

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и  
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ИММ  
\_\_\_\_\_ Б.Н. Гузанов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛИ «ВАЛОК»**

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством  
в машиностроении»

Исполнитель:  
студент группы КМ-401п

М.С. Колотыгин

Руководитель:  
доцент, канд. тех. наук,  
доцент кафедры ИММ

Г.Н. Мигачева

Нормоконтролер:  
профессор, канд. тех. наук,  
доцент кафедры ИММ

Ю.И. Категоренко

Екатеринбург 2019

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 55 страницах, содержит 7 рисунков, 7 таблиц, 31 источник литературы, а также 5 приложений на 42 страницах и 2 плаката.

Ключевые слова: НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ, ВАЛОК, ДЕФЕКТОСКОПИСТ, МЕТОДИКА, ДЕФЕКТОСКОП.

Колотыгин М.С. Разработка методики ультразвукового контроля детали «Валок» / М.С. Колотыгин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Институт инж.-пед. образования, каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 97 с.

Цель работы: разработать методику ультразвукового контроля детали «Валок» с использованием ручного ультразвукового дефектоскопа для конкретизации приёмов процесса неразрушающего контроля на предприятии ПАО «Уралмашзавод».

В результате работы был изучен акустический вид неразрушающего контроля и выбран метод контроля детали «Валок». Проведен сравнительный анализ видов неразрушающего контроля. Проведен сравнительный анализ дефектоскопов для ультразвукового контроля и выбран наиболее эффективный для контроля детали «Валок». Обоснован выбор ручного дефектоскопа и рассмотрены особенности контроля на данном дефектоскопе. Разработана методика проведения ультразвукового контроля детали «Валок». Изучены особенности подготовки дефектоскопистов и проанализирован профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю». Разработано теоретическое и контрольное занятие для проведения аттестации дефектоскопистов.

					04.03.04.382.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Колотыгин			Разработка методики ультразвукового контроля детали «Валок»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проб.</i>		Мигачева					2	97
<i>Н. контр.</i>		Категоренко				ФГАОУ ВО РГПУ ИИПО каф. ИММ гр. КМ-401п		
<i>Утвердил</i>		Гузанов						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПАО «УРАЛМАШЗАВОД».....	9
1.1 Характеристика основных направлений деятельности ПАО «Уралмашзавод» .....	9
1.2 Организационная структура ПАО «Уралмашзавод» .....	10
1.3 Основные виды выпускаемой продукции и их характеристики .....	11
1.4 Технологии производства основных видов продукции .....	12
2 ВИДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	14
2.1 Виды неразрушающего контроля.....	14
2.2 Методы ультразвуковой дефектоскопии .....	16
2.3 Основные этапы ультразвукового контроля .....	20
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ.....	23
3.1 Требования к изготовлению и основные характеристики детали валок для станов горячей прокатки .....	23
3.2 Требования к ультразвуковому контролю детали валок для станов горячей прокатки .....	26
3.3 Виды дефектов, выявляемых неразрушающим контролем у валков .....	27
3.4 Обоснование выбора ручного дефектоскопа для ультразвукового контроля валков .....	29
3.5 Нормативные требования для разработки технологии неразрушающего контроля .....	33
3.6 Разработка методики для проведения ручного ультразвукового контроля .....	40
4 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	43
4.1 Анализ профессионального стандарта «Специалист по неразрушающему контролю» .....	43
4.2 Особенности подготовки дефектоскопистов .....	44
4.3 Разработка занятия для дефектоскопистов ультразвукового контроля на предприятии.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	51

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А - Чертеж эскиза под УЗК детали «Валок» .....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Методика по ручному ультразвуковому контролю детали «Валок».....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ В - Тестовое задание для проведения аттестации дефектоскопистов по УЗК.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ Г - Презентация занятия на тему: «Особенности проведения ультразвуковой дефектоскопии детали типа «Валок»» .....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Д - Плакат – сравнительная характеристика основных методов неразрушающего контроля.....	97

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

ЕСКД – единой системы конструкторской документации;

ЕСТД – единой системы технологической документации;

КО – контрольный образец;

СО- стандартный образец;

ПЭП – пьезоэлектрический преобразователь;

МК – магнитный контроль;

МПК – магнитопорошковый контроль;

НК – неразрушающий контроль;

ТИ – технологическая инструкция;

ТК – технологические карты;

ТУ – технические условия;

УЗК – ультразвуковой контроль.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Прокатные валки являются основным технологическим инструментом в прокатном переделе металлургических заводов. От их надежности, износостойкости рабочей поверхности, межремонтного срока службы, в основном, зависят технико-экономические показатели работы прокатных цехов.

Особенно широкое применение стальные кованные валки получили в трубопрокатном производстве. Их широко применяют на блюмингах, слябингах, обжимных станах, в черновых клетях сортовых и рельсобалочных станов валки, прокатывая металл, работают при высоких температурах и больших динамических нагрузках.

Одним из приоритетов ПАО «Уралмашзавод» является снижение брака изготавливаемой продукции и, следовательно, увеличение качества поставляемых прокатных валков и поэтому направлениям контроля, в частности – неразрушающего, уделяется повышенное внимание.

Отсюда одним из важнейших этапов процесса изготовления валка является контроль качества.

Наиболее применяемый контроль надёжности основных рабочих свойств и параметров валка, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа является неразрушающий контроль.

Наиболее распространенным видом неразрушающего контроля является ультразвуковая дефектоскопия. Ультразвуковой контроль не разрушает и не повреждает исследуемый образец, что является его главным преимуществом. Присутствует возможность проводить контроль изделий из разнообразных материалов, как металлов, так и неметаллов. Также ультразвуковой контроль имеет высокую скорость исследования при низкой стоимости и опасности для человека.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена конкретной практической разработке методики ультразвукового контроля кованных прокатных валков для применения в станах горячей прокатки.

Актуальность темы: Для минимизации времени простоя на прокатном стане важно как можно раньше определять дефектные валки, следовательно при изготовлении кованных прокатных валков горячей прокатки наиболее важным элементом является своевременная возможность проводить поиск несплошностей детали до создания различного вида отверстий. В связи с увеличением числа специалистов по ультразвуковому контролю, а также использованием нового оборудования необходимо создать четкую, понятную стажерам методику.

Цель работы: разработать методику ультразвукового контроля детали «Валок» с использованием ручного ультразвукового дефектоскопа для конкретизации приёмов процесса неразрушающего контроля на предприятии ПАО «Уралмашзавод».

Объект исследования – неразрушающий контроль валков на предприятии.

Предмет исследования – разработка методики для выполнения контроля деталей типа «Валок» с использованием ультразвукового дефектоскопа.

Задачи работы:

- изучить акустический вид неразрушающего контроля и выбрать метод контроля детали «Валок»;
- провести сравнительный анализ видов неразрушающего контроля
- провести сравнительный анализ дефектоскопов для ультразвукового контроля и выбрать наиболее эффективный метод для контроля детали «Валок», обосновать выбор ручного дефектоскопа и рассмотреть особенности контроля на данном дефектоскопе;
- разработать методику для проведения ультразвукового контроля детали «Валок» на ручном дефектоскопе;
- изучить особенности обучения дефектоскопистов;
- проанализировать профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю»;
- разработать теоретическое и контрольное занятие для проведения аттестации дефектоскопистов.

В 1928 году советский ученый С. Я. Соколов на основе проведенных исследований и опытов предложил для выявления дефектов использовать ультразвук. Разработанные под руководством С. Я. Соколова приборы получили название ультразвуковых дефектоскопов. Они обеспечили приоритет СССР в этой области техники и получили мировое признание. С 1940 года, физические законы распространения звуковых волн в твердых материалах используются для выявления внутренних трещин, пустот, пор и других сосредоточений неоднородности в металлах, композитах, пластике и керамике. С тех пор в машиностроении наиболее часто используемым видом неразрушающего контроля является ультразвуковая дефектоскопия. С ее помощью можно довольно быстро провести контроль детали «Валок» и найти наибольшее количество дефектов.

Высокочастотные звуковые волны отражаются от дефектов в определенных направлениях, создавая различные эхосигналы, которые могут быть отображены и записаны переносным измерительным прибором.

Ультразвуковой контроль является довольно безопасным методом неразрушающего контроля, применяющийся во многих отраслях производства, особенно при изготовлении мелкозернистых металлических деталей.



## **1 ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПАО «УРАЛМАШЗАВОД»**

Уралмашзавод был введен в эксплуатацию 15 июля 1933 г. Оснащенный самым современным оборудованием, Уралмаш стоял у истоков создания и перевооружения базовых отраслей экономики страны, которые и сегодня формируют экономику и бюджет России. Уралмашзавод является единственным в России разработчиком и поставщиком конвейерных машин. Уникальные прессы, с маркой «УЗТМ», используются в различных отраслях промышленности: авиационной, оборонной, ракетной, металлургической, энергетике, судостроении, производстве строительных материалов.

### **1.1 Характеристика основных направлений деятельности ПАО «Уралмашзавод»**

ПАО «Уралмашзавод» специализируется на производстве оборудования для металлургической, горнодобывающей, энергетической отраслей.

В области горной промышленности осуществляет:

1) Проектирование, изготовление, поставку и сервисное обслуживание горного оборудования, обеспечивая высокую эффективность и экологическую безопасность ведения горных работ. Базовые модели и модификации шагающих и карьерных экскаваторов способных обеспечить высокопроизводительную работу горных предприятий в любом регионе с любыми горно-технологическими и климатическими условиями. Мы предлагаем поставку отдельных видов оборудования и запчастей, а также сервисные услуги и ремонт оборудования.

2) Поставку широкого размерного ряда конусных дробилок крупного, редукционного, среднего и мелкого дробления, щековых дробилок, зубчатых одновалковых и двухвалковых дробилок, четырехвалковых дробилок с гладкими валками молотковых дробилок, а также шаровых, стержневых, рудно-галечных мельниц, мельниц сухого и мокрого самоизмельчения.

## 1.2 Организационная структура ПАО «Уралмашзавод»

Актуальная организационная структура ПАО «Уралмашзавод» введена в действие с 01.01.2018 г.

Руководство предприятием осуществляет генеральный директор, в подчинении у которого находятся руководители соответствующих департаментов.

– Руководство ПАО «Уралмашзавод» в процессе своей деятельности придерживается следующих принципов:

- социальная ответственность;
- высокие корпоративные стандарты;
- ориентация на работников;
- командная работа;
- компетентность и лидерство.

На ПАО «Уралмашзавод» существуют следующие дирекции:

- дирекция по персоналу;
- дирекция по закупкам и логистике;
- дирекция по продажам;
- дирекция по контролю над финансово-хозяйственной деятельностью;
- дирекция по безопасности;
- служба главного инженера;
- служба главного бухгалтера;
- дирекция по качеству [25].

Планирование и выбор организационной структуры всегда будет индивидуальным решением каждой фирмы. Главная задача при выборе структуры – обеспечение эффективной работы организации. Организационная структура департамента по управлению качеством представлена на рисунке 1.

В связи с тем, что выполнение ВКР связано с разработкой методики ультразвукового контроля детали валок, то необходимо отметить, что за

данный процесс отвечает лаборатория ультразвуковой и магнитной дефектоскопии, которая подчиняется непосредственно директору по качеству.

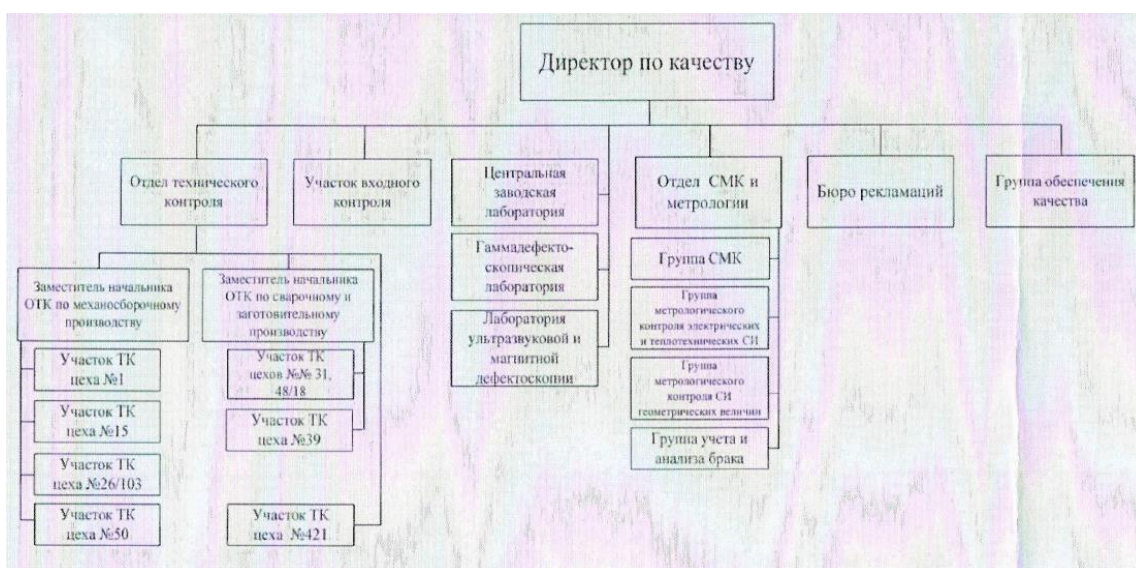


Рисунок 1 - Организационная структура дирекции по качеству

### 1.3 Основные виды выпускаемой продукции и их характеристики

ПАО «Уралмашзавод» является ведущим проектировщиком и поставщиком оборудования и услуг для горной промышленности.

В данной области выпускает дробильно-размольное оборудование, конусные дробилки крупного и редуционного дробления, конусные дробилки среднего и мелкого дробления, щековые дробилки, дробильно-перегрузочная установка ДПУ-1000, мельницы, экскаваторы, карьерные гусеничные экскаваторы (механические лопаты), корпуса мельниц и вращающихся печей, мельницы сырьевые и цементные, муфты зубчатые и шлицевые.

В продукцию ПАО «Уралмашзавод» входит:

- горное оборудование (дробилки и экскаваторы);
- подъемно-транспортное оборудование (краны);
- металлургическое оборудование (валки для станов);
- запчасти;
- работы на заказ.

## **1.4 Технологии производства основных видов продукции**

Основу производства ПАО «Уралмашзавод» составляют производства: механосборочное, сварочное и термическое.

Механосборочное производство состоит из механообрабатывающих цехов, специализированных по принципу конструкторско-технологического подобия деталей, а также сборочного цеха.

В них проводится обработка корпусных деталей, различного вида валков и других тел вращения, сборка и испытание узлов всей номенклатуры изготавливаемого оборудования. Сварочное производство включает в себя специализированные мощности по резке деталей из листа, фасонного проката, сборке и сварке, термической обработке и покраски готовой продукции.

В ПАО «Уралмашзавод» при изготовлении продукции, используются:

- полный комплект нормативно-технической документации;
- конструкторская документация;
- технологическая документация на все операции и исходные материалы при изготовлении деталей и узлов;
- необходимое технологическое оборудование и оснастка.

Все комплектующие и материалы хранятся в крытых складах, оснащённых стеллажами для высотного складирования с помощью наборных поддонов. Здесь же производится вырезка проб для определения химического состава и механических свойств. Осуществляется входной контроль. Входной контроль комплектующих проводится по сопроводительной документации и при испытании узлов продукции.

Производство оснащено необходимым технологическим оборудованием, в том числе металлообрабатывающими центрами и оборудованием с ЧПУ.

Имеющееся на предприятии оборудование позволяет производить сварку изделий толщиной до 2000 мм; установленные термические печи позволяют подвергать термообработке узлы и детали размерами до 3,9х5,4х24м.

В цехах завода имеются годовые планы ремонта оборудования и графики проверки технических и эксплуатационных свойств оборудования. На каждую проверенную единицу оборудования составляется акт.

В цехах проводятся регулярные проверки исполнения технологических процессов и состояние оснастки с составлением актов. В актах отмечается наличие на рабочих местах технологической документации, соответствие применяемых материалов, соблюдение техпроцессов, наличие результатов входного контроля и др.

На каждую деталь и сборочную единицу ведется операционно-сдаточная карта, где фиксируются результаты операций и ее соответствие с конструкторской и технологической документации.

