3)**

**для студентов всех форм обучения  
направления подготовки 15.04.02  
«Технологические машины и оборудование»**

Рассмотрены на заседании  
кафедры «Механическое оборудование  
заводов черной металлургии»  
им. проф. Седуша В.Я.  
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании  
учебно-издательского совета ДОННТУ  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_.\_\_. 20\_\_ г.

**Донецк  
ДОННТУ  
2017**

УДК 669. (075.8)

Методические указания к организации самостоятельной работы по дисциплине вариативной части по выбору вуза профессионального цикла «Методы неразрушающего контроля (часть 3)» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 13 с.

Отображены цель и задачи самостоятельной работы студентов по курсу «Методы неразрушающего контроля (часть 3)» и последовательность действий студентов, направленных на достижение требуемых результатов в усвоении теоретического и практического материала.

*Составители:* Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

*Рецензенты:* д.т.н., профессор А.П. Кононенко  
к.т.н., доцент Е.В. Ошовская

Ответственный за выпуск:  
к. т. н., профессор А. Л. Сотников

## **1. Приборы для электрического метода НК**

### **ЭЛЕКТРОПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Работа электропотенциальных приборов основана на прямом пропускании тока через контролируемый участок и измерении разности потенциалов на определенном участке или регистрации искажения электромагнитного поля, обусловленного обтеканием дефекта током. Приборы, основанные на измерении разности потенциалов. При пропускании через электропроводящий объект тока в объекте создается электрическое поле.

Геометрическое место точек с одинаковым потенциалом составляет эквипотенциальные линии. Разность потенциалов зависит от трех факторов: удельной электрической проводимости, геометрических размеров (например, толщины) и наличия поверхностных трещин. При пропускании переменного тока разность потенциалов будет зависеть и от магнитной проницаемости.

В данных приборах имеется четыре электрода. С помощью двух из них (токопроводящих) к контролируемому участку подводится ток. Два электрода — измерительные, с их помощью измеряют разность потенциалов на определенном расстоянии (обычно не более 2 мм), по которой судят о глубине обнаруженной трещины.

Применение измерителей глубины трещин совместно с другими методами контроля, например магнитопорошковым или капиллярным позволяет повысить эффективность неразрушающих методов обнаружения и оценки трещин, особенно усталостных, возникающих в процессе эксплуатации.

### **ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ**

Принцип действия этих приборов основан на определении исследуемых характеристик состава и структуры материала по его электрическим параметрам (диэлектрической проницаемости и коэффициенту диэлектрических потерь). Для измерения первичных информативных параметров ЭП может быть использована любая схема для измерения параметров конденсаторов с учетом соблюдения двух условий — необходимости вынесения ЭП с дистанционным измерением его параметров и предоставления мер по устранению влияния контакта ЭП с поверхностью контролируемого объекта. Эти необходимые условия резко ограничивают выбор измерительных точки зрения дистанционного контроля применение нашли трёхзажимные ЭП с включением их в мостовую схему с индуктивно связанными плечами (трансформаторные мосты).

## **2.Тепловизор Testo 880, его основные преимущества**

Это передовые технологии в новом ценовом измерении, по соотношению цена и функциональность не имеют аналогов. Благодаря высокой температурной чувствительности ( $< 0.1^{\circ}\text{C}$ ), прибор Testo 880 детально визуализирует повреждения соединений электрических систем и компонентов. Среди преимуществ тепловизора Testo 880: высококачественный широкоугольный  $32^{\circ}$  объектив с оптикой F1, опционный сменный телеобъектив, запатентованный фильтр для защиты объектива, детектор  $160 \times 120$ , с интерполяцией изображения до  $320 \times 240$  пикселей, минимальное фокусное расстояние 10 см.

Встроенная цифровая камера и мощная LED подсветка позволяют в дополнение к тепловизорному снимку делать реальную фотографию объекта тепловизионного контроля и интегрировать ее в тепловизионный отчет. Программное обеспечение, входящее в комплект поставки предлагает широкие возможности по обработке тепловых снимков. Данные о температуре объекта по 10-ти точкам, настройка температурной шкалы, коррекция коэффициента излучения и отраженной температуры, построение изотерм и гистограмм, смена цветовой палитры вот далеко не полный перечень функциональных возможностей программного обеспечения testo IR-soft. Начиная с июня 2008 года планируются поставки программного обеспечения на русском языке.

## **3.Назначение и классификация дозиметрических приборов**

В настоящее время используют четыре основных типа дозиметрических приборов:

- индикаторы,
- рентгенметры ,
- радиометры и дозиметры .

