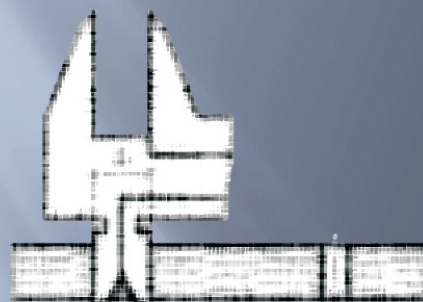
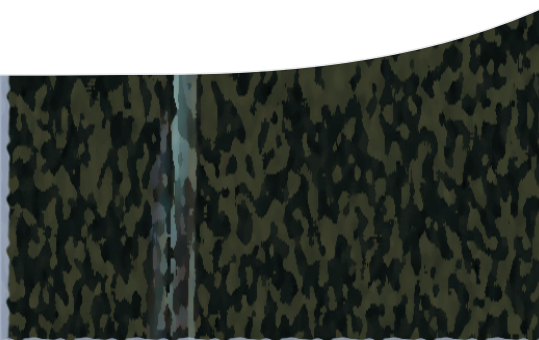




# Методы и средства неразрушающего контроля

Методические указания по практическим работам



## Оглавление

<b>ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....</b>	<b>6</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТОЛЩИНОМЕРА ТУЗ-1 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДЕФЕКТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....</b>	<b>9</b>
Цель и задачи работы .....	9
Краткие теоретические сведения.....	9
Описание лабораторной установки и измерительного оборудования.....	9
Конструкция толщиномера .....	11
Порядок подготовки толщиномера к работе .....	12
Порядок выполнения работы .....	18
Требования к отчету .....	18
Контрольные вопросы.....	18
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФАКТИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>19</b>
Цель и задачи работы .....	19
Краткие теоретические сведения.....	19
Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов .....	20
Правила безопасного выполнения работы.....	20
Порядок выполнения работы .....	20
Требования к отчету .....	22
Контрольные вопросы.....	23
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. МЕТОДИКА КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН .....</b>	<b>24</b>
Цель и задачи работы .....	24
Краткие теоретические сведения.....	24
Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов .....	26
Правила безопасного выполнения работы.....	27
Порядок выполнения лабораторной работы.....	28
Требования к отчету .....	29



Контрольные вопросы .....	29
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. МЕТОДИКА ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН .....</b>	<b>30</b>
Цель и задачи работы .....	30
Краткие теоретические сведения .....	30
Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов .....	32
Правила безопасного выполнения работы .....	33
Порядок выполнения работы .....	33
Требования к отчету .....	34
Контрольные вопросы .....	34
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ .....</b>	<b>35</b>
<b>ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН .....</b>	<b>35</b>
Цель и задачи работы .....	35
Краткие теоретические сведения .....	35
Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов .....	35
Правила безопасного выполнения работы .....	37
Порядок выполнения работы .....	37
Требования к отчету .....	40
Контрольные вопросы .....	40
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ .....</b>	<b>41</b>
Цель и задачи работы .....	41
Краткие теоретические сведения .....	41
Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов .....	41
Правила безопасного выполнения работы .....	43
Порядок выполнения работы .....	43
Требования к отчету .....	43
Контрольные вопросы .....	44
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ .....</b>	<b>45</b>
Цель и задачи работы .....	45
Краткие теоретические сведения .....	45
Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов .....	45
Правила безопасного выполнения работы .....	46
Порядок выполнения работы .....	46

Требования к отчету .....	47
Контрольные вопросы .....	47
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. ....</b>	<b>48</b>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ИМПЕДАНСНОГО ДЕФЕКТОСКОПА</b>	
<b>ИАД-2 ПРИ ПРОВЕРКЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ</b>	
<b>ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН .....</b>	<b>48</b>
Цель и задачи работы .....	48
Краткие теоретические сведения .....	48
Правила безопасного выполнения работы .....	52
Порядок выполнения работы .....	52
Подготовка прибора к работе и его включение .....	52
Настройка прибора .....	52
Настройка в резонансном режиме работы .....	53
Контроль детали .....	54
Требования к отчету .....	54
Контрольные вопросы .....	54
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ</b>	
<b>ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ .....</b>	<b>55</b>
Цель и задачи работы .....	55
Краткие теоретические сведения .....	55
Описание лабораторной установки, измерительного оборудования	
и образцов .....	55
Правила безопасного выполнения работы .....	56
Порядок выполнения работы .....	56
Требования к отчету .....	57
Контрольные вопросы .....	57
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ</b>	
<b>ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>58</b>
Основная литература .....	58
Дополнительная литература .....	58
Электронные и интернет-ресурсы .....	60
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>61</b>
Приложение 1 .....	61
Форма титульного листа отчета по лабораторной работе .....	61
Приложение 2 .....	62
Значения скоростей распространения продольных ультразвуковых	
колебаний в некоторых материалах .....	62
Приложение 3 .....	63
Рекомендуемые виды контактных смазок в зависимости от температуры	
поверхности контролируемого изделия .....	63

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В целях закрепления теоретических курсов «Методы неразрушающего контроля», «Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно–транспортных, строительных и дорожных машин» учебным планом и программами предусмотрено проведение лабораторного практикума.

При выполнении лабораторных работ студенты приобретают первоначальные навыки работы с приборами неразрушающего контроля.

В методических указаниях изложены общие сведения о конструкции приборов для неразрушающего контроля, приведены инструкции по эксплуатации и настройке приборов, а также методики контроля качества изделий.

Для успешного освоения материала студентов делят на подгруппы по 4–6 человек. Каждая подгруппа получает индивидуальное задание, изучает теоретические вопросы и методику проведения работы, делает необходимые эскизы, записи и приступает к выполнению лабораторной работы.

Трудоемкость каждой лабораторной работы рассчитана на 2–5 ч ([табл. 1](#)), из них: аудиторные 1,0–4,5 ч – на выполнение, оформление и защиту лабораторной работы; 0,5 ч – самостоятельная работа на подготовку к выполнению лабораторной работы.

Таблица 1

Трудоемкость лабораторных работ

Номер работы	Название работы	Трудоемкость, ч
1	Применение ультразвукового толщиномера ТУЗ–1 для исследования и дефектации деталей машин	5
2	Применение лазерного дальномера при определении фактических размеров узлов и деталей подъемных сооружений	2
3	Методика капиллярного контроля деталей и узлов машин	5
4	Методика вихретоковой дефектоскопии деталей и узлов машин	4
5	Ультразвуковая дефектоскопия деталей и узлов машин	4
6	Определение износа стальных канатов	4
7	Определение прочности железобетонных изделий	4
8	Применение импедансного дефектоскопа ИАД–2 при проверке качества деталей подъемно–транспортных машин	4
9	Определение причин разрушения конструкции	4

Выполняться лабораторные работы должны последовательно с целью достижения наилучшего результата и наиболее полного усвоения материала студентом. Выполнение каждой работы базируется на предыдущем пройденном теоретическом материале и знаниях о методике практической реализации ранее изученных методов контроля.



Каждый студент после выполнения лабораторной работы оформляет отчет согласно требованиям ЕСКД, который включает титульный лист ([см. прил. 1](#)), последующие листы текстового документа с соответствующими штампами основной надписи, нумерацией, присвоенной согласно стандарту предприятия, и необходимыми разделами.

Текст отчета должен соответствовать требованиям стандарта на шрифт, быть разборчивым и читаемым. Предпочтительно оформлять отчет с применением пакетов систем автоматизированного проектирования (САПР) и текстовых редакторов с сохранением файлов отчета в универсальных форматах. Файлы и твердые копии отчетов представляются на проверку. После успешной корректировки (при необходимости) в количестве и объеме, достаточном для достижения поставленной образовательной программой результата, лабораторная работа допускается к защите.

Защита происходит в форме собеседования по теме работы и общим вопросам смежных дисциплин, а также по вопросам общей эрудиции и знаний студента. При необходимости защита может проводиться перед комиссией преподавателей, а также группой студентов.

Перечень имеющегося лабораторного оборудования приведен в [табл. 2](#).

Таблица 2

Характеристики лабораторного оборудования

Наименование	Год выпуска	Технические характеристики/комплектация
Дефектоскоп ультразвуковой (универсальный многочастотный) «Пеленг УДЗ–103»	2003	Метод – эхо, зеркально–теневой, теневой. Номинальное значение частоты УЗК* – 0,1; 0,4; 0,62; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0 МГц. Диапазон изменения скорости распространения УЗК – от 100 до 9 000 м/с
Комплект ВИК «Аршин»	2003	Штангенциркуль ШЦ–1–150–0,1 Шупы (0,1–1,0 мм) Шаблоны радиусные № 1, № 3 УШС–3 Линейка Л–300 Рулетка 5 м Метр складной Угольник поверочный плоский УП 160x100 Лупа измерительная ЛИ–10 Лупы просмотровые ЛПК–471, ЛП–3 Фонарь миниатюрный МАГ–LITE 471

Наименование	Год выпуска	Технические характеристики/комплектация
Электронный измеритель прочности бетона (общепромышленная модель широкого спектра применения)	2005	Диапазон определения прочности – 3–100 МПа Дискретность индикации прочности – 0,1 МПа Энергия удара – 0,16 Дж Масса – 0,550 кг
Дефектоскоп вихретоковый ВД-89НП	2002	Глубина дефекта – 0,2 мм, протяженность – 20 мм (алюминий) Глубина дефекта – 0,1 мм, протяженность – 30 мм (ферромагнитный сплав)
Толщиномер ультразвуковой ТУЗ-1	2001	Диапазон измерения – от 0,6 до 300,0 мм Диапазон установки скорости распространения УЗК – от 0 до 9 999 м/с Диапазон измеряемых скоростей распространения УЗК – от 4 000 до 6 500 м/с
Измеритель износа стальных и резиновых канатов «ИНТРОС» (общепромышленная модель)	2005	Диаметр исследуемых канатов – от 8 до 32 мм Сменная головка магнитная Комплект вкладышей
Дальномер лазерный «Leica DISTO Classic»	2005	Максимальная выходная мощность – 0,95 мВт Длина волны – 620–690 нм Расходимость пучка – 0,16х0,6 мрад Длительность импульса – $15 \cdot 10^{-9}$ с Дальность измерения – 0,2–200 м

\*УЗК – ультразвуковые колебания

Приступать к лабораторной работе можно только после ознакомления с правилами техники безопасности и получения разрешения преподавателя на выполнение лабораторной работы.

Изучение дисциплины способствует формированию целостного восприятия системы неразрушающего контроля. Результатом лабораторных занятий является реализация следующих компетенций: СЛК-6; ОНК-11; ОУК- 8; НИК-4, НИК-5, НИК-6; СК-2.



# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1.**

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТОЛЩИНОМЕРА ТУЗ–1 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДЕФЕКТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

### **Цель и задачи работы**

Целью работы является ознакомление и изучение принципов работы с ультразвуковым толщиномером ТУЗ–1, предназначенным для измерения толщины изделий из конструкционных металлических сплавов, в том числе с корродированными поверхностями, при одностороннем доступе к ним. Задачи – измерение скорости распространения ультразвуковых колебаний в металлах при известной толщине и контроль качества продукции при ее изготовлении и эксплуатации в лабораторных и производственных условиях.

### **Краткие теоретические сведения**

Принцип работы ультразвукового толщиномера ТУЗ–1 основан на ультразвуковом импульсном эхометодом измерения, который использует свойства УЗК отражаться от границы раздела сред с разными акустическими сопротивлениями. Данный прибор позволяет измерять толщину от 0,6 до 300 мм.

В приборе передающая пьезопластина акустического преобразователя раздельно–совмещенного типа излучает импульс УЗК через линию задержки (призму) в направлении наружной поверхности изделия, толщину которого нужно измерить. Импульс УЗК распространяется в изделии до противоположной поверхности, отражается от нее, распространяется в обратном направлении, пройдя линию задержки (призму), принимается приемной пьезопластиной. Время распространения УЗК от одной поверхности изделия до другой и обратно связано с толщиной изделия зависимостью

$$H = \frac{C \cdot t}{2},$$

где  $H$  – толщина конструируемого изделия;  $C$  – скорость распространения УЗК в материале изделия;  $t$  – время распространения УЗК от одной поверхности изделия до другой и обратно.

### **Описание лабораторной установки и измерительного оборудования**

Структурная схема ультразвукового толщиномера представлена на [рис. 1](#). Прибор состоит из пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП), электронного блока и зарядного устройства.



Электронный блок производит формирование высоковольтного зондирующего импульса для возбуждения ПЭП, усиление сигнала с выхода ПЭП, формирование и измерение временного интервала, соответствующего времени распространения УЗК от одной границы изделия до другой, математическую обработку полученной информации, хранение переменных и промежуточных результатов измерений, управление режимами работы прибора и индикацию результатов измерения непосредственно в единицы толщины.