На предприятии разработана, внедрена и поддерживается система менеджмента качества (СМК) по версии ISO 9001:2015, которая представлена комплексом из стандартов предприятия, регламентирующих все виды его деятельности.

## **2 ВИДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Под неразрушающим контролем чаще всего понимают анализ надежности и основных рабочих характеристик всего объекта или отдельных его элементов (участков), не связанный с выведением этого объекта из работы либо его разрушением [22].

### **2.1 Виды неразрушающего контроля**

Виды неразрушающего контроля: группа методов неразрушающего контроля, объединенных общностью физических явлений, положенных в его основу.

Согласно ГОСТ Р 56542-2015 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» в зависимости от лежащих в его основе физических процессов, он подразделяется на несколько видов:

1. Акустический неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров упругих волн, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте;

2. Виброакустический неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации параметров виброакустического сигнала, возникающего при работе контролируемого объекта;

3. Вихретоковый неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте;

4. Магнитный неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом;

5. Неразрушающий контроль проникающими веществами. Вид неразрушающего контроля, основанный на проникновении веществ в полости дефектов контролируемого объекта;

6. Оптический неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации параметров оптического излучения после взаимодействия с контролируемым объектом или собственного оптического излучения исследуемого объекта;

7. Радиационный неразрушающий контроль . Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом;

8. Радиоволновый неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом;

9. Тепловой неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров тепловых полей контролируемых объектов, вызванных дефектами;

10. Электрический неразрушающий контроль. Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров электрического поля или электрического тока, взаимодействующих с контролируемым объектом или возникающими в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия [8].

Преимуществами НК являются:

- контроль объекта без его малейшего разрушения;
- возможность проведения эксплуатационного контроля;
- проведение испытаний различными методами НК;
- возможность повторного контроля изделий в любое время после эксплуатации;
- сохранность дорогостоящих узлов и деталей после контроля;
- минимальная подготовка детали к контролю.

Недостатками НК являются:

- воздействие внешних факторов, которые могут влиять на результат контроля;
- нет стопроцентной гарантии результатов контроля;
- НК требуется проводить в рабочих условиях изделия.
- комплексный контроль и многопараметровый контроль;

Средства неразрушающего контроля решают 4 основных задачи:

- контроль геометрических параметров;
- техническая диагностика дефектов во время процесса эксплуатации изделия;
- выявление дефектов нарушения сплошности материалов (поры, трещины, расслоения, и т.д.);
- оценка физических и физико-химических свойств (электрические, магнитные, структурные, твердость и т.д.) и состава материала деталей (отклонение от химсостава, содержание примесей, неоднородность материала и т.п.) [2].

Полная сравнительная характеристика основных методов неразрушающего контроля представлена в приложении Д.

## 2.2 Методы ультразвуковой дефектоскопии

Ультразвуковая дефектоскопия использует упругие колебания и волны, распространяющиеся в упругих средах. Колебательные движения могут возникать в любой среде, в каком бы состоянии она ни находилась (твердом, жидком, газообразном).

Упругие волны характеризуются следующими параметрами:

- длиной волны  $\lambda$ , мм;
- частотой  $f$ , мГц;
- скоростью распространения  $c$ , м/с.

Эти величины связаны с зависимостью:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \text{ мм.}$$



Таким образом, под ультразвуковыми волнами понимают колебания упругой среды, частота которых лежит за верхним пределом слышимости человеческого уха.

В зависимости от упругих свойств среды в ней могут распространяться упругие колебания различных типов, отличающихся направлением смещения колеблющихся частиц.

Различают следующие основные типы колебаний (волн), используемых в УЗК:

- поверхностные;
- продольные;
- поперечные [17].

Методы ультразвуковой дефектоскопии основаны на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебаний в материале изделия (сталь, чугун, керамика и др.).

При отсутствии несплошностей ультразвуковые колебания правильно выбранной частоты прямолинейно распространяются в металле в виде расходящегося пучка.

На пути распространения колебаний могут встретиться дефекты в виде трещин, волосовин, шлаковых включений и т.п.

Все нарушения сплошности металла вызывают значительное отражение ультразвуковых волн, нарушая тем самым нормальный процесс распространения ультразвуковых колебаний и свидетельствуют о наличии в детали внутренних дефектов [21].

Для анализа процесса прохождения ультразвуковых колебаний в контролируемых изделиях применяют различные методы, которые отличаются друг от друга по признаку обнаружения дефектов.

Обнаружение дефектов происходит за счет исходящих пучков ультразвуковых колебаний, проходящих через контролируемое изделие.

В ультразвуковой дефектоскопии чаще всего используют три основных метода:

- теневой;
- зеркально-теневой;
- эхо-импульсный [1].

При теневом методе признаком обнаружения дефекта является уменьшение интенсивности (амплитуды) ультразвуковой волны, прошедшей через изделие от излучающего преобразователя «И» к приемному «П». Преобразователи располагаются на противоположных поверхностях изделия.

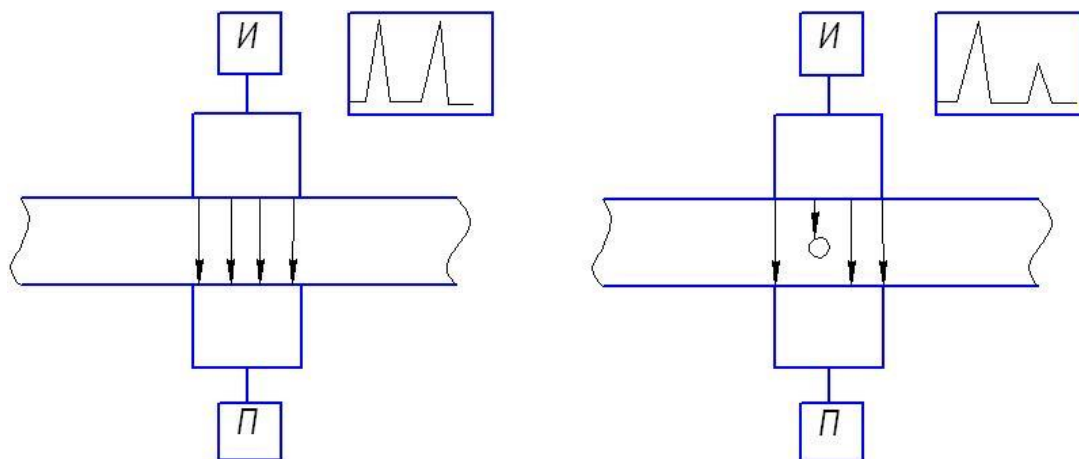


Рисунок 2 - Теневой метод ультразвукового контроля

При постоянной толщине изделия, однородном материале, одинаковой шероховатости поверхности изделия (и параллельности верхней и нижней поверхностей) амплитуда прошедших упругих волн будет изменяться в небольших пределах. Наличие несплошностей материала на пути волны приведет к уменьшению амплитуды принятого сигнала, так как за дефектом образуется область «звуковой тени». Это уменьшение регистрируется индикатором дефектоскопа и является признаком наличия дефекта в зоне контроля.

При зеркально-теневом методе признаком обнаружения дефекта является уменьшение интенсивности отражения от противоположной поверхности изделия ультразвуковой волны, излучаемой преобразователем «И» и принимаемой приемником «П».

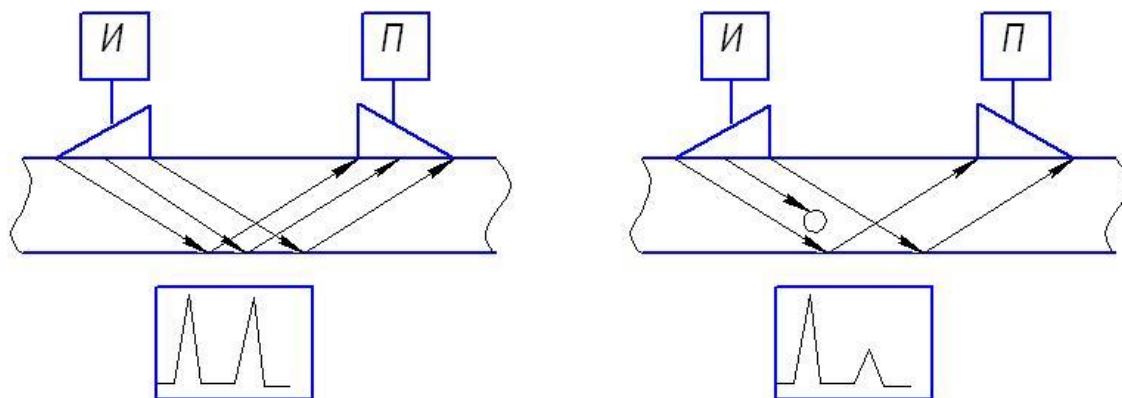


Рисунок 3 - Зеркально-теневой метод ультразвукового контроля

Противоположная поверхность, зеркально отражающую ультразвуковые колебания называют донной поверхностью, а отраженный от неё импульс называется донным импульсом.

При эхо-импульсном методе признаком обнаружения дефекта является прием преобразователем импульса, отраженного от самого дефекта.

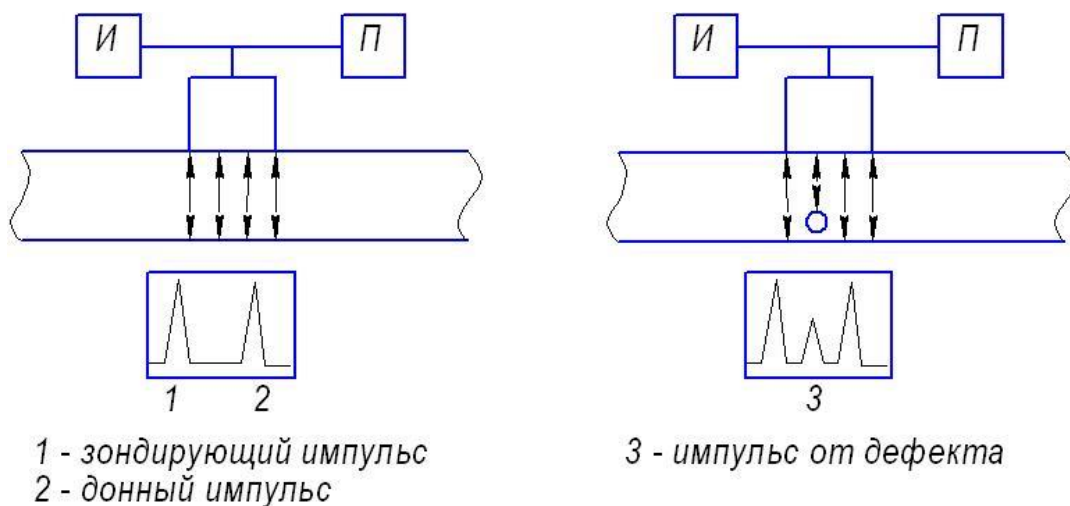


Рисунок 4 - Эхо-импульсный метод ультразвукового контроля

Зондирующий импульс – акустический импульс, излучаемый преобразователем. Форма зондирующего импульса зависит от подключенного преобразователя [19].

Если о наличии дефекта судят как по появлению эхо-импульса от дефекта, так и по уменьшению донного импульса значит контроль ведут одновременно по двум методам: эхо-импульсному и зеркально-теневому.

### 2.3 Основные этапы ультразвукового контроля

В ультразвуковой дефектоскопии основными этапами контроля являются:

1. Оценка дефектоскопичности изделия;
2. Подготовка изделия к контролю;
3. Настройка дефектоскопа;
4. Поиск и обнаружение дефектов;
5. Измерение координат, размеров дефектов и определение их формы;
6. Оценка допустимости дефектов [20].

Под дефектоскопичностью понимают совокупность свойств изделия, определяющих возможность проведения контроля с заданной достоверностью.

На дефектоскопичность конструкции влияют толщина и кривизна изделия, наличие доступа для проведения контроля, технология изготовления, структура материала, наличие ложных отражателей и др.

Изделие считают полностью пригодным к контролю (дефектоскопичным), если:

1. центральный луч ультразвукового пучка при оптимальной (обеспечивающей заданную достоверность) схеме прозвучивания хотя бы один раз проходит через все точки контролируемого сечения;

2. подлежащий фиксации минимальный дефект независимо от его координат в изделии выявляется на фоне шумов с запасом чувствительности не менее 6 дБ и разрешением во времени не менее 1 мкс (под шумами понимаются электрические и структурные помехи, ложные сигналы).

Качество подготовленной поверхности оценивают по параметрам шероховатости (ГОСТ 2789-73). Оптимальной считается поверхность с шероховатостью  $Rz=20\text{...}40\text{мкм}$  и волнистостью (отношение максимальной стрелы прогиба к длине неровности) не более 0,025 [21].

Качество поверхности ввода ультразвука должно обеспечивать его максимальное прохождение в изделие по всей площади сканирования. Для этого необходимо освободить контролируемый материал от неплотно

прилегающих наслоений, под которыми может образоваться прослойка воздуха, не пропускающая ультразвук, а затем сгладить неровности для обеспечения стабильного акустического контакта. С поверхности удаляют отслаивающуюся окалину и краску, сглаживают забоины, задиры, галтельные переходы

При контактном варианте контроля применяют различные минеральные масла. Они наиболее полно соответствуют перечисленным требованиям при нормальной температуре (от 5 до 40 °С).

Также довольно часто можно встретить применение различных водных растворов глицерина, крахмала, клея ПВХ.

Наиболее ответственная методическая операция в технологическом процессе УЗК, поскольку последующие операции оценки эквивалентных размеров и допустимости дефектов заключаются в сравнении измеренных временных и амплитудных характеристик дефектов с параметрами, установленными при настройке.

Проведение настройки сводится к выполнению двух обособленных операций: настройке шкалы расстояний (скорости развертки дефектоскопа) и настройке чувствительности.

Схема поиска (схема контроля) должна обеспечивать получение максимального эхо-сигнала от дефекта заданного минимального размера при контроле методами отражения или максимальное ослабление прошедшего сигнала при контроле методами прохождения; получение информации, достаточной для оценки дефектов по действующим нормативам; прозвучивание всего объема изделия; технологичность контроля, т.е. возможность реализации методики простыми средствами при наименьших затратах. Выполнение этих требований определяется в первую очередь обоснованным выбором типа и длины (частоты) УЗ-волны, направлений прозвучивания, схемы сканирования.

Зафиксированный в процессе поиска отражатель, амплитуда эхо-сигналов от которого превышает контрольный уровень чувствительности, считают

дефектом и измеряют его координаты, эквивалентные и условные размеры, определяют геометрическую форму.

Допустимость дефектов оценивают путем сравнения измеренных значений характеристик дефектов с их предельными (нормативными) значениями.

## **3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ**

### **3.1 Требования к изготовлению и основные характеристики детали валок для станов горячей прокатки**

Рабочие валки из легированной стали, предназначенные для горячей прокатки металла на листовых обжимных и сортовых станах должны соответствовать требованиям настоящих ТУ 3137-002-00210571-99.

Валки должны изготавливаться по чертежам, переоформленным по стандартам ОАО «Уралмашзавод» и согласованы с Заказчиком до начала производства валков.

В случае если обязательное условие является изготовление валка по чертежам заказчика, то чертежи заказчика согласовываются с предприятием-изготовителем.

Валки изготавливаются из цельных поковок.

Наиболее дорогой способ изготовления валков методомковки литой заготовки, который позволяет упрочнить металл во всем объеме тела валка, что существенно повышает надежность детали и увеличивает долговечность.

Валки, изготавливаемые из стали, особенно кованные, высокопрочные. Ковка производится на автоматизированных ковочных комплексах 31,5МН, 60МН, 150МН с применением передовых технологий.

Такие валки широко применяют, прежде всего, на тяжелых обжимных станах, как блюминги, слябинги, заготовочных станах, на черновых клетях сортовых станов. Валки из стали имеют при соприкосновении с прокатываемым материалом повышенный коэффициент трения. Это положительно сказывается на применении в клетях, где осуществляются высокие обжатия. Ковка цельных опорных валков ничем не отличается отковки рабочих валков и состоит из следующих операций: биллетировки слитка, осадки, протяжки иковки на размер поковки. Послековки валки подвергаются сложной термической обработке, на заключительной стадии - поверхностной закалке с отпуском.

