

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО  
КОНТРОЛЯ ДЕТАЛИ «ОСЬ» НА УСТАНОВКЕ САУЗК «ОСЬ-4»**

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»

Идентификационный код ВКР: 363

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации  
и методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО  
КОНТРОЛЯ ДЕТАЛИ «ОСЬ» НА УСТАНОВКЕ САУЗК «ОСЬ-4»**

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 ЗКМ-405С

А.М. Слязин

Руководитель:  
доцент, канд. пед. наук,  
доцент кафедры ТМС

А.С. Кривоногова

Нормоконтролер:  
доцент, канд. пед. наук,  
доцент кафедры ТМС

А.С. Кривоногова

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики профессионально-  
го обучения  
Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
Профиль «Машиностроение и материалобработка»  
Профилизация «Сертификация, метрология и управление качеством в машинострое-  
нии»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ТМС

\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина

(подпись)

## ЗАДАНИЕ

### на подготовку выпускной квалификационной работы

Обучающегося группы ЗКМ-405С

Фамилия Слязин Имя Александр Отчество Михайлович

1. Тема выпускной квалификационной работы Разработка документации для ульт-  
развукового контроля детали «Ось» на установке САУЗК «ОСЬ-4»

Утверждена: Протокол заседания кафедры от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

2. Руководитель Кривоногова Анна Сергеевна  
(фамилия, имя отчество полностью)

канд. пед. наук доцент доцент кафедры ТМС Института ИПО  
(ученая степень) (ученое звание) (должность) (место работы)

3. Место преддипломной практики ООО «Уральские локомотивы»

4. Идентификационный код ВКР 363

5. Исходные данные к работе: чертеж детали «ОСЬ 2ЭС6»

6. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1). *Основы неразрушающего контроля в машиностроении (функционал департамента по качеству и лаборатории неразрушающего контроля в частности, основные сведения о неразрушающем контроле и ультразвуковом контроле).*

2). *Основы неразрушающего контроля детали «Ось» (основные сведения о неразрушающем контроле детали «Ось» и ультразвуковом контроле данной детали в частности, конструкция и принцип действия установки САУЗК «ОСЬ-4», особенности контроля на данной установке, разработка технологической инструкции для проведения ультразвукового контроля детали «Ось» на установке САУЗК «ОСЬ-4»).*

3). *Методическая часть (анализ профессионального стандарта «Специалист по неразрушающему контролю», разработка плана теоретического занятия и тестового задания для проведения аттестации дефектоскопистов).*

7. Перечень графических и демонстрационных материалов: *чертеж детали «Ось2ЭС6», презентация доклада.*

8. Календарный план выполнения выпускной квалификационной работы

№ п/п	Наименование этапа ВКР	Срок выполнения этапа	% выполнения ВКР	Отметка руководителя ВКР о выполнении
1.	Выполнение ВКР во время преддипломной практики	19.12.2018	30	
2.	Защита результатов преддипломной практики	21.12.2018	30	
3.	Выполнение работ по разрабатываемым вопросам, их изложение в тексте ВКР: 1. Основы неразрушающего контроля в машиностроении. 2. Основы неразрушающего контроля детали «Ось» 3. Методическая часть	12.01.2019 15.01.2019 18.01.2019	40 55 65	
4.	Оформление пояснительной записки	21.01.2019	80	
5.	Выполнение чертежей и демонстрационных материалов (при наличии)	26.01.2019	90	
6.	Нормоконтроль	31.01.2019	90	
7.	Подготовка доклада к защите в ГЭК	05.02.2019	100	
8.	Предварительная защита	07.02.2019	100	

9. Консультации по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

№ п/п	Раздел	Консультант	Задание выдал		Задание принял	
			(подпись)	(дата)	(подпись)	(дата)
1.		_____	_____	_____	_____	_____
2.		_____	_____	_____	_____	_____
3.		_____	_____	_____	_____	_____

Задание выдал руководитель ВКР \_\_\_\_\_ «05» октября 2018 г.  
(подпись)

Задание получил: \_\_\_\_\_ «05» октября 2018 г.  
(подпись обучающегося)

10. Все материалы выпускной квалификационной работы проанализированы.  
Считаю возможным допустить Слязина А.М. к защите выпускной квалификационной работы в государственной экзаменационной комиссии.  
Руководитель \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

11. Допустить Слязина А.М. к защите выпускной квалификационной работы в государственной экзаменационной комиссии.  
Протокол заседания кафедры от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 65 страницах, содержит 9 рисунков, 12 таблиц, 30 источников литературы, а также 4 приложения на 43 страницах.

Ключевые слова: НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ, АТТЕСТАЦИЯ, ДЕФЕКТОСКОПИСТ, ИНСТРУКЦИЯ, УСТАНОВКА УЗК.

Слязин А.М. Разработка документации для ультразвукового контроля детали «Ось» на установке САУЗК «ОСЬ-4» / А.М. Слязин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Институт инж.-пед. образования, каф. технологии машиностроения, сертификации и методики профессионального обучения. – Екатеринбург, 2019. – 108 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

Основная тема и проблемы, затронутые в работе: на участке изготовления элементов колёсных пар важную роль играет неразрушающий контроль, процесс которого в настоящее время имеет низкую производительность, поскольку осуществляется в ручном режиме. Поэтому необходимо совершенствовать систему ультразвукового контроля на предприятии.

Цель работы: разработать технологическую документацию ультразвукового контроля детали «Ось» с использованием установки САУЗК «ОСЬ-4» для автоматизации процесса неразрушающего контроля на предприятии ООО «Уральские локомотивы».

В результате работы были изучены: акустический вид неразрушающего контроля и выбран метод контроля детали «Ось»; проведен сравнительный анализ установок для ультразвукового контроля детали «Ось», обоснован выбор установки САУЗК «ОСЬ-4» и рассмотрены особенности контроля на данной установке; разработана технологическая инструкция для проведения ультразвукового контроля детали «Ось» на установке САУЗК «ОСЬ-4»; проанализирован профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю», разработан план теоретического занятия и тестового задания для проведения аттестации дефектоскопистов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОСНОВЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕ- НИИ.....	8
1.1. Направление деятельности предприятия.....	8
1.2. Организационная структура департамента по качеству на предприя- тии ООО «Уральские локомотивы».....	9
1.3. Функционал департамента по качеству предприятия.....	13
1.4. Функционал лаборатории неразрушающего контроля.....	15
1.5. Неразрушающий контроль железнодорожной детали «Ось».....	16
1.6. Ультразвуковой контроль и его методы.....	17
2. РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛИ «ОСЬ».....	22
2.1. Требования к изготовлению и неразрушающему контролю детали «Ось 2ЭС6».....	22
2.2. Обоснование выбора и описание установки автоматизированного ультразвукового контроля САУЗК «ОСЬ-4».....	25
2.3. Нормативные требования для разработки технологии неразрушаю- щего контроля .....	31
2.4. Разработка инструкции для проведения контроля при помощи САУЗК «ОСЬ-4».....	38
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	43
3.1. Особенности подготовки дефектоскопистов.....	43
3.2. Анализ профессионального стандарта «Специалист по неразруша- ющему контролю».....	50
3.3. Разработка программы обучения специалистов неразрушающего контроля.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Чертеж детали «Ось 2ЭС6».....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Технологическая инструкция по ультразвуковому контролю на установке САУЗК «ОСЬ-4».....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Тестовое задание для проведения аттестации дефек- тоскопистов УЗК.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Презентация занятия на тему: «Установка автоматизи- рованного ультразвукового контроля осей САУЗК «ОСЬ-4»».....	93

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

- АЭ – акустико-эмиссионный контроль;
- БПЦ – блок производственных цехов;
- ВД – вибродиагностический контроль;
- ВИК – визуальный и измерительный контроль;
- ВТ – вихретоковый контроль;
- ГПК – главный производственный комплекс;
- ЕСКД – единой системы конструкторской документации;
- ЕСТД – единой системы технологической документации;
- КО – контрольный образец;
- ЛНК – лаборатория неразрушающего контроля;
- МК – магнитный контроль;
- МПК – магнитопорошковый контроль;
- НК – неразрушающий контроль;
- НКНМ – неразрушающий контроль нерадиационными методами;
- ОК – оптический контроль;
- ПК – проникающий (капиллярный) контроль;
- РГК- радиографический контроль;
- РЛНК – рентгеновская лаборатория неразрушающего контроля;
- САУЗК «ОСЬ-4» – система автоматического ультразвукового контроля;
- ТИ – технологическая инструкция;
- ТК – тепловой контроль;
- ТК – технологические карты;
- ТУ – технические условия;
- УЗК – ультразвуковой контроль;
- УЗТ – ультразвуковая толщинометрия;
- ЦЗЛ – центральная заводская лаборатория;
- ЭК – электрический контроль.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из приоритетов ОАО «РЖД» на сегодняшний день является снижение аварийности и, тем самым, увеличение безопасности использования железных дорог и именно поэтому направлениям контроля, в частности – неразрушающего, уделяется повышенное внимание.

С появлением высокоскоростных электропоездов вопрос безопасности и своевременной диагностики неисправностей встал еще острее, поэтому появилась необходимость в более быстром и качественном контроле.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена конкретной практической разработке методике ультразвукового контроля осей в локомотивах «СИНАРА».

Актуальность темы: при работе на участке изготовления элементов колёсных пар «слабым местом» является производительность ручного ультразвукового контроля осей. В связи с увеличением количества изготовления осей, внедряя все более новое оборудование, производство за последние два года увеличилось более чем в два раза, следовательно, нужно совершенствовать технологию контроля осей.

Цель работы: разработать технологическую документацию ультразвукового контроля детали «Ось» с использованием установки САУЗК «ОСЬ-4» для автоматизации процесса неразрушающего контроля на предприятии ООО «Уральские локомотивы».

Объект исследования – неразрушающий контроль изделий на предприятии.

Предмет исследования – разработка технологической инструкции для выполнения контроля деталей с использованием автоматизированной установки.

Задачи работы:

– изучить акустический вид неразрушающего контроля и выбрать метод контроля детали «Ось»;



- провести сравнительный анализ установок для ультразвукового контроля детали «Ось», обосновать выбор установки САУЗК «ОСЬ-4» и рассмотреть особенности контроля на данной установке;
- разработать технологическую инструкцию для проведения ультразвукового контроля детали «Ось» на установке САУЗК «ОСЬ-4»;
- проанализировать профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю», разработать план теоретического занятия и тестового задания для проведения аттестации дефектоскопистов.

Метод ультразвукового контроля детали «Ось» был выбран для разработки, так как из всех областей промышленного применения ультразвука, старейшей и наиболее распространенной является дефектоскопия. 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.

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

Ультразвуковые исследования – абсолютно безопасный метод неразрушающего контроля, применяющийся во многих технологиях, отраслях производства и техническом обслуживании, особенно в исследовании сварных швов и конструкционных металлов.

# **1. ОСНОВЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

## **1.1. Направление деятельности предприятия**

«Уральские локомотивы» (г. Верхняя Пышма, Свердловская область) – совместное предприятие Группы Синара и концерна Siemens, которое начало работу 1 июля 2010 года.

Основными видами деятельности «Уральские локомотивы» являются: проектирование, производство, продажа и техническое обслуживание тягового и моторвагонного подвижного состава нового поколения, отличающегося повышенной экономичностью, высокими потребительскими, эксплуатационными и экологическими свойствами.

Предприятие выпускает грузовые электровозы с коллекторными тяговыми двигателями «СИНАРА» (серия 2ЭС6), грузовые электровозы постоянного тока с асинхронным тяговым приводом «ГРАНИТ» (серия 2ЭС10), а также магистральный грузовой электровоз, работающий от сети переменного тока 2ЭС7. В декабре 2016 года, после завершения всех испытаний, 2ЭС7 передан для эксплуатации на БАМ Восточно–Сибирской железной дороги.

В мае 2014 года завод выпустил первый пятивагонный скоростной электропоезд «Ласточка». В январе 2015 года, после завершения испытаний и получения сертификата, «Ласточки» поступили в серийное производство, а уже с 1 октября того же года вышли в регулярные рейсы на участках Москва–Крюково–Тверь. С ноября 2015 года «Ласточки» ЭС2Г поступили на маршруты Свердловской железной дороги.

10 сентября 2016 года «Ласточки» ЭС2Г начали перевозить пассажиров на Московском центральном кольце, которое стало крупнейшим прорывным инфраструктурным проектом столицы за последнее десятилетие.

Современные «Ласточки» с первых дней эксплуатации привлекли пассажиров с других видов транспорта. По информации Министерства транспорта Москвы открытие кольца снизило нагрузку на основные ветки метро на 15 %.

Завод «Уральские локомотивы» сертифицирован по международным стандартам ISO 9001 и IRIS. Мощный производственный и технологический потенциал предприятия позволяет решать задачи по разработке и выпуску высокотехнологичного подвижного состава, не уступающего по своим характеристикам зарубежным аналогам. Производственный комплекс оснащен оборудованием лучших мировых производителей и является одним из самых современных в Европе.