Индикаторы предназначены для обнаружения самого факта радиоактивного заражения местности и различных объектов ( вооружения, обмундирования, строений и т .д .).

Простейшие индикаторы могут не иметь измерительных приборов, и лишь регистрируют наличие радиоактивного заражения по изменению состояния сигнального устройства.

Рентгенометры предназначены для измерения уровня радиации (  $\gamma$ -излучения).

Рентгенометры имеют измерительные приборы, отградуированные в единицах измерения мощности доз излучения- р/ час. Диапазон измерений

для различных типов рентгенометров лежит в пределах от 0-0,1 до 200-500 р/ час.

Радиометры предназначены для измерения степени зараженности поверхностей различных объектов радиоактивными веществами.

Пределы измерений большинства радиометров составляют:

По  $\beta$  – излучению от 150-1000 до  $10^6$ - $5 \cdot 10^6$  распадов / мин , см<sup>2</sup>

По  $\gamma$  – излучению от 0,03-1 до 20-125 мр/ час.

Дозиметры предназначены для измерения суммарных  $\gamma$ -излучения и нейтронов.

Дозиметры позволяют измерить суммарные индивидуальные дозы облучения в пределах от 0-50 р (при уровнях радиации от 0,18 до 200 р/ ч) до 50-800р ( при уровнях радиации от 1 до 250 000 р/ ч ).

Воспринимающее устройство (датчик или детектор излучений) предназначен для преобразования воздействующей на него энергии радиоактивных излучений в какой либо другой вид энергии – электрическую , химическую, световую.

Усилительное устройство предназначено для измерения сигналов, вырабатываемых воспринимающим устройством.

Источники питания обеспечивают работу всех элементов прибора.

#### **4.Магнитный анализатор МА-412ММ (коэрцитиметр). Его назначение и преимущества**

Магнитный анализатор МА-412ММ (коэрцитиметр) предназначен для неразрушающего локального контроля качества термической, термомеханической или химикотермической обработок, определения твердости, напряженного состояния и др. механических свойств деталей из ферромагнитных материалов при наличии корреляционной взаимосвязи между контролируемыми параметрами и магнитными характеристиками (остаточная намагниченность  $B_r$ , коэрцитивная сила  $H_c$ , максимальная индукция  $B_s$ , отношение  $H_c/B_r$ ). Прибор может быть использован для разбраковки металлов по маркам стали и контроля поверхностных слоев ферромагнитных материалов.

**ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИБОРА:** Обеспечение "классического" намагничивания/размагничивания контролируемого изделия, обеспечивает повышенную точность и стабильность показаний прибора.

Возможность измерения не только коэрцитивной силы но и других магнитных характеристик расширяет номенклатуру контролируемых материалов и изделий.

Автоматический перевод измеренных магнитных характеристик в значение контролируемого технологического параметра.

Оснащение прибора датчиками различной конфигурации и размеров.

Возможность работы от сети переменного тока и от встроенного аккумулятора.

Гибкая организация памяти для записи результатов измерений.

Интуитивно понятный русский и английский интерфейс - обеспечивающий работу оператора по принципу "включай и измеряй".

### **5. Средства для капиллярного НК. Виды проявителей.**

Набор дефектоскопических материалов — взаимозависимое целевое сочетание дефектоскопических материалов: индикаторного пенетранта, проявителя, очистителя и гасителя.

Индикаторный пенетрант (пенетрант) И — капиллярный дефектоскопический материал, обладающий способностью проникать в несплошности объекта контроля и индицировать их.

Очиститель от пенетранта (очиститель) М — капиллярный дефектоскопический материал, предназначенный для удаления индикаторного пенетранта с поверхности объекта контроля самостоятельно или в сочетании с органическим растворителем или водой.

Гаситель пенетранта (гаситель) Г — капиллярный дефектоскопический материал, предназначенный для гашения люминесценции или цвета остатков соответствующих индикаторных пенетрантов на поверхности объекта контроля.

Проявитель пенетранта (проявитель) П — капиллярный дефектоскопический материал, предназначенный для извлечения индикаторного пенетранта из капиллярной полости несплошности с целью образования четкого индикаторного рисунка и создания контрастирующего с ним фона.