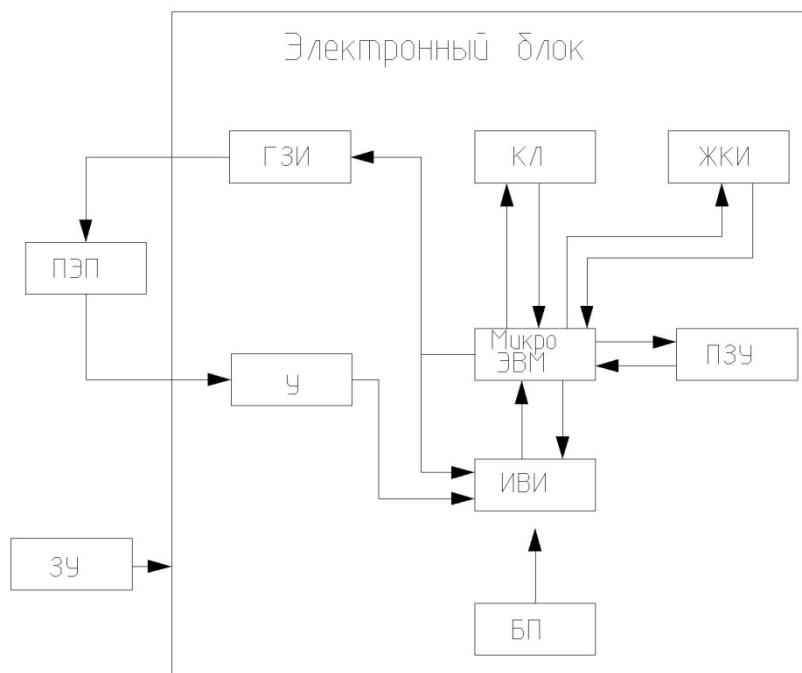


Рис. 1. Структурная схема толщиномера: ПЭП – пьезоэлектрический преобразователь; ГЗИ – генератор зондирующих импульсов; КЛ – клавиатура; ЖКИ – жидкокристаллический индикатор; У – усилитель; ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; ИВИ – измеритель временных интервалов; БП – блок питания; ЗУ – зарядное устройство



Рис. 2. Образец для контроля толщины изделий

Зарядное устройство предназначено для осуществления заряда аккумуляторов, конструктивно размещенных в корпусе электронного блока.

В работе в качестве учебного условно дефектного изделия применяется металлическая конструкция, представленная на [рис. 2](#).

## Конструкция толщиномера

В комплект поставки толщиномера входят: блок электронный; преобразователь пьезоэлектрический (тип в соответствии с заказом); кабель соединительный (ПЭВМ/электронный блок); устройство зарядное; дискета с программным обеспечением Ultra TUZ-10; паспорт ТУЗ-1. 4276-001ПС; упаковочный футляр.

Внешний вид толщиномера ТУЗ-1 представлен на [рис. 3](#).

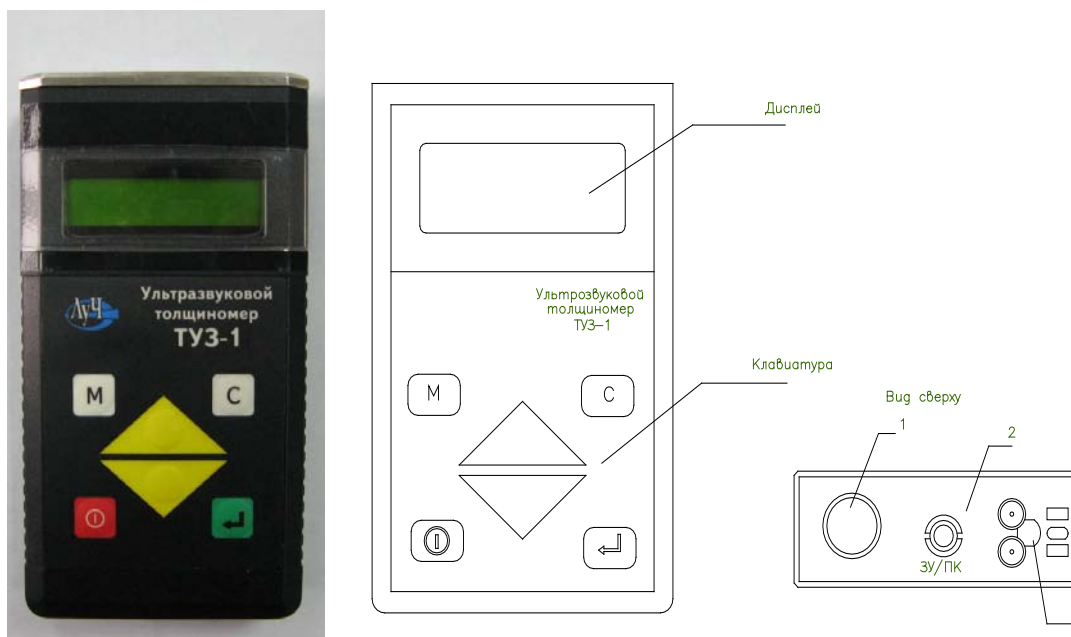


Рис. 3. Толщиномер ТУЗ-1: 1 – образец толщиной 3 мм; 2 – разъем для подключения зарядного устройства и ПЭВМ; 3 – разъем для подключения ПЭП

Функциональное назначение клавиш прибора:

- «I» – включение прибора;
- «M» – переход в ранее установленный режим;
- «C» – выключение прибора (если он ранее находился в главном меню), переход в режим калибровки в режимах измерения;
- «↵» – ввод в толщиномер набранных на клавиатуре значений параметров, установка режима работы толщиномера;
- «▲», «▼» – «перемещение» вверх-вниз по «дереву» функций толщиномера, изменение (увеличение или уменьшение) индицируемых на индикаторе прибора значений параметров, предназначенных для ввода в прибор.

Толщиномер также позволяет измерять толщину в изделиях из любых материалов со скоростью распространения УЗК в пределах 100–9 999 м/с и затуханием УЗК на частоте 5 МГц до 10 Б 1 см.

Толщиномер может быть укомплектован преобразователями, дающими возможность производить измерения толщины в определенном диапазоне (табл. 3).

Таблица 3

Комплект преобразователей толщиномера

Условное обозначение преобразователя	Диапазон измерения, мм
П112–10–6/2–Т–003	0,6–20,0
П112–5–10/2–Т–003	1,2–200,0
П112–2,5–12/2–Т–003	3,0–300,0

Конструкция толщиномера обеспечивает следующие потребительские функции:

- работу в режиме **«Измерение»**, при котором производится непосредственное измерение толщины изделия;
- работу в режиме **«Сканирование»**, при котором осуществляется индикация минимального значения толщины при движении преобразователя по контролируемой поверхности;
- работу в режиме **«Дифференциальный режим»**, при котором производится измерение отклонений толщины изделия от заданного потребителем базового размера.

Масса толщиномера с одним преобразователем (без ЗИП и футляра) не более 0,5 кг.

Электрическое питание толщиномера автономное – от встроенной аккумуляторной батареи номинальным напряжением 4,8 В. Электрическое питание зарядного устройства – сеть переменного тока напряжением от 187 до 242 В и частотой  $(50 \pm 1)$  Гц.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности толщиномера  $\Delta_n$  при измерении толщины в диапазоне от 0,6 до 300 мм с односторонним доступом составляют  $\pm (0,1 + 0,005 H_x)$  мм для частот 5 и 10 МГц и  $\pm (0,1 + 0,01 H_x)$  мм для частот 2,5 МГц, где  $H_x$  – численное значение толщины, мм.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении скорости распространения ультразвука  $\delta_c$  от 4 000 до 6 500 м/с составляет  $\pm 1,0 \%$  измеряемой величины на измерительной базе более 20 мм.

Время установления рабочего режима толщиномера не более 10 с.

### Порядок подготовки толщиномера к работе

**Режимы работы толщиномера.** Перед началом работы толщиномера необходимо определиться, в каком из нижеуказанных режимов будем использовать толщиномер:

«**Измерение**» – основной режим работы толщиномера. В этом режиме производится непосредственное измерение толщины изделия.

«**Сканирование**» – режим работы толщиномера, при котором на индикаторе высвечивается минимальное значение толщины контролируемого участка изделия при движении преобразователя по его поверхности. Режим предназначен для выявления локальных утонений на контролируемом объеме.

«**Дифференциальный режим**» – это режим работы толщиномера, при котором на дисплее индицируется отклонение толщины изделия от заданного пользователем базового размера.

«**Память**» – режим, предназначенный для работы с энергозависимой памятью толщиномера. Толщиномер позволяет сохранить до 2 400 результатов измерений, память результатов измерений организована в виде файловой структуры, максимальное количество файлов – 50. Каждый файл имеет индивидуальное имя (в виде 4–значного десятичного числа), присваиваемое потребителем.

Запись каждого результата измерений производится при двукратном нажатии клавиши «┘» прибора, при этом каждому результату измерений присваивается порядковый номер (в пределах файла). Возможно визуальное считывание записанных результатов измерений из любого файла. При считывании информация, записанная в память, индицируется на индикаторе. Возможно стирание записанной в память информации (пофайлово или всей памяти полностью).

Толщиномер позволяет индицировать количество свободных ячеек памяти и пересылать информацию из прибора в ПЭВМ.

«**Сервис**» – режим, предназначенный для выбора режима работы подсветки («Постоянная», «Выкл. », «При контакте») и индикации ресурса аккумуляторных батарей. Кроме того, в этом режиме устанавливается порог индикации толщиномером заданного пользователем недопустимого утонения.

«**Калибровка**» – режим, предназначенный для настройки прибора перед проведением контроля. Имеет следующие подрежимы:

«Калибровка по V» – для установки пользователем скорости распространения УЗК в материале контролируемого изделия;

«Калибровка по Н» – для определения скорости распространения УЗК в материале контролируемого изделия при известной толщине;

«Ноль датчика» – для компенсации времени пробега УЗК в ПЭП при измерениях толщины;

«Усиление» («Нормальное», «Повышенное», «Пониженное») – для установки чувствительности приемного тракта толщиномера.

Вышеописанные режимы работы прибора отражены в «дереве» функций толщиномера (рис. 4).

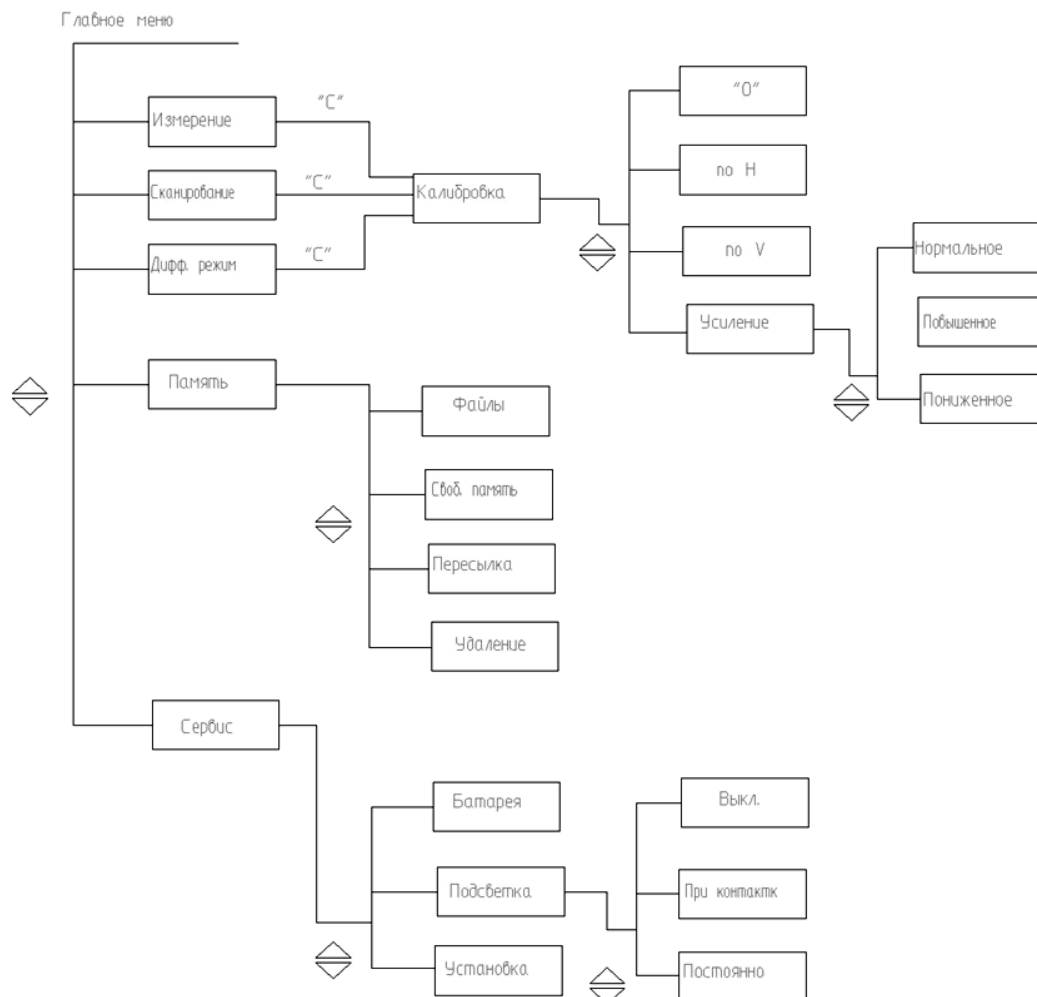


Рис. 4. «Дерево» функций толщиномера

### Подготовка прибора к работе:

1. Присоединить к разъемам «ПЭП» прибора преобразователь на требуемый диапазон толщины измеряемых изделий.

2. Включить прибор и убедиться, что не выработан ресурс аккумуляторных батарей (не мигает изображение на экране индикатора). При включении толщиномера автоматически устанавливается режим, в котором он находился при предыдущем включении.

3. Установить один из измерительных режимов («Измерение», «Сканирование», или «Дифференциальный режим») последовательным нажатием клавиш «М», «▲» или «▼» и «↵».