Правление ООО «Уральские локомотивы»: Спаи Олег Харлампиевич – председатель Правления, генеральный директор; Брэгер Тим Кристиан – член Правления, финансовый директор.

Продукция предприятия:

- грузовой электровоз 2ЭС6 «СИНАРА»;
- грузовой электровоз 2ЭС7;
- грузовой электровоз 2ЭС10 «ГРАНИТ»;
- электропоезд ЭС2Г «Ласточка».

Одной из основных деталей, изготавливаемых на предприятии, является деталь «Ось», входящая в конструкцию локомотива «СИНАРА».

Деталь «Ось» является ответственной деталью, поэтому подвергается тщательному контролю.

## **1.2. Организационная структура департамента по качеству на предприятии ООО «Уральские локомотивы»**

Организационная структура определяется функциональным назначением системы, протекающими в ней процессами для достижения целей организации. Организационная структура – это формальные правила, разработанные менеджерами:

- для разделения труда и распределения официальных обязанностей среди отдельных сотрудников и групп;
- определения сферы контроля управления и соподчиненности в организации;

– координации всех функций, чтобы организация могла действовать как единое целое.

Современные тенденции на всех уровнях менеджмента направлены на децентрализацию отдельных функций управления, что, в свою очередь, приводит к видоизменению ранее сформированных организационных структур управления. На основе традиционных бюрократических структур формируются органические организационные структуры, более адаптивные к внешней среде и удовлетворяющие требованиям производства.

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.

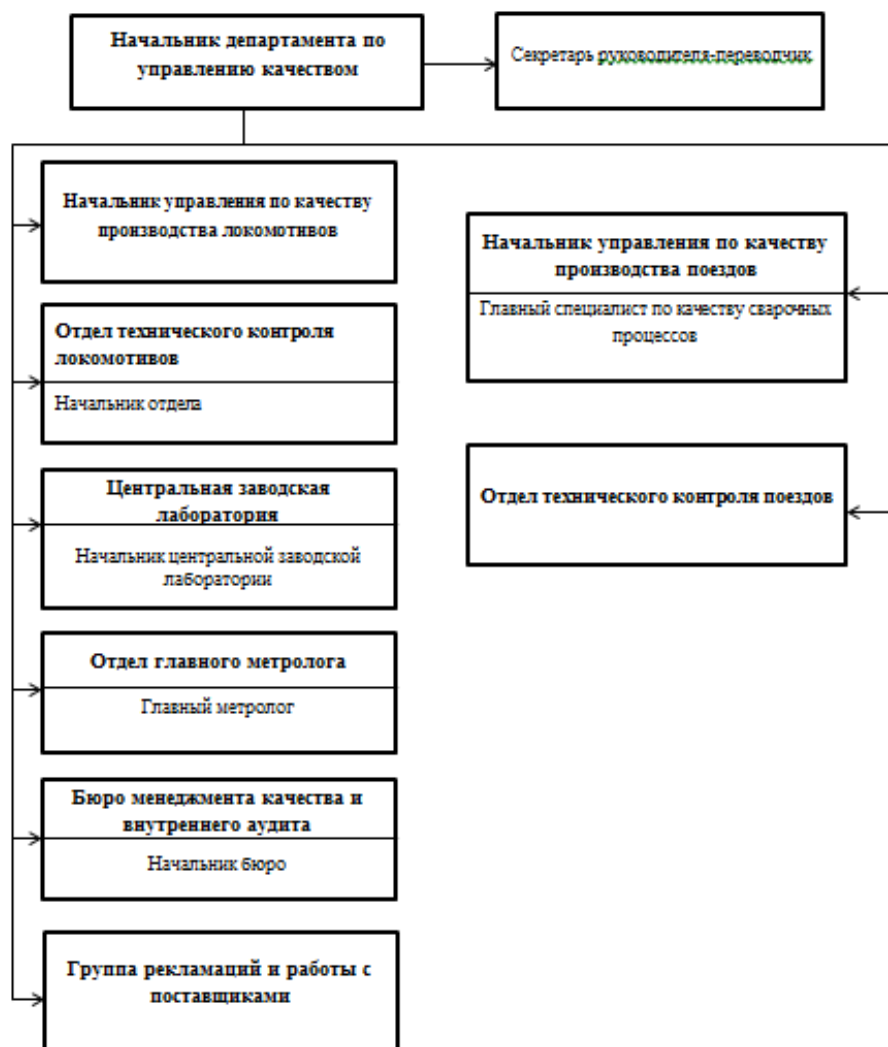


Рисунок 1 – Схема управления департамента по управлению качеством

В связи с тем, что выполнение ВКР связано с разработкой методики ультразвукового контроля детали ось 2ЭС6, то следует отметить, что за данный процесс отвечает лаборатория неразрушающего контроля, которая входит в состав центральной заводской лаборатории.

Организационная структура центральной заводской лаборатории представлена на рисунке 2.

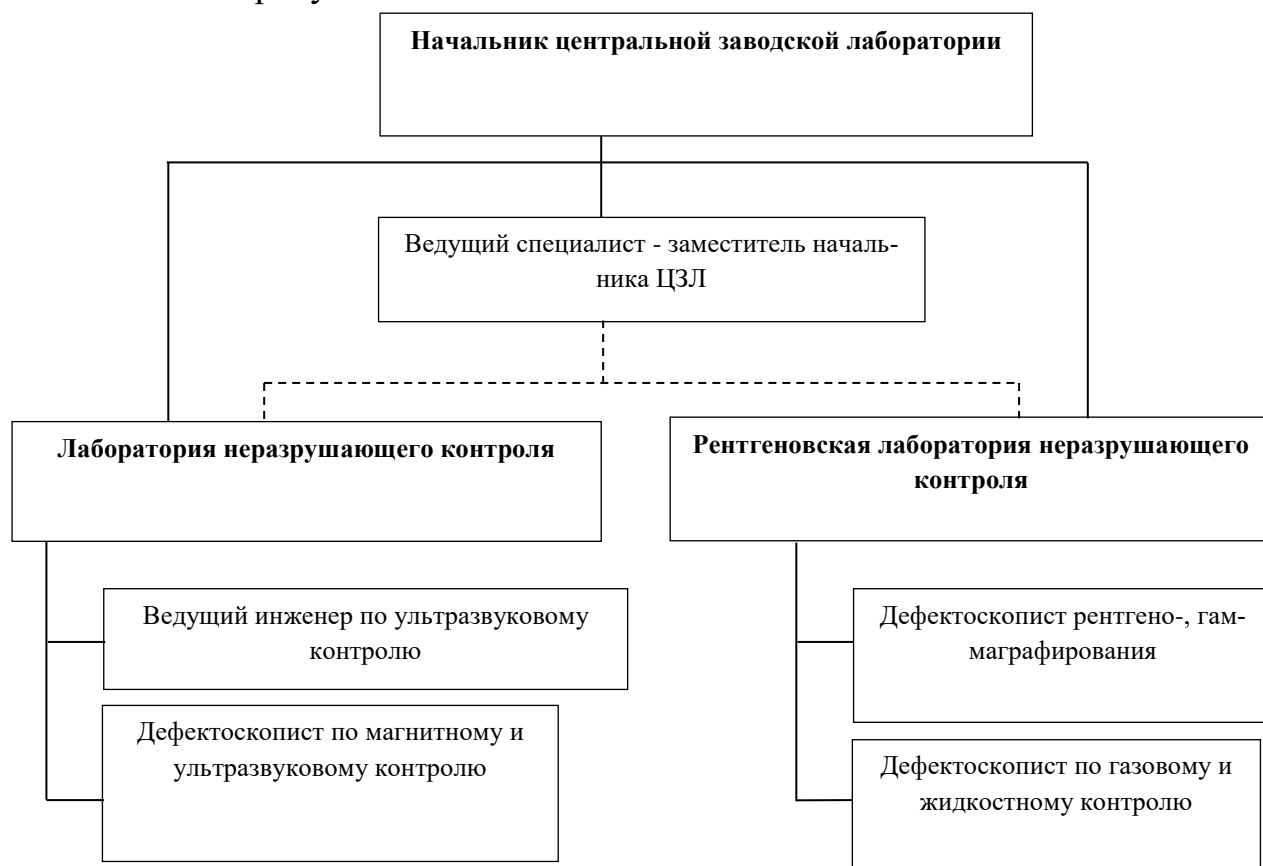


Рисунок 2 – Структура ЦЗЛ

Рабочие места лаборатории неразрушающего контроля расположены в производственном помещении, расположенном на территории блока производственных цехов, а также на производственных участках БПЦ.

ЛНК размещена в двухэтажном строении. Помещения ЛНК включают одну комнату для хранения и технического обслуживания ультразвуковых, вихретоковых дефектоскопов, стандартных образцов и материалов для магнитопорошкового контроля, одну комнату для хранения архива, кабинет начальника лаборатории, кабинет инженера по ультразвуковому контролю, кабинет

дефектоскопистов, бытовое помещение, а также две защитные камеры, которые оснащены тележкой для размещения и транспортировки деталей в помещение лаборатории и одной талью. В камере размещены магнитные дефектоскопы, намагничивающие устройства и стенды для проведения магнитопорошкового контроля.

Рабочие места рентгеновской лаборатории неразрушающего контроля расположены в производственном помещении, расположенном на территории главного производственного комплекса, а также на производственных участках ГПК.

РЛНК размещена в одноэтажном строении. Помещения РЛНК включают защитную камеру, пультовую, склад, комнату персонала и фотолабораторию. В защитной камере размещены два рентгеновских аппарата для проведения радиографического контроля (РГК). В фотолаборатории размещена проявочная машина для обработки снимков полученных при радиографическом контроле.

Ультразвуковой контроль (УЗК) сварных соединений сборочных единиц проводится в БПЦ на участке изготовления, после их приёмки ОТК, а также на складе при входном контроле. Для контроля рам тележек и ее компонентов оборудован специальный участок с подставками.

Магнитопорошковый контроль и вихретоковый контроль деталей выполняется в рабочих камерах ЛНК суммарной площадью 102,6 м<sup>2</sup>. Камеры оборудованы тележкой и талью грузоподъёмностью 0,5 т. В этих помещениях установлен стенд СМК-12 для контроля деталей локомотивов диаметром до 200 мм и длиной до 1500 мм, а также стенд магнитного контроля собственного изготовления для мелких деталей. Освещённость рабочих мест при комбинированном освещении не менее 1000 лк [3].

Магнитопорошковый и ультразвуковой контроль элементов колёсных пар (ось, бандаж, центр колёсный, зубчатое колесо) проводится на специальных стендах, расположенных на участках изготовления и сборки колёсных пар в БПЦ.

Рентгенографический контроль сварных соединений кузова вагона электропоезда проводится в специальной защитной камере РЛНК, расположенной в ГПК

производства поездов. Крупногабаритные детали на контроль подаются при помощи мостового крана через верхнюю открытую часть лаборатории [16].

Проникающий (капиллярный) контроль (ПК) сварных соединений кузова вагона электропоезда проводится на производственных участках ГПК.

### **1.3. Функционал департамента по качеству предприятия**

1. Проверка поступающих на предприятие материальных ресурсов (сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий) и подготовка заключений о соответствии их качества стандартам и техническим условиям.

2. Составление актов приемочного контроля по качеству материальных ресурсов.

3. Операционный контроль на всех стадиях производственного процесса.

4. Проведение выборочного инспекционного контроля за качеством отдельных технологических операций (в том числе транспортировки), технологическим оборудованием и инструментом.

5. Определение номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений.

6. Контроль за:

- качеством, комплектностью, упаковкой, консервацией продукции;
- соответствием выпускаемой продукции стандартам, техническим условиям, утвержденным образцам (эталонам), проектно-конструкторской документации;

- наличием товарного знака предприятия на готовой продукции;

- правильностью хранения в подразделениях предприятия и на складах материальных ресурсов и готовой продукции;

7. Оценка сортности продукции, выпускаемой предприятием.

8. Клеймение принятой и забракованной продукции.

9. Оформление в установленном порядке документации на принятую и забракованную продукцию.

10. Выявление причин несоответствия продукции требованиям нормативно-технической документации, определение возможности исправления брака и устранения дефектов, проведение мероприятий по их устранению.

11. Проведение повторных проверок, понижение сортности продукции.

12. Обеспечение изъятия из оборота продукции при невозможности (нецелесообразности) устранения дефектов и брака.

13. Анализ и технический учет брака продукции.

14. Организация двустороннего обмена информацией о качестве товара с потребителями.

15. Оформление результатов контрольных операций, ведение учета показателей качества продукции, брака и его причин, составление периодической отчетности о качестве продукции.

16. Оформление документов, удостоверяющих качество продукции.

17. Систематический контроль за состоянием контрольно-измерительных средств предприятия.

18. Своевременное проведение мероприятий, связанных с введением новых нормативов и стандартов.

19. Участие в испытаниях новых образцов продукции, разработка технической документации на эту продукцию.

20. Подготовка продукции к аттестации и сертификации.

21. Участие в разработке разделов о качестве и комплектности договоров на поставку продукции.