Валки для многих сортовых станов отливают в специальных формах из металла, отливают с черновыми калибрами, которые по форме должны напоминать конфигурацию ручьев будущих калибров. Такие валки целесообразно отливать из чугуна, тогда весь ручей будет иметь определенную толщину отбеленного слоя. В случае вреза ручья в бочку валка снимается наиболее износостойкий слой высокотвердого материала валка [25].

Согласно ГОСТ 8479-70 [12] для валка по ТУ 3137-002-00210571-99 [29] выбрана Сталь 60ХН.

Таблица 3 – Химический состав стали ОС, в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Fe
0.55 - 0.65	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.04	до 0.04	до 0.04	0.6 – 0,9	~96

Классификация: Сталь инструментальная валковая/

Применение: рабочие валки блюмингов, слябингов, заготовочных, рельсобалочных и крупносортовых станов, рабочие опорные валки листовых станов для горячей прокатки металлов.

Допустимые отклонения массовой доли элементов от пределов при условии соответствия твердости и глубины закалённого слоя валка, согласно ТУ 3137-002-00210571-99:

- по хрому и никелю  $\pm 0,050$  % [29].

Валки должны изготавливаться из стали, выплавленной в электрических печах. Для повышения качества валков рекомендуется применять рафинирующую и внепечную обработку жидкого металла: ковш-печь, вакуум.

Уков по сечению бочки валка при использовании кузнечных слитков общего назначения должен составлять для поковок валков с диаметром бочки свыше 600 мм – не менее 2,5 мм.

Установленная техническими условиями величина укова не распространяется на валки, изготавливаемых специальными методамиковки из слитков специальной конфигурации, и устанавливается в технической документации на данный валок.



Лопасть (плоский конец вала) должна изготавливаться из донной части слитка. Допускается упрочнение рабочей поверхности лопасти.

Все валки должны подвергаться термической обработке.

Бочки рабочих валков листовых станов должны подвергаться индукционной термической обработке или нагреву в печах для получения требуемых показателей твердости.

Разброс значений твердости поверхности по длине бочки всех рабочих валков горячей прокатки не должен превышать 25 НВ.

Валки подвергаются ультразвуковому контролю (УЗК).

По требованию заказчика поставщик проводит механические испытания, контроль макроструктуры и микроструктуры продукции.

Макроструктура металла валков не должна содержать трещин, флокенов, усадочных рыхлот и шлаковых включений, видимых без применения увеличительных приборов.

Допускается изготовление валков с осевым отверстием, диаметр которого не должен превышать 18% номинального диаметра бочки.

Шероховатость поверхности осевого отверстия не должна превышать  $Ra=25$  мкм по ГОСТ 2789-73.

Отсутствие острых кромок в осевых отверстиях должно обеспечиваться технологией изготовления валков.

Для всех рабочих валков горячей прокатки с осевым отверстием предусматривается в конструкции вала установка центровых пробок максимальной твердостью 440НВ.

На рабочей поверхности бочек и шеек валков не допускаются трещины, вмятины, неметаллические включения, коррозия и другие дефекты, видимые без применения увеличительных приборов.

На поверхности допускается местные забоины и вмятины, глубина которых не превышает припуска на окончательную механическую обработку.

На шейках и тrefах изделий допускается исправление дефектов по технологии изготовителя, не влияющих на эксплуатационные свойства изделия.

Прочие недостатки и их исправление, не влияющие на использование продукции, должны быть согласованы сторонами и отвечать требованиям чертежа.

### **3.2 Требования к ультразвуковому контролю детали валок для станов горячей прокатки**

УЗК и оценка его результатов должны производиться по ОСТ 24.023.22-81 «Валки стальные кованные листовых станов горячей прокатки черных металлов. Ультразвуковой контроль. Типовой технологический процесс».

ТУ 3137-002-00210571-2014 «Рабочие стальные кованные валки для станов горячей прокатки. Технические условия» устанавливает следующие требования к детали:

На рабочей поверхности бочек и шеек валков не допускаются трещины, вмятины, неметаллические включения, коррозия и другие дефекты.

Магнитно-порошковые методы применяются для контроля валков ввиду простоты контроля и высокой достоверности при обнаружении поверхностных дефектов.

Макроструктура и излом пробы валков не должны содержать металлургических дефектов - трещин, флокенов, подусодочных рыхлот и шлаковых включений.

Не допускаются:

1. В поверхностном слое толщиной 10 мм несплошности эквивалентным диаметром 2 мм и более;
2. В бочке валка в рабочем слое толщиной 65 мм (от поверхностного слоя 10мм) несплошности эквивалентным диаметром более 2 мм;
3. В остальной части валка:
  - одиночные несплошности эквивалентным диаметром 12 мм и более;
  - скопления несплошностей эквивалентным диаметром 6 мм и более, размером более 50 мм в любом направлении;

- скопления несплошностей эквивалентным диаметром 2мм и более, но менее 6 мм, размером более  $d/3$  в любом направлении, где  $d$  – диаметр валка в зоне контроля (бочки или шейки);

- скопление несплошностей – это 5 и более несплошностей в области валка типа куба размером не более 50 мм.

Несплошности эквивалентным диаметром менее 1,6мм не учитываются.

При несоответствии валка-представителя требованиям все валки данной плавки подвергаются УЗК.

Ультразвуковой контроль применяется для контроля валков ввиду простоты контроля и высокого проникновения ультразвуковых волн в толщу металла, позволяющие обнаружить не только поверхностные, но и заглубленные дефекты. УЗК можно проводить как на заготовке, так и при готовом изделии. Также ультразвуковой контроль обладает важными преимуществами:

- высокая чувствительность к наиболее опасным дефектам типа трещин и непроваров;

- низкая стоимость;

- безопасность для человека (в отличие от рентгеновской дефектоскопии);

- возможностью вести контроль непосредственно на рабочих местах без нарушения технологического процесса;

- при проведении УЗК исследуемый объект не повреждается;

- возможность проводить контроль изделий из разнообразных материалов, как металлов, так и неметаллов.

### **3.3 Виды дефектов, выявляемых неразрушающим контролем у валков**

Согласно ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с Изменением N 1) [13].

Дефектом называется каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией. Дефекты подразделяются на явные, скрытые, критические, значительные малозначительные, исправимые и неисправимые.

Наиболее явно УЗК выявляет дефекты:

- рванины;
- закаты;
- волосовины;
- расслоения;
- флокены;
- трещины [15].

Трещины бывают одиночные или групповые, расположенные беспорядочно или идущие в определенном направлении. По длине они могут достигать нескольких метров; глубина трещин в зависимости от размеров проката, причин и условий возникновения дефекта – до 10-15 мм.

Штамповочные трещины (трещины горячего деформационного происхождения) связаны с пониженной пластичностью материала и имеют, как правило, извилистый характер.

Трещины напряжения – дефект, представляющий собой направленную вглубь металла, часто под прямым углом к поверхности, трещину, образующуюся вследствие объемных изменений, связанными со структурными превращениями или с нагревом и охлаждением металла.

Флокены представляют собой волосные трещины с кристаллическим строением поверхности стенок, образующиеся внутри толстого проката или поковок (диаметром более 30 мм) из сталей перлитного и мартенситного классов (хромистых, хромоникельвольфрамовых, марганцовистых и некоторых других легированных сталей).

Волосовины – мелкие внутренние или выходящие на поверхность трещины, образовавшиеся из газовых пузырей или неметаллических включений

при прокате или ковке. Они направлены вдоль волокон металла и в поперечном изломе видны как точки или линии небольшой высоты

Расслоения – нарушения сплошности внутри прокатанного металла, представляющие собой раскатанные крупные дефекты слитка (глубокие усадочные раковины, усадочная пористость, скопления пузырей или неметаллических включений).

Внутренние разрывы – сравнительно крупные нарушения сплошности внутренней части заготовки, периодически повторяющиеся по ее длине.

Скворечник представляет собой раскрывшуюся при деформации внутреннюю поперечную термическую трещину в слитках или заготовках.

Рванины представляют собой разрывы или надрывы металла разнообразного очертания с рваными краями. Чаще расположены на кромках листов, профилей. К образованию рванин при прокатке слитков особенно склонны высоколегированные стали с крупнозернистой структурой.

Закаты и заковы – вдавленные и закатанные (закованные) заусенцы или возвышения (бугорки) на поверхности, получившиеся при предыдущем пропуске слитка через калибр прокатного стана

Плены представляют собой сравнительно тонкие плоские отслоения на поверхности прокатанного или кованого металла.

Прижоги – дефекты, образующиеся при локальном перегреве материала, например в процессе клеймения (маркировки) деталей электрографом.

### **3.4 Обоснование выбора ручного дефектоскопа для ультразвукового контроля валков**

Дефектоскоп — устройство для обнаружения дефектов в изделиях из различных металлических и неметаллических материалов методами неразрушающего контроля [14].



Рисунок 5 - ультразвуковой дефектоскоп УД9812

В данный момент существует множество различных видов УЗК дефектоскопов и установок, применяемых как в ручном, так и в автоматизированном режиме.

Современные дефектоскопы оснащены всеми необходимыми функциональными особенностями, для упрощения работы дефектоскописта.

Упрощенная блок-схема ультразвукового дефектоскопа выглядит:

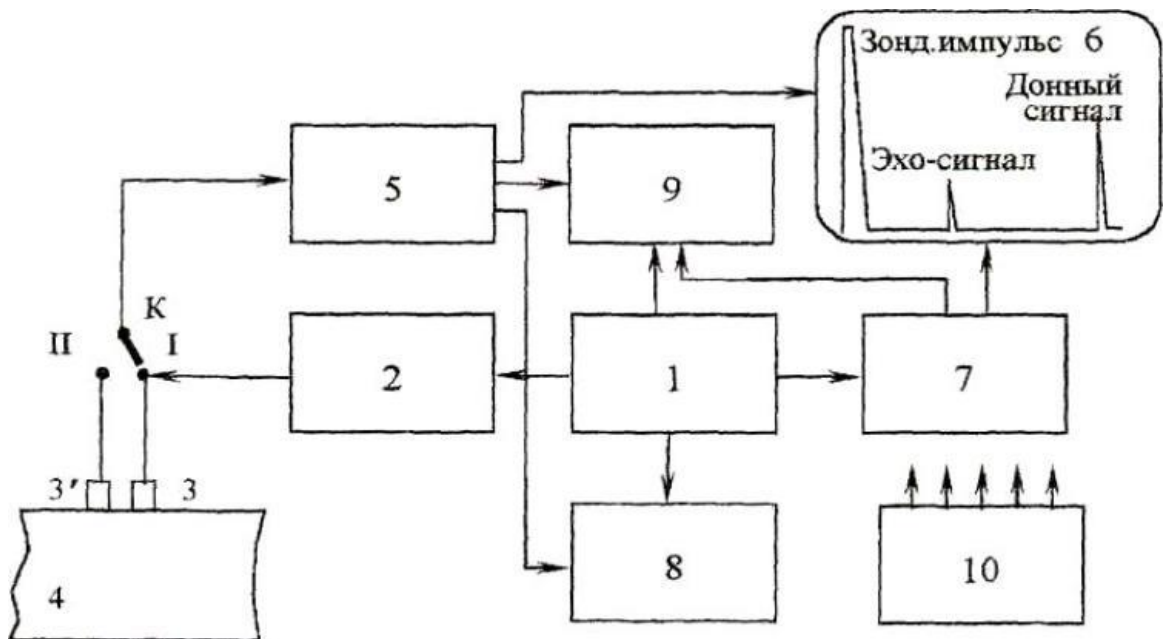


Рисунок 6 - блок-схема УЗК дефектоскопа

- 1 - Задающий генератор (синхронизатор);
- 2 - Генератор радиоимпульсов (импульсов возбуждения);
- 3, 3' - ПЭП;
- 4 - Контролируемое изделие;
- 5 - Усилитель (приемное устройство);
- 6 -Электронно-лучевая трубка;
- 7 - Генератор развертки электро-лучевой трубки;
- 8 - Блок цифрового отсчета координат;
- 9 - Автоматический сигнализатор дефектов;
- 10 - Блок питания;
- К - Переключатель режимов работы .

Принцип действия дефектоскопа:

Задающий генератор вырабатывает импульсы, запускающие генератор радиоимпульсов и генератор развертки. Генератор радиоимпульсов формирует кратковременные высокоточные электрические импульсы, которые подаются на пьезоэлемент ПЭП и возбуждает его. При контроле ПЭП прижимают к изделию. Пьезоэлемент, колеблясь с частотой генератора, передает эти колебания изделию, которые распространяются в нем в виде направленного пучка ультразвуковых волн. Развертка помогает различать по времени сигналы от объектов отражения, находящихся на разном расстоянии от ПЭП. [18].

Таблица 5 – Сравнительная характеристика дефектоскопов

Параметр	Дефектоскоп УД9812	Krautkramer USM 35	Пеленг-115
1	2	3	4
Методы ультразвукового контроля	эхо-, эхо-теневой, зеркальный, зеркально-теневой	эхо-, эхо-теневой, зеркальный, зеркально-теневой	эхо-, эхо-теневой, зеркальный, зеркально-теневой
Диапазон прозвучивания изделий из стали эхо-методом	1 ÷ 6000 мм	1 ÷ 9999 мм	1 ÷ 6000 мм
Диапазон частот	0,8 - 12 МГц	0,2 - 12 МГц	0,8 - 12 МГц
Диапазон настройки чувствительности	100 дБ	110 дБ	120 дБ
Габаритные размеры ультразвукового дефектоскопа	177 × 125 × 85 мм	187 × 105 × 85 мм	180 × 110 × 75 мм

### Окончание таблицы 5

1	2	3	4
Вес с аккумулятором	1,5 кг	2,2 кг	1,6 кг
Диапазон рабочих температур	-10° ÷ +45°С. (до -30°С при эксплуатации в теплозащитном кожухе)	-10° ÷ +45°С. (до -30°С при эксплуатации в теплозащитном кожухе)	-10° ÷ +45°С. (до -30°С при эксплуатации в теплозащитном кожухе)
Интерфейс связи с ПК	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0
Запоминание текущих настроек при выключении прибора	Да	Да	Да
Время непрерывной работы от аккумулятора	8 часов	14 часов	11 часов
Цена:	137 тыс. руб.	400 тыс. руб.	360 тыс. руб.

Как можно увидеть из таблицы большинство современных ручных дефектоскопов поддерживают все виды параметров, необходимых для удобной настройки дефектоскопа и успешного процесса ультразвукового контроля детали.

Основными преимуществами ручного ультразвукового дефектоскопа перед автоматизированной установкой являются:

- автономность питания;
- многозадачность (возможность контроля как цельных изделий, так и сварных швов);
- мобильность (транспортабельность);
- высокая точность и скорость сбора аналитических данных;
- возможность продолжить эксплуатацию исследуемой поверхности;
- низкая стоимость (100+ тыс. руб., по сравнению с 8+ млн. руб. у установок).

Преимущества автоматизированных установок:

- высокий объем контроля;
- при контроле исключается «человеческий фактор»;
- отсутствие необходимости в наборе новых дефектоскопистов.



### **3.5 Нормативные требования для разработки технологии неразрушающего контроля**

Методика контроля - особый документ единой системы конструкторской документации, содержащий совокупность сведений последовательности технологических процессов при производстве, эксплуатации или ремонте продукции.

Требования к разработке методики разрабатываются согласно ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений [4].

Они содержат для каждой операции:

- условия, требуемые для ее выполнения;
- цель конкретной операции;
- порядок ее выполнения.

Описание порядка действий должно соответствовать технологической последовательности и требованиям ГОСТ 3.1130–93 и ГОСТ 3.1129–93. При необходимости в методике указываются последовательность корректирующих действий и методы проверки результатов операции. Методика для наглядности часто включает в себя чертежи и иллюстрации.

Правила оформления, а также структура документа устанавливаются стандартами и зависят от вида продукции, назначения методики, и типа производства. Если планируется выпуск готовой продукции на экспорт, то существует требование к методике: необходимость составления ее на языках стран потребителей.

В зависимости от производства и видов производимой продукции или отрасли деятельности состав разделов методики по производству, контролю, эксплуатации, ремонту может меняться. Названия разделов, его структура разрабатываются работниками производственного отдела предприятия или сторонней организацией, имеющей специализацию в создании технической документации в требуемой отрасли промышленности.