4. Войти в режим «**Калибровка**» (клавиша «С») и в подрежиме «Усиление» установить нормальное усиление приемного тракта толщиномера.

5. Произвести компенсацию времени пробега УЗК в преобразователе, для чего в режиме «**Калибровка**» войти в подрежим «Ноль датчика» (клавиша «┘») и выполнить следующие операции.

6. Установить преобразователь через слой контактной смазки на юстировочную плитку 3,0 мм, закрепленную на корпусе прибора ([рис. 5](#)), и добиться устойчивых показаний на дисплее толщиномера.

Примечание. Индицируемые на дисплее показания при этом могут отличаться от действительной толщины меры (3 мм), так как у каждого датчика свое время задержки распространения УЗК в призме.



Рис. 5. Контрольный образец (юстировочная плитка) на корпусе толщиномера

7. После установления показаний на индикаторе прибора можно снять ПЭП с образца и нажать клавишу «┘». При этом на дисплее появится на 1–2 сообщения «ОК» и толщиномер возвратится в выбранный ранее измерительный режим.

Примечание. После калибровки измеренное значение толщины юстировочной плитки может отличаться от 3 мм, если значение установленной скорости распространения УЗК в материале не равно 6 080 м/с.

8. Установить скорость распространения УЗК в контролируемом материале.

При известной скорости распространения УЗК в измеряемом изделии ввести в прибор значение этой скорости, для чего войти в режим «**Калибровка**» (клавиша «С») и, выбрав подрежим «Калибровка по V» клавишами



«▲» или «▼», нажать клавишу «↵». На индикаторе появится сообщение  $V = \text{---} \text{ м/с}$ .

Нажатием клавиш «▲» и «▼» установить значение скорости УЗК, соответствующей измеряемому изделию.

Нажать клавишу «↵».

Если скорость распространения УЗК в контролируемом изделии неизвестна, необходимо изготовить и аттестовать образец с известной толщиной из того же материала. Толщина образца должна быть больше 20 мм. Калибровку с его помощью провести следующим образом: войти в режим «**Калибровка**» и в подрежиме «Калибровка по Н» установить преобразователь через слой контактной смазки на поверхность образца и, добившись устойчивых показаний толщины, нажать клавишу «↵». На дисплее дополнительно появится символ «▼». После этого ПЭП можно снять с образца и клавишами «▲» и «▼» выставить на экране истинное значение толщины образца.

После нажатия клавиши «↵» на дисплее высветится на несколько секунд значение скорости распространения УЗК, и толщиномер возвратится в выбранный ранее измерительный режим.

Примечание. Рекомендуется запомнить это значение скорости с тем, чтобы использовать его в дальнейшем для контроля изделий из этого материала.

Значения скоростей распространения УЗК для некоторых материалов приведены в [прил. 2](#).

**Порядок проведения контроля изделий.** Методика контроля состоит из перемещения датчика по поверхности изделия для определения толщин изделия. Перед проведением измерений необходимо очистить механическим способом (с помощью металлической щетки, шпателя, наждачной шкурки) контактирующую с преобразователем поверхность изделия от отслаивающейся окалины, защитных покрытий, краски, наплавов металла и других грубых микронеровностей поверхности. После очистки нужно нанести слой контактной смазки на поверхность контролируемого изделия в месте установки преобразователя. Рекомендуемые виды контактных смазок в зависимости от температуры поверхности приведены в [прил. 3](#). Нормы расхода контактной смазки – не более 2 г на измерение.

#### 1. Работа прибора в режиме «Измерение».

Установить режим «Измерение» (нажатием клавиши «↵» при индикации на экране надписи «Измерение»).

Установить преобразователь через слой контактной смазки на поверхность измеряемого изделия, хорошо притерев и прижав контактную поверхность преобразователя к поверхности изделия. Добиться устойчивых показа-



ний индикатора и считать их. Произвести несколько повторных замеров (8–10 замеров) в различных точках заданных преподавателем измеряемого объекта, для выяснения толщины объекта.

Примечание 1. При необходимости записи результатов измерения в память прибора нажать клавишу «↵». На индикаторе появится сообщение «Файл \_ \_ – \_ \_» (на знаках индикатора, обозначенных «\_ \_ – \_ \_» индицируются два двухзначных числа, соответствующих номеру текущего файла). С помощью клавиш «▲» и «▼» выбрать файл, в который будет занесен результат, и нажать клавишу «↵». На индикаторе появится на 1–2 сообщения: «Запись . . .», затем толщиномер возвратится в рабочий режим, а результат измерения будет записан в память прибора.

Примечание 2. Если в памяти прибора файлы раньше не были организованы, то после измерения и нажатия «↵» появится надпись «Файл XX–XX» без указания номера.

При необходимости записи результатов измерения в новый файл (создание файла) необходимо после первого нажатия клавиши «↵» нажать клавишу «С». На экране появится надпись «Файл → \_ \_ – \_ \_». Клавишами «▲» и «▼» установить первые два десятичных числа формируемого номера файла.

Нажать повторно клавишу «С» (стрелка переместится ко второму двухзначному числу «Файл \_ \_ – \_ \_ ←») и клавишами «▲» и «▼» установить вторые два десятичных числа формируемого номера файла. Нажать клавишу «↵». Набранный номер файла занесется в память прибора и на индикаторе останется индикация номера файла без стрелок «Файл \_ \_ – \_ \_». Нажать клавишу «↵». На индикаторе появится на 1–2 сообщения «Запись ...», и прибор вернется в режим измерения, а результат измерения будет записан в память прибора.

## 2. Работа прибора в режиме «Сканирование».

Установить на приборе режим «Сканирование», при этом слева на индикаторе появится символ «Sc». Установить преобразователь на поверхности измеряемого изделия и при движении его по изделию считывать минимальное значение толщины изделия.

Перемещение ПЭП производить со скоростью 3–5 м/с. При передвижении ПЭП можно фиксировать данные, полученные при сканировании, через интервал, равный 1 см, количество точек должно быть не менее 10 шт. (на длине 10–12 см образца).

## 3. Работа толщиномера в режиме «Дифференциальный режим».

Установить «Дифференциальный режим», при этом на дисплее появится «Толщина = \_ \_ \_ \_».

Нажатием клавиш «▲» и «▼» установить желаемое значение толщины изделия, относительно которого прибор будет индицировать отклонение толщины измеряемого изделия, и нажать клавишу «↵». Установить преобразователь через слой контактной смазки на поверхность измеряемого изделия, добиться устойчивых показаний индикатора и считать показания.

Занесение в память прибора результатов измерения в данном режиме не предусмотрено.

Примечание. Перемещение датчика производится легким нажатием, со скоростью 2–5 м/с. Шаг (расстояние между соседними следами движения датчика) выбирается равномерный, для того чтобы измерить наибольшую поверхность образца, если не задан другой шаг.

Скорость перемещения датчика по изделию с шероховатой поверхностью следует выбирать с таким расчетом, чтобы не вывести датчик из строя. Если из-за сильной шероховатости поверхности плавное перемещение окажется вообще невозможным, необходимо производить контроль, переставляя датчик с места на место.

В процессе контроля необходимо следить, чтобы ось датчика не отклонялась от нормали к поверхности контролируемого изделия больше чем на  $10^\circ$ .

**Выключение прибора.** Для выключения прибора необходимо предпринять следующее:

1. Нажать кнопку «I».
2. Отсоединить датчики от прибора, уложить прибор в футляр.

### Порядок выполнения работы

Преподаватель выдает каждому студенту задание на выполнение работы: режим определения дефектов и координаты точек измерения толщин испытуемого образца.

Производится непосредственное измерение. Результаты отмечаются на эскизе образца, выполненного в определенном масштабе и приведенного в отчете о выполнении лабораторной работы.

### Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе состоит из следующих пунктов:

1. Цель работы.
2. Краткие сведения о методе.
3. Блок–схема и краткое описание конструкции прибора.
4. Параметры прибора для определения толщины изделия.
5. Эскиз образца с нанесенными дефектами.
6. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Опишите устройство дефектоскопа.
2. Как работает ультразвуковой преобразователь?
3. Что такое пьезокристалл?
4. Каково назначение контрольного образца?
5. Какова точность и достоверность метода?
6. Каким образом повысить точность измерений толщиномером?
7. Как вычисляется и от чего зависит погрешность измерений?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФАКТИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

### **Цель и задачи работы**

Целью работы является освоение студентом навыков работы с дальномером.

В ходе выполнения работы предстоит решить следующие задачи: изучить устройство и конструкцию дальномера; усвоить принципы работы дальномера; освоить рациональные приемы работы с дальномером.

### **Краткие теоретические сведения**

Лазерный дальномер – устройство, позволяющее производить определение размеров конструкции или отдельного узла ПС повышенной точности силами одного специалиста ([рис. 6](#)).



Рис. 6. Лазерный дальномер Leica DISTO Classic»

Применение дальномеров косвенно снижает риск травмирования человека при проведении измерений и повышает их точность.

Принцип действия лазерного дальномера заключается в измерении расстояния до интересующего предмета на основе законов оптики с примени-

ем слаборассеивающегося лазерного излучения. Принцип работы основан на измерении времени прохождения волн соответствующего диапазона от самого прибора до второго конца измеряемой линии и обратно.

### **Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов**

Для проведения работы требуется лазерный дальномер «Leica DISTO Classic», образцы узлов ПС ([рис. 7](#)), линейка металлическая длиной 1 м стандартная.



Рис. 7. Образец для проведения контроля линейных размеров

### **Правила безопасного выполнения работы**

Во избежание травмирования при воздействии лазерного луча дальномера запрещается направлять луч в сторону человека. Также запрещается разбирать прибор, производить нажатие кнопок прибора, не удостоверившись в безопасности результата.

### **Порядок выполнения работы**

Работа с дальномером предполагает проведение ряда замеров линейных размеров образца, вычисление объемов образцов и их площадей, а также определение координат пространственного положения образцов относительно произвольной точки отсчета (начала координат).

Работу следует начинать с ознакомления с прибором и его устройством. Дальномер снабжен пиктограммами, обозначающими назначение кнопок ([рис. 8](#)).

Для подтверждения выбора той или иной функции прибора на дисплей

выводится соответствующая пиктограмма.

На правой стороне корпуса прибора размещен жидкостный уровень для установки прибора в горизонтальное положение. Это позволяет снизить погрешность измерений в сложных рабочих условиях.

Для проведения измерений в полевых условиях в конструкции дальномера предусмотрен оптический визир с двукратным увеличением. На правой стороне прибора расположен окуляр. Точка лазера при измерении на расстоянии менее 25 м смещается к краю метки, при измерении свыше 25 м – к центру метки.

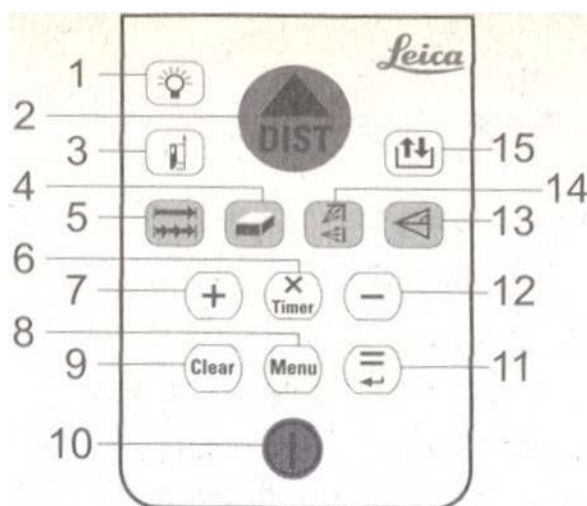


Рис. 8. Клавиатура дальномера: 1 – клавиша включения подсветки прибора для работы в ночное время; 2 – клавиша включения лазера и получения размера; 3 – клавиша выбора точки отсчета (передняя торцевая поверхность, задняя торцевая поверхность, винт штатива); 4 – клавиша вычисления площади или объема; 5 – клавиша измерения расстояний, кнопка включения функции трекинга; 6 – клавиша умножения; 7 – математический плюс; 8 – клавиша выхода в меню прибора; 9 – клавиша сброса результатов измерений; 10 – клавиша вкл./выкл.; 11 – клавиша равно и подтверждения выбора (Enter); 12 – математический минус; 13 – клавиша вызова функций; 14 – клавиша минимума и максимума трекинга; 15 – клавиша работы с памятью прибора

### 1. Определение линейных размеров образца.

После включения дальномера следует клавишей 3 выбрать точку отсчета размера на корпусе. После этого нажатием клавиши 2 включить лазер и повторным нажатием зафиксировать размер.

Замер следует повторить от двух точек отсчета на корпусе (переднего и заднего торцов) и сверить с размером, полученным металлической линейкой и механической рулеткой.

После сравнения результатов нужно вычислить погрешность измерения, принимая за эталонный размер, полученный дальномером.

В ходе проведения замеров следует выдерживать горизонтальное положение дальномера, ориентируясь на показания уровня.

## 2. Вычисление площади поверхности и объема изучаемого образца.

Для вычисления площади следует нажать клавишу 4 до появления знака площади на дисплее. При этом цифры 1 и 2 на дисплее укажут на измерение соответствующей стороны прямоугольника. В случае ошибочного измерения стороны следует нажать клавишу сброса результата и произвести замер заново.

Числовое значение площади появится на дисплее автоматически.