22. Анализ рекламаций, изучение причин возникновения дефектов и нарушений технологии производства, выпуска брака и продукции пониженной сортности.

23. Разработка предложений по повышению качества выпускаемой продукции, а также по повышению требований к качеству потребляемых предприятием материальных ресурсов (сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий) [17].



#### **1.4. Функционал лаборатории неразрушающего контроля**

1. Организация и своевременное проведение контроля качества сварных соединений, контроль заготовок основного металла, и т.д. современными неразрушающими методами.

2. Контроль качества готовой продукции неразрушающими методами.

3. Обеспечение соответствия технологии неразрушающего контроля, применяемого дефектоскопического и специального оборудования, материалов, площадей, необходимых производственных помещений, защитных средств и приспособлений требованиям нормативных документов, относящихся к контролю.

4. Обучение, повышение квалификации и проведение периодической аттестации персонала в соответствии с требованиями нормативных документов.

5. Совершенствование неразрушающих методов контроля на объектах:

– повышение качества, достоверности и надежности контроля существующими в Обществе неразрушающими методами;

– изучение и внедрение в практику контроля новых, прогрессивных методов неразрушающего контроля;

– разработка предложений по текущим и перспективным планам развития лаборатории.

6. Основой планирования работ лаборатории являются заявки сторонних организаций.

7. Заявки регистрируются в специальном журнале, где отражается дата подачи, от кого и кем принята заявка и дата выполнения заявки.

8. По результатам контроля, на основании заявки, заказчику выдается заключение (выписка из журнала лаборатории) утвержденного образца.

9. Работы по контролю по заявкам сторонних организаций могут проводиться согласно договорам, заключенным руководителями обеих сторон.

## 1.5. Неразрушающий контроль железнодорожной детали «Ось»

ГОСТ Р 56542-2015 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» дает определение неразрушающего контроля и классификацию видов и методов неразрушающего контроля [10].

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

Методы неразрушающего контроля разделяются на следующие виды:

– Акустический неразрушающий контроль (ультразвуковой метод НК).

Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров упругих волн, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте [21].

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

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

– Магнитный неразрушающий контроль (магнитопорошковая дефектоскопия). Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом [29].

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

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

– Радиационный неразрушающий контроль (рентгеновский метод НК). Вид неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом.

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

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

– 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 [11].

## **1.6. Ультразвуковой контроль и его методы**

На сегодняшний день существует пять основных методов УЗК [12]:

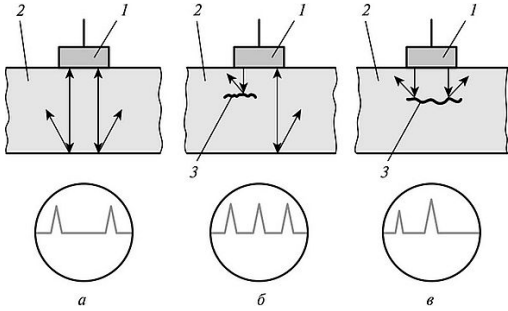
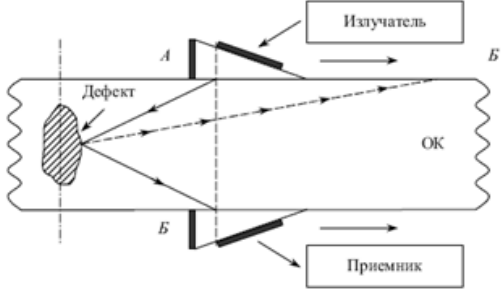
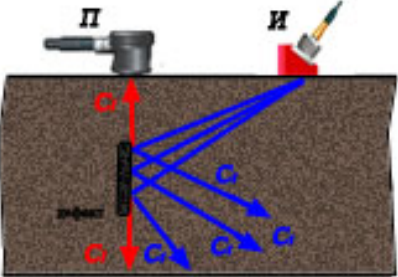
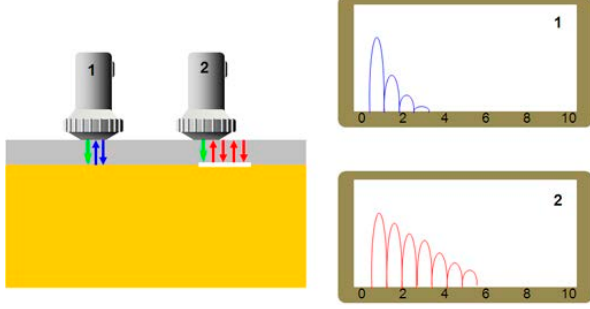
- теневой;
- зеркально-теневой;
- зеркальный;
- дельта-метод;
- эхо-метод.

В промышленности ультразвуковой контроль металла проводят, как правило, в диапазоне ультразвуковых волн от 0,5 МГц до 10 МГц. В отдельных случаях неразрушающий контроль сварных швов проводится ультразвуковыми волнами с частотой до 20 МГц, что позволяет выявлять очень небольшие дефекты. Ультразвук низких частот применяют при: работе с объектами большой толщины (ультразвуковой контроль отливок, поковок, сварных соединений выполненных электрошлаковой сваркой); контроле металлов, имеющих крупно-

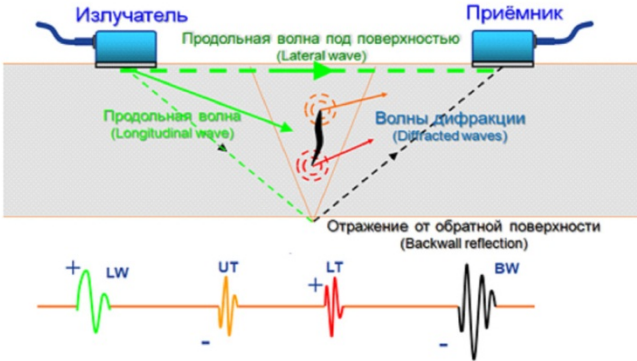
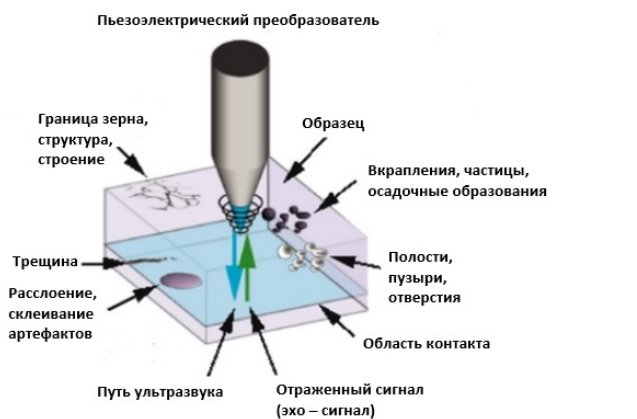
зернистую структуру (чугун, медь, аустенитные стали) и большое затухание – плохо проводят ультразвук» [1].

Анализ методов УЗК сведен в таблицу 1 [22].

Таблица 1 – Методы УЗК

Метод	Схема	Характеристика
1	2	3
Эхо-метод	 <p>1 - излучатель; 2 – деталь; 3 - дефект</p>	<p>Основан на регистрации эхосигналов от дефектов – несплошностей. Он похож на радио- и гидролокацию.</p>
Эхозеркальный метод		<p>Основан на анализе акустических импульсов, зеркально отраженных от данной поверхности.</p>
Дельта-метод	 <p>Д- дефект; И -излучатель</p>	<p>Основан на использовании дифракции волн на дефекте.</p>
Реверберационный метод		<p>Основан на анализе времени объемной реверберации, то есть процесса постепенного затухания звука в некотором объеме – контролируемом объекте.</p>

## Окончание таблицы 1

1	2	3
<p>Дифракционно-временной метод</p>		<p>Основан на приеме волн, рассеянных на концах дефекта, причем могут излучаться и приниматься как продольные, так и поперечные волны.</p>
<p>Акустическая микроскопия</p>		<p>Автоматическое или механизированное сканирование объектов небольшого размера. В результате удается зафиксировать небольшие по размеру изменения акустических свойств в ОК. Метод позволяет достичь разрешающей способности в сотые доли миллиметра.</p>

Ультразвуковому контролю подвергаются оси локомотивных колёсных пар при заводском и деповском ремонте.

Выполнение ультразвукового контроля обеспечивает выявление в осях усталостных трещин и внутренних несплошностей, являющихся браком завода-изготовителя, эквивалентных или большим по своим отражающим свойствам искусственным отражателям, используемым для настройки чувствительности, а также позволяет оценить структуру металла осей.

Контроль осей производится ультразвуковым дефектоскопом [9].

Для проверки работоспособности, а также настройки чувствительности дефектоскопа необходимо изготовить контрольный образец оси электровоза. КО изготавливается по эскизу.

Технология контроля включает в себя следующие этапы [13]:

- подготовка к контролю;
- проведение контроля;
- оценка качества проконтролированной детали.

Подготовка к контролю включает:

- подготовку аппаратуры к работе;
- подготовку оси.

Подготовка аппаратуры к работе включает:

- подготовку дефектоскопа к работе;
- настройку масштаба развёртки;
- настройку чувствительности дефектоскопа.

Оценка качества проконтролированной детали [18]:

Ось колесной пары подлежит браковке, если:

а) Не соответствуют требованиям (критериям) приемочного контроля оси, в которых при контроле по эхоимпульсному методу (вариант А1) обнаружены внутренние дефекты – амплитуда эхо-сигналов от которых равна или превышает амплитуду эхо-сигнала от эталонного плоскодонного отражателя, залегающего на той же глубине, что и дефект и имеющего диаметр:

1) 3,0 мм (эквивалентная площадь 7,1 мм<sup>2</sup>), при глубине залегания до 380 мм;

2) 6,0 мм (эквивалентная площадь 28,3 мм<sup>2</sup>);

3) 9,0 мм (эквивалентная площадь 63,6 мм<sup>2</sup>), при глубине залегания более 700 мм;

б) Не соответствуют требованиям (критериям) приемочного контроля оси, в которых при контроле по эхоимпульсному методу (вариант А2) обнаружены внутренние дефекты:

– амплитуда эхо-сигналов от которых равна или превышает амплитуду эхо-сигнала от эталонного плоскодонного отражателя диаметром 5,0 мм, залегающего на той же глубине, что и дефект (эквивалентная площадь которых равна или более 19,6 мм<sup>2</sup>);

– амплитуда эхо-сигналов от которых равна или превышает амплитуду эхо-сигнала от эталонного плоскодонного отражателя диаметром 3,0 мм, залегающего на той же глубине, что и дефект (эквивалентная площадь которых равна или более 7,1 мм<sup>2</sup>), если:

- 1) в одной оси их обнаружено 6 или более;
  - 2) минимальное условное расстояние между любыми двумя из них менее 50 мм;
  - 3) условная протяженность хотя бы одного из них более 40 мм.
- в) Не соответствуют требованиям (критериям) приемочного контроля оси в которых при контроле по эхо-импульсному методу (вариант А3) обнаружены внутренние дефекты: амплитуда эхо-сигналов от которых равна или превышает амплитуду эхо-сигнала от эталонного плоскодонного отражателя диаметром 3,0 мм, бегающего на той же глубине, что и дефект (эквивалентная площадь которых равна или более  $7,1 \text{ мм}^2$ ).

## **2. РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ**

### **2.1. Требования к изготовлению и неразрушающему контролю детали «Ось 2ЭС6»**

К осям предъявляются такие же высокие требования, как и к военной продукции. Каждое изделие проходит ультразвуковой контроль и несколько стадий приемки [7].

Чертеж детали представлен в приложении А.

Материал детали – сталь ОС ГОСТ 4728-2010 [2]. Сталь применяется для изготовления осей железнодорожного транспорта. Назначение: для изготовления прокатанных заготовок квадратного или круглого сечения предназначенных для производства осей локомотивов, электропоездов, дизель- и электропоездов, вагонов железных дорог и вагонов метрополитена железных дорог колеи 1520 мм.

Технология изготовления детали:

1. Изготовления отверстий в поковке по центру.

Обработка производится на фрезерно-центровальных станках с ЧПУ.

2. Обточка поковки.

Обработка производится на токарных станках с ЧПУ.

3. Накатка

Производится на токарном станке с ЧПУ при помощи специальных накатных роликов.

4. Контроль УЗК.

Производится на специальных установках ультразвукового контроля деталей.

5. Шлифовка

Производится на круглошлифовальных станках с ЧПУ, для получения высокой точности посадочных поверхностей оси.

6. Контроль ОТК

Общий контроль детали на стенде.



## 7. Контроль МПК.

Магнитопорошковый контроль для обнаружения поверхностных нарушений сплошности с шириной раскрытия у поверхности 0,001 мм, глубиной 0,01 мм и обнаружения сравнительно крупных подповерхностных дефектов, находящихся на глубине до 1,5-2,0 мм [4].