ГОСТ Р 8.563-2009 устанавливают нормативные требования к содержанию методики. На основе данного стандарта был разработан шаблон методики. Он включает следующие разделы:

- наименование технологической операции;
- кому предназначена методика;
- условия выполнения технологической операции;
- порядок выполнения операции;
- подготовительные действия;
- основные действия;
- заключительные действия.

Методики измерений разрабатывают и применяют с целью обеспечить выполнение измерений с требуемой точностью.

Методики измерений в зависимости от сложности и области применения излагают:

- в отдельном документе (нормативном правовом документе, документе в области стандартизации, инструкции и т.п.);
- в разделе или части документа (разделе документа в области стандартизации, технических условий, конструкторского или технологического документа и т.п.).

К исходным данным относится следующее:

- область применения
- наименование измеряемой величины в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации;
- требования к показателям точности измерений;
- требования к условиям выполнения измерений;
- характеристики объекта измерений, если они могут влиять на точность измерений (выходное сопротивление, жесткость в месте контакта с датчиком, состав пробы и т.п.);
- при необходимости другие требования к методике измерений.

Разработка методик измерений, как правило, включает в себя следующее:

- формулирование измерительной задачи и описание измеряемой величины; предварительный отбор возможных методов решения измерительной задачи;
- выбор метода и средств измерений (в том числе стандартных образцов), вспомогательных устройств, материалов и реактивов;
- установление последовательности и содержания операций при подготовке и выполнении измерений, включая требования по обеспечению безопасности труда и экологической безопасности и требования к квалификации операторов;
- организацию и проведение теоретических и экспериментальных исследований по оценке показателей точности разработанной методики измерений; экспериментальное опробование методик измерений; анализ соответствия показателей точности исходным требованиям;
- обработку промежуточных результатов измерений и вычисление окончательных результатов, полученных с помощью данной методики измерений;
- разработку процедур и установление нормативов контроля точности получаемых результатов измерений;
- разработку проекта документа на методику измерений;
- аттестацию методик измерений;
- утверждение и регистрацию документа на методику измерений, оформление свидетельства об аттестации;
- передачу сведений об аттестованных методиках измерений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

В документе, регламентирующем методику измерений, указывают:

- наименование методики измерений;
- назначение методики измерений;
- область применения;
- условия выполнения измерений;
- метод (методы) измерений;

- допускаемую и (или) приписанную неопределенность измерений или норму погрешности и (или) приписанные характеристики погрешности измерений;
- применяемые средства измерений, стандартные образцы, их метрологические характеристики и сведения об утверждении их типов;
- операции при подготовке к выполнению измерений, в том числе по отбору проб;
- операции при выполнении измерений;
- операции обработки результатов измерений;
- требования к оформлению результатов измерений;
- процедуры и периодичность контроля точности получаемых результатов измерений;
- требования к квалификации операторов;
- требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;
- требования к обеспечению экологической безопасности;
- другие требования.

Правила оформления методики установлены разделом 6 ГОСТ 3.1105–2011. На основе этого стандарта методики могут применяться для описания следующих технологических процессов:

- имеющих непрерывный характер действия (например, для технологий химического или металлургического производства);
- специализированных по отдельным методам, используемым для производства или ремонта изделий, или их составных частей, если не существует установленных стандартами ЕСТД форм документов;
- связанных с работами общего или повторяющегося характера, например, приготовление клеев, смол, смесей материалов и прочее.

Также методики могут разрабатываться:

- для физических и химических явлений, возникающих при исполнении отдельных технологических операций;
- для правил эксплуатации средств технологического оснащения;

- для различных настроечных и регулировочных работ;
- ГОСТ 3.1105–2011 определяет следующие требования к методике;
- правила оформления методики определяются ее назначением;
- в методике должен отражаться технологический порядок действий описываемых операций. Данное требование к методике установлено ГОСТ 3.1130–93 (требования к бланкам и формам документов) и ГОСТ 3.1129–93 (Общие правила записи в технологических документах технологической информации);
- отражение требований безопасности труда в методике – по ГОСТ 3.1121–84;
- вводная часть методики является обязательной, включает назначения данного документа и описание области его распространения;
- текст методики разбивается на разделы и подразделы, их нумерация проводится на основе требований ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам»;
- допускается оформление технологической инструкции с Титульным листом.

Технологические карты – это документы, в которых излагаются наиболее рациональные способы и последовательность выполнения рассматриваемого вида работ, а также выбор средств технологического обеспечения. Разработка технологических карт по неразрушающему контролю позволяет решить множество различных задач.

Выполнение требований нормативно-технической документации. Наличие технологических карт на контроль особо опасных производственных объектов в ряде отраслевых документов является обязательным требованием.

Основным рабочим документом специалиста НК, регламентирующим правила осуществления НК конкретного оборудования, является технологическая карта (инструкция). Технологические карты должны включать в себя следующую информацию:

- наименование объектов контроля, на которые распространяется документ;
- метод (вид) НК;
- характеристики элементов объектов контроля (номенклатура, типоразмеры, материал), которые должны быть проконтролированы;
- характеристики выявляемых отклонений (дефектов, несоответствий);
- чувствительность контроля (при необходимости);
- объем и периодичность контроля (при необходимости);
- порядок проведения (конкретизировать порядок) НК;
- требования к выполнению работ по НК;
- требования к применяемым средствам НК;
- нормы оценки (критерии технического состояния) объектов контроля или ссылки на документы, содержащие нормы оценки (критерии технического состояния) объектов контроля;
- требования к исполнителям;
- требования к оформлению результатов НК;
- требования по обеспечению безопасности проведения НК [6].

Требования для разработки ТК:

1. Технологические карты являются составной частью организационно-технологической документации, регламентирующей правила выполнения технологических процессов, выбор средств технологического обеспечения, машин и оборудования, необходимых материально-технических ресурсов, требования к качеству и приемке работ, а также мероприятия по охране труда, технике безопасности, охране окружающей среды и пожарной безопасности;
2. Технологические карты разрабатываются для обеспечения рациональными решениями по технологии, организации и механизации отдельных видов работ в целях реализации конкретных строительных

технологий при соблюдении требований качества, безопасности производства работ и эксплуатации, охраны окружающей среды и пожарной безопасности;

3. Технологические карты используются в составе проектов производства работ, на выполнение отдельных видов Технологические карты могут использоваться при разработке проектов организации и другой организационно-технологической документации, связанной с подготовкой производства, выполнением специализированных работ; при проведении обучения и повышения квалификации рабочих и ИТР, при подготовке тендерной документации, исходных данных для заключения договоров подряда, контроля качества выполнения работ заказчиками, генеральными подрядчиками и надзорными органами;

4. Нормативной базой для разработки технологических карт являются ГОСТы, СНиП, ЕНиР, СН, производственные нормы расхода материалов, ведомственные и местные прогрессивные нормы, и расценки. При отсутствии утвержденных государственных и ведомственных норм на новые проектно-конструкторские решения в технологических картах допускается использовать нормы, приведенные в картах трудовых процессов, или специально разработанные нормы, согласованные с разработчиком настоящего Руководства;

5. В технологических картах определяют требования к качеству предшествующих работ, методы производства работ с перечнем необходимых машин, оборудования, технологической оснастки и схемами их расстановки, последовательность выполнения технологических процессов, требования к качеству и приемке работ; мероприятия по обеспечению безопасности производства работ, пожарной безопасности, условия сохранения окружающей среды, расход материально-технических ресурсов; технико-экономические показатели;

6. Технологические карты разрабатываются по видам работ на технологические процессы [4].

### **3.6 Разработка методики для проведения ручного ультразвукового контроля**

Для проведения ультразвукового контроля детали валок разрабатывается подробная методика.

Данная методика разработана на основе ОСТ 24.023.22-81 «Валки стальные кованные листовых станов горячей прокатки черных металлов. Ультразвуковой контроль. Типовой технологический процесс».

Методика разработана для ультразвукового контроля бочки и шеек вала до выполнения клиновидных и шпоночных, пазов, канавок и мест перехода к торцу бочки.

Был произведен полный процесс создания методики и написаны разделы:

1. Список сокращений;
2. Нормативные ссылки;
3. Область применения;
4. Требования безопасности;
5. Требования к квалификации персонала;
6. Требования к аппаратуре;
7. Подготовка к контролю;
8. Проведение контроля;
9. Оформление результатов контроля;

Приложение Б.1 Заключение «о качестве вала по результатам ультразвукового контроля».

Контроль детали необходимо начинать с анализ тех. задания. В нем должны присутствовать:

- чертеж детали;
- зоны контролируемой области;
- материал изготовления (от этого зависит скорость распространения ультразвуковых волн);
- размер несплошностей, входящих в категорию «брак».



Для начала требуется выбрать дефектоскоп, выбрать ПЭП (прямой или наклонный), проверить работоспособность устройства.

Далее нужно настроить параметры дефектоскопа на образцах:

- электроакустический тракт;
- режим работы селектора;
- диапазона наблюдения сигналов;
- глубиномер;
- временная регулировка чувствительности.

После настройки дефектоскопа следует взять или сделать контактную жидкость (на основе обойного клея).

Затем проверить валок на загрязнения, а также проверить работоспособность устройства для поворота валка. Если валок загрязнен, нужно найти мастера в цехе, сказать ему об этом и дождаться требуемого качества для начала работы.



Рисунок 7 - Чистый "Валок"

При соблюдении всех вышеуказанных условия можно начинать процесс сканирования УЗК. Ручной ультразвуковой контроль начинается с процесса

смачивания детали контактной жидкостью. Затем со скоростью не более 150 мм/с происходит сканирование металла на различные виды несплошностей, путем продольно-поперечного перемещения преобразователя.

Найденные дефекты записываются в заключение «о качестве валка по результатам ультразвукового контроля», а также рисуются координаты на самом изделии.

После прозвучивания принимается решения о годности изделия и оформляются результаты контроля по вышеуказанной форме (приложение Б.1)

Ручной УЗК позволяет контролировать любые различные виды геометрических форм изделий, что значительно повышает эффективность производства и уменьшает затраты на дорогостоящее оборудование.

Разработанная методика приведена в приложении Б.

## 4 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для обеспечения высокого качества ультразвукового контроля валка требуется получение знаний по контролю дефектов, возникающих в данном виде изделий. Предложенная в данном проекте методика позволяет конкретизировать процесс настройки дефектоскопа и повысить надёжность идентификации дефектов в бочке и шейках валка. Так как ранее не существовало методики, а сотрудников стало становиться только больше возникла потребность проведения обучения специалистов.

### 4.1 Анализ профессионального стандарта «Специалист по неразрушающему контролю»

Согласно профессиональному стандарту «Специалист по неразрушающему контролю» трудовые функции делятся на 4 уровня:

1. Дефектоскопистом по ультразвуковому контролю 3 уровня могут стать лица, достигшие 18 лет, имеющие среднее общее образование. Без опыта. Основное отличие заключается в выполнении работ по НК без выдачи заключения о контроле;

2. Специалистом по ультразвуковому контролю 4 уровня могут стать лица, достигшие 18 лет, имеющие среднее профессиональное образование, а также прошедшие специальные образовательные программы среднего профессионального образования - программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих, дополнительные профессиональные программы - программы повышения квалификации, программы профессиональной переподготовки. Не менее 6 месяцев проработавшие в качестве специалиста по НК 3-го уровня квалификации.

Основным отличием является выполнение работ по НК с выдачей заключения о контроле и разработкой технологической инструкции для выполнения НК конкретным методом;

3. Начальником лаборатории неразрушающего контроля 5 уровня могут стать лица, имеющие среднее профессиональное образование, а также прошедшие специальные образовательные программы среднего профессионального образования - программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих, дополнительные профессиональные программы - программы повышения квалификации, программы профессиональной переподготовки. Не менее 1 года проработавшие в качестве специалиста по неразрушающему контролю 4-го уровня квалификации.

Главной задачей является подготовка, организацией и контролем выполнения работ, руководством выполнением работ лабораторией НК;

4. Начальником лаборатории 6 уровня квалификации могут стать лица, имеющие высшее образование – бакалавриат или среднее профессиональное образование, а также прошедшие специальные образовательные программы среднего профессионального образования - программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих, дополнительные профессиональные программы - программы повышения квалификации, программы профессиональной переподготовки. При наличии высшего образования (бакалавриата) не менее 3 месяцев проработавшие в качестве специалиста по неразрушающему контролю 5-го уровня квалификации, а при наличии среднего профессионального образования не менее 1 года в качестве специалиста по неразрушающему контролю 5-го уровня квалификации.

Основной функцией является разработка технологической и нормативной документации, внедрение инновационных разработок в области НК [24].

#### **4.2 Особенности подготовки дефектоскопистов**

Сотрудники ЛУиМД ПАО «Уралмашзавод» проходят обучение и повышение квалификации в НП «Уральский центр аттестации».

Программы учебных дисциплин включают теоретические основы специальности рабочих по данным профессиям и разработаны с учётом знаний,

умений учащихся, имеющих среднее общее образование, не моложе 18 лет, имеющим медицинское освидетельствование на данную специальность. Выработка практических навыков происходит в специализированных лабораториях.

Обучение происходит по очной форме.

В конце обучения обучающимся, успешно окончившим обучение выдается удостоверение о повышении квалификации или свидетельство о профессиональной подготовке

Учебные планы подготовки дефектоскопистов:

- профессиональная подготовка по профессии «Дефектоскопист по ультразвуковому контролю»;
- повышение квалификации по ультразвуковому контролю неразрушающего контроля.

Согласно ГОСТ Р 54795-2011/ISO/DIS 9712 «Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала» для аттестации специалиста I уровня, необходимо иметь стаж работы 6 месяцев, а для аттестации на II уровень – 18 месяцев.

Аттестация (и переаттестация) специалистов НК (дефектоскопистов) предполагает проведение консультационных занятий, ознакомительных лабораторных работ и сдачу квалификационного экзамена, состоящего из:

- общего экзамена по ультразвуковому контролю;
- экзамена по технологии УЗК объектов конкретного вида;
- практического экзамена [9].

Также будущий специалист обязан сдать экзамен на знание правил устройства и безопасной эксплуатации оборудования, используемых при дальнейшей работе.

Дефектоскописты ультразвукового контроля обязаны каждые 3 года проходить ресертификацию, заключающуюся в сдаче специального экзамена по УЗК определенных объектов. Каждые 6 лет – сертификацию (обучение в аккредитованном центре аттестации).

ГОСТ Р 54795-2011/ISO/DIS 9712 «Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала» регламентирует следующие виды работ для 3х уровней квалификации специалистов неразрушающего контроля.

Виды работ для первого уровня:

- а) подготовка оборудования для проведения ультразвукового контроля;
- б) проведение УЗК;
- в) запись и анализ результатов контроля;
- г) составление отчетов о результатах контроля [7].

Персонал, сертифицированный в соответствии с 1-м уровнем, не несет ответственности за выбор метода контроля или применяемую методику, а также за оценку результатов контроля.

Виды работ для второго уровня:

- а) выбор процесса проведения УЗК согласно выбранному методу;
- б) определение ограничения применения метода контроля;
- в) разработка инструкции проведения неразрушающего контроля с учетом современных условий работы на основании кодексов, стандартов, спецификаций и правил;
- г) определение и проверка установок оборудования;
- д) проведение и руководство контролем;
- е) интерпретирование и оценка результатов контроля на основании кодексов, стандартов, спецификаций или процедур;
- ж) подготовка инструкций по проведению неразрушающего контроля;
- з) выполнение и руководство любыми заданиями в соответствии со 2-м уровнем и ниже;
- и) проведение инструктажей персонала, сертифицированного в соответствии со 2-м уровнем и ниже;
- к) составление отчетов о результатах контроля [10].

Виды работ для третьего уровня:

- а) принятие полной ответственности за аппаратуру для контроля или за экзаменационный центр и его персонал;

- б) утверждение, редактирование в соответствии с общей и технической грамотностью и пересмотр инструкций по неразрушающему контролю;
- в) интерпретация кодексов, стандартов, спецификаций и процедур;
- г) определение конкретных методов контроля, процедур и используемых инструкций по проведению неразрушающего контроля;
- д) выполнение и руководство любыми заданиями на всех уровнях;
- е) проведение инструктажа персонала на всех уровнях.