Аналогично предыдущей части работы следует продублировать измерения площади металлической линейкой и механической рулеткой и рассчитать погрешность.

Объем вычисляется после измерения трех сторон образца после двукратного нажатия клавиши 4.

После измерения и вычисления объема дальномером следует произвести замеры линейкой и механической рулеткой и вычислить объем образца вручную.

## 3. Определение наибольшего размера объекта измерений – трекинг.

Нажатием клавиши 14 дальномер переключается в режим поиска наибольшего расстояния/размера. Перед измерением необходимо выбрать точку отсчета от заднего торца корпуса, которую в пространстве нужно отметить мелом или фломастером для последующего сравнения результатов измерений дальномером, линейкой и механической рулеткой.

Для начала поиска максимума необходимо нажать клавишу 2 и начать медленное перемещение вправо–влево в горизонтальной плоскости в области точки визирования (красная точка лазера на объекте измерения). После двух, трех пересечений точки расположения максимума на объекте измерений следует нажатием клавиши 2 остановить процесс измерения. На дисплей выводится максимальное расстояние/размер.

По окончании замеров нужно определить погрешность.

## Требования к отчету

Отчет должен содержать результаты измерений лазерным дальномером и линейкой (табл. 4), результаты вычислений погрешностей измерений, площадей и объемов образцов в табличном виде, а также выводы о качестве измерений линейкой и дальномером.

Таблица 4

## Результаты измерений

Номер опыта	Результат измерения		Погрешность	
	линейкой	дальномером	относительная	абсолютная
1				
2				
...				
<i>n</i>				

## Контрольные вопросы

1. Каковы назначение лазерного дальномера и область его применения?
2. Опишите способы работы с дальномером.
3. Назовите преимущества и недостатки работы с дальномером и ручными механическими средствами измерений (линейка, рулетка).
4. Каковы причины возникновения погрешности при работе с лазерными дальномерами?
5. Опишите функциональные особенности лазерного дальномера.
6. Расскажите о методах повышения точности измерений дальномером.



# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. МЕТОДИКА КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН

## Цель и задачи работы

Целью лабораторной работы является изучение и практическое освоение капиллярного метода контроля узлов и деталей крановой техники.

В ходе работы студенты выполняют выбраковку предложенного образца с дефектом и учатся оформлять полученные результаты в соответствии с требованиями нормативной документации.

## Краткие теоретические сведения

Капиллярный метод неразрушающего контроля ([рис. 9](#)) подразделяется на две разновидности: цветной и люминесцентный. Основным индикаторным средством здесь служит специальная жидкость с высокой проникающей способностью – пенетрант. При **цветном способе** используется пенетрант ярко-алого цвета, а для **люминесцентного** применяется жидкость, имеющая свойство сиять в ультрафиолетовом облучении.

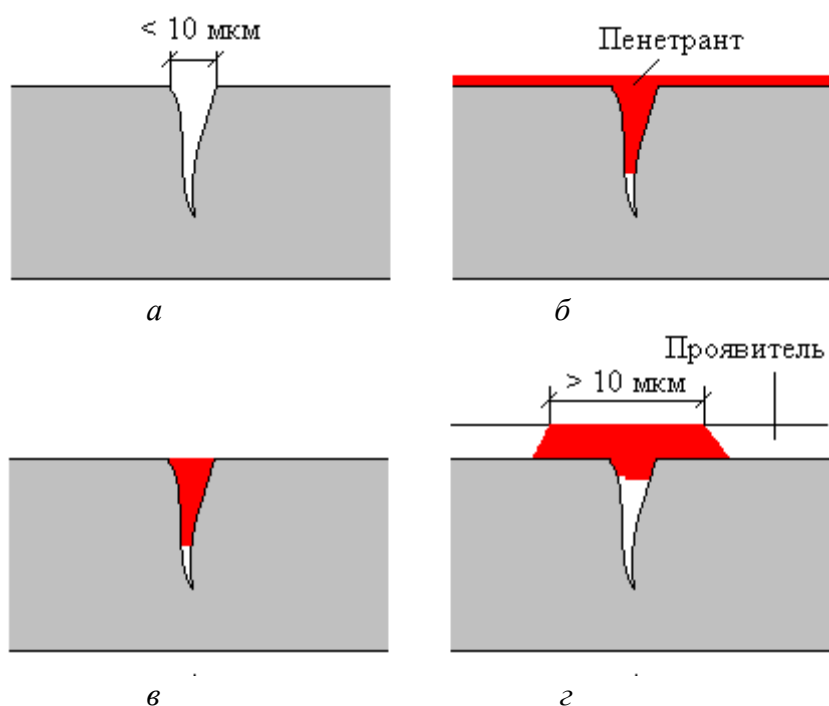


Рис. 9. Поиск поверхностных дефектов в металле капиллярным (цветным) методом

Для поиска неразличимых глазом узких (раскрытием менее 10 мкм) трещин контролируемый участок объекта зачищают от покрытий, очищают от загрязнений, обезжиривают специальным растворителем ([рис. 9, а](#)) и обиль-

но покрывают слоем пенетранта (рис. 9, б). После некоторой выдержки (5–7 мин, для пропитки пенетрантом возможных дефектов) излишки пенетранта тщательно удаляют неворсистой хлопчатобумажной ветошью (рис. 9, в) и при цветном способе покрывают участок другой специальной жидкостью – белым проявителем, представляющим собой взвесь мела или гашеной извести в летучем жидком носителе. По мере высыхания проявитель превращается в белую высокопористую корку, и оставшийся в полости дефекта пенетрант за счет капиллярного эффекта начинает подниматься в проявитель и вследствие хаотичности пор расходиться над дефектом по ширине. В результате красный след на белом фоне над дефектом становится достаточно широк, чтобы быть различимым человеческим глазом (рис. 9, г).

При люминесцентном способе после удаления излишков пенетранта участок освещают специальным ультрафиолетовым фонарем, и сохранившийся в полостях дефектов пенетрант начинает светиться, показывая оператору эти дефекты.

Пример выявления капиллярным (цветным) методом трещины в гребном вале теплохода показан на рис. 10.

Капиллярный метод также может быть использован в целях течеискания. Для этого одну поверхность стенки объекта покрывают проявителем, а другую (противоположную) – пенетрантом. Если в данной зоне имеется сквозной дефект (течь), пенетрант через некоторое время проникнет сквозь него в проявитель и вызовет на противоположной поверхности различимый след.

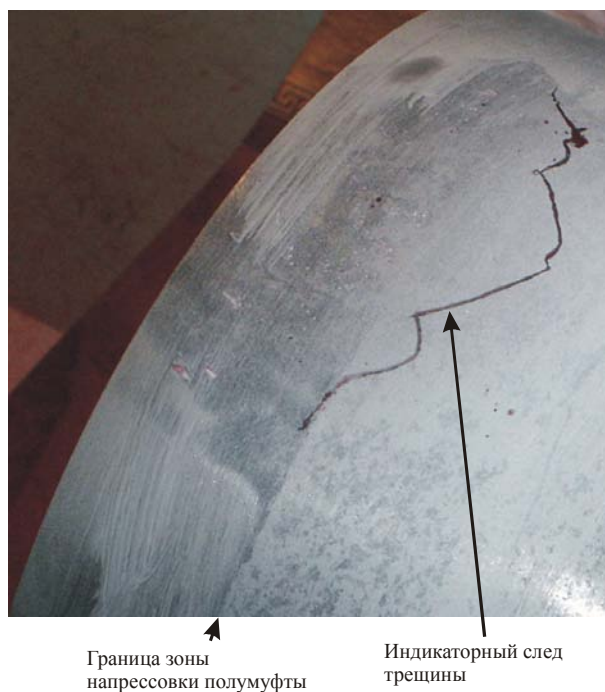


Рис. 10. Пример выявления капиллярным методом трещины в гребном вале теплохода

В России капиллярный метод регламентирован ГОСТ 18442–80 «Качество продукции. Неразрушающий контроль. Капиллярные методы. Общие требования». Этот стандарт устанавливает 5 классов чувствительности (табл. 5).

Таблица 5

Классификация чувствительности капиллярного контроля

Класс чувствительности	Требования к подготовке поверхности		Раскрытие выявляемых дефектов, мкм
	Шероховатость, не грубее	Освещенность, лк, не менее	
I	$R_z$ 2,5	2 000	Менее 1
II	$R_z$ 20		От 1 и более
III	$R_z$ 40	1 500	От 10 и более
IV	$R_z$ 80	500	От 100 и более
Технологический	Не обработанная		Не нормируется

### Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов

Для выполнения работы необходимы контрольные и рабочие образцы, содержащие дефект в виде трещины, с заранее известным положением, направлением и размером, а также рабочие образцы сварных швов, применяемых при изготовлении и ремонте подъемных сооружений. Помимо образцов для проведения капиллярной дефектоскопии требуется набор из очистителя (рис. 11), пенетранта (рис. 12) и проявителя (рис. 13), а также ультрафиолетовая (УФ) лампа (рис. 14).



Рис. 11. Очиститель



Рис. 12. Пенетрант



Рис. 13. Проявитель

Ультрафиолетовая лампа позволяет наблюдать искомые дефекты в отсутствие отрицательного влияния дневного света. При освещении УФ лампой

дефект, как правило, становится более заметным.

На [рис. 15](#) показаны контрольные образцы с дефектами, позволяющие удостовериться в работоспособности используемого набора веществ и провести контрольную проверку.



Рис. 14. Ультрафиолетовая лампа



Рис. 15. Контрольные образцы с дефектами

Контрольные образцы с дефектами требуются для проведения контроля состояния рабочего оборудования и применяются для контроля представленных объектов.

### **Правила безопасного выполнения работы**

Во избежание травмирования человека при проведении капиллярной дефектоскопии следует выполнять общие требования безопасности при обращении с химическими веществами: не допускать взаимодействия распы-

ляемого вещества с раскаленными предметами (лампами накаливания) или открытым пламенем. Запрещается использовать вещества не по прямому назначению и пытаться разбирать баллоны или повредить их.

Дополнительно запрещается распылять химические средства в сторону человека, особенно в направлении глаз. Для работы предварительно следует заготовить обтирочные материалы и подготовить рабочее место – установить защитные экраны, включить вытяжку и рабочее освещение.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Подготовка рабочего места для проведения контроля заключается в установке экранов, предотвращающих чрезмерное распространение летучих взвесей в окружающий воздух, заготовку обтирочного материала для снятия слоя лишнего пенетранта и проявителя, а также включение источника освещения требуемой силы и яркости для этапа нанесения веществ на поверхности контроля. Ультрафиолетовую лампу следует зажигать только на этапе осмотра поверхностей после высыхания проявителя.

По окончании подготовки рабочего места студент получает образец – деталь или сборочную единицу, имеющую дефект в виде трещины.

Образец перед проведением контроля необходимо тщательно очистить от имеющихся загрязнений – протереть, зачистить место контроля металлической щеткой, очистить от слоя сварочного шлака, обработать шабером и т.п.

После подготовки образца следует нанести на контролируемую поверхность очиститель из баллона. По окончании действия очистителя поверхность снова протирается досуха и на нее наносится пенетрант. После впитывания пенетранта на эту же поверхность (ориентировочно через 5 мин) наносится проявитель. Действие этого комплекса контролируется с помощью ультрафиолетовой лампы. Для визуального определения действия комплекса следует выключить яркое рабочее освещение, а поверхность контроля подвергнуть облучению ультрафиолетовой лампой.

В свете лампы на темной поверхности контроля проявятся имеющие выход на поверхность дефекты в виде протяженных ломаных или прямых линий. Как правило, этим методом определяются трещины основного металла.

После фиксации дефекта его форму, расположение, размеры и направление отражают в отчете.

Для повышения точности и достоверности результатов контроль проводят не менее трех раз для каждого контрольного образца. Количество образцов для проведения контроля не менее двух.

### Требования к отчету

Обработка результатов контроля заключается в сопоставлении определенных капиллярным методом дефектов, их формы и расположения с допускаемыми нормами.

Результаты контроля оформляются в виде отчета, форма которого установлена в нормативных документах на капиллярный контроль. В отчете должно быть представлено технически обоснованное заключение о возможности эксплуатации дефектного элемента и описаны методы исправления дефекта в виде технологической карты на ремонт. Технологическая карта должна содержать эскиз контролируемой детали, выполненный в масштабе, изображение дефекта и технологическую последовательность исправления дефекта с иллюстрациями, уточняющими конкретные способы исправления.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается капиллярный метод контроля?
2. Что такое пенетрант?
3. Как проводится капиллярный контроль?
4. Какие дефекты можно контролировать капиллярным методом?
5. Какими нормативными документами регламентируется капиллярный метод контроля?
6. Каковы характерные особенности работы на вертикальных поверхностях?
7. В чем отличие цветного и люминесцентного методов контроля?
8. Каковы преимущества метода перед другими существующими?
9. Перечислите технические ограничения метода.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. МЕТОДИКА ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН

### Цель и задачи работы

Целью работы является ознакомление с теоретическими и практическими аспектами метода вихретоковой дефектоскопии и получение первоначальных навыков выявления дефектов.

В ходе работы студенту необходимо научиться достоверно определять наличие, форму и расположение дефекта, а также его природу и условия, способствующие появлению (производственные, эксплуатационные).

### Краткие теоретические сведения

Электромагнитный вид контроля содержит только два метода: вихретоковую дефектоскопию и вихретоковую толщинометрию. Оба эти метода основаны на вихревых токах (токах Фуко), создаваемых в электропроводных материалах, и поэтому в отличие от магнитных методов могут применяться на любых твердых металлах.