Химический состав материала детали приведен в таблице 3. Механические свойства стали ОС представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Химический состав стали ОС, в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.42 - 0.5	0.15 - 0.35	0.6 - 0.9	до 0.3	до 0.04	до 0.04	до 0.3	до 0.25

Таблица 4 – Механические свойства стали ОС при T=20<sup>0</sup>C

Сортамент	Размер	Напр.	S <sub>B</sub>	S <sub>T</sub>	d <sub>5</sub>
-	мм	-	МПа	МПа	%
Заготовка, ГОСТ 4728-96			580-650		18-20

ГОСТ 52942-2008 «Рельсовый транспорт. Колесные пары и тележки. Оси. Требования к изделию» устанавливает следующие требования к детали [7]:

На наружной поверхности оси:

- не допускаются поперечные дефекты;
- допускаются продольные дефекты вне галтельных зон, при условии, что они не превышают 6 мм;

Дефект считают продольным, если его отклонение от продольной оси составляет менее 10°;

На поверхности отверстия оси допускаются поперечные дефекты, если их глубина не превышает 0,5 мм, а их число не более одного на метр длины оси.

Магнитно-порошковые методы применяются для контроля осей локомотивов ввиду простоты контроля и высокой достоверности при обнаружении поверхностных трещин [14].

Наиболее широко для контроля осей локомотивов применяется ультразвуковой метод. Глубоко проникающие в толщу металла ультразвуковые волны позволяют обнаруживать не только поверхностные, но и заглубленные дефекты. Этот метод незаменим, например, при дефектоскопировании подступичных частей и шеек осей колесных пар в сборе с колесными центрами и кольцами роликоподшипников. Исключение необходимости полной разборки этих узлов при ремонте увеличивает их срок эксплуатации, приносит огромную экономию средств и повышает производительность ремонта подвижного состава. Это обуславливает его нынешнее применение при контроле колёсных пар [15].

*Виды дефектов, выявляемых неразрушающим контролем в железнодорожных осях:*

– флокены представляют собой мелкие трещины длиной 20–30 мм различного направления, залегающие преимущественно во внутренних, более глубоких зонах стальных поковок (глубже 60 мм). О происхождении флокенов существует несколько гипотез. Одна из них объясняет их происхождение двумя причинами: действием высокого давления водорода, выделяющегося из стали при ее охлаждении, и действием значительных внутренних напряжений, обусловленных неравномерностью фазовых превращений в различных объемах стали в связи с дендритной неоднородностью. Флокены являются опасными дефектами. Их присутствие в стали значительно ухудшает ее механические свойства, особенно если направление действия сил не совпадает с плоскостью залегания флокенов. Выявляются в виде отдельных прямолинейных или искривленных черточек длиной от одного до 25–30 мм, расположенных в большинстве случаев группами и имеющих разнообразное направление;

– неметаллические (шлаковые) включения представляют собой выделившиеся продукты реакций окисления, протекающих в ванне или ковше, при выплавке и разливе стали; шлаки, растворенные при высоких значениях температуры и выделяющиеся в виде включений; продукты, образовавшиеся от случайно попавших в сталь механических включений. Неметаллические включения могут располагаться на поверхности деталей и под ней. Опасными являют-

ся включения, расположенные цепочками или сеткой по границе зерен, так как они понижают пластические свойства материала и приводят к появлению трещин вдоль таких включений (цепочек) при обжиге слитков стали;

– волосовины. Тонкие нити неметаллических включений или газовых пузырей, вытянутых вдоль волокон металла при его ковке, прокате или протяжке. Типичным признаком волосовин является их прямолинейность. Если волокна изогнуты, то волосовины следуют за направлением волокна. Крупные волосовины, выходящие на поверхность, являются опасными дефектами, понижающими предел усталости. Детали с такими дефектами не должны допускаться в эксплуатацию;

– расслоения образуются при прокатке слитков, внутри которых имеются такие дефекты, как крупные усадочные раковины, большие участки неметаллических включений или плены, т. е. окисленные слои металла. При прокатке включения, раковины, плены раскатываются и образуют расслоения.

## **2.2. Обоснование выбора и описание установки автоматизированного ультразвукового контроля осей САУЗК «ОСЬ-4»**

В настоящее время в России используются различные автоматизированные установки ультразвукового контроля осей:

1. Система автоматизированного ультразвукового контроля ЖД осей СНК ОСЬ-3 (НПП «ПРОМПРИБОР», Россия).

2. Система автоматизированного ультразвукового иммерсионного контроля железнодорожных осей САУЗК «ОСЬ-4» (НПП «ПРОМПРИБОР», Россия).

3. Комплекс автоматизированного ультразвукового контроля полых осей колёсных пар SHUTTLE R (Actemium Cegelec, Германия).

В таблице 5 проведен сравнительный анализ характеристик данных установок.

После рассмотрения данных результатов, видно, что рационально внедрение системы автоматизированного ультразвукового иммерсионного контроля

железнодорожных осей САУЗК «ОСЬ-4». Хотя у каждой из установок есть свои огромные «+» и «-».

Она соответствует всем требованиям, необходимым для контроля деталей: «Ось 2ЭС6», «Ось 2ЭС10» и «Ось ЭС2Г» и при этом не требует больших финансовых затрат.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика установок

Характеристики	Система автоматизированного ультразвукового контроля ЖД осей СНК ОСЬ-3	Система автоматизированного ультразвукового иммерсионного контроля железнодорожных осей САУЗК «ОСЬ-4»	Комплекс автоматизированного ультразвукового контроля полых осей колёсных пар SHUTTLE R
Исключение человеческого фактора	Да	Да	Да
Время проведения контроля	6 минут	8 минут	30 минут
Выдача электронного протокола по каждому ОК	Да	Да	Да
Комплексный контроль оси	Да	Нет	Нет
Мобильность	Нет	Нет	Да
Контроль готовой продукции	УЗК+ВТК	Только УЗК	Только УЗК, контроль полой оси
Цена	20 млн. рублей	8 млн. рублей	35 млн. рублей

*Проведем экономическую эффективность внедрения установки САУЗК «ОСЬ-4»:*

Экономический эффект от увеличения объемов контроля установкой САУЗК «ОСЬ-4» в производстве включает следующие составляющие:

- за счет роста объема контроля, исключается простой оборудования шлифовальных станков;
- при контроле исключается «человеческий фактор»;
- нет необходимости набора новых дефектоскопистов и приобретения для них новых ручных дефектоскопов и их обучения.

1. Простой шлифовальных станков за смену занимает ориентировочно от 0,5 до 1 часа в смену, так как дефектоскописты не успевают вовремя провести контроль ручным методом:

1 час работы шлифовщика  $\approx 255 \cdot 1,15 \cdot 1,34 = 393$  рубля.

В год выгода составляет  $\approx 365 \cdot 2 \cdot 393 = 286890$  рублей.

2. Исключение брака при человеческом факторе:

При пропуске 1 моторной оси ЭС2Г в брак предприятие несет убытки  $\approx 475000$  рублей (175000 рублей ось и 300000 рублей за редуктор оси); а немоторной оси ЭС2Г  $\approx 150000$  рублей; оси 2ЭС  $\approx 100000$  рублей.

Если допустить, что в течении года в брак пройдет 10-12 осей различного профиля, то убыток предприятию будет нанесен в размере  $\approx 475000 \cdot 2 + 150000 \cdot 4 + 100000 \cdot 4 = 1950000$  рублей.

Сумма может варьироваться от профиля оси и количественного пропущенного брака.

3. Производство в настоящий момент накатывает 8-10 осей в смену, но проектная мощность станков около 19 осей за смену, а возможность контроля двумя дефектоскопистами в смену около 3-5 осей, остальные оси идут на склад.

Чтобы компенсировать оставшиеся непроконтролированные оси, нужно набирать дефектоскопистов. Их общее число, для нужд будет равно 2 человекам.

Средняя зарплата дефектоскописта в месяц  $\approx 30000 \cdot 1,15 \cdot 1,34 = 46264$  рубля.

В год затраты на работников составят  $\approx 46264 \cdot 2 \cdot 12 = 1110336$  рубля.

Стоимость обучения и аттестации 1 дефектоскописта на УЗ метод контроля = 94500 рублей.

Стоимость обучения и аттестация 2 дефектоскопистов =  $94500 \cdot 2 = 189000$  рублей.

Итого на двух дефектоскопистов предприятие затратит 1299336 рублей.

Подсчитаем экономическую выгоду от внедрения система автоматизированного ультразвукового контроля ЖД осей СНК ОСЬ-3 без ориентировочного учета брака:

Выгода = выгода за простои оборудования + выгода от зарплаты новым сотрудникам и их обучения:

Выгода годовая = 286890+1299336 = 1586226 рублей.

Подсчитаем экономическую выгоду от внедрения установки САУЗК «ОСЬ-4» с ориентировочным учетом брака зависящего от «человеческого фактора»:

Выгода = выгода за простои оборудования + выгода от зарплаты новым сотрудникам и их обучения + убытки от брака при человеческом факторе:

Выгода годовая = 286890+1299336+1950000 = 3536226 рублей.

Проведем расчет окупаемости оборудования:

Если не учитывать приблизительный брак, зависящий от «человеческого фактора», то срок окупаемости оборудования будет равен:

Срок окупаемости = Стоимость оборудования / Годовую выгоду (без брака) = 8000000/1586226 = 5,04 года

Но если взять в расчет убытки, которые приносит брак во время «человеческого фактора», то срок окупаемости сокращается до:

Срок окупаемости = Стоимость оборудования / Годовую выгоду (с браком) = 8000000/3536226 = 2,26 года.

В расчет не берутся транспортировочные затраты и трудозатраты при замене бракованных осей.

Так же исключение брака ведет к повышению престижа предприятия.

Далее подробно рассмотрим САУЗК «ОСЬ-4».

Установка автоматизированного ультразвукового контроля железнодорожных осей САУЗК «ОСЬ-4», разработана специалистами предприятия ООО «НПП «ПРОМПРИБОР» и специализирована под проведение автоматизированного ультразвукового иммерсионного контроля всех типов осей. Система обеспечивает проведение ультразвукового контроля согласно нормативным документам РД 32.144-2000, EN 13261. На рисунке 4 представлен общий вид САУЗК «ОСЬ-4».

Реализованные методы контроля:

A2 – контроль продольными волнами с цилиндрической поверхности на наличие внутренних дефектов;

T2 – контроль продольными волнами с цилиндрической поверхности структуры металла;

A3 – контроль поперечными волнами (с использованием наклонных преобразователей) на наличие внутренних дефектов в области галтельных переходов.

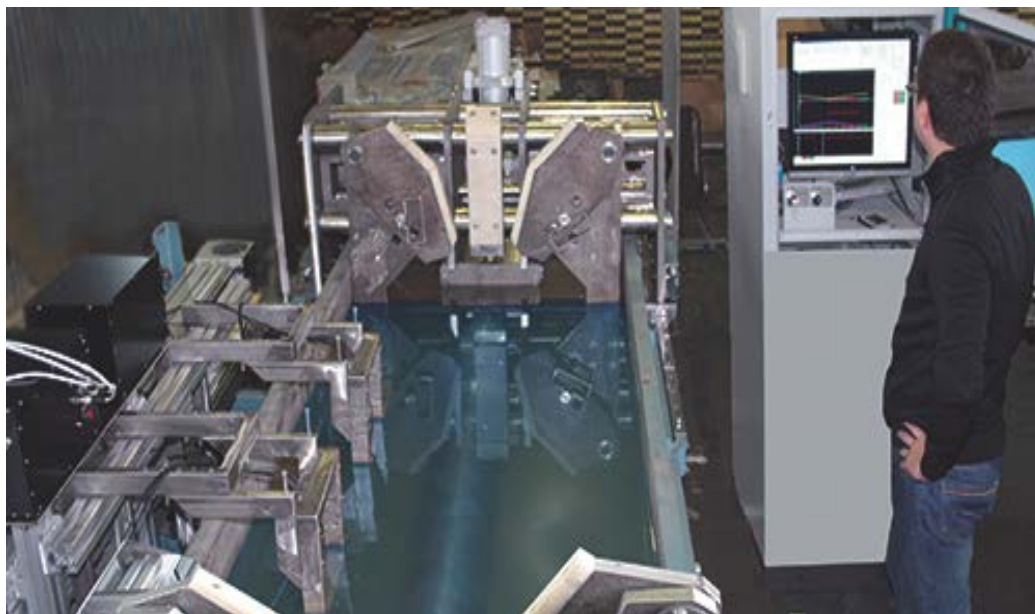


Рисунок 4 – Общий вид САУЗК «ОСЬ-4»

Конструктивно установка состоит из иммерсионной ванны, зажимных пинолей, сканирующего устройства с линейным приводом и аппаратно-вычислительного комплекса, на базе промышленного компьютера (рисунок 5).

Для выполнения контроля изделие необходимо поместить в ванну, наполненную иммерсионной жидкостью. Загрузка/выгрузка оси осуществляется с помощью захвата клещами.

Технические характеристики системы САУЗК «ОСЬ-4» представлены в таблице 6.