Персонал 3-го уровня должен продемонстрировать:

- а) компетенцию в оценке и интерпретации результатов контроля в соответствии с кодексами, стандартами, спецификациями и процедурами;
- б) достаточные практические знания касательно применяемых материалов, изготовления и производственной технологии для того, чтобы выбирать методы неразрушающего контроля, устанавливать технику проведения неразрушающего контроля и помогать устанавливать критерии приемки, если они не установлены;
- в) общее знание других методов неразрушающего контроля.

#### **4.3 Разработка занятия для дефектоскопистов ультразвукового контроля на предприятии.**

Для успешной работы дефектоскопистов на предприятии и использованием специализированной техники требуется изучить:

- основы электротехники;
- основы металловедения;
- виды неразрушающего контроля;
- физические основы ультразвуковой дефектоскопии;
- особенности ультразвукового контроля сварных швов, изделий и наплавов.

Для разработки занятия был выбран учебный план профессиональной подготовки по профессии «Дефектоскопист по ультразвуковому контролю», подраздел «Физические основы ультразвуковой дефектоскопии».

Дисциплина: «Ультразвуковой контроль».

Специальность: Специалист по ультразвуковому методу контроля.

Уровень квалификации специалиста: 2

Вид занятия: комбинированный урок.

Тема: «Особенности проведения ультразвуковой дефектоскопии детали типа «Валок»».

Цели занятия:

1. Обучающая: сформировать знания об основных параметрах и методах ультразвукового контроля, их функциональных особенностях, способах настройки дефектоскопа и проведения УЗК детали.
2. Воспитательная: сформировать у обучающихся ответственность за качественное выполнение своих трудовых функций.
3. Развивающая: развить познавательные способности обучающихся, умение анализировать и выделять главное, обобщать полученный материал.

Задачи:

Продолжительность занятия составляет 90 мин.

Материально-техническое обеспечение:

Проектор, ПК, интерактивная доска.

Учебное оснащение: презентация в формате PowerPoint.

В результате освоения темы специалист УЗК должен:

Знать:

- основные параметры УЗК;
- классификацию методов УЗК;
- принцип работы УЗК дефектоскопа;
- особенности проведения контроля детали «Валок»;
- способ настройки УЗК дефектоскопа для контроля «Валок».

Уметь:

- различать виды ПЭП, используемые в дефектоскопии;
- различать схемы прозвучивания валка;
- производить оценку качества и оформление результатов контроля.



## Ход занятия

Таблица 6 – Ход занятия

№	Этап занятия	Время	Деятельность преподавателя	Средства обучения	Деятельность слушателей – специалистов УЗК (предполагаемые ответы)
1	Организационная часть.	5 мин.	Проверка присутствующих по журналу. Организация учебных мест Сообщение темы и цели урока.	-	Рассаживаются по местам.
2	Подготовка к изучению нового материала.	15 мин.	Актуализация знаний Фронтальный опрос по пройденному материалу.	Список вопросов, интерактивная доска.	Отвечают на вопросы Запись темы урока.
3	Объяснение нового материала.	45 мин.	Показ презентации с объяснением: – основные параметры УЗК; – классификация методов УЗК; – принцип работы УЗК дефектоскопа; – виды ПЭП; – подготовка дефектоскопа к контролю; – проведение контроля.	Презентация «Особенности проведения ультразвуковой дефектоскопии детали типа «Валок»».	Читают и записывают текст
4	Закрепление нового материала.	20 мин.	Мини-тест для обучающихся по теме: – виды ПЭП; – методы УЗК; – основные параметры УЗК.	Бланки с тестом.	Письменные ответы на вопросы теста.
5	Подведение итогов занятия Выдача домашнего задания.	5 мин.	Оценивание ответов, выставление оценок.	-	Слушают, записывают.

Для представления нового материала разработана презентация «Особенности проведения ультразвуковой дефектоскопии детали типа «Валок»» – приложение Г.

Лекция преподавателя сопровождается показом слайдов презентации.

Итоговая аттестация проводится по индивидуальным карточкам с тестом и практическим заданием. Карточки с тестами представлены в приложении В.

Оценка знаний и умений после освоения темы производится в бальной системе в соответствии с универсальной шкалой, представленной в таблице 7.

Таблица 7 – Оценочная шкала

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	Балл (оценка)	Вербальный аналог
86 - 100	5	отлично
76 - 85	4	хорошо
51 - 75	3	удовлетворительно
Менее 50	2	не удовлетворительно

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью ВКР являлось разработка методики для проведения УЗК детали «Валок».

Результатами проделанной работы являются:

- в ходе изучения акустического вида неразрушающего контроля выбран метод контроля детали «Валок»;
- проведен сравнительный анализ видов неразрушающего контроля;
- проведен сравнительный анализ дефектоскопов для ультразвукового контроля и выбран наиболее эффективный для контроля детали «Валок»;
- обоснован выбор дефектоскопа и рассмотрены особенности контроля на данном дефектоскопе;
- разработана методика для проведения ультразвукового контроля детали «Валок» на ручном дефектоскопе;
- изучены особенности обучения дефектоскопистов;
- проанализирован профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю»;
- разработано теоретическое и контрольное занятие для проведения аттестации дефектоскопистов.

Применение методики ультразвукового контроля прокатных валков дефектоскопистами в лаборатории неразрушающего контроля позволит наиболее качественно проводить поиск несплошностей и исключить брак, происходящий в результате распространения и расширения невыявленных дефектов, а также повысить производительность контролируемых валков до необходимых потребностей производства. Исключение брака ведёт к обеспечению безопасности при работе прокатного стана, а также повышению срока службы прокатных валков.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алешин Н.П., Белый В.Е. Методы акустического контроля. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.
2. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий: Учеб. для ПТУ. – М.: Высш. шк., 1991. – 271 с.
3. Горкунов Э.С. Магнитопорошковая дефектоскопия и магнитная структуроскопия. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 140 с.
4. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений. – Введ. 2009–04–15. – М.: Стандартинформ, 2009. – 14 с.
5. ГОСТ 3.1105–2011. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения. – Введ. 2012–01–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 24 с.
6. ГОСТ 3.1129-93 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции - Введ. 1993–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 20 с.
7. ГОСТ 3.1130-93 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие требования к формам и бланкам документов. - Введ. 1996–01–01. – М.: Стандартинформ, 1996. – 19 с.
8. ГОСТ Р 54795–2011. Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала. Основные требования. – Введ. 2013–01–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 24 с.
9. ГОСТ Р 56542–2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 2016–06–01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.

10. ГОСТ Р 54795-2011/ISO/DIS 9712 «Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала». – Введ. 2011–12–13. – М.: Стандартиформ, 2011. – 21 с.

11. ГОСТ 30489: EN 473. Определение уровня квалификации и сертификация персонала в области неразрушающего контроля. Общие принципы. Введ. 1999–03–01. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 19 с.

12. ГОСТ Р 55808–2013. Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Методы испытаний. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 47 с.

13. ГОСТ 8479-70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3) - Введ. 1970–01–01. – М: Изд-во стандартов, 1971. – 18 с.

14. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с Изменением N 1). – Введ. 1979–12–13. – М.: Стандартиформ, 2009. – 21 с.

15. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 2011–06–30. – М.: Стандартиформ, 2011. – 21 с.

16. Дефектоскоп ультразвуковой УД9812. Версия программного обеспечения 23.12. Руководство по эксплуатации 46.5537.001.01.000 РЭ. – Екатеринбург: Машиностроение, 2012. – 177 с.

17. 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.

18. Ермолов И.Н., Ермолов М.И. Ультразвуковой контроль: учебник для специалистов первого и второго уровней квалификации. – М.: Азимут, 2006. – 208 с.

19. Киселев В.С. Перспективы обучения и аттестации специалистов неразрушающего контроля в условиях политики импортозамещения [Электронный ресурс] / В.С. Киселев М.В. Радченко Т.Б. Радченко. // Ползуновский Альманах. — Электрон. дан. — 2017. — № 1. — С. 3-7. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/issue/302020> (дата обращения 26.05.2019).

20. Клюев В.В. (ред.) Неразрушающий контроль и диагностика: справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.

21. Клюев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник – М.: Машиностроение, 1976. – 326 с.

22. Крауткремер Й., Крауткремер Г. Ультразвуковой контроль материалов: справочник. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.

23. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: СВЕН, 2007. – 226 с.

24. Крылович В. И. Ультразвуковые частотнофазовые методы исследования и неразрушающий контроль / под ред. А. Г. Шашкова. – М.: Наука и техника, 1985. – 175 с.

25. Ланге Ю.В., Воронков В.А. Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения: справочник. – Изд. 2-е, испр. – М.: Авторское издание, 2003. – 120 с.

26. ОСТ 24.023.22-81 «Валки стальные кованные листовых станов горячей прокатки черных металлов. Ультразвуковой контроль. Типовой технологический процесс» – Введ. 1981–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 39 с.

27. Портной, В.К. Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа [Электронный ресурс] : учебник / В.К. Портной, А.И. Новиков, И.С. Головин. — Электрон. дан. — М.: МИСИС, 2015. — 508 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/69739> (дата обращения 26.05.2019).

28. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 3 декабря 2015 г. №976н «Об утверждении профессионального

стандарта: «Специалист по неразрушающему контролю»» [Электронный источник] // Клаасинформ. – Режим доступа: <http://classinform.ru/profstandarty/40.108-spetcialist-po-nerazrushaiushchemu-kontroliu.html> (дата обращения 26.05.2019).

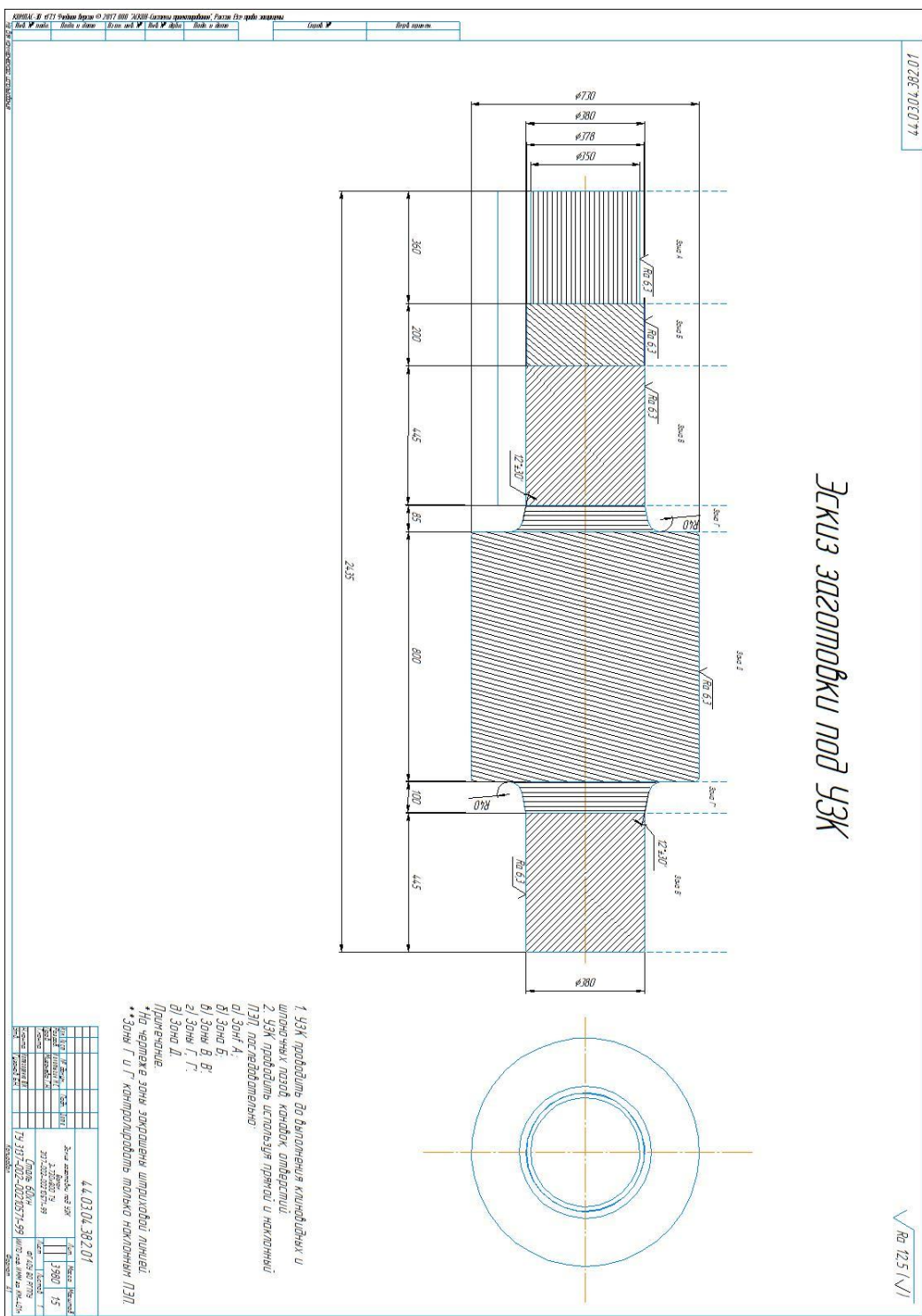
29. ТУ 3137-002-00210571-99 Опорные стальные кованные валки для листовых станов горячей прокатки металла. Технические условия. – Введ. 1999–06–01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 21 с.

30. Хмелев В.Н. Контроль параметров ультразвуковых технологических аппаратов. [Электронный ресурс] / В.Н. Хмелев Д.С. Абраменко Р.В. Барсуков, Д.В. Генне. — Электрон. дан. // Техническая акустика. — 2010. — № 10. — С. 13. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/journal/issue/293824> (дата обращения 26.05.2019).

31. Шрайбер Д.С. Ультразвуковая дефектоскопия. – М.: Металлургия, 1965. – 392 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Чертеж эскиза под УЗК детали «Валок»





## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**Методика по ручному ультразвуковому контролю детали «Валок»**

**ПРОЕКТ**

ПАО «Уралмашзавод»

**МЕТОДИКА РУЧНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ  
БОЧКИ И ШЕЕК КОВАНОВОГО ВАЛКА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ**

Екатеринбург 2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	59
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ .....	60
3 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	61
4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	62
5 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА .....	64
6 ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ .....	65
6.1 Дефектоскоп ультразвуковой .....	65
6.2 Ультразвуковые преобразователи .....	66
6.3 Стандартные образцы предприятия .....	66
7 ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЮ .....	68
7.1 Настройка ультразвукового дефектоскопа.....	68
7.1.1 Установка параметров электроакустического тракта .....	68
7.1.2 Установка режима работы селектора.....	69
7.1.3 Установка диапазона наблюдения сигналов .....	70
7.1.4 Настройка глубиномера.....	70
7.1.5 Настройка временной регулировки чувствительности.....	71
8 ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЯ.....	75
8.1 Сканирование .....	75
8.2 Определение информативных параметров несплошностей .....	77
8.2.1 Измерение амплитуды эхосигнала от несплошности .....	78
8.2.2 Определение условной протяженности несплошности.....	78
8.3 Принятие решения о годности изделия .....	79
8.4 Технологические испытания аппаратуры .....	80
9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ .....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1 Заключение качестве валка по результатам ультразвукового контроля.....	82

## 1 СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

1. НК – неразрушающий контроль;
2. УЗК – ультразвуковой контроль;
3. УЗД – ультразвуковой дефектоскоп;
4. ПЭП – пьезоэлектрический преобразователь;
5. ВРЧ – временная регулировка чувствительности;
6. СО – стандартный образец;
7. СИ – средство измерений;
8. АСД – автоматический сигнализатор дефектов;
9. РШХ – реверберационно-шумовая характеристика.

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Инструкция регламентирует проведение ручного ультразвукового контроля бочки и шеек кованого валка горячей прокатки 3-730x800 по ТУ 3137-002-00210571-99.

Настоящая инструкция использует методические приемы и требования следующих нормативных документов:

ТУ 3137-002-00210571-99 Опорные стальные кованые валки для листовых станов горячей прокатки металла. Технические условия.

ГОСТ 23049-84 Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования

УД9812 Руководство по эксплуатации.

РД 34.10.133-97 Инструкция по настройке чувствительности ультразвукового дефектоскопа.

ОСТ 24.023.22-81 Валки стальные кованые листовых станов горячей прокатки черных металлов. Ультразвуковой контроль. Типовой технологический стандарт.