С помощью **вихретоковой дефектоскопии** можно выявлять наружные и подповерхностные (не глубже 2 мм) дефекты раскрытием от 1 мкм и более.

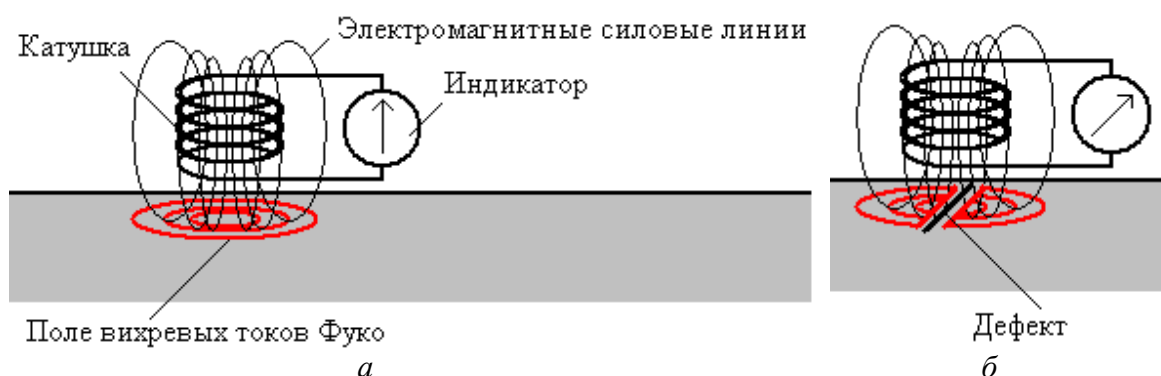


Рис. 16. Принцип действия вихретокового метода дефектоскопии

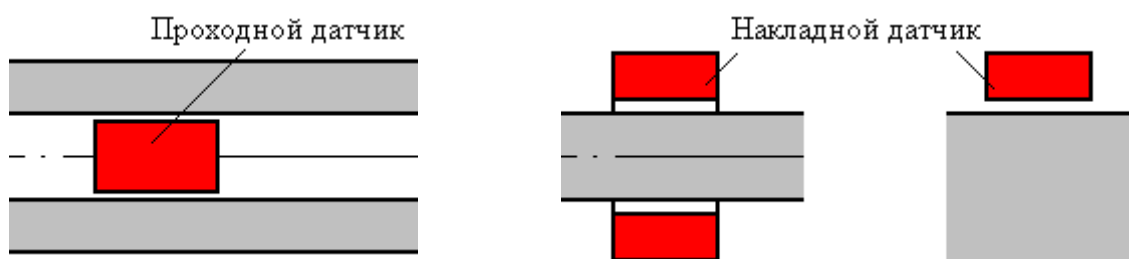


Рис. 17. Разновидности вихретоковых датчиков



Датчик представляет собой катушку с переменным (гармоническим) током определенной амплитуды (рис. 16). Создаваемое катушкой электромагнитное поле образует в металле поле вихревых токов Фуко, которое однородно, если под катушкой нет дефектов (рис. 16, а). Это поле ответно возбуждает в катушке вторичную электродвижущую силу, в определенной степени изменяющую амплитуду тока. При калибровке прибора на бездефектном образце итоговый уровень амплитуды принимают за базовый, балансируя индикатор в нулевое значение.

Если далее при контроле объекта в процессе сканирования катушкой его поверхности под датчиком оказывается дефект, то он искажает поле вихревых токов, изменяя степень его влияния на амплитуду тока в катушке. Это вызывает разбаланс индикатора, что и служит признаком дефекта (рис. 16, б).

Конструктивно различают проходные и накладные вихретоковые датчики (рис. 17). Проходными контролируют внутренние поверхности полостей в объектах, накладными – наружные поверхности.

Катушка накладного датчика обычно намотана на ферритовый стержень. Если выпуск рабочего конца этого стержня подогнать под профиль контролируемой поверхности, то этим методом очень удобно контролировать галтельные переходы в точеных изделиях, резьбовые канавки и т.п. При контроле треугольной резьбы на наличие канавочных трещин этот метод не имеет себе равных по достоверности и надежности. Для этого метода используется портативная аппаратура: современные вихретоковые индикаторы трещин имеют размер шариковой авторучки. Несмотря на то, что в России вихретоковый метод дефектоскопии не подкреплён стандартом на общие требования, он широко применяется в металлургии для контроля тонкостенных труб, прутков малого диаметра и проволоки.

**Вихретоковая толщинометрия** применяется для измерения толщины металлизации на неметаллических материалах (например, заготовки для печатных плат в радиоэлектронике) или, наоборот, толщины защитных неметаллических покрытий на металле (например, электроизоляция). Понижение толщины исследуемого покрытия вызывает уплотнение поля вихревых токов под датчиком и усиление его влияния на амплитуду тока в катушке. Поскольку существует корреляция между толщиной покрытия и плотностью создаваемого поля токов Фуко, это и даёт возможность численной оценки толщины покрытия этим методом, но в пределах не более 2 мм.

Дефектоскоп вихретоковый относится к средствам контроля изделий на наличие дефектов и предназначен для обнаружения поверхностных дефектов типа трещин на изделиях из ферромагнитных и немагнитных сплавов с электрической проводимостью от 0,8 до 37 мСм/м. Дефектоскоп может использоваться как средство оперативного контроля и сортировки изделий по металлургическим различиям, а также как средство оценки глубины дефекта.

**Описание лабораторной установки,  
измерительного оборудования и образцов**

Для выполнения работы необходимы: вихретоковый дефектоскоп марки ВД–89НП ([рис. 18](#)), стандартный образец из алюминиевого сплава с искусственными дефектами глубиной 0,2; 0,5; 1 мм, стандартный образец из ферромагнитного сплава с искусственными дефектами глубиной 0,1; 0,5; 1 мм.

Для выполнения поиска дефекта на приближенном к реальному изделии используется часть металлоконструкции крана, содержащая тавровый шов. Образец представлен на [рис. 19](#).

Дополнительно поиск дефекта осуществляется на образце стыкового трубного шва ([рис. 20](#)) и части разрушенного флюгера башенного крана ([рис. 21](#)).



Рис. 18. Дефектоскоп вихретоковый ВД–89НП



Рис. 19. Образец таврового шва



Рис. 20. Образец стыкового трубного шва



Рис. 21. Образец разрушенного флюгера башенного крана

### Правила безопасного выполнения работы

К работе с дефектоскопом допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и пожарной безопасности при работе с электроустановками. Перед началом работы следует ознакомиться с общим устройством прибора и методами работы с ним. Запрещается разбирать прибор, наносить механические повреждения и нарушать алгоритмы работы.

### Порядок выполнения работы

Перед началом работы с дефектоскопом к нему подключается преобразователь, входящий в комплект. При подключении преобразователя его нужно удерживать на расстоянии не менее 100 мм от любого металлического (ферромагнитного) материала.

После подключения преобразователя следует включить дефектоскоп. По окончании тестирования на экране дефектоскопа высветится символ «LL», что свидетельствует о работоспособности прибора.

Перед началом работы на предложенном образце требуется проверить диапазон чувствительности измерительной схемы на стандартном образце и при необходимости произвести настройку. Затем установить максимальный масштаб показаний и порог срабатывания сигнализации на стандартном образце. После этого настроить дефектоскоп на объекте контроля.

**1. Поиск дефектов.** Включить заранее выбранный по инструкции к дефектоскопу режим, установить преобразователь на контролируемую поверхность и, перемещая преобразователь, осуществлять контроль в выбранном режиме. При поиске дефектов выполнить инструкции выбранного режима.

**2. Обнаружение дефекта.** При обнаружении дефекта на экране загорается символ дефекта – темная полоса и включается звуковая сигнализация. Фиксировать координаты дефекта следует краской. Обнаруженным дефект считается только при повторном обнаружении на том же месте.

**3. Оценка глубины дефекта.** При установке и удержании преобразователя на поверхности контроля и при поперечном перемещении над дефектом со скоростью не более 30 мм в секунду на экране высветится значение глубины дефекта. При последующем отводе преобразователя от металлической поверхности на экране появится максимум значения глубины дефекта.

### **Требования к отчету**

При обработке результатов контроля следует сверять достоверность полученных значений глубины дефекта по установленной погрешности, которая не должна отличаться от заданного более чем на 20 % или более чем на 0,2 мм. В этом случае необходимо произвести настройку дефектоскопа повторно в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации.

Отчет должен содержать карту объекта контроля с указанием места расположения дефекта, его формы, размеров, глубины залегания и быть оформленным в соответствии с требованиями нормативной документации.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет из себя метод вихретоковой дефектоскопии?
2. Какова достоверность метода?
3. Каким образом производится выбраковка объекта контроля?
4. Какие изделия могут быть подвержены контролю данным методом?
5. Какие методы повышения достоверности существуют?
6. На основе какого явления основан метод?
7. Как устроен вихретоковый дефектоскоп?
8. Дать определение электропроводимости.
9. Какие токи используются для проведения контроля?

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5.**

## **УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ**

### **ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН**

#### **Цель и задачи работы**

Целью проведения работы является получение первоначальных навыков работы с ультразвуковыми дефектоскопами.

В ходе работы студенты должны выполнить выбраковку предложенных образцов и найти скрытые дефекты конструкций подъемных сооружений.

#### **Краткие теоретические сведения**

В раздельно–совмещенном режиме аппаратуры импульсы ультразвуковых волн посылают в объект контроля (ОК). Если на тракте имеется дефект, то импульс частично отражается от него в совмещенный преобразователь (ИП) как эхосигнал. Отдельным приемником (П) оценивают падение амплитуды сквозного сигнала, вызванное дефектом. Обладает качествами эхометода плюс подтверждение дефекта теневым принципом, но требует двустороннего доступа к ОК.

В совмещенном (прямой ИП) или раздельном (наклонные И и П) режиме аппаратуры импульсы ультразвуковых волн посылают в ОК. Если на тракте имеется дефект, то он преграждает путь, вызывая падение донного сигнала. По падению донного сигнала судят о наличии и величине дефекта. Доступ к ОК односторонний, при наклонном – возможно выявление дефектов любой формы и ориентации. Данный метод не позволяет определить глубину залегания дефекта.

#### **Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов**

В качестве основного прибора для проведения работы используется дефектоскоп марки УДЗ–103 ([рис. 22](#)) с комплектом пьезоэлектрических преобразователей ([рис. 23](#)), работающий на различных скоростях распространения УЗ волны в материале и с образцами материалов различной толщины.

Для проведения контроля в ходе работы используются два образца таврового сварного шва, один образец стыкового трубного шва, один образец стыкового шва листового проката, образец для контроля толщины, контрольный образец типа КОУ–2 ([рис. 24](#)), аварийная стрела крана РДК, аварийная стрела крана КС, аварийный флюгер башенного крана КБ, аварийная пята стрелы крана КС ([рис. 25](#), [рис. 26](#), [рис. 27](#)).





Рис. 22. Ультразвуковой дефектоскоп УДЗ–103



*а*



*б*

Рис. 23. Пьезоэлектрические преобразователи: *а* – преобразователи толщиномера ТУЗ; *б* – преобразователи ультразвукового дефектоскопа



Рис. 24. Эталонный образец КОУ–СО



Рис. 25. Образец таврового сварного соединения



Рис. 26. Образец трубного сварного соединения



Рис. 27. Образец разрушенного стрелового оборудования

### **Правила безопасного выполнения работы**

Ультразвуковой контроль является достаточно безопасным методом, поэтому в ходе лабораторной работы применяются общие правила безопасности. Запрещается использовать оборудование не по назначению, разбирать, подключать к разъемам некомплектные преобразователи и т.п.

### **Порядок выполнения работы**

Согласно инструкции по эксплуатации прибора студент–оператор настраивает прибор на контроль выданного образца – подбирает пьезоэлектри-



ческий преобразователь (ПЭП) по скорости распространения УЗ волн и толщине контролируемого образца, вписывает условный номер контролера в дефектоскоп. Работа прибором производится на настройках «по умолчанию» до срабатывания визуального и звукового сигналов о наличии дефекта.

Перед проведением контроля необходимо подготовить изделие в такой последовательности:

- очистить с помощью скребка от отслаивающейся ржавчины и грязи поверхность, в пределах которой в соответствии с условиями на контроль должен перемещаться ПЭП;
- протереть чистой ветошью;
- покрыть поверхность контактной жидкостью для обеспечения надежного акустического контакта.

Плохая очистка контролируемого участка поверхности резко ухудшает качество акустического контакта; снижает реальную чувствительность контроля; способствует ускоренному истиранию контактной поверхности ПЭП, что приводит к изменению угла ввода луча и увеличению мертвой зоны.

В качестве контактной жидкости можно применять:

- при контроле горизонтальных поверхностей – минеральное масло, глицерин, акустический гель, воду и т.п. (в условиях отрицательных температур – раствор этилового спирта);
- при контроле вертикальных поверхностей – минеральное масло, вязкость которого должна подбираться с учетом температуры окружающего воздуха и контролируемого металла.

При перемещении ПЭП необходимо следить за плотным прилеганием его к поверхности изделия. Чрезмерный нажим, не способствуя улучшению акустического контакта, приводит к быстрому утомлению руки оператора и износу ПЭП.

Поиск дефектов по возможности следует проводить с двух противоположных направлений.