*Проявитель разделяют в зависимости от характера взаимодействия его с индикаторным пенетрантом:*

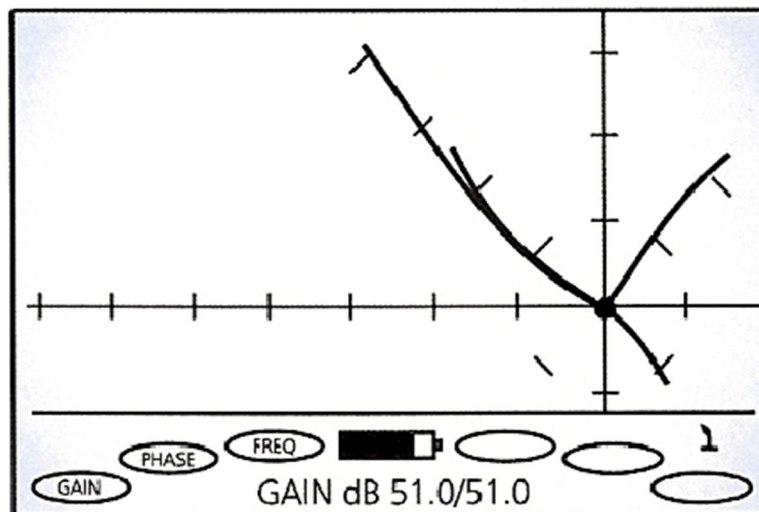
Химически пассивный проявитель,

Магнитный проявитель.

### **6. Двухчастотный вихретоковый прибор для обнаружения трещин и коррозии в металлических деталях, трубках, структурах и сварных швах**

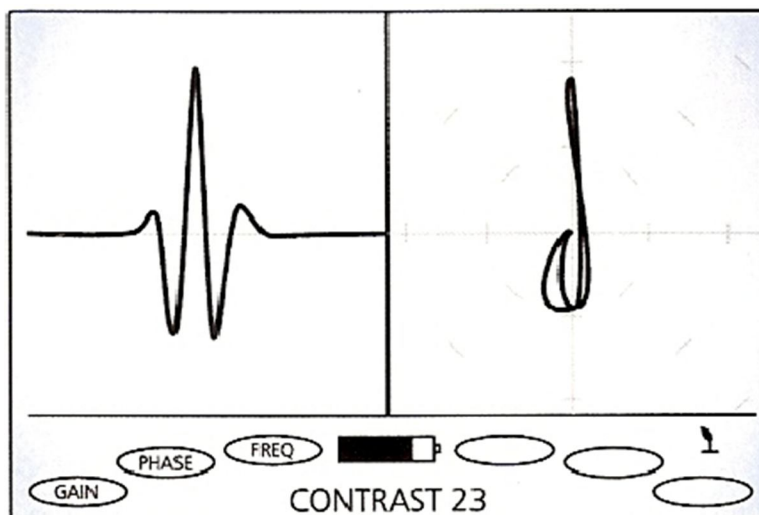
*Контроль крепежей*

Специально разработанный датчик FastScan и технология контроля используя двухчастотные возможности Phases 2d, быстро и точно контролировать крепежи как на поверхности, так и ниже поверхности. Эта технология более эффективна, чем ручное сканирование или использование скользящих датчиков, так как может обнаружить более мелкие дефекты благодаря повышенной чувствительности и тому факту, что она не зависит ни от зазора, ни от ориентации на конкретные дефекты.



#### *Ротационный контроль*

Phases 2d идеально подходит для ротационных исследований, например исследований отверстий креплений. Его великолепная эффективность работы с Hocking MiniDrive наряду с рядом конкурентных драйверов дает возможность каждый раз получать быстрые, точные результаты. Phases 2d также имеет новый дисплей XYNT.



Он идеально подходит для установок ротационных исследований на дисплее оси времени, а также дает возможность легко увидеть, где находится дефект на дисплее XY, больше не нужно переключать дисплей для проверки.



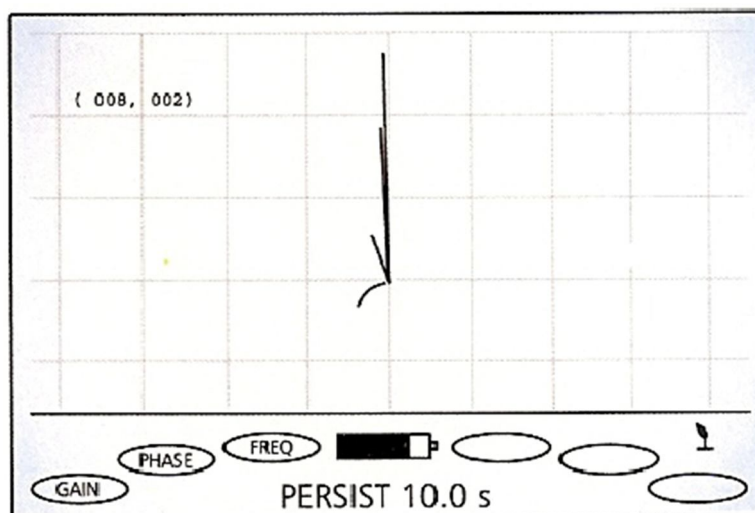
Двухчастотный датчик FastScan показывает изменение глубины как фазовое вращение.