DIN EN 10228-3-2016 Неразрушающий контроль стальных поковок. Часть 3. Ультразвуковой контроль ферритных или мартенситных стальных поковок.

ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 24507-80 Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии. Технические условия.

### **3 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Настоящая методика распространяется на валки стальные кованные листовых станов горячей прокатки черных металлов, изготавливаемые по ОСТ 24.013.04-23 и ГОСТ 10207-70. Инструкция устанавливает технологию ручного ультразвукового контроля качества металла валков, обеспечивающие обнаружение недопустимых нарушений сплошности. Прозвучивание металла производится наклонным и прямым преобразователями (тип П211 и П221). Используется эхометод. Контролю подвергаются области бочки и шеек до выполнения клиновидных и шпоночных пазов, канавок, отверстий и мест перехода от Ø380 мм к торцу бочки. Предельная чувствительность контроля соответствует эквивалентной площади дефектов 12 мм и более. Максимальная условная протяженность 50 мм.

## 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении работ по ультразвуковому контролю должны выполняться требования техники безопасности и производственной санитарии согласно НТД:

1. ГОСТ Р 12.0.006-2002 Общие требования к управлению охраной труда в организации.

2. ГОСТ 12.3.002-75 (2000) ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

3. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

4. ГОСТ 12.2.033-78 (2001) ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

5. ГОСТ 12.2.061-81 (СТ СЭВ 2695-80) ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

6. ГОСТ 12.1.001-89 Ультразвук. Общие требования безопасности.

7. ГОСТ 12.1.012-90 (1996) ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

8. ГОСТ 12.1.045-84 (1988) ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

11. ГОСТ 12.4.011-89 (СТ СЭВ 1086-88) ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

12. ГОСТ 12.4.016-83 (1996) ССБТ. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества.

Дефектоскописты, задействованные в контроле валков, должны проходить инструктаж по технике безопасности каждые 6 месяцев. Проведение инструктажа регистрируется в специальном журнале.

УЗК стальных кованных валков листовых станов горячей прокатки должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4. 077-79, ГОСТ 12.1.001-89, ГОСТ 12.1.001-89, ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.3.002-2014, ГОСТ 12.1.004-91, а также все виды работ должны проводиться при строгом соблюдении правил техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности, утвержденной в нормативно-технической документации.

К проведению УЗК допускаются специалисты неразрушающего контроля, прошедшие обучение и инструктаж по технике безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

При проведении УЗК должны соблюдаться следующие безопасные методы работы:

- контролируемый валок должен быть надежно закреплен
- рабочая одежда должна быть застегнута на все кнопки и не иметь свисающих элементов.
- должна быть обеспечена защита рук дефектоскописта от непосредственного воздействия ультразвуковых колебаний. Для этого необходимо использовать СИЗ по ГОСТ 26568-85 (перчатки).

Оборудование участков и рабочих мест УЗК дефектоскопами, вспомогательными устройствами и механизмами, а также их обслуживание должно осуществляться в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.1.019, Правилами устройства электроустановок потребителей и Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденными Госэнергонадзором 31.03.92г. и 21.12.84г.

Размещение, хранение, транспортирование и использование дефектоскопических и вспомогательных материалов и отходов производства должно проводиться с соблюдением требований защиты от пожаров по ГОСТ 12.1.004.

Освещенность рабочего места дефектоскописта должна соответствовать действующим нормам за счет общего освещения и быть не менее 500 лк.

## **5 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА**

К проведению ультразвукового контроля допускается персонал, прошедший обучение и аттестованный на 2 или 3 уровень квалификации по акустическим методам НК в системе Ростехнадзора и имеющие соответствующее квалификационное удостоверение.

Ответственность за настройку ручного дефектоскопа и настройку ПЭП возлагается на дефектоскописта или руководителя лаборатории ультразвуковой и магнитной дефектоскопии.

Ответственность за выполнение УЗК и оформление результатов контроля возлагается на дефектоскописта.



## 6 ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ

Комплект оборудования для УЗК валка включает:

- дефектоскоп ультразвуковой ручной;
- преобразователь П 211-2,5-01 - К14;
- преобразователь П211-2,5-60° - К14;
- стандартные образцы СО-2 по ГОСТ Р 55724-2013;
- вспомогательные устройства, приспособления и расходные материалы;
- кабель для подключения ПЭП;
- кабель для подключения дефектоскопа к персональному компьютеру (ПК);
- программное обеспечение передачи данных из дефектоскопа в ПК и сохранения в памяти ПК результатов контроля.

Дефектоскоп вместе с ПЭП должен проходить первичную и периодическую поверку по установленной методике на конкретный вид дефектоскопа. Поверка выполняется в метрологических службах, аккредитованных на право проведения указанных работ.

Стандартные образцы СО-2 должны проходить периодическую поверку в организациях, аккредитованных Росстандартом

Межповерочный интервал 1 год.

### 6.1 Дефектоскоп ультразвуковой

Используются ручные ультразвуковые дефектоскопы общего назначения группа 2 или 3 по ГОСТ 23049-84 «Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования».

Рекомендуется использование ручного УЗД утвержденного типа внесенных в государственный реестр средств измерений Ростехнадзора. Ультразвуковые дефектоскопы должны проходить периодическую поверку в организациях, аккредитованных Ростехнадзором. Межповерочный интервал УЗД приведен в описании типа СИ (1 год).

## **6.2 Ультразвуковые преобразователи**

В данной инструкции используются прямой совмещенный преобразователь П 211-2,5-01 - К14 и наклонный совмещенный преобразователь П211-2,5-60° - К14, которые должны иметь следующие параметры:

- допуск на частоту ультразвуковых колебаний ПЭП не более  $\pm 20\%$  (ГОСТ 14782- 86);
- длительность эхосигнала на уровне -6дБ не более 1,9 мкс;
- длительность реверберационно-шумовой характеристики при усилении 40 дБ не более 18 мкс;
- условная чувствительность по образцу СО-2 не менее 53 дБ.

Каждые 4 часа эксплуатации должны проверяться параметры ПЭП - угол ввода, условная чувствительность и длительность реверберационно-шумовой характеристики. Если данные параметры не удовлетворяют требованиям, преобразователь требуется заменить.

## **6.3 Стандартные образцы предприятия**

Настройка ультразвукового дефектоскопа и проверка параметров ПЭП производится по стандартному образцу СО-2.

Стандартные образцы СО-2 должны проходить первичную и периодическую поверку в организациях, аккредитованных Ростехнадзором. Межповерочный интервал указан в описании типа СИ, 1 год.

Вспомогательные устройства, приспособления и расходные материалы

На рабочем месте дефектоскописта должно находиться следующее вспомогательное оборудование и расходные материалы:

- контактная жидкость;
- емкости для хранения контактной жидкости;
- валик для нанесения контактной жидкости на поверхность изделий;
- ветошь для устранения излишек контактной жидкости;

- линейка металлическая 500мм для разметки изделий;
- мел для нанесения меток на проконтролированные изделия;
- технологическая карта УЗК.
- шариковая ручка.

В качестве контактной жидкости традиционно применяют машинное масло. Также можно использовать смазку на основе обойного клея как контактную жидкость, обладающую хорошей смачиваемостью и легко удаляющуюся с поверхности изделий.

Обойный клей растворяют в теплой воде (20°C) в объемном отношении 1:1 ÷ 1:3 в зависимости от требуемой густоты смазки. Добавляют 3÷5% глицерина для предотвращения засыхания и 1 ÷ 2% тринатрийфосфата для ослабления корродирующего действия смазки на металлические поверхности.

## **7 ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЮ**

Подготовка и проверка средств УЗК выполняется в начале и в конце каждой рабочей смены, а также при замене дефектоскопа, преобразователей или кабелей, и по решению дефектоскописта.

### **7.1 Настройка ультразвукового дефектоскопа**

Подготовка аппаратуры включает следующие операции.

**Внешний осмотр.** Осмотр корпуса дефектоскопа, соединительных кабелей, разъемов и преобразователей на отсутствие механических повреждений.

**Опробование.** Подключение дефектоскопа к электрической сети. Включение дефектоскопа. На экране прибора выводится заставка с типом, номером и версией программного обеспечения дефектоскопа.

Проверка основных параметров контроля, на примере УЗД УД9812:

- установка параметров электроакустического тракта;
- установка режима работы селектора;
- установка диапазона наблюдения сигналов;
- настройка глубиномера;
- настройка ВРЧ;
- настройка АСД.

#### **7.1.1 Установка параметров электроакустического тракта**

Требуется подключить ПЭП к дефектоскопу при помощи соединительного кабеля. Соедините контакт однопроводного интерфейса преобразователя с контактом «ПЭП» на передней панели прибора. При правильном подключении УЗД считывает память преобразователя и выведет на экран сообщение (рис. Б1)

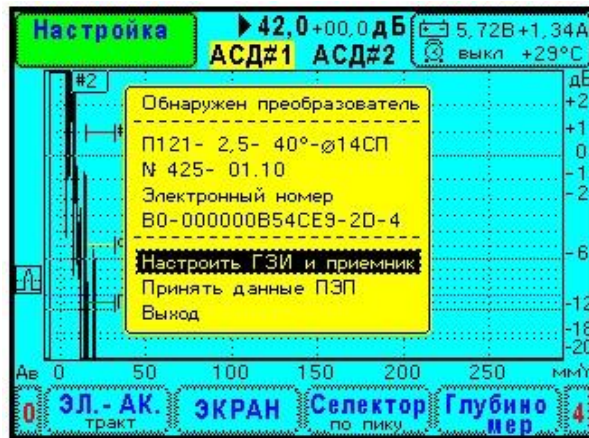


Рисунок Б1 - Данные преобразователя

Здесь требуется выбрать пункт «Настроить ГЗИ и приемник». Прибор автоматически настроит параметры генератора зондирующих импульсов и приемника для максимально оптимальной работы с подключенным ПЭП, если все подключено верно и не присутствует никаких сбоев, то на экран дефектоскопа выведется окно с сообщением об успешной установке параметров электро-акустического тракта прибора. Для подтверждения следует нажать кнопку ↵.

### 7.1.2 Установка режима работы селектора

Селектор ультразвукового дефектоскопа УД9812 предназначен для выделения эхосигналов цветом на экране дефектоскопа, а также для измерения их параметров. Для УЗК валка требуется определить амплитуду эхосигналов относительно браковочного уровня АСД #1 и координаты несплошности X, Y.



Рисунок Б2 - Режим работы селектора

Необходимо выбрать кнопку «Селектор» и элемент «Установка измерений» (рис. Б2). В окне параметров селектора Нужно установить:

- режим измерения амплитуды «дБ от АСД #1»;
- режим измерения по пику;
- измерение координат X,Y «вкл».

Затем следует установить положение уровня селектора по вертикали. После этого следует установить ширину маркера захвата.

Для проверки требуется использовать эхосигнал от отверстия Ø6мм в контрольном образце СО-2.

### 7.1.3 Установка диапазона наблюдения сигналов

Необходимо провести установку начального диапазона развертки дефектскопа. Требуется выбрать кнопку «ЭКРАН», установить разметку экрана по горизонтали «ммУ», ширину развертки 200мкс, сдвиг развертки -2мкс (рис. Б3).

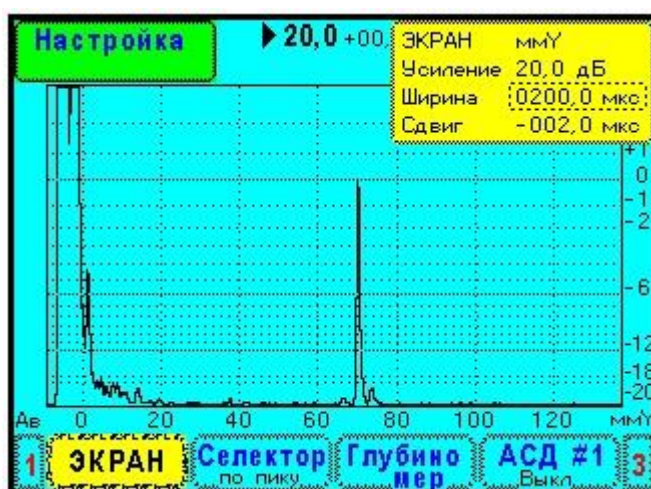


Рисунок Б3 - Диапазон наблюдения эхосигналов.

### 7.1.4 Настройка глубиномера

Настройка глубиномера заключается в измерении и установки задержки двух эхосигналов от отражателей с известными координатами для автоматического определения параметров глубиномера.

Для настройки глубиномера, требуется использовать СО-2. Требуется выбрать кнопку «Глубиномер», и используя элемент дефектоскопа «Авторасчет» начать процесс настройки.

Выберите меню «Глубиномер», установите стиль «Авторасчет» и начинайте процесс настройки.

Нужно найти максимальный строб эхосигнала от нижнего угла образца СО-2. С помощью металлической линейки определить расстояние от торца ПЭП до торца СО-2. На дефектоскопе нужно выбрать и установить элемент «Эхо 1».

После этого требуется провести подобные операции для эхосигнала от верхнего угла СО-2, отраженным пучком ультразвуковой волны. С помощью этого определяется время задержки второго эхосигнала и расстояние от передней кромки ПЭП до торца СО-2.

Далее нужно установить параметры глубиномера, выбрав элемент «Настройка Н,Х,У».

Проведите настройку шкалы координат У. Вначале установите расстояние между эхосигналами  $\Delta Y = 59$  мм для бочки вала, затем координату первого эхосигнала  $Y1 = 59$  мм.

Аналогично необходимо произвести настройку шкалы Х. Требуется найти расстояние между эхосигналами  $\Delta X = X2 - X1$ . Далее установите координату  $X1$ .

### **7.1.5 Настройка временной регулировки чувствительности**

ВРЧ в приборе реализовано 2 типа расчетов: ручной и теоретический. Требуется выбрать «теоретический расчет». Этот способ позволяет избавиться от крупногабаритных образцов и свести настройку к СО-2 за счет использования АРД-диаграммы. Таким образом, выравнивание амплитуд эхосигналов осуществляется автоматически

Необходимо нажать кнопку «ВРЧ» и выбрать элемент «Теор. расчет».

Этапы настройки ВРЧ:

1. Выбор параметров кривой ВРЧ. Выберите элемент «Тип кривой». В окне параметров кривой ВРЧ необходимо установить скорость звуковых волн в стали – 3260 м/с и затухание волн - 004,0 дБ/м, тип кривой -  $R^2$ .



Рисунок Б4 - Настройка параметров кривой ВРЧ

2. Установка зоны ВРЧ. В окне редактирования (рис. Б5) . Необходимо поставить точку «Начало» - 20 мкс, точку «Конец» - 180 мкс. В этом случае кривая ВРЧ охватывает весь диапазон задержек эхосигналов, необходимый для контроля валка.

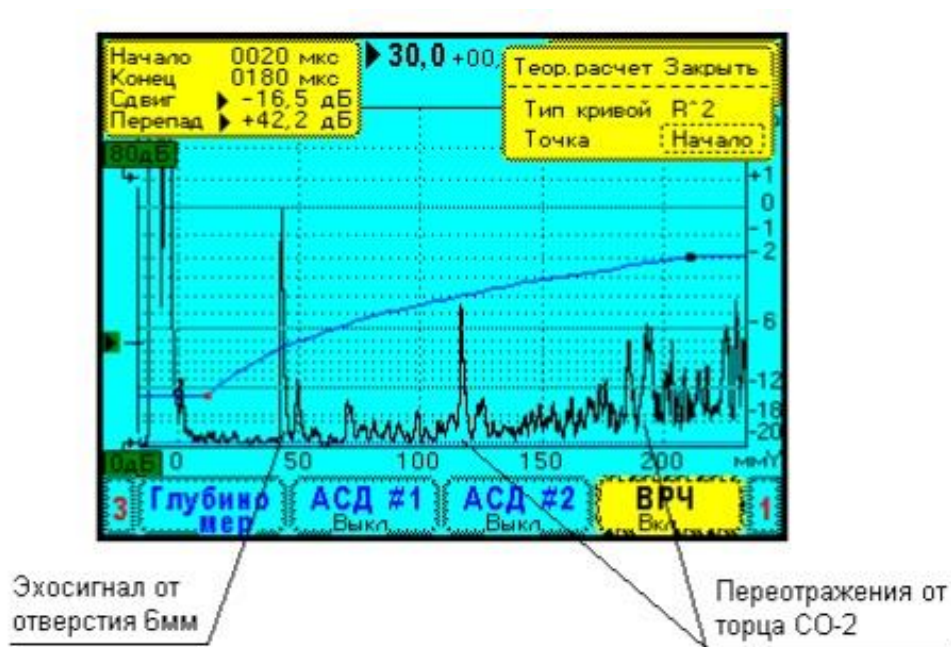


Рисунок Б5 - Установка зоны ВРЧ



3. Настройка браковочного уровня. Требуется произвести поиск максимального строба, выведенного на экран от эхосигнала от отверстия в СО-2 Ø6мм. Отверстие находится на глубине 44 мм.