Признаком обнаружения дефекта при контроле по **эхометоду** является возникновение на экране в зоне ВС эхосигнала, максимальная амплитуда которого превышает порог срабатывания автоматического сигнализатора дефекта (АСД). При контроле наклонным ПЭП эхосигнал сместится по экрану при смещении ПЭП. Появление признака дефекта также может быть вызвано наличием клейм и других конструктивных отражателей, а также поверхностных дефектов, грязи и остатков контактирующей смазки.

Признаком обнаружения дефекта по **зеркально-теневому методу** (ЗТМ) является уменьшение амплитуды донного сигнала ниже порога срабатывания АСД. Признаком дефекта при контроле по **теневому методу** является уменьшение амплитуды прошедшего сигнала.

Появление признака дефекта при ЗТМ и теневом методе может быть вызвано также наличием отверстий, клейм и грязи на поверхности сканирования ПЭП, нарушение акустического контакта, смещение ПЭП друг относи-

тельно друга и т.п.

Для повышения надежности и достоверности проведения контроля, а также распознавания дефектов и помех могут применяться:

- автоматическая сигнализация дефектов;
- режим «Огибающая»;
- режим «W–развертка»;
- режим «Лупа».

**Подготовка дефектоскопа к работе** происходит следующим образом: проводится внешний осмотр дефектоскопа и комплекта преобразователей и кабелей, сетевого адаптера, головных телефонов. При необходимости осуществляется устранение недостатков.

Затем проверяется комплектность инструментов и принадлежностей для проведения контроля:

- стандартных образцов для настройки основных параметров дефектоскопа;
- металлической рулетки;
- металлической линейки;
- переносной лампы напряжением 36 В;
- зеркала;
- лупы с увеличением не менее  $\times 4$ ;
- щетки металлической, шабера или скребка;
- волосяной щетки;
- шлифовальной шкурки;
- обтирочного материала;
- емкости с контактирующей жидкостью;
- краски масляной;
- кистей для нанесения контактирующей жидкости и краски на дефектные места изделия;
- мела.

Для **включения дефектоскопа** необходимо:

1. Подсоединить сетевой кабель к сетевому адаптеру.
2. Подсоединить вилку сетевого кабеля к сети переменного тока (220 В, 50 Гц).
3. Убедиться, что на корпусе сетевого адаптера загорелся зеленый светодиод.
4. Подсоединить низковольтный кабель от сетевого адаптера к разъему «24 V» на коммутационной панели БЭ дефектоскопа.
5. Установить тумблер «ВКЛ ВНУТР/ВКЛ ВНЕШ» на коммутационной панели дефектоскопа в положение «ВКЛ ВНУТР».

В момент включения дефектоскопа раздастся звуковой сигнал, после которого на экране индицируется приветствие с указанием версии, заводского номера и др., а также меню режима работы.

Перед началом работы требуется ввести шифр оператора, который позволяет защитить настройки от несанкционированного изменения или удаления,

определить оператора, производившего контроль. После этого можно приступить к проведению контроля на настройках, загруженных «по умолчанию».

**Процесс контроля** предусматривает выполнение оператором следующих действий:

- 1) предварительная подготовка объекта контроля (очистка поверхности, расположение в пространстве) и прибора;
- 2) проход ПЭПом по контролируемой поверхности до срабатывания сигнала прибора;
- 3) исследование дефекта (определение формы, величины дефекта);
- 4) повторный контроль для уточнения параметров дефекта;
- 5) внесение сведений о дефекте в отчет о контроле.

### **Требования к отчету**

Процесс обработки результатов заключается в оценке достоверности и расшифровке показаний дефектоскопа. Результат расшифровки в виде диаграмм и графиков снимается с прибора через персональный компьютер с помощью комплектного программного обеспечения дефектоскопа. Расшифровка картины на экране происходит под руководством преподавателя с использованием студентами инструкций по эксплуатации прибора.

Отчет представляет собой расшифрованные данные с анализом показаний дефектоскопа – указанием координат, протяженности дефектов. В отчете представляется технологическая карта на исправление дефекта с указанием способов проведения работ, необходимого оборудования и т.д. В отчете должен быть представлен вывод о характере зарождения и развития дефектов на всех этапах жизненного цикла контролируемого изделия.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова достоверность изученного метода?
2. Каковы основные особенности процесса контроля по сравнению с другими методами?
3. Какими способами и приемами работы следует пользоваться для повышения достоверности метода?
4. Чем отличается отдельный, совмещенный и отдельно–совмещенный преобразователи?
5. В чем заключается пьезоэлектрический эффект?
6. Какие основные методы контроля применены в работе?
7. В чем сущность эхометода?
8. Какова сущность зеркально–теневого метода?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6.**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ**

#### **Цель и задачи работы**

Целью работы является изучение принципа действия измерителя износа, основанного на магнитном методе неразрушающего контроля, освоение методов работы с прибором, получение первоначальных навыков по расшифровке результатов контроля канатов.

В ходе выполнения работы студенты исследуют состояние предложенных образцов каната и составляют техническое заключение о состоянии каната.

#### **Краткие теоретические сведения**

В измерителе реализован магнитный метод неразрушающего контроля. Магнитная система намагничивает участок контролируемого каната. Магнитные поля рассеяния, вызываемые дефектами каната, создают на выходе блока датчиков электрический сигнал, который после усиления и преобразования в цифровую форму передается в микропроцессор, где и проходит обработку. В микропроцессор также поступают сигналы от счетчика метража. Получаемая информация запоминается и выводится на светодиодные индикаторы электронного блока либо передается на внешнее устройство для хранения или анализа.

#### **Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов**

Для проведения работы необходим эталонный канат, ранее проконтролированный и не имеющий дефектов, канат с дефектами в виде потери сечения, пятнами коррозии, внутренними и наружными обрывами проволок, измеритель износа «ИНТРОС», ветошь для обтирки каната, металлическая щетка, верхонки.

На [рис. 28](#) показан основной элемент измерителя износа – магнитная головка.



Рис. 28. Магнитная головка измерителя износа

На [рис. 29](#) представлен комплектный прибор «ИНТРОС» и образцы контролируемых канатов.



Рис. 29. Измеритель износа с вкладышами и образцами канатов

### **Правила безопасного выполнения работы**

Работа проходит при соблюдении общих правил безопасности, а также с поправками на наличие в зоне контроля значительных электромагнитных полей, которые способны влиять на близкорасположенные электронные устройства и изделия из ферромагнитов. Перед началом работы (извлечением магнитной головки из упаковки) следует удалить из зоны контроля все ферромагнитные массы и электронику во избежание повреждения.

Помимо прочего, при сближении частей головки под действием магнитных полей происходит их схлопывание. Поэтому в зону контакта половин головки не следует помещать никакие предметы.

### **Порядок выполнения работы**

До начала контроля следует изучить требования инструкции по эксплуатации, провести калибровку и настройку измерителя.

Сама работа представляет собой контроль нескольких дефектных канатов различной конструкции и диаметра. При проведении контроля следует использовать вкладыши для различного диаметра канатов.

Чтобы осуществить контроль, необходимо включить механизм перемещения каната и пропустите канат через головку в направлении, указанном стрелкой на ее корпусе и на канате, а в случае ручного контроля – перемещать головку вдоль каната в направлении, обратном стрелке головки.

В процессе контроля индикаторы локальных дефектов индицируют локальные повреждения в виде обрывов проволок. Комбинации свечения индикаторов в процессе контроля свидетельствуют о различной протяженности дефектов, однако не указывают на точное их месторасположение и форму.

Местоположение дефектов непосредственно на канате указывается с помощью краски. При обнаружении и фиксации места дефекта нужно при следующей проходке по канату изменить плоскость расположения головки для определения пространственного местоположения дефекта и как можно более точно его зафиксировать. Таким образом, возможно произвести поиск дефекта по диаметру каната и установить косвенно причину возникновения либо повысить достоверность метода в целом и достоверность определения причины возникновения дефекта по совокупности прочих признаков по окончании контроля на этапе анализа.

### **Требования к отчету**

В процессе контроля необходимо анализировать качественные показатели дефектов, для чего исследования следует повторять несколько раз с отклонениями магнитной головки в плоскостях с целью максимально достоверного определения координат и вида дефекта – обрыв, коррозия и т.п.

Отчет должен содержать техническое обоснование выбраковки дефек-



та, произведенное на основании анализа всей доступной информации о канате, в том числе и показаний измерителя.

### Контрольные вопросы

1. Расскажите о магнитном методе неразрушающего контроля.
2. Как производится выбраковка каната?
3. Какие виды дефектов каната существуют?
4. Назовите основные причины износа стального каната.
5. Каковы конструктивные особенности канатов и их дефекты?
6. Каким документом и в каком объеме регламентируются нормы браковки канатов?
7. Опишите способы повышения достоверности метода контроля.
8. Охарактеризуйте способы повышения долговечности канатов при эксплуатации.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

### Цель и задачи работы

Целью работы является освоение методов работы с электронным измерителем прочности бетонных изделий, анализ полученных данных и сопоставление их с действующими нормативными требованиями.

Задача работы заключается в определении среднего значения прочности бетонного образца, имитирующего железобетонную подкрановую балку или колонну надземного или наземного подкранового пути.

### Краткие теоретические сведения

Измерение прочности железобетонных подкрановых конструкций является частью системы экспертной оценки состояния подкранового пути в целом и позволяет оценить пригодность к дальнейшей эксплуатации как отдельных составных частей, так и пути в целом.

Прибор позволяет оценивать физико-механические свойства в изделиях, выявлять неоднородности, зоны плохого уплотнения и т.д.

### Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов

Для проведения работы требуются образцы железобетонных подкрановых конструкций или их имитация и измеритель прочности бетона ИПС–МГ4.03 ([рис. 30](#), [рис. 31](#)).



Рис. 30. Склерометр, установленный на контрольном образце



Рис. 31. Электронный блок измерителя твердости

Склерометр состоит из металлического массивного корпуса с установленным внутри ударным механизмом и электронного блока регистрации и учета измеренных величин. На корпусе склерометра имеется рычаг для взведения ударного механизма, площадка для установки и ориентирования склерометра на поверхности контроля.

Электронный блок снабжен табло для отображения полученных результатов измерения и имеет возможность передачи данных на ПК или хранения их в собственной памяти.

### Правила безопасного выполнения работы

К работе с прибором допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при неразрушающем контроле бетонных и железобетонных изделий на предприятиях стройиндустрии, стройках и при обследовании зданий и сооружений.

### Порядок выполнения работы

Испытания проводятся на участке размером не менее  $100 \text{ см}^2$  изделия при его толщине не менее 50 мм. Количество и расположение зон контроля определяется исходя из конфигурации конструкции. Количество обследуемых участков при испытании должно быть не менее трех. Для повышения достоверности работы рекомендуется обследовать не менее пяти участков.

Граница обследуемого участка должна находиться на расстоянии не менее 50 мм от края изделия. Расстояние между точками испытания должно быть не менее 15 мм. Расстояние до арматуры – не менее 50 мм. Шероховатость поверхности бетона на участке испытания должна быть не более 40 мкм. Места испытания следует по возможности выбирать между гранулами щебня и между крупными раковинами. Число испытаний на участке должно быть не менее 10.

После подключения склерометра прибора к электронному блоку прибор устанавливается в режим измерений.

Испытания в лабораторной работе производятся в режиме № 1 работы прибора. Удерживая склерометр в правой руке, взвести рычаг отбойника до фиксации защелкой. Расположить склерометр так, чтобы усилие передавалось строго перпендикулярно испытуемой поверхности. Опираясь склерометр должен на три точки. Усилие прижатия должно исключать отскок склерометра при ударе бойка.

После установки склерометра необходимо нажать спусковой крючок, после чего сигнал поступает в блок обработки и на экране высвечивается полученный результат. После выполнения 15 замеров на экране высвечивается средний результат. Для вывода среднего результата после 10 ударов следует нажать «Ввод».

### **Требования к отчету**

Результаты обрабатываются оператором с учетом возникающей погрешности. Вычисление погрешностей производится по известным зависимостям. При обработке результата следует учитывать все возникшие в процессе измерения отклонения прочности от средних значений. В этом случае измерения следует повторить.

Отчет должен содержать карту исследованного изделия с отметкой координат проведения измерений, геометрические размеры изделия, его эскиз и обоснованные выводы о качестве самого контроля и качестве изделия.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова область применения измерителя прочности бетона?
2. Для чего используется склерометр?
3. Перечислите физические свойства бетонных и железобетонных изделий.
4. Назовите цели и задачи измерения прочности железобетонных балок.
5. Опишите процедуру измерения прочности.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8.**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИМПЕДАНСНОГО ДЕФЕКТОСКОПА ИАД-2**

### **ПРИ ПРОВЕРКЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ**

### **ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

#### **Цель и задачи работы**

Целью работы является получение первоначальных навыков работы с импедансным акустическим дефектоскопом при поиске дефектов клеевых и паяных соединений в виде несплошностей в цеховых и лабораторных условиях.

Задачей работы – выбраковка предложенных образцов клеевых соединений и определение параметров дефектов.

#### **Краткие теоретические сведения**

В основу дефектоскопа положен импедансный акустический метод дефектоскопии, являющийся одним из наиболее эффективных и универсальных средств контроля клеевых, паяных и термодиффузионных соединений в многосложных конструкциях ответственного назначения.