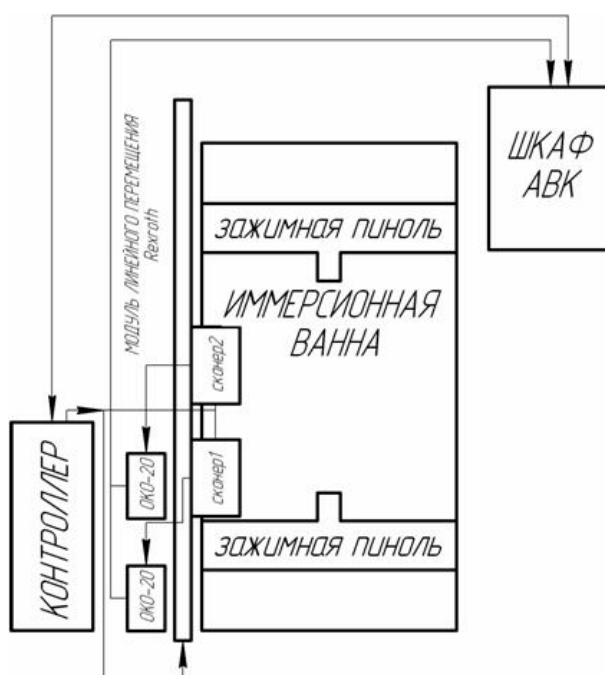


Рисунок 5 – Структурная схема основных узлов системы

Таблица 6 – Основные технические характеристики САУЗК «ОСЬ-4»

Технические преимущества	Технические возможности
1	2
Контроль	- 100%-ный УЗ-контроль тела чистовых осей, - Контроль осей после предварительной обработки ( $Ra\ 25$ )
Частота иммерсионных ПЭП, МГц:	- Для зеркально-теневого метода (контроль внутренней структуры оси) 2,5МГц - Для дефектоскопии (наличие внутренних дефектов) 4–5МГц
Время контроля одной оси (без учета загрузки /выгрузки), мин	Не более 8 мин.
Время переналадки системы под разные типоразмеры осей, мин	Не более 15 мин.
Выдача результатов контроля:	- В режиме online - Статистические протоколы контроля - Протоколы по одной оси с отображением всех параметров обнаруженных дефектов
Сохранение результатов контроля:	- В общей базе данных - Архивирование результатов контроля - Запись на оптические носители информации
Реализуемые методы контроля:	- На наличие внутренних дефектов и структуры металла продольными волнами с цилиндрической поверхности - На наличие внутренних дефектов в области галтельных переходов - Контроль поперечными волнами (с использованием наклонных преобразователей)



Проводится контроль структуры металла и наличия внутренних дефектов в соответствии с нормативными документами РД 32.144-2000, EN 13261. Внедрение данной системы позволяет выявлять отклонения от нормы еще на предварительных стадиях производства (контроль полуобработанных осей), что ускоряет производственный цикл и обеспечивает бесперебойность и качество работы цеха по чистовой обработке железнодорожных осей [23].

### **2.3. Нормативные требования для разработки технологии неразрушающего контроля**

**Технологическая инструкция** – технологический документ единой системы конструкторской документации.

Технологическая инструкция является одним из обязательных документов, используемых при производстве, эксплуатации и ремонте той или иной продукции или изделия. ТИ входит в состав технической документации, утвержденной в единой системе конструкторской документации. Наряду с техническими условиями происходит разработка и утверждение технологических инструкций.

Если технические условия состоят из набора требований к сырью, материалам, технологическим процессам, процессам контроля производства, полуфабрикатов и готовой продукции, то технологическая инструкция является описанием самого процесса: одной или нескольких операций. Регламентируется составление, разработка и оформление ТИ стандартами серии ГОСТ 34, разработанными в системе ЕСКД.

Технологическая инструкция по производству в соответствии с нормативами технологической документации разрабатывается для комплекса операций, либо для определенной операции технологического процесса. Для этого, как правило, используются типовые инструкции, созданные в качестве отраслевых стандартов и часто оформленные в виде ГОСТов или ОСТов.

Согласно РД 50-34.698–90, устанавливающему требования к разработке ТИ, они должны содержать для каждой операции:

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

Описание самого порядка действий должно соответствовать технологической последовательности и требованиям ГОСТ 3.1129–93 и ГОСТ 3.1130–93. При надобности в ТИ указываются последовательность корректирующих действий и методы проверки результатов операции. Технологическая инструкция по производству для наглядности часто включает в себя чертежи и иллюстрации.

Структура документа и правила оформления также устанавливаются стандартами и зависят от вида продукции, назначения ТИ, и типом производства. Если планируется выпуск готовой продукции на экспорт, то существует требование к технологической инструкции: необходимость составления ее на нескольких языках.

В общем случае ТИ по производству может включать в себя следующие разделы:

- характеристику и описание продукции, получаемой в результате технологической операции;
- характеристику используемого сырья, материалов и комплектующих;
- требования к технологическому и производственному оборудованию, используемых при операции;
- описание технологического процесса;
- методы и способы контроля производства;
- санитарно-гигиенические требования к процессу, оборудованию, персоналу;
- требования безопасности труда и охраны окружающей среды при выполнении или подготовке операции и другие позиции.

В зависимости от конкретного производства и вида производимой продукции или отрасли деятельности состав разделов технологической инструкции по производству, по эксплуатации, по ремонту (в соответствии со сферой про-

изводства) может изменяться. Названия разделов, его структура разрабатываются специалистами производства (производственного отдела предприятия) или сторонней организацией, которая имеет специализацию в создании технической документации в требуемой отрасли промышленности.

РД 50-34.698–90 устанавливают определенные требования к содержанию технологической инструкции. На основе данной инструкции разработан шаблон документа – ТИ. Он включает следующие разделы:

- наименование технологической операции;
- для кого предназначена технологическая инструкция;
- условия выполнения технологической операции;
- порядок выполнения операции;
- подготовительные действия;
- основные действия;
- заключительные действия.

Для разработки ТИ используются типовые технологические инструкции, ориентированные и разработанные в определенной сфере деятельности. Они основываются на отраслевых стандартах и зачастую сами становятся ими.

Типовые ТИ существенно упрощают не только разработку таких документов для конкретного производства и конкретного технологического процесса, и упрощают технологическую документацию, вводя понятие «типовой технологический процесс», и работу по нормированию в отрасли и на производстве.

При составлении типового технологического процесса первичными документами являются типовые ТИ на отдельные операции. В технологических инструкциях на отдельные операции подробно описываются основные и вспомогательные установки и переходы. На основе типовых ТИ разрабатываются нормы времени на каждую операцию.

Изменения в типовые технологические инструкции могут вноситься предприятиями только с разрешения министерств и ведомств.

На основе типовых инструкций предприятие имеет возможность разработать технические условия и технические инструкции для своего предприятия, если оно имеет отличия от типовых операций и инструкций. Для ввода предприятия в эксплуатацию следуют в этом случае согласовательные этапы: согласование пуско–наладочной комиссией разрабатываемых технических условий и соответствующих им технических инструкций. А также согласование со множеством надзорных органов, прежде чем ТУ вместе с новыми техническими инструкциями станут стандартом предприятия.

Правила оформления технологической инструкции установлены разделом 6 ГОСТ 3.1105–2011. На основе этого стандарта ТИ 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 Технологические инструкции 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 ТИ:

- правила оформления ТИ определяются ее назначением;
- в технологической инструкции должен отражаться технологический порядок действий описываемых операций. Данное требование к ТИ 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 технологической инструкции – по ГОСТ 3.1121–84 «Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции)»;

– вводная часть ТИ является обязательной, включает назначения данного документа и описание области его распространения;

– текст технологической инструкции 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 следующие задачи:

Выполнение требований нормативно-технической документации. Наличие технологических карт на контроль особо опасных производственных объектов в ряде отраслевых документов является обязательным требованием [24].

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.

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, выпол-

нением 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 [5].

#### **2.4. Разработка инструкции для проведения контроля при помощи САУЗК «ОСЬ-4»**

Для проведения УЗК на установке САУЗК «ОСЬ-4» необходимо разработать подробную инструкцию.

Данная инструкция разработана на основе ТИ для ультразвукового контроля осей на ручных ультразвуковых дефектоскопах УД2-70 и УД4-Т и не отменяет использования ручного неразрушающего контроля.

Инструкция разрабатывалась для полностью автоматизированного стенда контроля железнодорожных осей. В ТИ без изменений остались разделы:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- термины, определения, обозначения и сокращения;
- оценка качества и оформления результатов;
- охрана труда.

Полной переработке подверглись разделы:

- общие положения;
- подготовка к ультразвуковому контролю;
- проведение контроля.

Данные изменения внесены в инструкцию на основании ее полностью нового написания для установки автоматизированного ультразвукового контроля осей САУЗК «ОСЬ-4».

Разработанная инструкция приведена в приложении Б.

Далее мы подробно рассмотрим методику проведения контроля при помощи САУЗК «ОСЬ-4» [30].

1) Контроль проводят при вращательном движении оси на центрах и линейном перемещении сканирующих устройств вдоль оси. При этом все необходимые механические операции для позиционирования оси в рабочее положение система выполняет сама.

Благодаря иммерсионному способу и использованию иммерсионного строга обеспечивается высокая стабильность приема и излучения ультразвуковых колебаний за счет постоянства акустической связи между преобразователем и цилиндрической поверхностью изделия. Наполнение и слив иммерсионной жидкости осуществляется с помощью пневмоклапанов. В системе САУЗК «ОСЬ-4» предусмотрена возможность циркуляции жидкости внутри системы со сливом в резервные баки или подключение к системе центрального водоснабжения предприятия [11].

2) Сканирование железнодорожной оси выполняют с помощью несущего линейного устройства перемещения, состоящего из двух сканеров. В каждом из



сканеров размещено по четыре ультразвуковых преобразователя. Номинальные частоты ультразвуковых колебаний специализированных преобразователей 2,5 и 5 МГц. Первый сканер проводит контроль левой части оси (от торца до середины), второй – правой части (от середины оси до ее правого торца). Сбор данных по всем каналам осуществляют с помощью двух дефектоскопов «ОКО-20». При настройке за каждым из преобразователей закрепляют зоны контроля. Загрузка зон контроля по заданной продольной линейной координате проводится автоматически в процессе сканирования.

3) Программное обеспечение системы автоматизированного ультразвукового контроля САУЗК «ОСЬ-4» ориентировано на проведение трех основных этапов контроля: настройку браковочной чувствительности, непосредственное ведение контроля и просмотр результатов контроля. При этом интерфейс системы интуитивно понятен и максимально оптимизирован для удобства пользователя.

4) Настройка браковочной чувствительности предусматривает установку зон контроля для каждого из преобразователей сканирующего устройства и саму настройку чувствительности для каждой зоны по искусственным отражателям на стандартном образце предприятия. Задание зон осуществляется по линейным координатам оси, начиная от левого торца, а настройка чувствительности – по кривым ДАС (рисунок 6). Также предусмотрено три уровня кривых – поисковый, контрольный и браковочный. Под каждый типоразмер оси создается своя настройка контроля, которая хранится в базе данных компьютера. Таким образом, для контроля оси достаточно только провести загрузку перечисленных сведений [19].

5) Эксплуатация системы САУЗК «ОСЬ-4» осуществляется одним оператором, которому для проведения контроля загруженной оси достаточно нажать кнопку «СТАРТ», после чего система производит все предварительные операции и запускает процесс контроля.

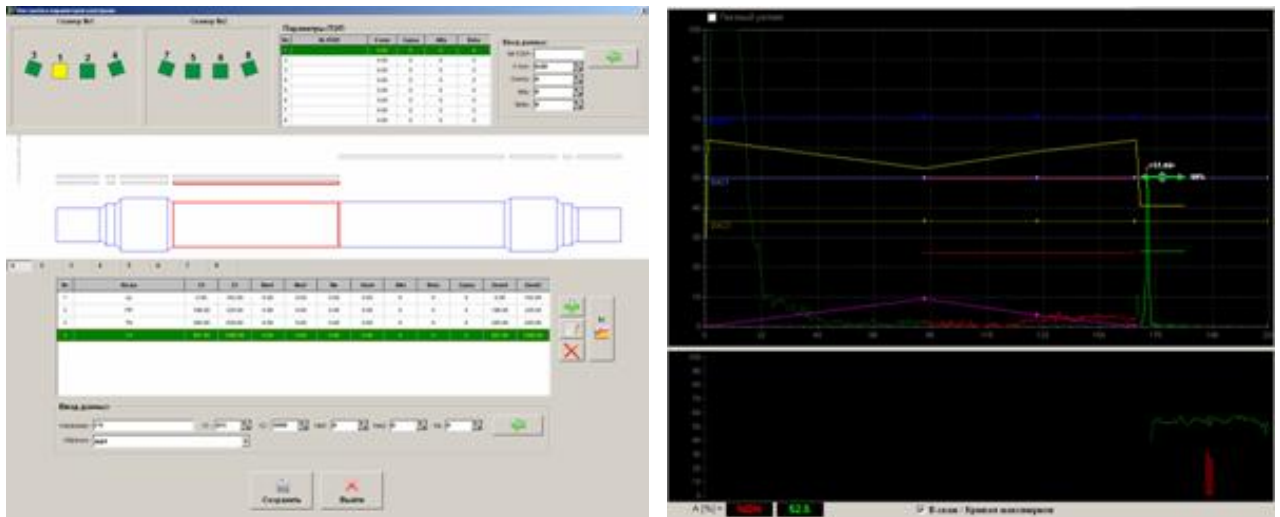


Рисунок 6 – Настройка зон контроля и браковочной чувствительности

б) Во время съема данных проводится визуализация процесса на дефектограммах в виде Б-сканов или набора пиков (по выбору оператора) в реальном времени по каждому задействованному в контроле каналу (рисунок 7). При необходимости оператор также может задавать основные параметры контроля: скорость вращения оси, скорость перемещения сканирующего устройства, частоту генератора зондирующих импульсов и др.