#### *Контроль сварного шва*

Вместе с выбором датчиков Hocking WeldScan, Phasesc 2d предлагает усовершенствованную систему для проверки целостности сварных швов стальных структур, например мостов, судов, буровых вышек и зданий со стальными конструкциями. трещины можно обнаружить сквозь поверхность материалов покрытая, например краски, поэтому для подготовки нужно минимум времени и средств.

Набор датчиков WeldScan может использоваться для железа, нержавеющей стали (ферромагнитной и не ферромагнитной) и алюминиевых материалов, и эта техника оказалась настолько успешной, что была включена в британский и европейский стандарт BS EN 1711: 2000 "Контроль сварных швов с помощью вихревых токов методом анализа сложных планов". Следующие органы одобрили данный метод:

- квалификационная система PCN;
- DNV (Det Norske Veritas);
- Бюро Veritas;
- Квалификационная система PCN.



#### *Трещины и коррозия*

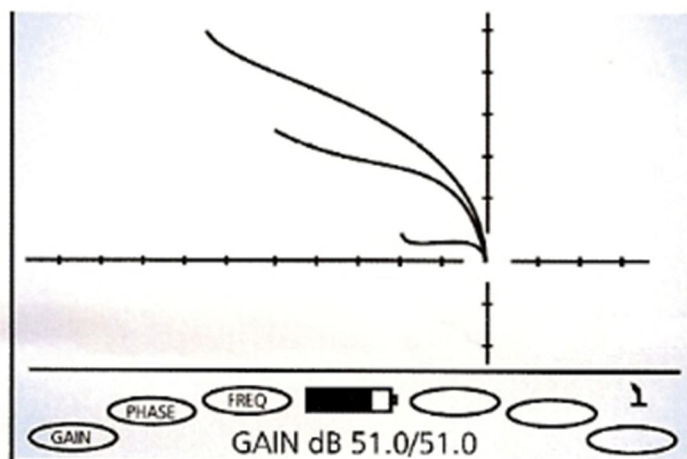
Phasesc 2d с соответствующим датчиком может использоваться, чтобы выявлять:

- поверхностные трещины и разломы (ферромагнетики и неферромагнетики);
- подповерхностные трещины и коррозию (неферромагнетики).

#### *Поверхностные дефекты:*

Одно из главных преимуществ метода вихревых токов в сравнении с другими методами контроля - то, что они работают сквозь покрытия на поверхности, например краску и масло, без остаточных эффектов. Это

экономит огромное количество времени и средств, так как исследования можно осуществлять при минимальной подготовке.

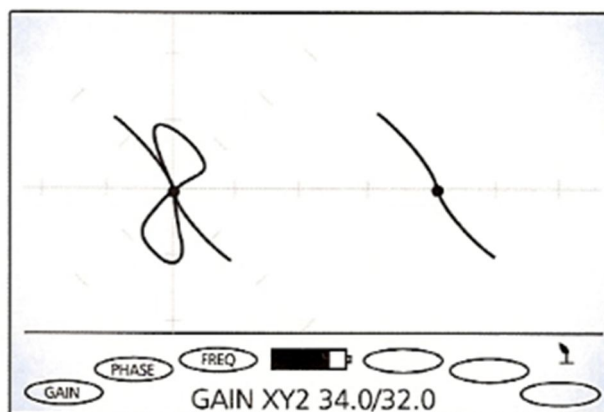


#### *Подповерхностные дефекты:*

Используя низкочастотное исследование, вихревые токи могут также обнаружить трещины и коррозию, находящиеся не на поверхности. Примеры обнаружения трещин под поверхностью стропила крыша самолета, а обнаружения коррозии под поверхностью - фюзеляж самолета. Контроль такого типа также применим для таких материалов, как нержавеющая сталь.

#### *Исследование трубок и труб.*

Поскольку Phases 2d двухчастотный, он может использоваться для смешивания нежелательных сигналов пластин диафрагмы в трубках, что позволяет проводить значительно усовершенствованное обнаружение дефектов.