Метод основан на использовании зависимости силы реакции склеенного соединения на контактирующий с ним колеблющийся стержень от наличия сцепления между отдельными элементами конструкции.

Если совершающий продольные колебания стержень ([рис. 32](#)) соприкасается с участком изделия, имеющим хорошее соединение, то вся конструкция колеблется как единое целое и механическое сопротивление, оказываемое изделием стержню, определяется жесткостью всей конструкции. При этом сила реакции изделия на стержень имеет достаточно большую величину.

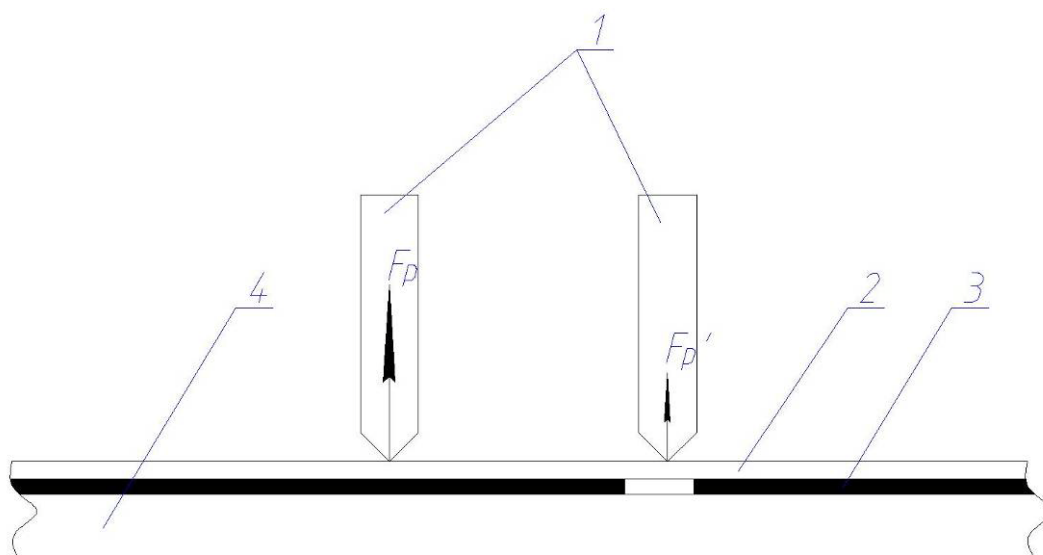


Рис. 32. Принципиальная схема контроля импедансным акустическим методом: 1 – стержень, совершающий колебания вдоль продольной оси; 2 – обшивка изделия; 3 – соединительный слой; 4 – внутренний элемент изделия (лонжерон, наполнитель и т.п.)

Если стержень находится над дефектом соединения, то участок обшивки колеблется независимо от внутреннего листа. Поскольку жесткость обшивки существенно меньше жесткостей всей конструкции, то сила реакции на датчик резко уменьшается.

По разности показаний сигнала датчика можно судить о наличии и расположении дефекта.

### Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов

Для проведения работы требуется импедансный дефектоскоп ИАД–2 ([рис. 33](#), [рис. 34](#)), набор образцов дефектных клеевых соединений и контрольный образец для проведения калибровки ([рис. 35](#)).





Рис. 33. Импедансный дефектоскоп ИАД-2



Рис. 34. Наконечник с пьезоэлементами



Рис. 35. Рабочие образцы

Блок–схема дефектоскопа приведена на [рис. 36](#).

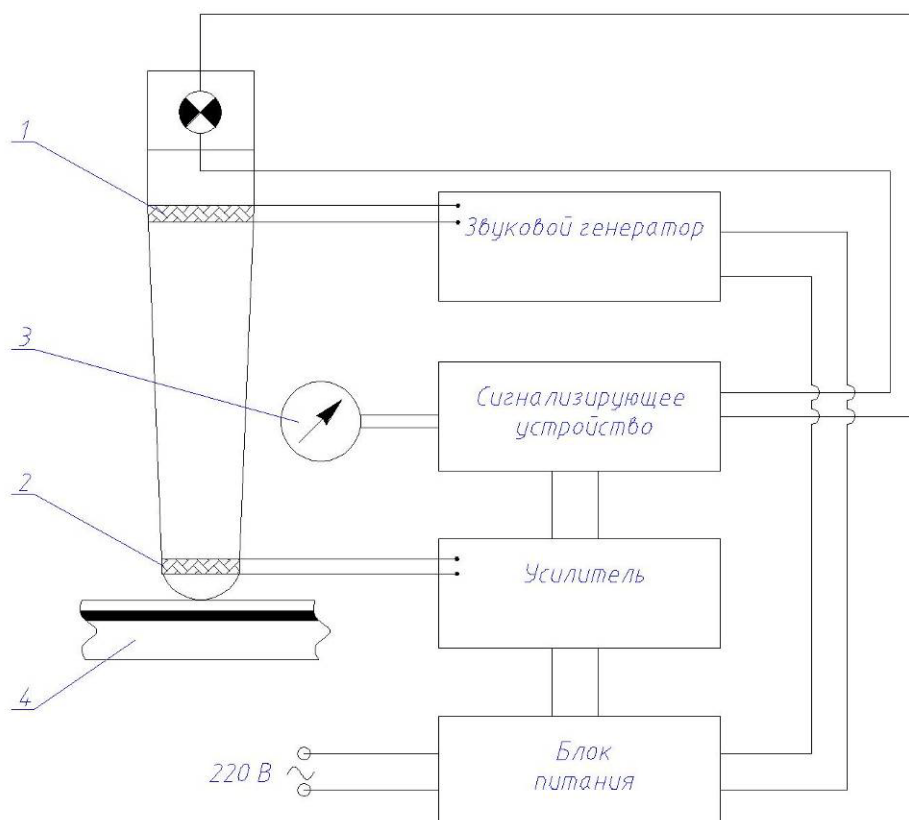


Рис. 36. Блок–схема дефектоскопа ИАД–2: 1 – излучающий пьезоэлемент;  
2 – силоизмерительный пьезоэлемент; 3 – стрелочный индикатор;  
4 – контролируемое изделие

Звуковой генератор питает пьезоэлемент 1, возбуждающий в стержне датчика упругие колебания. На нижнем конце стержня находится силоизмерительный пьезоэлемент 2, соединенный со входом усилителя.

Датчик соприкасается с контролируемым изделием через контактный наконечник. Если датчик не прижат к поверхности детали, то нижний его конец не испытывает никаких нагрузок (сила реакции равна нулю). В этом случае сила, действующая на пьезоэлемент 2 и вызывающая его деформации, определяется только инерционным сопротивлением контактного наконечника, которое при малой массе наконечника и используемых низких частотах невелико, поэтому пьезоэлемент деформируется незначительно и напряжение на нем близко к нулю. С прижатием датчика к изделию возникает сила реакции, вызывающая деформацию пьезоэлемента 2 и существенное увеличение напряжения на нем. Это напряжение тем больше, чем больше механический импеданс изделия в точке касания с датчиком. Дефект соединения вызывает резкое уменьшение механического импеданса и, следовательно, напряжения на силоизмерительном пьезоэлементе 2. Изменение напряжения сигнала фикс-

сируется включенным на выходе усилителя индикатором 3. При уменьшении отклонения стрелки индикатора 3 ниже определенного уровня сигнализирующее устройство включает расположенную в датчике сигнальную лампочку.

Конструктивно дефектоскоп выполнен в виде прибора переносного типа массой не более 12 кг.

Датчик присоединен к прибору кабелем, укрепленным на транспортных скобах. Прибор имеет предохранительную крышку, в которой хранится датчик.

На передней стенке расположены: ручка установки частоты, переключатель режимов работы релейной схемы, ручка регулировки усиления, стрелочный индикатор, ручка регулировки выходного напряжения генератора, тумблер включения сети, разъем для подключения датчика, сигнальная лампочка.

### Правила безопасного выполнения работы

При проведении работы необходимо руководствоваться общими правилами безопасности при работе с электроприборами.

### Порядок выполнения работы

#### Подготовка прибора к работе и его включение

Перед работой необходимо:

1. Заземлить прибор (соединить клемму земли, находящуюся на панели стойки выпрямителя, с «землей» при помощи шнура заземления).
2. Произвести внешний осмотр прибора, датчика, соединительных кабелей и устранить замеченные неисправности.
3. Ручки на передней панели поставить в следующие положения:
  - а) тумблер включения сети – «Сеть»;
  - б) переключатель режимов работы – «Настройка»;
  - в) «Мощность» – «0»;
  - г) «Усиление» – «0».
4. Присоединить датчики к прибору.
5. Включить прибор в сеть напряжением не более 220 В, частотой 50 Гц.
6. Для включения прибора тумблер включения сети перевести в положение «Включено». При этом должна загореться сигнальная лампочка на передней панели прибора.

После прогрева прибора в течение 3–5 мин можно приступать к настройке.

#### Настройка прибора

Необходимо выбрать режима работы:

- переключатель режимов работы поставить в положение «Настройка»;
- ручку «Мощность» установить в положение 7–8;

- датчик прижать к обшивке на участке с хорошим соединением;
- ручкой «Усиление» стрелку индикатора вывести в область шкалы 60–70 делений;
- ручкой установки частоты добиться максимального отклонения стрелки индикатора, не допуская зашкаливания ручкой «Усиление».

Добившись максимума отклонения стрелки индикатора, ручку «Усиление» вывести в крайнее правое положение, а ручкой «Мощность» установить стрелку индикатора в пределах 90–100 делений шкалы. Закончив эту операцию, равномерно перемещать датчик по обшивке с хорошим соединением. Если стрелка индикатора остается в пределах не ниже 80 делений шкалы, то выбрать резонансный режим работы. Если стрелка индикатора при равномерном перемещении датчика по обшивке с хорошим соединением совершает периодические колебания, превышающие участок шкалы 60–100 делений, то это означает что датчик совместно с обшивкой имеет дополнительные резонансные «частоты связи». В этом случае нужно выбрать нерезонансный режим работы.

### Настройка в резонансном режиме работы

Выбрав соответствующий режим работы, перевести переключатель режимов работы в положение «Работа». По соответствующему эталону с известным дефектом убедиться в том, что дефект надежно обнаруживается (зажигается лампочка датчика при отклонении стрелки индикатора ниже уровня  $(60 \pm 5)$  % деления шкалы), после чего прибор готов к работе.

Если во время первичной настройки стрелка индикатора совершает периодические колебания в пределах, превышающих 60–100 делений шкалы, то необходимо проделать следующее:

1. Проверить настройку прибора для других частот до тех пор, пока при равномерном перемещении датчика стрелка индикатора не будет спадать ниже 80 делений шкалы.
2. Переключатель режимов работы поставить в положение «Работа» и проверить надежность работы прибора по эталону с известными дефектами. Если дефект обнаруживается надежно, то прибор готов к работе.

Примечание. Рекомендуется выбирать рабочую частоту в диапазоне 1–3 кГц для нерезонансного режима.

При работе с эталонами могут быть случаи ложного срабатывания анализатора дефектов. Их можно устранить небольшим усилением и небольшим увеличением мощности генератора путем вращения ручки «Усиление»

влево, а ручки «Мощность» – вправо, удерживая при этом стрелку индикатора на участке 65–80 делений шкалы. При неудовлетворительной работе прибора настройку необходимо повторить на других частотах.

### Контроль детали

Методика контроля состоит из перемещения датчика по поверхности изделия и наблюдения за находящейся в датчике сигнальной лампой. Перемещение датчика производят с легким нажимом со скоростью не более 10 м/мин.

Шаг (расстояние между соседними следами движения датчика) выбирают в зависимости от допустимых размеров дефектов. Практически он равен 70–80 % минимальной протяженности допустимого дефекта.

Скорость перемещения датчика по изделию с шероховатой поверхностью следует выбирать с таким расчетом, чтобы увеличение отклонения стрелки индикатора вследствие неровности изделия практически отсутствовало.

Если из-за сильной шероховатости поверхности плавное перемещение окажется вообще невозможным, необходимо производить контроль, перемещая датчик с места на место.

В процессе контроля нужно следить, чтобы ось датчика не отклонялась от нормали к поверхности контролируемого изделия больше чем на  $10^\circ$ .

Если при перемещении датчика загорается сигнальная лампа, то следует считать, что в соединении обнаружен дефект. Дефектные зоны оконтуриваются датчиками и отмечаются мягким карандашом по поверхности.

В процессе работы генератора слышен характерный свист.

### Требования к отчету

Отчет должен содержать карту исследованных образцов с указанием дефекта и технически обоснованное заключение о пригодности или непригодности образца к дальнейшей эксплуатации.

### Контрольные вопросы

1. На каком принципе основан импедансный метод контроля?
2. Какую функцию в приборе выполняет пьезокристалл?
3. Как производится калибровка дефектоскопа?
4. Какова область применения клеевых соединений?
5. Какова область применения импедансного метода контроля?



# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9.**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ**

### **Цель и задачи работы**

Целью лабораторной работы является определение причин разрушения конструкции по результатам анализа имеющейся информации и на основании данных неразрушающего контроля.

Задачей работы – обоснованное назначение вида неразрушающего контроля для установления первопричин зарождения дефекта конструкции, а также выработка практических рекомендаций по изменению конструкции разрушенного узла.

### **Краткие теоретические сведения**

Зачастую причина разрушения технического устройства кроется в имеющемся в конструкции скрытом дефекте, образовавшемся на одной из стадий жизненного цикла изделия.