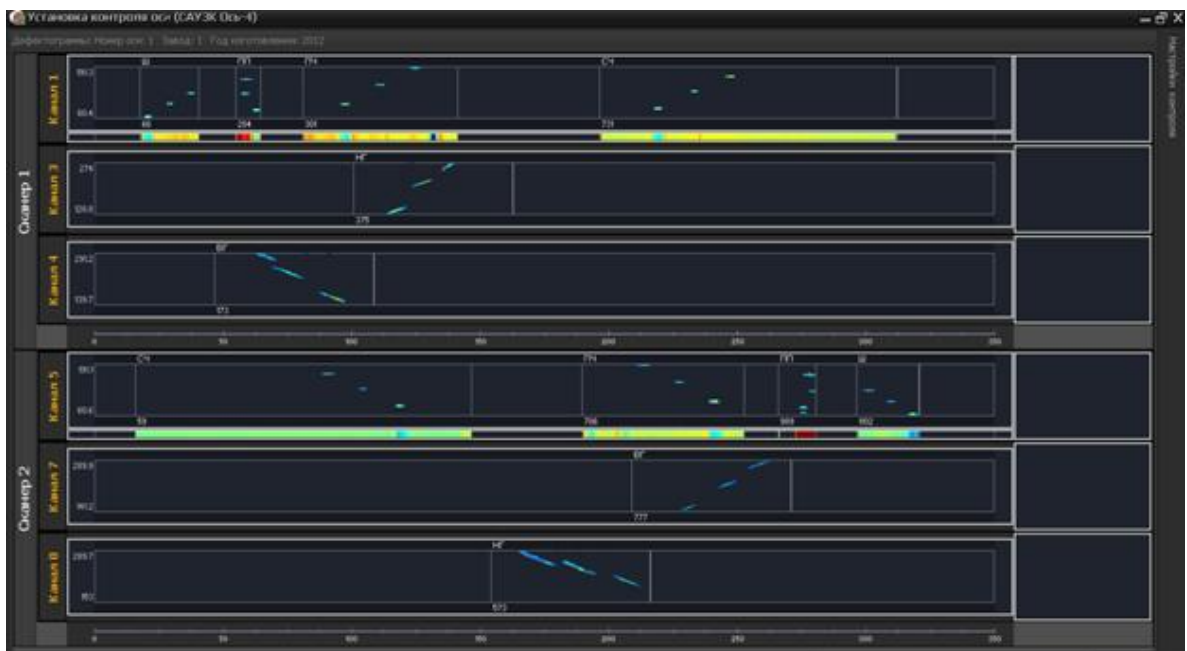


Рисунок 7 – Отображение процесса проведения контроля в виде Б-скана

7) По окончании процесса система выдает заключение о годности в виде приведенного к оси Б-скана, обобщенных результатов и заключения «ГОДНО/БРАК» (рисунок 8). Сброс оси на позицию выгрузки также происходит нажатием кнопки «ВЫГРУЗКА».

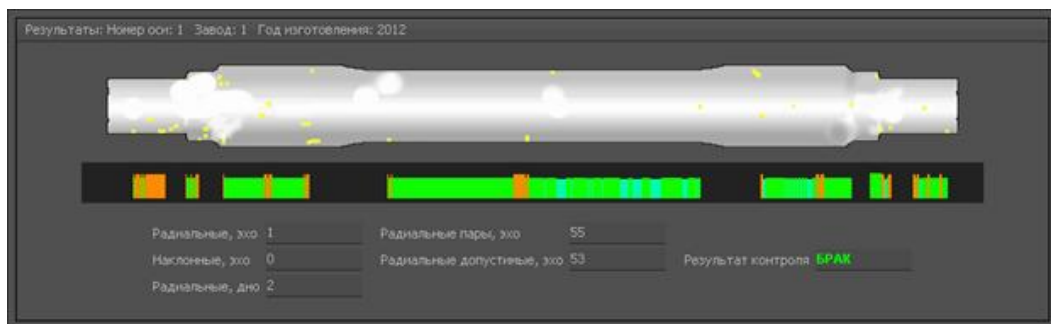


Рисунок 8 – Отображение предварительных результатов контроля по окончании сканирования

8) Все результаты контроля сохраняются на жестком диске промышленного компьютера. При необходимости система может выдавать протоколы контроля как по каждой оси, так и в виде статистических посменных извещений, что максимально упрощает процедуру отчетности. Возможна архивация данных и их анализ на другом компьютере. Результаты хранятся в виде подробной информации о каждом из дефектов [20]:

- эквивалентная площадь и диаметр дефекта;
- пространственная ориентация дефекта;
- протяженность;
- амплитуда эхосигнала от дефекта.

При просмотре результатов контроля есть возможность масштабирования Б-скана или кривой зеркально-теневого метода для более подробного анализа и просмотра каждого отдельного отклонения от нормы (рисунок 9).

Система САУЗК «ОСЬ-4» позволяет проводить контроль осей всех типоразмеров, а также любых изделий сложной цилиндрической формы. Для этого достаточно лишь создать необходимую настройку и сохранить ее в базе данных. Это значительно повышает эффективность производства и снижает трудозатраты на контроль.

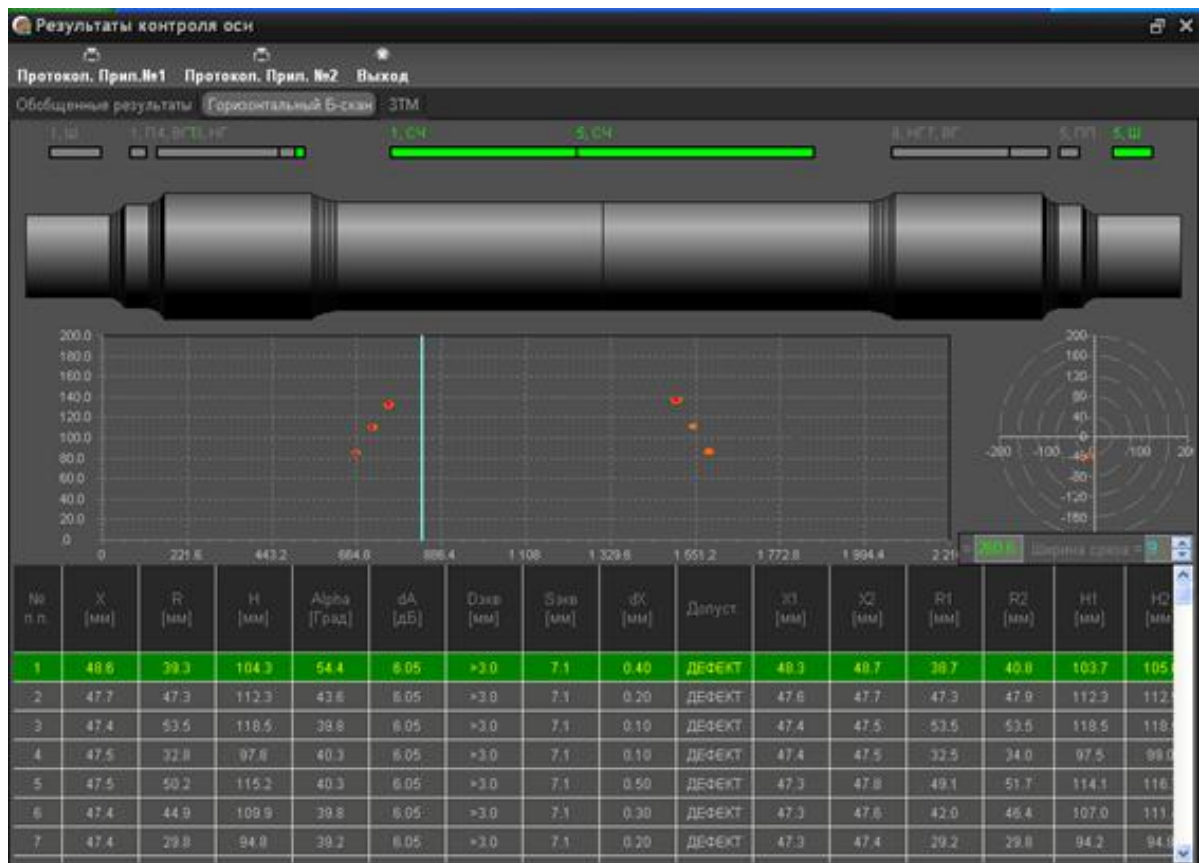


Рисунок 9 – Просмотр результатов контроля

### **3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **3.1. Особенности подготовки дефектоскопистов**

В 2009 году НП Уральский центр аттестации (УЦА) получил право на обучение, профессиональную подготовку и повышение квалификации специалистов неразрушающего контроля (дефектоскопистов) и сварочного производства – Лицензия Министерства общего и профессионального образования Свердловской области: серия А № 300623, рег. №3454 от 26.10.2009 г.

Программы учебных дисциплин предусматривают изучение теоретических основ специальности и выработку практических навыков, необходимых для профессиональной подготовки и повышения квалификации рабочих по данным профессиям и разработаны с учётом знаний, умений учащихся, имеющих среднее общее образование, не моложе 18 лет, имеющих медицинское освидетельствование на данную специальность.

Профессиональная подготовка и повышение квалификации осуществляется по очной (дневной) форме обучения.

Обучающиеся, успешно окончившие обучение, получают документы в зависимости от объема часов – удостоверение о повышении квалификации или свидетельство о профессиональной подготовке.

Подготовка дефектоскопистов идет по двум учебным планам:

- профессиональная подготовка по профессии «Дефектоскопист по ультразвуковому контролю» (таблица 7);
- повышения квалификации по ультразвуковому методу неразрушающего контроля (таблица 8).

Таблица 7 – Учебный план профессиональной подготовки по профессии «Дефектоскопист по ультразвуковому контролю»

№ п/п	Курсы, предметы	Всего часов за курс обучения
1.	Теоретическое обучение	76
1.1	Специальный курс	
1.1.1	Физические основы акустических методов контроля	34
1.1.2	Технология ультразвукового контроля	42
2.	Производственное обучение (обучение в лаборатории)	102
	Экзамен по специальному курсу	6
	Квалификационная пробная работа	8
	ИТОГО:	192

Таблица 8 – Учебный план повышения квалификации по ультразвуковому методу неразрушающего контроля

№ п/п	Курсы, предметы	Всего часов за курс обучения
1.	Теоретическое обучение	64
1.1	Специальный курс	
1.1.1	Физические основы акустических методов контроля	28
1.1.2	Технология ультразвукового контроля	36
2.	Производственное обучение	80
2.1	Практическое обучение в лаборатории ультразвуковому методу контроля	80
	ИТОГО:	144

Аттестация специалистов неразрушающего контроля (дефектоскопистов) в системе РТН, согласно ПБ 03-440-02 (Свидетельство об аккредитации № НОАП-0003). Аттестация проводится по следующим методам неразрушающего контроля [6]:

- визуальный и измерительный контроль;
- вихретоковый;
- магнитный;
- акустический (ультразвуковой контроль – УК и ультразвуковая толщинометрия УЗТ);
- акустико-эмиссионный контроль;

- радиационный;
- проникающими веществами (капиллярный – ПВК);
- проникающими веществами (течеискание – ПВТ);
- вибродиагностический;
- оптический (ОК);
- электрический;
- тепловой.

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

- общего экзамена по методу неразрушающего контроля;
- экзамена по технологии контроля данным методом объектов конкретного вида;
- практического экзамена.

Кроме указанных, кандидат на звание специалиста по неразрушающему контролю должен сдать экзамен на знание утвержденных РТН России правил устройства и безопасной работы оборудования, которое аттестованный специалист будет контролировать.

Обучающиеся, успешно окончившие обучение, получают документы в зависимости от объема часов – удостоверение о повышении квалификации или свидетельство о профессиональной подготовке. Специалисты по неразрушающему контролю, успешно сдавшие все экзамены получают сертификаты.

Методика подготовки дефектоскопистов заключается в том, что у них каждые 3 года ресертификация, каждые 6 лет сертификация – учебу проходят в уральском центре аттестации (или же других центрах аттестации).