Это позволяет оператору находить трещины и коррозию в самых распространенных местах. Дополнительное преимущество проведения контроля при одновременном абсолютном и дифференциальном режиме позволяет оценить коррозию и обнаружить самые малые дефекты в трубке или трубе.

#### *Измерение проводимости и толщины покрытия*

Phasesc 2d позволяет измерять проводимость цветных металлов для:

- выявления и проверки;
- контроля термической обработки во время производства и поиска эксплуатационных повреждений при нагреве;
- обнаружения изменений в марке материала и сортировки материалов;
- определения плотности объектов из металлического порошка.

## **7.Приборы для оптического НК. Назначение, основные требования**

*По назначению оптические приборы делятся на 3-и группы:*

- а) приборы для контроля мелких близкорасположенных объектов ( $l < 250\text{мм}$ ), лупы, микроскопы;
- б) приборы для контроля удаленных объектов ( $l > 250\text{мм}$ ), бинокли, зрительные трубы;
- в) приборы для контроля скрытых объектов (эндоскопы, бароскопы, перископические дефектоскопы).

Приборы цехового и полевого назначения:

- приборы цехового назначения:  $t = 15 \div 20^\circ\text{C}$ , нормальное атмосферное давление, высокая влажность;
- полевое назначение:  $t = -50 \div 60^\circ\text{C}$ , тряска, вибрация, осадки.

Основные требования к приборам:

- 1) все детали приборов должны быть прочно закреплены;
- 2) полости приборов должны быть надежно защищены от проникновения влаги;
- 3) должны быть выполнены из коррозионно-стойких материалов и иметь атмосферостойкие защитные покрытия;
- 4) приборы должны иметь малую массу, быть пригодными к переноске;
- 5) иметь удобно расположенные ручки панели управления.

## **8. Состав аппаратуры для акустического НК.**

В состав аппаратуры для акустического неразрушающего контроля входят: акустический дефектоскоп с преобразователями; стандартные образцы; вспомогательные приспособления и устройства для соблюдения параметров сканирования и измерения акустических характеристик выявленных дефектов.

При методе отражений используют акустические дефектоскопы, работающие в диапазоне частот  $0,2 \dots 30$  МГц, т. е. ультразвуковые дефектоскопы.

### *2 Ультразвуковые дефектоскопы*

Ультразвуковые дефектоскопы обычно работают в импульсном режиме, значительно реже — в непрерывном режиме излучения упругих колебаний. Четкая классификация импульсных ультразвуковых дефектоскопов определена ГОСТ 23049—84. В зависимости от области применения ультразвуковые дефектоскопы (УД) подразделяют на две группы: общего назначения — УД и специализированные — УДС, а в зависимости от функционального назначения на четыре группы (табл. 1). Условное обозначение дефектоскопа состоит из букв УД (или УДС), номера группы и порядкового номера модели, а также буквы М с номером модернизации и номера исполнения по устойчивости к воздействию внешней среды.

Таблица 1. Классификация ультразвуковых дефектоскопов

| Группа<br>УЗД | Функциональное назначение УЗД  | Примеры<br>обозначения |
|---------------|--|------------------------|
| 1             | Обнаружение дефектов (пороговые УЗД)   | УД1-...<br>УДС1-...    |
| 2             | Обнаружение дефектов измерение<br>глубины (координат) их залегания и<br>отношения амплитуд сигналов от дефектов  | УД2-...<br>УДС2-...    |
| 3             | Обнаружение дефектов, измерение<br>глубины (координат) их залегания и<br>эквивалентной площади дефектов или<br>условных размеров дефектов                          | УД3-...<br>УДС3-...    |
| Группа<br>УЗД | Функциональное назначение УЗД  | Примеры<br>обозначения |
| 4             | Обнаружение дефектов, распознавание<br>их форм или ориентации, измерение глубины<br>(координат) их залегания и размеров<br>дефектов или условных размеров дефектов | УД4-...<br>УДС4-...    |

Дефектоскопы разрабатывают из расчета на перемещение преобразователя вручную (далее ручной контроль, ручные дефектоскопы), на механизированное сканирование (механизированные дефектоскопы) или на механизированное сканирование и автоматическую обработку и регистрацию информации (автоматизированные дефектоскопы).

В практике неразрушающего контроля наиболее широко используют ручные импульсные ультразвуковые дефектоскопы 2-й и 3-й групп общего или

специального назначения. Общим для этих дефектоскопов является наличие электронно-лучевого и звукового индикаторов, электронного глубиномера для определения координат залегания отражающей поверхности, аттенюатора для измерения отношения амплитуд сигналов в децибелах.