Современные методики неразрушающего контроля позволяют минимизировать риск попадания дефектного изделия в число прошедших стадию контроля ОТК предприятия и принятого в эксплуатацию потребителем.

Существующий в науке метод «от обратного», когда по результатам аварии изделия можно выработать решения по совершенствованию конструкции, дает возможность минимизировать затраты на ликвидацию последствий аварии. Одним из методов контроля потенциально опасной конструкции может быть назначение соответствующего метода неразрушающего контроля.

### **Описание лабораторной установки, измерительного оборудования и образцов**

В качестве исходных образцов для проведения работы применяются разрушенные узлы крановой техники – стрела крана КС, стрела крана РДК, пята стрелы крана КС, флюгер крана КБ ([рис. 37](#)), талреп вантовой оттяжки крана МКГ БР ([рис. 38](#)), разрушенные болтовые соединения, разрушенные тела качения шарикоподшипников ([рис. 39](#)), а также приборы неразрушающего контроля и нормативные документы по неразрушающему контролю.





Рис. 37. Образец разрушенного флюгера крана КБ



Рис. 38. Образец разрушенного талрепа МКГ 25БР



Рис. 39. Разрушенные болт и шарик подшипника крана

### **Правила безопасного выполнения работы**

Для безопасного выполнения работы запрещается перемещать образцы разрушенной техники. В ходе работы следует соблюдать общие правила безопасности при работе с металлоконструкциями и правила по работе с электроприборами.

### **Порядок выполнения работы**

В процессе выполнения работы группа студентов, состоящая из не более чем трех человек, изучает разрушенный образец и дает обоснованное заключение о характере и причинах разрушения. После чего на основании установленных причин делается вывод о характере появления и развития де-

фекта, определяется стадия возможного зарождения дефекта, время его развития вплоть до момента наступления аварии.

На основании выводов предлагается конструктивное, технологическое или организационное улучшение процесса получения изделия, в обосновании которого должны быть отражены возможные риски от внедрения улучшения, а также все возможные положительные эффекты.

Параллельно генерируется решение по назначению одного или совокупности методов неразрушающего контроля изделия на различных стадиях производства. На процедуры контроля усовершенствованного изделия готовятся технологические карты и технологические процессы.

В заключение приводится вывод о целесообразности выполнения неразрушающего контроля в каждом конкретном случае и целесообразности модернизации конструкции.

### **Требования к отчету**

Отчет должен содержать технологические карты неразрушающего контроля усовершенствованного изделия и выводы, сделанные на основании результатов анализа причин разрушения изделия. В отчете представляются эскизные технические решения по совершенствованию разрушенной конструкции, описания технологических процессов изготовления и процедуры технического контроля.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите область применения методов неразрушающего контроля.
2. Как влияет неразрушающий контроль на эксплуатационную надежность изделия?
3. Расскажите о совершенствовании конструкций на основании результатов неразрушающего контроля.
4. Какова достоверность методов неразрушающего контроля и надежность технического контроля в целом?
5. Перечислите причины разрушения конструкций.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

## Основная литература

1. Неразрушающий контроль : справ. : в 8 т. / под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2006.
2. Ермолов, И. Н. Методы и средства неразрушающего контроля качества : учеб. пособие для инж.-техн. спец. вузов / И. Н. Ермолов. – М. : Высш. шк., 1988. – 368 с.
3. Неразрушающий контроль и диагностика : справ. / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев [и др.]; под ред. В. В. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2005. – 656 с.
4. Методы неразрушающего контроля. Ч 1. Неразрушающие методы контроля материалов и изделий : учеб. пособие / В. И. Афанасов, Н. И. Кашубский, А. А. Кузнецов [и др.]. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 104 с. – (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588–2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин).
5. Методы неразрушающего контроля : учеб. программа дисциплины / сост. : А. Ю. Смолин, В. И. Афанасов, А. А. Кузнецов. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 36 с. – (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588–2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин).
6. Методы неразрушающего контроля : метод. указания по самостоятельной работе / сост. : В. И. Афанасов, Н. И. Кашубский, А. А. Кузнецов, А. Ю. Смолин. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 32 с. – (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588–2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин).

## Дополнительная литература

7. Неразрушающий контроль металлов и изделий : справ. / под ред. Г. С. Самойловича. – М. : Машиностроение, 1976. – 512 с.
8. Методы дефектоскопии сварных соединений / под ред. В. Г. Щербинского. – М. : Машиностроение, 1987. – 360 с.
9. Выборнов, Б. Н. Ультразвуковая дефектоскопия / Б. Н. Выборнов. – 2-е изд. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с.
10. Ермолов, И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля / И. Н. Ермолов. – М. : Машиностроение, 1981. – 240 с.
11. Матис, И. Г. Электроемкостные преобразователи для неразрушающего контроля / И. Г. Матис. – 2-е изд. – Рига : Знание, 1982. – 302 с.
12. Кучина, А. А. Оптические приборы для измерения шероховатости поверхности / А. А. Кучина, К. А. Обрадович – Л. : Машиностроение, 1981. – 197 с.

Белокур, И. П. Дефектоскопия материалов и изделий / И. П. Белокур, В. А. Коваленко. – Киев : Техника, 1989. – 192 с.

13. Крылович, В. И. Ультразвуковые частотнофазовые методы исследования и неразрушающий контроль / В. И. Крылович ; ред. А. Г. Шашков. – Минск : Наука и техника, 1985. – 175 с.

14. Разработка и внедрение методов и приборов неразрушающего контроля пористости и прочности спеченных деталей / Краснояр. политехн. ин-т: рук. работы : В. В. Летуновский; исполн. В. Н. Федоров [и др.] – Красноярск, 1985. – 60 с.

15. Методы и приборы автоматического неразрушающего контроля : сб. науч. тр. / Риж. политех. ин-т им. А. Я. Пельше ; ред. В. Г. Герасимов. – Рига, 1983. – 172 с.

16. Ультразвуковые пьезопреобразователи для неразрушающего контроля. – М. : Машиностроение, 1986. – 277 с.

17. Гельфанд, И. М. Неразрушающий контроль качества проволоки : науч. издание / И. М. Гельфанд, А. В. Сычева, Г. П. Кулаченко. – М. : Металлургия, 1983. – 65 с.

18. Данилин, Н. С. Неразрушающий контроль качества продукции радиоэлектроники: средства и методы / Н. С. Данилин. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 240 с.

19. Троицкий, В. А. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций: науч. издание / В. А. Троицкий. – Киев : Техника, 1986. – 158 с.

20. Производство сварных конструкций. Неразрушающий контроль качества. Капиллярные методы : метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений подготовки диплом. спец. 651400 и 030000 всех форм обучения / сост. Ю. Г. Новосельцев, П. Н. Космодемьянский ; Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. – 55 с.

21. Троицкий, В. А. Неразрушающий контроль сварных соединений / В. А. Троицкий, М. И. Валевиц. – М. : Машиностроение, 1988. – 122 с.

22. Измерение. Контроль. Качество. Неразрушающий контроль : справ. Техн. ком. по стандартизации / ред. Е. Р. Клаузнер. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 708 с.

23. СТО 4.2–07–2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / разработ. : Т. В. Сильченко, Л. В. Белошапко, В. К. Младенцева, М. И. Губанова. – Введ. впервые 09.12.2008. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 47 с.

24. Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ / сост. : А. В. Сарафанов, М. М. Торопов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2008. – Вып. 3.

## Электронные и интернет-ресурсы

25. Методы неразрушающего контроля [Электронный ресурс] : электрон. учеб.–метод. комплекс по дисциплине / А. Ю. Смолин, Н. И. Кашубский, В. И. Афанасов, А. А. Кузнецов, А. А. Сельский. – Электрон. дан. (92 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588–2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 152 Мб свободного дискового пространства ; привод DVD ; операционная система Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista (32 бит) ; Adobe Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата pdf) ; Microsoft PowerPoint 2003 или выше. – (Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902520).

26. Методы неразрушающего контроля. Банк тестовых заданий [Электронный ресурс] : контрольно–измерительные материалы / В. И. Афанасов, А. Ю. Смолин, А. А. Кузнецов, Н. И. Кашубский. – Электрон. дан. (45 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588–2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 105 Мб свободного дискового пространства ; привод DVD ; операционная система Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista (32 бит) ; Adobe Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата pdf). – (Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902522).

27. Методы неразрушающего контроля. Презентационные материалы [Электронный ресурс] : наглядное пособие / А. Ю. Смолин, А. А. Кузнецов, В. И. Афанасов, Н. И. Кашубский. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Методы неразрушающего контроля : УМКД № 1588–2008 / рук. творч. коллектива А. Ю. Смолин). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 5 Мб свободного дискового пространства ; привод DVD ; операционная система Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista (32 бит) ; Microsoft PowerPoint 2003 или выше. – (Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902521).

28. Интерактивные технические средства обучения : практ. руководство / сост. : А. Г. Суковатый, К. Н. Захарьин, А. В. Казанцев, А. В. Сарафанов. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 84 с.

29. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0 : руководство пользователя / А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

### Форма титульного листа отчета по лабораторной работе

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

\_\_\_\_\_

институт

\_\_\_\_\_

кафедра

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

\_\_\_\_\_

тема

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Преподаватель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Студент

\_\_\_\_\_

код (номер) группы

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Красноярск 200\_



Значения скоростей распространения продольных ультразвуковых колебаний в некоторых материалах

Обозначение марки сплава	Скорость распространения продольных УЗК, м/с	Обозначение марки сплава	Скорость распространения продольных УЗК, м/с
<b>Конструкционные марки сплавов на основе железа</b>			
Железо АРМКО	5 930	Сталь ЭП428	5 990
Сталь 3	5 930	Сталь ЭП543	5 750
Сталь 10	5 920	Сталь 30ХРА	5 900
Сталь У10	5 925	Сталь ЭП817	5 900
Сталь 40	5 925	Сталь ЭИ437БУ	5 990
Сталь У8	5 900	Сталь ЭИ612	5 680
Сталь 50	5 920	Сталь ЭИ617	5 930
Сталь 45Л-1	5 925	Сталь ЭИ766А	6 020
Сталь 111Х-15	5 965	Сталь ЭИ826	5 930
Сталь 40Х13	6 070	Сталь ХН77ТЮР	6 080
Сталь 30ХГСА	5 915	Сталь 40ХНМА	5 600
Сталь 30ХМА	5 950	Сталь ХН70ВМТЮ	5 960
Сталь 08Х1711 14М3	5 720	Сталь ХН35ВТ	5 680
Сталь 1Х18119Т	5 720	Сталь Х15Н15ГС	5400
Сталь Э33	5 650	Сталь 20ГСНДМ	6 060
<b>Конструкционные марки сплавов на основе алюминия</b>			
Д16АТ	6 365	АМГ-М5	6 390
Д16	6 380	МАГ6	6 380
Д16ТПП	6 420	АМГ 6М	6 405
В95	6 280	АД	6 360
В95Т1ПП	6 330	АД 1	6 385
АМГ 2	6 390	Д 1	6 365
АМГ-2М	6 390	АМЦ	6 405
АМГ-3	6 400	АКЧ-1	6 390
<b>Конструкционные марки сплавов на основе титана</b>			
ВТ 6С	6 150	ВТ 9	6 180
ОТ 4	6 180	3 В	6 170
ВТ 4	6 090	ВТ 1	6 080
ВТ 14	6 105		
<b>Конструкционные марки сплавов на основе меди</b>			
Медь	4 680	Л 68	4 260
М 1	4 780	БрХО, 8Л	4 850
М 2	4 750	БрХО, 8Д	4 860
ЛС 52-1	4 050	БрКМЦ 3-1	4 820
ЛС 59-1	4 360	БрОЦ 4-3	4 550
ЛС 63	4 180	БрАМц 9-2	5 060
Л 62	4 630	БрЖМц 10-31,5	4 900
Л 63	4 440		



Примечание. Температурный коэффициент измерения скорости, м/(с·град) для стали марки 1Х18Н19Т составляет 0,5–0,7; для сплава АМГ–М5 – 1,0–1,2; для сплава ВТ 14 – 0,6–0,7.

### Приложение 3

#### Рекомендуемые виды контактных смазок в зависимости от температуры поверхности контролируемого изделия

Обозначение	ГОСТ контактных смазок	Температура контроли- руемой поверхности, °С
ЦИАТИМ–201	ГОСТ 6267–74	От –10 до +50
ЦИАТИМ–202	ГОСТ 11110–75	
ЦИАТИМ–203	ГОСТ 8773–73	
ЦИАТИМ–205	ГОСТ 8551–74	
ЦИАТИМ–2058	ГОСТ 16422–79	От 0 до +50
ЦИАТИМ–221	ГОСТ 9433–80	От –5 до +50С
ВНИИ НП 207	ГОСТ 19774–74	От 0 до +50
ВНИИ НП 246	ГОСТ 18852–73	
ВНИИ НП	ГОСТ 14296–78	
ВНИИ НП 228	ГОСТ 12330–77	
ВНИИ НП 257	ГОСТ 16105–70	
ВНИИ НП 223	ГОСТ 12030–80	От –10 до +50
ВНИИ НП 242	ГОСТ 20421–75	От 0 до +50
МС –70	ГОСТ 9762–76	От –10 до +50
Глицерин	ГОСТ 6823–77	От +10 до +50
Масло трансформаторное	ГОСТ 982–80	От –10 до +50
Масло веретенное	ГОСТ 1642–75	
Масло конденсаторное	ГОСТ 5775–68	