Сертификация специалистов неразрушающего контроля в производственном секторе «железнодорожный транспорт» в соответствии с ПР 32.113-98» Правила сертификации персонала по неразрушающему контролю технических объектов железнодорожного транспорта», СТО РЖД 11.008-2014» Система неразрушающего контроля в ОАО «РЖД». Основные положения» осу-

ществляется на I и II уровни квалификации по методам НК и объектам контроля, указанным в Свидетельстве об утверждении УКО [25].

Общие сведения по сертификации специалистов неразрушающего контроля (дефектоскопистов):

Сертификация (первичная или повторная через 6 лет) специалистов НК предполагает проведение консультационных занятий и сдачу квалификационного экзамена, состоящего из:

1. Общего экзамена по методу НК (физические основы метода).
2. Специального экзамена по технологии контроля данным методом конкретных объектов.
3. Практического экзамена.

Продление (ресертификация, через 3 года) срока действия сертификатов специалистов, сертифицированных в ООО «УЦА» заключается в сдаче специального экзамена по технологии контроля данным методом конкретных объектов.

Продление (ресертификация, через 3 года) срока действия сертификатов специалистов, сертифицированных в других Уполномоченных квалификационных организациях заключается в сдаче специального экзамена по технологии контроля данным методом конкретных объектов и практического экзамена.

ГОСТ Р 54795-2011 выделяет следующие уровни квалификации специалистов неразрушающего контроля [8]:

### **1-й уровень.**

Лицо, сертифицированное в соответствии с 1-м уровнем, должно продемонстрировать компетенцию в проведении неразрушающего контроля согласно инструкциям по проведению неразрушающего контроля под руководством персонала, сертифицированного в соответствии со 2-м или 3-м уровнем. В рамках компетенции, определенной в сертификате, персонал 1-го уровня может быть допущен нанимающей организацией для проведения следующих работ в соответствии с инструкциями по проведению неразрушающего контроля:

- а) подготовка оборудования для проведения неразрушающего контроля;



- б) проведение контроля;
- в) запись и классификация результатов контроля;
- г) составление отчетов о результатах контроля.

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

### **2-й уровень.**

Лицо, сертифицированное в соответствии со 2-м уровнем, должно продемонстрировать компетенцию в проведении неразрушающего контроля согласно установленной процедуре. В соответствии с уровнем компетенции, определяемым сертификатом, персонал 2-го уровня может быть допущен нанимающей организацией для проведения следующих работ:

- а) выбор процесса проведения неразрушающего контроля согласно избранному 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.

### **3-й уровень.**

Лицо, сертифицированное в соответствии с 3-м уровнем, должно продемонстрировать квалификацию в проведении и руководстве процессом неразрушающего контроля согласно своей сертификации. В соответствии с уровнем компетенции, определяемым сертификатом, персонал 3-го уровня может быть допущен нанимающей организацией для проведения следующих работ:

- 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.

Квалификационный экзамен должен охватывать конкретный метод проведения неразрушающего контроля, применяемый в одном производственном секторе или в одной и более областях продукции. Орган по сертификации должен определить и выпустить требования к максимально допустимому времени прохождения экзамена, исходя из количества и сложности задаваемых вопросов. При этом время ответа на экзаменационный вопрос на выбор не

должно быть более трех минут. Среднее время ответа на вопросы, требующие развернутых ответов, должно быть определено органом по сертификации.

Требования к экзаменам для специалистов 1 и 2 уровня приведены в таблице 9. Требования к экзаменам для специалистов 3 уровня приведены в таблице 10.

Таблица 9 – Требования к экзаменам для специалистов 1 и 2 уровня

Общий экзамен	Специальный экзамен	Практический экзамен	Экзаменационные оценки
Общий экзамен должен включать только вопросы, выбранные случайным образом из сборника общих экзаменационных вопросов органа по сертификации или уполномоченной квалификационной организации. Минимальное число вопросов - 30	Специальный экзамен должен включать только вопросы, выбранные случайным образом из сборника специальных экзаменационных вопросов органа по сертификации или уполномоченной квалификационной организации, касающихся определенной области (областей), по которой проводят экзамен. Минимальное число вопросов - 20	Практический экзамен должен включать применение метода проведения неразрушающего контроля конкретного образца, записи, а для кандидатов 2-го уровня - интерпретацию полученной информации в требуемых пределах и составление отчета в требуемой форме	Для того чтобы успешно пройти письменный экзамен, кандидат должен получить минимальный балл 70% на каждой части экзамена. Для того чтобы успешно пройти практический экзамен, кандидат должен получить минимальный балл 70% по каждому контрольному образцу.

Таблица 10 – Требования к экзаменам для специалистов 3 уровня

Базовый экзамен	Экзамен по основному методу 3-го уровня
Кандидат должен ответить на определенное число экзаменационных вопросов: - Технические знания сопротивления материалов, технологий обработки и типов дефектов - 25 - Знания квалификационной и сертификационной системы, основанной на настоящем стандарте (на этом экзамене можно пользоваться литературой) - 10 - Общие знания по крайней мере четырех методов, - 15 на каждый из методов контроля (всего 60)	Кандидат должен ответить на определенное количество экзаменационных вопросов: - Знания 3-го уровня, касающиеся методов контроля - 30 - Применение метода проведения неразрушающего контроля в конкретном секторе, включая применяемые кодексы, стандарты, спецификации и процедуры (в части, касающейся кодексов, стандартов, спецификаций и процедур можно пользоваться литературой) - 20 - Составление одной или более процедуры проведения неразрушающего контроля в определенном секторе. Кандидату должны быть предоставлены применяемые кодексы, стандарты, спецификации и процедуры

### 3.2. Анализ профессионального стандарта «Специалиста по неразрушающему контролю»

Организационная структура лаборатории неразрушающего контроля (ЛНК):

- начальник ЛНК;
- инженер по УЗК;
- 26 дефектоскопистов.

*Начальник лаборатории неразрушающего контроля должен знать [27]:*

- оценку качества изделия по результатам неразрушающего контроля, классификацию и область применения видов (методов) контроля;
- конструктивные особенности, элементы технологий изготовления, эксплуатации и ремонта объекта контроля, типы дефектов, подлежащих выявлению, их потенциальную опасность и вероятные зоны образования с учетом действующих нагрузок;
- физические основы метода неразрушающего контроля;
- принцип построения и функциональную схему аппаратуры для данного метода контроля, включая правила отбора и проверки качества применяемых расходных дефектоскопических материалов;
- основные параметры метода и аппаратуры, определяющие достоверность результатов контроля, способы их измерения и метрологического обеспечения;
- измеряемые характеристики и признаки выявленных дефектов; - технологию контроля конкретных объектов данным методом (подготовка объекта, выбор основных параметров, настройка аппаратуры, проведение контроля, возможные причины ложного бракования);
- порядок оформления результатов контроля и хранения документации;
- стандарты и другие нормативные документы по данным методам контроля технических объектов конкретного вида;
- возможные другие методы контроля объектов данного вида;

- порядок организации участков и рабочих мест при контроле конкретных объектов;
- основные неисправности дефектоскопической аппаратуры и возможные способы их устранения в условиях предприятия, на котором осуществляется контроль;
- основные положения системы сертификации персонала и аккредитации лабораторий в области неразрушающего контроля;
- основы трудового законодательства Российской Федерации;
- правила внутреннего трудового распорядка;
- правила санитарной, личной гигиены;
- правила и нормы охраны труда, техники безопасности и противопожарной защиты.

*Начальник лаборатории неразрушающего контроля должен уметь:*

- проверять работоспособность аппаратуры и настраивать ее на заданные параметры;
- выполнять операции по контролю данным методом объектов (продукции) определенного вида и интерпретировать его результаты;
- оценивать качество и давать заключение о качестве проконтролированного объекта;
- оформлять результаты контроля с выдачей соответствующего заключения;
- составлять (разрабатывать) технологические карты контроля конкретных изделий в соответствии с действующими нормативными документами;
- давать заключение о качестве объектов, проконтролированных специалистами 1-го уровня квалификации, с проведением, при необходимости, инспекционного контроля.

*В своей деятельности начальник лаборатории неразрушающего контроля руководствуется:*

- законами и иными нормативными правовыми актами;

- уставом организации;
- положением о лаборатории неразрушающего контроля;
- правилами трудового распорядка;
- приказами, распоряжениями и другими указаниями руководителя организации;
- настоящей должностной инструкцией.

*Обязанности начальника лаборатории неразрушающего контроля:*

- руководство и управление лабораторией неразрушающего контроля (практическое руководство работами и персоналом);
- организация участков проведения диагностики и неразрушающего контроля;
- организация работы лаборатории в структуре заказчика, координация работы инженеров-дефектоскопистов;
- планирование технологических процессов и контроль за обеспечением сроков производства работ;
- входной контроль качества материалов, ведение учета показателей качества, предоставление установленной отчетности;
- обеспечение лаборатории материалами и оборудованием для проведения неразрушающего контроля;
- обеспечение учета, хранения и выдачи оборудования и материалов;
- организация своевременного ремонта и проверки контрольного оборудования и средств измерений;
- получение необходимых заключений для осуществления неразрушающего контроля;
- организация четкого ведения лабораторных журналов и своевременного оформления результатов неразрушающего контроля, оформления документов лаборатории, передаваемых в архив;
- участие в составлении актов и заключений по техническому диагностированию;

- организация работ над жалобами, рекламациями от потребителя, в том числе по выявлению причин несоответствия технического диагностирования, анализу причин, определению корректирующих действий;
- обеспечение безопасных условий и охраны труда;
- работа по разработке и внедрению в лаборатории новых методов неразрушающего контроля, а также совершенствованию существующих методов;
- участие в работах по подготовке лаборатории неразрушающего контроля к аттестации;
- подготовка предложений по улучшению организации работ по неразрушающему контролю с целью сокращения затрат труда на их проведение;
- разработка документов предприятия по неразрушающему контролю, инструкций по охране труда, положения о лаборатории неразрушающего контроля, должностных инструкций сотрудников лаборатории неразрушающего контроля;
- осуществление контроля за выполнением требований нормативных документов при проведении неразрушающего контроля;
- соблюдение конфиденциальности информации, полученной в ходе работ.

*Должностные обязанности инженера по неразрушающему контролю [28]:*

Разрабатывает и составляет инструкции, методические указания, технологическую документацию по проведению неразрушающего контроля нерадиационными методами изделий (далее - НКНМ). Внедряет новые методики, приборы и оборудование по НКНМ. Проводит экспериментальные работы с новыми средствами НКНМ с целью выдачи рекомендаций по их дальнейшему применению. Разрабатывает технические задания на создание новых средств НКНМ. Разрабатывает эскизы специальных тест-образцов для настройки аппаратуры, используемой при НКНМ изделий. Выполняет теоретические расчеты и эскизы, необходимые для изготовления макетных образцов специальных ультразвуковых, вихревых и других датчиков. Настраивает по специальным тест-образцам аппаратуру и осуществляет техническое руководство и контроль при

выполнении работ по НКНМ. Оформляет заключения о качестве объектов контроля с проведением при необходимости инспекционного контроля. Согласовывает конструкторскую документацию на стадии проектирования образцов новой техники в части возможности проведения НКНМ. Ведет оперативный учет средств измерений, приборов. Осуществляет расчеты потребности организации в средствах измерения, приборах, составляет заявки на их приобретение. Обеспечивает сохранность эталонов, поверяемых средств измерений, средств НКНМ. Осуществляет своевременное представление приборов, средств измерения на государственную поверку и ремонт. Следит за исправным состоянием и правильной эксплуатацией средств НКНМ, производственного инвентаря и средств индивидуальных защиты. Изучает информацию об отечественных и зарубежных научных достижениях в области НКНМ и диагностики. Осуществляет выбор эффективных средств и способов выполнения заданий, обеспечивает полноту, своевременность и высокое качество выполнения работ. Принимает участие в подготовке публикаций, составлении заявок на изобретения и рационализаторские предложения.

*Инженер по неразрушающему контролю должен знать:*

Законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, локальные нормативные акты, эксплуатационные документы, а также методики и другие документы по НКНМ; методы проведения и средства НКНМ; назначение, принципы работы, условия эксплуатации разрабатываемых специальных изделий; технологию ремонта используемых средств неразрушающего контроля; отечественный и зарубежный опыт в области неразрушающего контроля; методы определения экономической эффективности внедрения новых образцов дефектоскопической аппаратуры; порядок и методы проведения патентных исследований; основы изобретательства; основы экономики; правила работы с персональным компьютером и другой оргтехникой; основы трудового законодательства; санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда работников структурного подразделения организации; требования охраны труда, производственной санитарии; нормы и правила экологической, пожарной и



промышленной безопасности; правила оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве; правила внутреннего трудового распорядка.

*Требования к квалификации инженера по неразрушающему контролю:*

Инженер по неразрушающему контролю I категории: высшее профессиональное образование (техническое) и стаж работы в должности инженера по неразрушающему контролю II категории не менее 3 лет.

Инженер по неразрушающему контролю II категории: высшее профессиональное образование (техническое) и стаж работы в должности инженера по неразрушающему контролю не менее 3 лет.