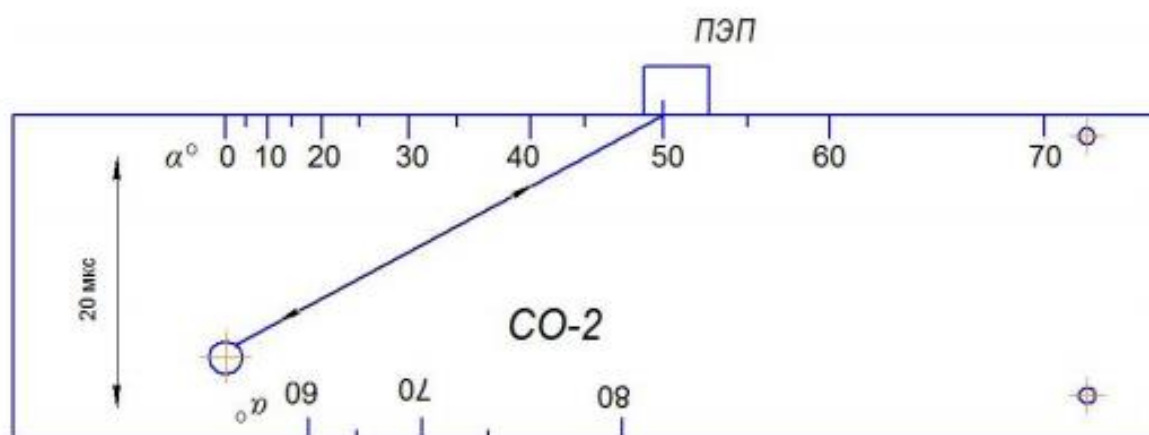


Рисунок Б6 - Проверка чувствительности ПЭП

#### 7.1.6 Настройка автоматического сигнализатора дефектов

Дефектоскоп оснащен автоматическим сигнализатором дефектов, который показывает на экране дефектоскопа три пороговых уровня – браковочный, уровень фиксации и поисковый уровень.

Начало строба АСД #1 устанавливают от места окончания реверберационных шумов ПЭП (5-8мм). Положение конца строба АСД #1 зависит от области контроля валка. При контроле бочки валка Ø730 мм конец строба выставляется на размер Ø1460 мм, при контроле шеек валка Ø350 и Ø700, Ø380 и Ø760 соответственно. так как контроль производится не только прямыми, но и отраженными пучками ультразвуковых волн.

Браковочный уровень АСД #1 должен соответствовать эквивалентной площади отражателя  $12\text{мм}^2$ . Браковочный уровень АСД #1 ставится на 0 дБ по всей развертке экрана (рис. Б7).

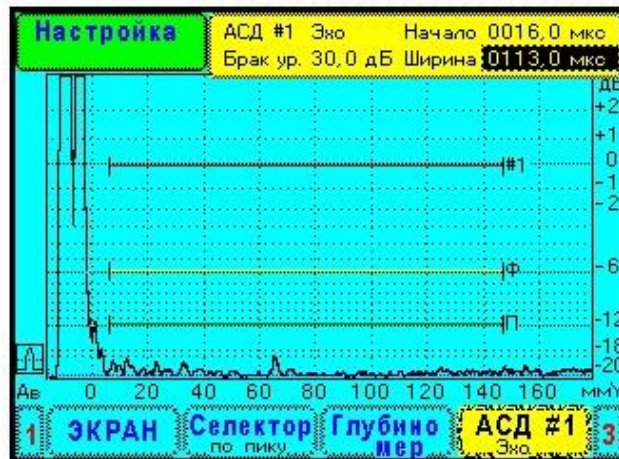


Рисунок Б7 -Настройка АСД #1

## 7.2 Подготовка изделия к контролю

Поверхность прозвучиваемого металла для ввода ультразвуковых колебаний необходимо очистить от различного вида загрязнений.

Шероховатость поверхности ввода для проведения УЗК должна быть не более Rz40 и обработана до видного не вооруженному взгляду металлического блеска

Ответственность за очистку поверхностей детали перед УЗК несет мастер рабочей смены.

## 8 ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЯ

Процесс ультразвукового контроля деталей состоит из следующих этапов:

- сканирование;
- определение информативных параметров дефектов;
- принятие решения о годности изделия;
- технологическое испытание аппаратуры.

Все операции неразрушающего контроля проводят в режиме УЗД «УЗ контроль». Принятие решения о годности изделия осуществляется в соответствии с требованиями чертежа.

### 8.1 Сканирование

Задача сканирования – обеспечить контроль всей детали, путем прозвучивания полного объема металла. Поверхность металла смачивают контактной жидкостью, затем производят продольнопоперечное сканирование по поверхности изделия (рис. Б8, Б9). Шаг сканирования выбирают не более  $\frac{1}{2}$  размера пьезоэлемента в ПЭП – 7мм. При ручном УЗК скорость сканирования не должна превышать 150 мм/с.

Требования к объемам прозвучивания изделий и способам сканирования:

1. При контроле бочки и шеек валка сканирование осуществляется в двух взаимноперпендикулярных направлениях, используя угловой преобразователь П211-2,5-60° - К14 (рис. Б8, Б9), а также используя продольную схему контроля прямым преобразователем П 211-2,5-01 - К1 (рис. Б8).

Контроль производится последовательно (рис. Б10):

- Зона А;
- Зона Б;
- Зоны В, В’;
- Зоны Г, Г’;
- Зона Д.

Прозвучивание происходит до выполнения клиновидных и шпоночных пазов, канавок, отверстий. При прозвучивании после их выполнения могут возникнуть ложные эхосигналы. При необходимости требуется идентифицировать эти сигналы как ложные.

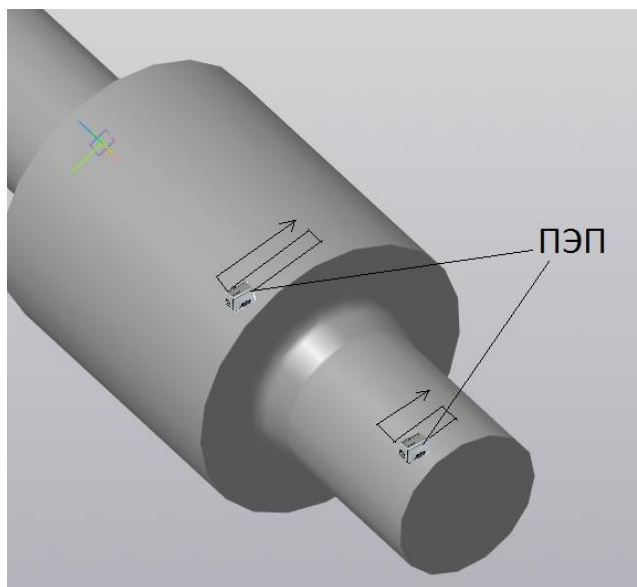


Рисунок Б8 - Схема прозвучивания 1

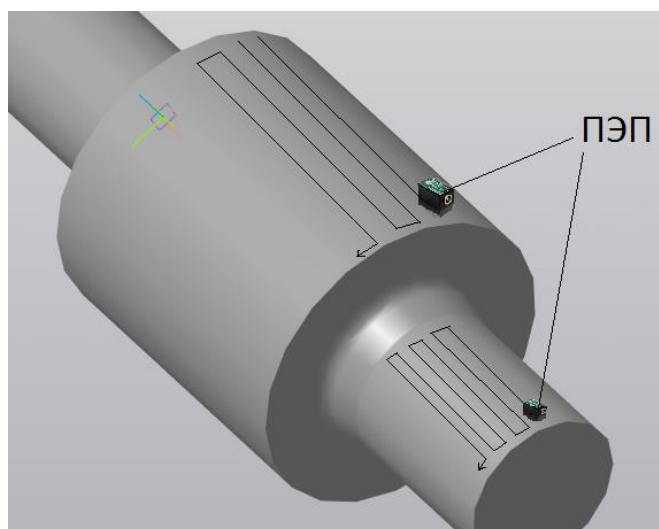


Рисунок Б9 - Схема прозвучивания 2

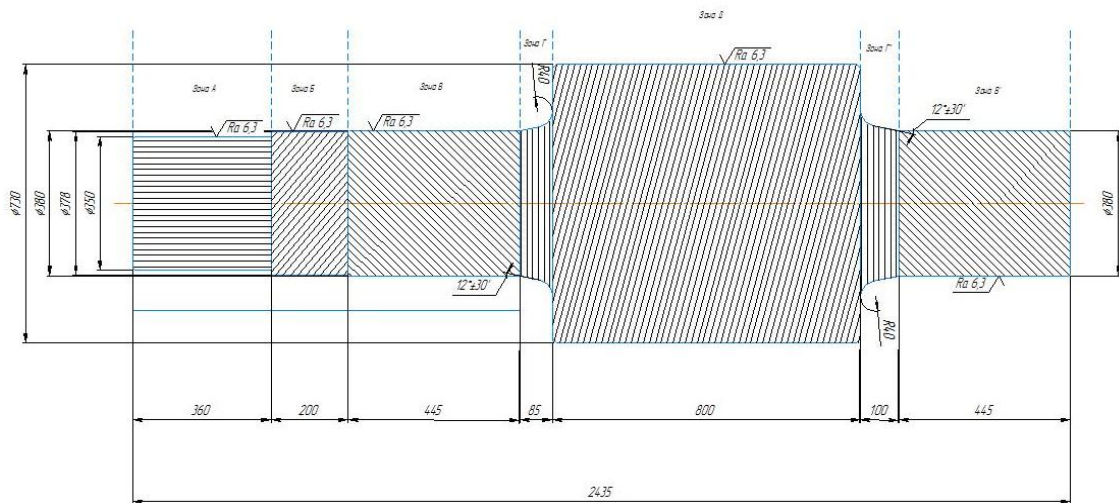


Рисунок Б10 - Зоны прозвучивания

При обнаружении эхосигнала, превышающего поисковый уровень АСД#1, сканирование металла прекращают. Затем находят положение преобразователя, в котором наблюдается максимум эхосигнала. Проводят проверку, существенный ли это дефект. Амплитуду эхосигнала сравнивают с уровнем фиксации АСД#1. Если эхосигнал не превышает уровень фиксации, следовательно дефект не существенный, это означает, что можно продолжать сканирование.

Если эхосигнал превышает уровень фиксации – дефект существенный, переходят к следующему этапу контроля – определению информативных параметров дефекта.

## 8.2 Определение информативных параметров несплошностей

Для принятия решения о годности изделий используются следующие информативные параметры:

- амплитуда максимального эхосигнала от , установленная в процессе измерения относительно браковочного уровня АСД #1,
- условная протяженность дефекта ,

Определение информативных параметров проводится в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации применяемого УЗД.

## 8.2.1 Измерение амплитуды эхосигнала от несплошности

Параметры эхосигналов, измеряемые селектором, устанавливаются во время настройки прибора.

Кнопка меню «СЕЛЕКТОР» в окне управления на экране предназначена для перемещения символа селектора. Требуется захватить с помощью селектора эхосигнал от дефекта (рис. Б11). Результаты измерений будут выведены в окне сверху экрана.

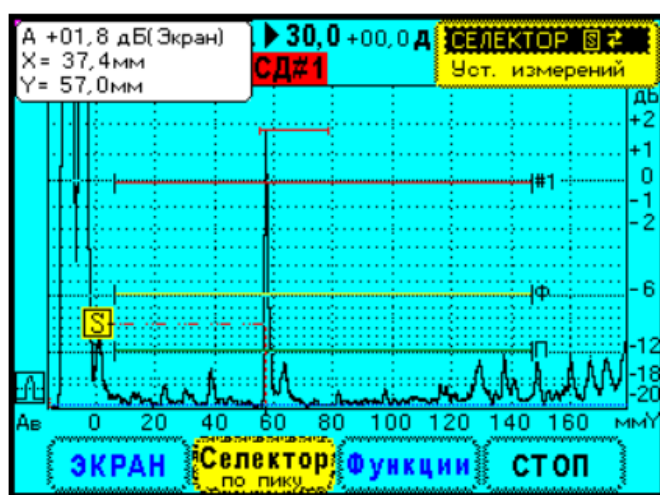


Рисунок Б11 - Измерение амплитуды эхосигнала от дефекта.

## 8.2.2 Определение условной протяженности несплошности

Условную протяженность определяют на уровне фиксации АСД #1. Измерение проводят следующим образом: находят максимум эхосигнала, положение ПЭП 1 (Строб вышел за желткую линию), затем перемещают ПЭП вдоль несплошности и находят положение ПЭП 2, в котором амплитуда эхосигнала уменьшается до уровня фиксации АСД#1. Условную протяженность дефекта – расстояние между положениями ПЭП 1 и 2 измеряют с помощью металлической линейки.



Рисунок Б12 - Максимум эхосигнал. Положение ПЭП 1.



Рисунок Б13 - Эхосигнал на уровне фиксации АСД #1. Положение ПЭП 2.

### 8.3 Принятие решения о годности изделия

Решение о годности или о браке изделия принимается на основе анализа выдаваемых данных на дисплее дефектоскопа. Решение о браке принимают в следующих случаях:

1. Амплитуда эхосигнала от несплошности превышает браковочный уровень АСД #1;
2. В бочке валка в рабочем слое толщиной 65 мм (от поверхностного слоя 10мм) несплошности эквивалентным диаметром более 2 мм;
3. В остальной части валка:
  - 3.1. Одиночные несплошности эквивалентным диаметром 12 мм и более;



3.2. Скопления несплошностей эквивалентным диаметром 6 мм и более, размером более 50 мм в любом направлении.

#### **8.4 Технологические испытания аппаратуры**

Технологические испытания состоят в проверке работоспособности аппаратуры (УЗД и ПЭП) и в проверке настройки дефектоскопа.

Проверку работоспособности аппаратуры требуется проводить каждые 4 часа при непосредственном выполнении УЗК.

В первую очередь необходимо проверить и скорректировать браковочный уровень автоматического сигнализатора дефектов, положение строга автоматического сигнализатора дефектов, настройку ВРЧ. Другие параметры прибора проверяют по необходимости.

Технологические испытания пьезоэлектрических преобразователей проводятся не реже, чем через каждые 4 часа и по завершению контроля. При испытаниях пьезоэлектрических преобразователей определяют угол стрелы ввода, условную чувствительность и длительность реверберационно-шумовой характеристики. Если какая-либо характеристика пьезоэлектрических преобразователей выходит за пределы допустимых значений, преобразователь выводится из эксплуатации и заменяется на аналогичный.



## **9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ**

После УЗК валка заполняется заключение «О качестве валка по результатам ультразвукового контроля», в которые вносятся информативные параметры несплошностей, а также эскиз валка с обозначением на нем протяженности несплошности и условных размеров.

При технологической необходимости контуры обнаруженных дефектов отмечают белым мелом на поверхности валка.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1

ОАО «УРАЛМАШЗАВОД»  
Отдел неразрушающих  
методов контроля

ЗАКЛЮЧЕНИЕ №  
о качестве валка по результатам ультразвукового контроля

Номер заказа \_\_\_\_\_ Номер валка \_\_\_\_\_  
Чертеж \_\_\_\_\_ Тип валка \_\_\_\_\_  
Размеры \_\_\_\_\_ Сталь \_\_\_\_\_  
Плавка \_\_\_\_\_ Документ по контролю \_\_\_\_\_  
Параметры контроля:  
Тип прибора \_\_\_\_\_ Преобразователи \_\_\_\_\_  
Частота \_\_\_\_\_  
Чувствительность контроля \_\_\_\_\_

Результаты контроля:

---

---

---

---

Эскиз:

Дефектоскопис \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заключение \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Тестовое задание для проведения аттестации дефектоскопистов по УЗК

Выберите правильный вариант ответа

(Примечание. правильный вариант ответа может быть только один).

1. Узел дефектоскопа, служащий для измерения расстояния до дефекта называется:

- 1) Усилитель;
- 2) Синхронизатор;
- 3) Автоматический сигнализатор дефектов;
- 4) Глубиномер.

2. Передвижение преобразователя по поверхности изделия называется:

- 1) Демпфирование;
- 2) Сканирование угла;
- 3) Сканирование;
- 4) Калибровка.

3. Лучевая разрешающая способность преобразователя увеличивается с увеличением:

- 1) Диаметра пластины;
- 2) Ширины полосы пропускания;
- 3) Частоты повторения импульсов;
- 4) Толщины пластины.

4. Преобразование акустических колебаний в электрический сигнал называют:

- 1) Прямым пьезоэлектрическим эффектом;
- 2) Обратным пьезоэлектрическим эффектом;
- 3) Упругостью;
- 4) Демпфированием.

5. Расстояние между крайними положениями ПЭП, в которых амплитуда эхо-импульса от дефекта уменьшается до порога называют:

- 1) Условной высотой дефекта;

- 2) Условным размером дефекта;
- 3) Эквивалентным размером дефекта;
- 4) Эквивалентной высотой дефекта.

6. Процесс выставления характеристик прибора по стандартному образцу называется:

- 1) Сканирование;
- 2) Развертка;
- 3) Проверка чувствительности;
- 4) Калибровка.

7. Поперечные волны могут распространяться:

- 1) Только жидкостях и газах;
- 2) Только в твердых средах;
- 3) Только в жидкостях и твердых средах;
- 4) Во всех средах.

8. Использование каких частот приводит к наибольшим потерям за счет затухания:

- 1) 1 МГц;
- 2) 2,5 МГц;
- 3) 5 МГц;
- 4) 10 МГц.

9. Затухание волны приводит к уменьшению:

- 1) Длины волны;
- 2) Частоты волны;
- 3) Амплитуды волны;
- 4) Скорости волны.

10. Угловое положение отражающей поверхности дефекта по отношению к поверхности ввода УЗК называется:

- 1) Угол падения;
- 2) Угол преломления;
- 3) Ориентация дефекта;
- 4) Отражение угла падения.

11. В какой среде скорость ультразвука является наименьшей:

- 1) Воздух;
- 2) Вода;
- 3) Сталь;
- 4) Бетон.

12. Дефекты типа «шлаковое включение», в зависимости от условий образования, могут быть:

- 1) Линейными;
- 2) Единичными;
- 3) Скоплением;
- 4) Все ответы верны.

13. Двадцать пять млн. колебаний в секунду иначе могут быть названы как:

- 1) 25 КГц;
- 2) 250 КГц;
- 3) 25 МГц;
- 4) 25 мкГц.

14. Продольные УЗ волны в алюминии имеют скорость 6365 м/с при этом длина волны на частоте 1 МГц равна:

- 1) 0,48 мм;
- 2) 0,1 мм;
- 3) 6,35 мм;
- 4) 48 мкм.

15. Что из перечисленного не является основной измеряемой характеристикой дефекта при УЗК:

- 1) Условные размеры дефекта;
- 2) Условное расстояние между дефектами;
- 3) Количество дефектов на определенной длине соединения;
- 4) Конфигурация и ориентация.

16. Преобразование волн одного типа в волны другого типа, происходящее на границе раздела двух сред, называется:

- 1) Отражением;
- 2) Преломлением;
- 3) Трансформацией;
- 4) Поляризацией.

17. Узел обеспечивающий согласованную работу по времени всех узлов УЗ дефектоскопа называется:

- 1) Индикаторное устройство электронно-лучевой трубки;
- 2) Приемник;
- 3) Генератор импульсов возбуждения;
- 4) Синхронизатор.

18. Ультразвуковой дефектоскоп позволяет выявить наличие дефектов в деталях из материалов:

- 1) Большинство однородных материалов;
- 2) Токопроводящих;
- 3) Ферромагнитных;
- 4) Большинство видов металлов.

19. Зондирующий импульс формируется:

1) В преобразователе в результате отражения ультразвуковых волн от дефектов;

- 2) В дефектоскопе для возбуждения преобразователя;
- 3) В дефектоскопе для синхронизации работы его узлов;
- 4) В преобразователе для ввода ультразвука в объект.

20. 20.Какая из приведенных поверхностей имеет наименьшую шероховатость:

- 1) Обработанная  $Rz=60$ ;
- 2) Обычная отливка;
- 3) Обработанная  $Rz=20$ .
- 4) Необработанная поверхность.

Таблица В-1 - Ключ ответов:

№ вопроса	Правильный вариант ответа
1	4
2	3
3	4
4	1
5	2
6	4
7	2
8	4
9	3
10	3
11	1
12	4
13	3
14	3
15	4
16	3
17	4
18	1
19	2
20	2

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

**Презентация занятия на тему: «Особенности проведения ультразвуковой дефектоскопии детали типа «Валок»»**

**Тема занятия: Особенности проведения ультразвуковой дефектоскопии детали типа «Валок»**

### Цели занятия

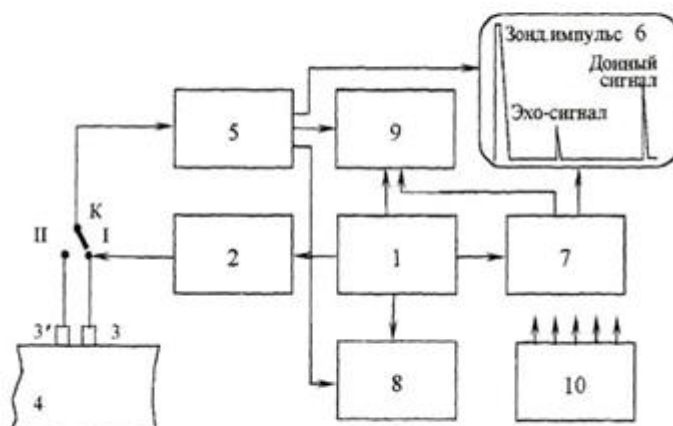
1. Ознакомиться с методами ультразвукового контроля.
2. Изучить классификацию методов УЗК;
3. Изучить принцип работы УЗК дефектоскопа;
4. Рассмотреть особенности проведения контроля детали «Валок»;
5. Узнать способ настройки УЗК дефектоскопа для контроля «Валок».



## Содержание

1. Устройство ультразвукового дефектоскопа
2. Принцип действия ультразвукового дефектоскопа
3. Виды ПЭП
4. Классификация основных методов УЗК
5. Область применения
6. Подготовка дефектоскопа к контролю
7. Проведение контроля
8. Сканирование металла
9. Схемы прозвучивания валка
10. Оценка качества и оформление результатов контроля

### Устройство ультразвукового дефектоскопа



## Устройство ультразвукового дефектоскопа

- 1 - задающий генератор (синхронизатор);
- 2 - генератор радиоимпульсов (импульсов возбуждения);
- 3, 3' - ПЭП;
- 4 - контролируемое изделие;
- 5 - усилитель (приемное устройство);
- 6 - электронно-лучевая трубка;
- 7 - генератор развертки электро-лучевой трубки;
- 8 - блок цифрового отсчета координат;
- 9 - автоматический сигнализатор дефектов;
- 10 - блок питания;
- К - переключатель режимов работы.

## Принцип действия дефектоскопа

Задающий генератор вырабатывает импульсы, запускающие генератор радиоимпульсов и генератор развертки. Генератор радиоимпульсов формирует кратковременные высокочастотные электрические импульсы, которые подаются на пьезоэлемент ПЭП и возбуждают его. При контроле ПЭП прижимают к изделию. Пьезоэлемент, колеблясь с частотой генератора, передает эти колебания изделию, которые распространяются в нем в виде направленного пучка ультразвуковых волн.

## Виды пьезоэлектрических преобразователей

Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) применяются в ультразвуковом НК, выступая в качестве излучателя и приемника ультразвукового импульса обрабатываемого УЗ дефектоскопом. Принцип действия ПЭП основан на пьезоэлектрическом эффекте – явлении возникновения электрической поляризации под действием механических напряжений.

## Виды пьезоэлектрических преобразователей

**По углу ввода колебаний различают:**

- Прямые преобразователи вводят и (или) принимают колебания по нормали к поверхности объекта контроля в точке ввода.
- Наклонные преобразователи вводят и (или) принимают колебания в направлениях отличных от нормали к поверхности объекта контроля.




## Виды пьезоэлектрических преобразователей

По способу размещения функций излучения и приема УЗ сигнала различают:

- Совмещенные ПЭП где один и тот же пьезоэлемент, работает как в режиме излучения так и в режиме приема.
- Раздельно-совмещенные преобразователи где в одном корпусе размещены два и более пьезоэлемента, один из которых работает только в режиме излучения, а другие в режиме приема.

## Классификация основных методов УЗК

В ультразвуковой дефектоскопии чаще всего используют три основных метода:

- теневой 
- зеркально-теневой 
- эхо-импульсный 

«И» – излучатель, «П» – приемник.

1 - излучатель  
2 - приемник

## Область применения УЗК

Ультразвуковая дефектоскопия может быть применена практически к любому материалу для выявления скрытых трещин, пористости, шлаковых включений и других подобных дефектов. Ультразвуковые дефектоскопы используются не только для контроля качества стальных и других металлических конструкций, но и для контроля изделий из пластиковых и композитных материалов, стекловолокна и керамики.

## Подготовка дефектоскопа к контролю

Подготовка и проверка средств УЗК выполняется в начале каждой рабочей смены.

**Подготовка аппаратуры включает следующие операции:**

- Внешний осмотр. Осмотр корпуса дефектоскопа, соединительных кабелей, разъемов и преобразователей на отсутствие механических повреждений.
- Опробование. Подключение дефектоскопа к электрической сети. Включение дефектоскопа. На экране прибора выводится заставка с типом, номером и версией программного обеспечения дефектоскопа.
- Проверка основных параметров контроля.

## Подготовка дефектоскопа к контролю

- Проверка основных параметров контроля, на примере УЗД УД9812:
- установка параметров электроакустического тракта;
- установка режима работы селектора;
- установка диапазона наблюдения сигналов;
- настройка глубиномера;
- настройка ВРЧ;
- настройка АСД.



## Проведение контроля

**Процесс ультразвукового контроля деталей состоит из следующих этапов:**

- сканирование,
- определение информативных параметров дефектов,
- принятие решения о годности изделия,
- технологическое испытание аппаратуры.

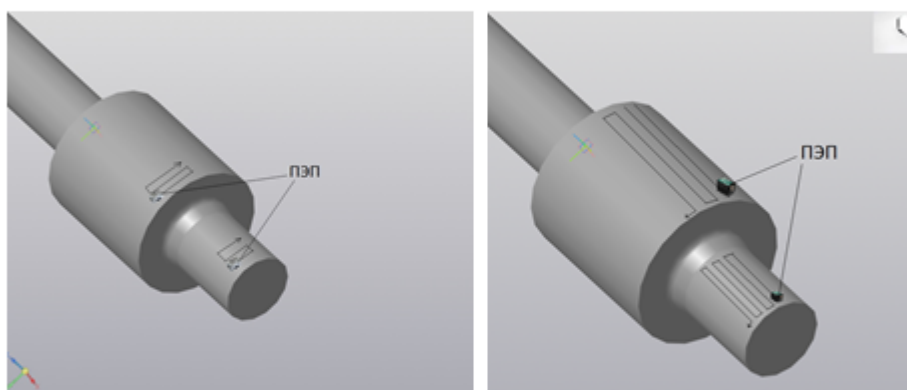
Все операции неразрушающего контроля проводят в режиме УЗД «УЗ контроль». Принятие решения о годности изделия осуществляется в соответствии с требованиями чертежа.

## Сканирование металла

Задача сканирования – обеспечить контроль всей детали, путем прозвучивания полного объема металла.

Поверхность металла смачивают контактной жидкостью, затем производят продольнопоперечное сканирование по поверхности изделия. Шаг сканирования выбирают не более  $\frac{1}{2}$  размера пьезоэлемента в ПЭП. При ручном УЗК скорость сканирования не должна превышать 150 мм/с.

## Схемы прозвучивания валка



Прозвучивание осуществляется в двух взаимноперпендикулярных направлениях, используя угловой преобразователь П211-2,5-40<sup>в</sup> - К14, а также используя продольную схему контроля прямым преобразователем П 211-2,5-01 - К1. Используется эхометод. Контролю подвергаются области бочки и шеек до выполнения клиновидных и шпоночных пазов, канавок, отверстий и мест перехода к торцам бочки.



## Оценка качества и оформление результатов контроля

Решение о годности или о браке изделия принимается на основе анализа выдаваемых данных на дисплее дефектоскопа. Решение о браке принимают в зависимости от конкретных параметров дефектов, указанных в технической документации



## Оценка качества и оформление результатов контроля

После УЗК валка заполняется заключение «С качестве валка по результатам ультразвукового контроля», в которые вносятся информативные параметры несплошностей, а также эскиз валка с обозначением на нем протяженности несплошности и условных размеров.

При технологической необходимости контуры обнаруженных дефектов отмечают белым мелом на поверхности валка.

ОАО «УРАЛМАШЗАВОД»  
Отдел неразрушающих методов контроля

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № \_\_\_\_\_  
о качестве валка по результатам ультразвукового контроля

Номер заказа \_\_\_\_\_ Номер валка \_\_\_\_\_  
Чертеж \_\_\_\_\_ Тип валка \_\_\_\_\_  
Размеры \_\_\_\_\_ Сталь \_\_\_\_\_  
Плавка \_\_\_\_\_ Документ по контролю \_\_\_\_\_  
Параметры контроля: \_\_\_\_\_  
Тип прибора \_\_\_\_\_ Преобразователи \_\_\_\_\_  
Частота \_\_\_\_\_  
Чувствительность контроля \_\_\_\_\_

Результаты контроля: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Эскиз: \_\_\_\_\_

Дефектоскопист: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Заключение: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

## Плакат – сравнительные характеристики основных методов неразрушающего контроля

Сравнительная характеристика основных параметров методов неразрушающего контроля		
Метод	Область применения, контролируемые дефекты	Пределная чувствительность
Оптический	Контроль внешнего вида изделия. Поверхностные дефекты: трещины, равнины включения и др.	Визуально: трещины с раскрытием более 0,1 мм. С помощью оптических устройств: трещины с раскрытием более 0,01 мм и протяженностью более 0,1 мм.
Акустический	Контроль изделий из различных материалов. Внутренние и поверхностные дефекты, расхождение. Размеры изделий, физико-механические свойства, хим. состав.	Трещины с раскрытием 0,01 мм и глубиной 0,1 мм. Эффективная площадь дефекта не менее 0,5 мм <sup>2</sup> .
Электрические и электромагнитные (вихревые).	Изделия из электропроводящих материалов. Открытые и закрытые поверхностные дефекты, отклонение хим. состава, электропроводность, магнитные свойства.	Трещины: - с раскрытием 0,005 мм; - глубиной 0,2 мм; - протяженностью 1 мм
Радиационные: - рентгеновский контроль; - γ-контроль; - β-дефектоскопия; - нейтроннография.	Внутренние дефекты	Параметры дефекта: - глубина задегания – до 6% от толщины; - ширина дефекта – 0,1 мм
Тепловой	Радиозакрывающая аппаратура. Нарушение сплошности, хим. состав, распределение температуры по объекту контроля.	Перепад температур – 0,1 К.
Магнитные: - магнитопорошковые; - магнитографический.	Контроль изделий из ферромагнитных материалов. а, в – поверхностные и подповерхностные дефекты: трещины, включения на глубине 2,5 – 3 мм. б – дефекты на глубине до 30 мм; в – трещины, включения, включения.	а, б – трещины с раскрытием 0,001 мм и протяженностью 0,3 мм; в – трещины с раскрытием 0,0005 мм и глубиной 0,03 мм; г – трещины с размером более 10% от толщины изделия.
Капиллярный	Все виды изделий. Поверхностные трещины, поры, коррозионные поражения.	Трещины с раскрытием 0,002 мм и протяженностью 0,1 мм