Инженер по неразрушающему контролю: высшее профессиональное образование (техническое) без предъявления требований к стажу работы или среднее профессиональное образование (техническое), стаж работы в других должностях, замещаемых специалистами со средним профессиональным образованием (техническим), не менее 5 лет.

Проанализируем трудовые функции, предъявляемые к специалисту по неразрушающему контролю, занимающемуся выполнением работ по НК ультразвуковым методом с выдачей заключения о контроле [26].

*К специалисту по неразрушающему контролю, занимающемуся выполнением работ по НК ультразвуковым методом с выдачей заключения о контроле, предъявляются следующие трудовые действия:*

- определение и настройка параметров контроля;
- подготовка средств контроля для выполнения ультразвукового контроля;
- измерение толщины контролируемого объекта с использованием средств ультразвуковой толщинометрии;
- сканирование зоны контроля в соответствии с заданной схемой;
- выявление несплошности по результатам данных ультразвукового контроля;
- определение измеряемых характеристик выявленной несплошности для оценки качества контролируемого объекта;

- регистрация результатов ультразвукового контроля;
- определение пригодности данных, получаемых в процессе НК ультразвуковым методом, для проведения оценки качества контролируемого объекта;
- корректировка параметров НК в процессе контроля в зависимости от внешних факторов;
- определение типа выявленной несплошности в соответствии с требованиями технологической инструкции или иной документации, содержащей нормы оценки качества;
- анализ данных, полученных по результатам НК, и определение соответствия/несоответствия контролируемого объекта нормам оценки качества;
- проведение повторного (дублирующего) неразрушающего контроля;
- оформление и выдача заключения (протокола, акта) о контроле конкретным методом.

*Специалисту по неразрушающему контролю, занимающемуся выполнением работ по НК ультразвуковым методом с выдачей заключения о контроле, должен обладать необходимыми умениями:*

- определять и настраивать параметры контроля;
- применять меры (стандартные образцы), настроечные образцы ультразвукового контроля;
- производить настройку толщиномера и измерять толщину контролируемого объекта;
- производить перемещение преобразователя по поверхности контролируемого объекта по заданной траектории;
- производить поиск несплошностей в соответствии с их признаками;
- применять средства контроля для определения значений основных измеряемых характеристик выявленной несплошности;
- определять тип выявленной несплошности по заданным критериям;
- регистрировать результаты ультразвукового контроля;

- анализировать данные, полученные по результатам НК ультразвуковым методом, на предмет их полноты и достаточности для принятия решения о качестве контролируемого объекта;

- учитывать (минимизировать) влияние технологических факторов на результаты НК ультразвуковым методом;

- принимать решение о типе выявленной несплошности;

- применять нормативную документацию о контроле;

- определять по результатам НК соответствие (несоответствие) контролируемого объекта нормам оценки качества;

- оформлять заключения (протоколы, акты) о контроле ультразвуковым методом;

*Специалисту по неразрушающему контролю, занимающемуся выполнением работ по НК ультразвуковым методом с выдачей заключения о контроле, должен обладать необходимыми знаниями:*

- физические основы и терминология, применяемые в ультразвуковом контроле;

- практические аспекты реализации технологий проведения НК;

- шумы, возникающие в процессе контроля ультразвуковым методом, и методы их минимизации;

- ложные показания и причины их возникновения при проведении НК;

- типы дефектов контролируемого объекта, причины их образования;

- идентификационные признаки несплошностей;

- средства ультразвукового контроля;

- технология проведения ультразвукового контроля;

- методы проверки (определения) и настройки основных параметров ультразвукового контроля;

- правила выполнения измерений с использованием средств ультразвукового контроля;

- способы сканирования контролируемого объекта при проведении ультразвукового контроля;
- признаки обнаружения несплошностей по результатам ультразвукового контроля;
- измеряемые характеристики несплошностей;
- условные записи несплошностей, выявляемых ультразвуковым контролем;
- требования к регистрации и оформлению результатов контроля;
- требования нормативной и иной документации, устанавливающей нормы оценки качества по результатам ультразвукового контроля;
- требования охраны труда при проведении ультразвукового контроля.

### **3.3. Разработка программы обучения специалистов неразрушающего контроля**

Для разработки программы обучения выбираем учебный план профессиональной подготовки по профессии «Дефектоскопист по ультразвуковому контролю». Выбираем подраздел «Физические основы акустических методов контроля», так как он очень важен для подготовки дефектоскопистов к работе на установке САУЗК «ОСЬ-4».

Тема: «Технические средства акустического контроля». Изучение данной темы необходимо, чтобы понять принцип работы установки САУЗК «ОСЬ-4».

Для подготовки к работе дефектоскопистов на данной установке, разработаем план теоретического занятия, в котором изучим устройство и принцип работы САУЗК «ОСЬ-4».

#### План-конспект занятия

Раздел «Физические основы акустических методов контроля».

Тема «Технические средства акустического контроля. САУЗК «ОСЬ-4».

Тип занятия: усвоения новых знаний.

Цель занятия: изучение средств акустического контроля.

Задачи занятия:

- ознакомить специалистов УЗК с устройством и принципом действия установки САУЗК «ОСЬ-4»;

- ознакомить с этапами подготовки установки САУЗК «ОСЬ-4» к работе.

При проведении данного занятия используются следующие методы обучения: наглядные – презентация; словесные – лекция, беседа; практические – тестирование.

Продолжительность занятия составляет 90 мин.

В результате освоения темы специалист УЗК должен:

**Знать:**

- основные части установки САУЗК «ОСЬ-4»;
- область применения САУЗК «ОСЬ-4»;
- принцип работы САУЗК «ОСЬ-4».

**Уметь:**

- различать схемы прозвучивания, применяемые на установке САУЗК «ОСЬ-4»;
- перечислять этапы подготовки установки САУЗК «ОСЬ-4» к контролю.

### **Ход занятия**

1. Проверка присутствующих, сообщение темы занятия – 5 мин.
2. Подготовка к изучению нового материала (актуализация знаний) – 15 мин.
3. Изучение нового материала – 60 мин.
4. Закрепление знаний (фронтальный опрос) – 5 мин.
5. Подведение итогов урока – 5 мин.

Ход занятия представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Ход занятия

Этап занятия	Деятельность преподавателя	Наглядные средства ТСО	Деятельность слушателей – специалистов УЗК (предполагаемые ответы)
1. Организационная часть – 5 мин.	1.1. Проверка присутствующих по журналу. 1.2. Организация рабочих мест		Подготовка к опросу
2. Подготовка к изучению нового материала – 15 мин.	2.1. Актуализация знаний по пройденному материалу 2.2. Тестовый опрос 2.3. Сообщение темы и цели урока	Плакаты. Тесты и бланки ответов. Доска, цветные мелки	2.1. Ответы на вопросы 2.2. Ответы на вопросы теста 2.3. Запись номера урока и темы
3. Объяснение нового материала – 60 мин.	Показ презентации с объяснением: 3.1. Область применения установки 3.2. Назначение установки 3.3. Схемы прозвучивания осей 3.4. Устройство установки САУЗК «ОСЬ-4» 3.5. Подготовка установки к контролю 3.6. Проведение контроля 3.7. Оценка качества и оформление результатов	Презентация «Установка автоматизированного ультразвукового контроля осей САУЗК «ОСЬ-4»»	3.1. Просмотр презентации 3.2. Запись нового материала
4. Закрепление нового материала – 5 мин.	Опрос обучающихся по теме: – назначение САУЗК «ОСЬ-4» – этапы подготовки установки к контролю – методика проведения контроля		Ответы на вопросы по закреплению нового учебного материала
5. Подведение итогов занятия – 5 мин.	Оценивание ответов, выставление оценок		

### План занятия

1. Область применения САУЗК «ОСЬ-4»;
2. Назначение САУЗК «ОСЬ-4»;
3. Схемы прозвучивания осей, применяемые на САУЗК «ОСЬ-4»;
4. Устройство САУЗК «ОСЬ-4»;
5. Подготовка САУЗК «ОСЬ-4» к проведению контроля;
6. Проведение контроля;
7. Оценка качества и оформление результатов контроля.

Для представления нового материала разработана презентация «Установка автоматизированного контроля осей САУЗК «ОСЬ-4»» – приложение Г.

Лекция преподавателя сопровождается показом слайдов презентации.

Итоговая аттестация проводится по карточкам индивидуального задания в письменной форме. Карточки с тестами представлены в приложении В.

Оценка знаний, умений и навыков по результатам контроля освоения темы производится в соответствии с универсальной шкалой, которая представлена в таблице 12.

Таблица 12 – 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

Цель ВКР было разработать документацию для проведения УЗК детали «Ось 2ЭС6».

Результатами проделанной работы являются:

– в ходе изучения акустического вида неразрушающего контроля выбран метод контроля детали «Ось»;

– проведен сравнительный анализ установок для ультразвукового контроля детали «Ось», обоснован выбор установки САУЗК «ОСЬ-4» и рассмотрены особенности контроля на данной установке;

– разработана технологическая инструкция для проведения ультразвукового контроля детали «Ось» на установке САУЗК «ОСЬ-4»; проанализирован профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю»; определена трудовая функция, необходимая дефектоскописту для выполнения ультразвукового контроля на выбранной установке; разработан план теоретического занятия и тестовое задание для проведения аттестации дефектоскопистов.

Внедрение системы автоматизированного ультразвукового контроля железнодорожных осей САУЗК «ОСЬ-4» позволит полностью исключить брак, происходящий в результате «человеческого фактора», а также повысить производительность контролируемых осей до необходимых потребностей производства и выше. Исключение брака ведёт к обеспечению безопасности железнодорожного транспорта, а также повышению престижа предприятия.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алешин Н.П., Белый В.Е. Методы акустического контроля. – Москва: Машиностроение, 1989. – 456 с.
2. Буйносов А.П., Зенович Д.К. Анализ причин отказов осей колесных пар электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 3. – С. 147.
3. Вихретоковый метод неразрушающего контроля деталей подвижного состава. Инструкция (РД 32-150-2000). – Москва: МПС, 2000. – 97 с.
4. Горкунов Э.С. Магнитопорошковая дефектоскопия и магнитная структуроскопия. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 140 с.
5. ГОСТ 3.1105–2011. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения. – Введ. 2012–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 24 с.
6. 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.
7. ГОСТ Р 52942–2008 (ЕН 13261:2003). Рельсовый транспорт. Колесные пары и тележки. Оси. Требования к изделию» устанавливает следующие требования к изделию. – Введ. 2009–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 16 с.
8. ГОСТ Р 54795–2011. Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала. Основные требования. – Введ. 2013–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 24 с.
9. ГОСТ Р 55808–2013. Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Методы испытаний. – Введ. 2015–07–01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 47 с.
10. ГОСТ Р 56542–2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 2016–06–01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 11 с.

11. Дефектоскопия деталей подвижного состава железных дорог и метрополитенов / В.А. Ильин, Г.И. Кожевников. – Москва: Транспорт, 1983. – 315 с.
12. Ермолов И. Н. Методы и средства неразрушающего контроля качества: учеб. пособие для инж.-техн. спец. вузов / И. Н. Ермолов. – Москва: Высш. шк., 1988. – 368 с.
13. Ермолов И.Н., Ермолов М.И. Ультразвуковой контроль: учебник для специалистов первого и второго уровней квалификации. – Москва: Азимут, 2006. – 208 с.
14. Инструкция по магнитному контролю ответственных деталей локомотивов и моторвагонного подвижного состава в депо и на ремонтных заводах (ЦТ-2303). – Москва: Транспорт, 1965. – 59 с.
15. Инструкция по ультразвуковому контролю деталей тепловозов серии 2ТЭ-116, ТЭ-10, М62, ТЭМ-2 (ЦТрт – 17/1). – Москва: МПС, ВНИИЖТ, 1999. – 47 с.
16. Ключев В.В. (ред.) Неразрушающий контроль и диагностика: справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2003. – 656 с.
17. Ключев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник – Москва: Машиностроение, 1976. – 326 с.
18. Контроль неразрушающий приемочный. Колеса цельнокатаные, бандажи и оси колесных пар подвижного состава. Инструкция (РД 32.144-2000). – Москва: МПС, 2000. – 40 с.
19. Крауткремер Й., Крауткремер Г. Ультразвуковой контроль материалов: справочник. – Москва: Металлургия, 1991. – 752 с.
20. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: СВЕН, 2007. – 226 с.
21. Крылович В. И. Ультразвуковые частотнофазовые методы исследования и неразрушающий контроль / под ред. А. Г. Шашкова. – Минск: Наука и техника, 1985. – 175 с.

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

23. Неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов и моторвагонного подвижного состава (общие положения). Инструкция (РД Цтт – 19). – Москва: МПС, 2000. – 8 с.

24. Паврос С.К. Избранные труды / под ред. А.Л. Ниенко. – Санкт-Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – 121 с.

25. Правила сертификации персонала по неразрушающему контролю технических объектов железнодорожного транспорта. Инструкция (ПР 32.113–98). – Москва: МПС, 1998. – 52 с.

26. 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 02.02.2019).

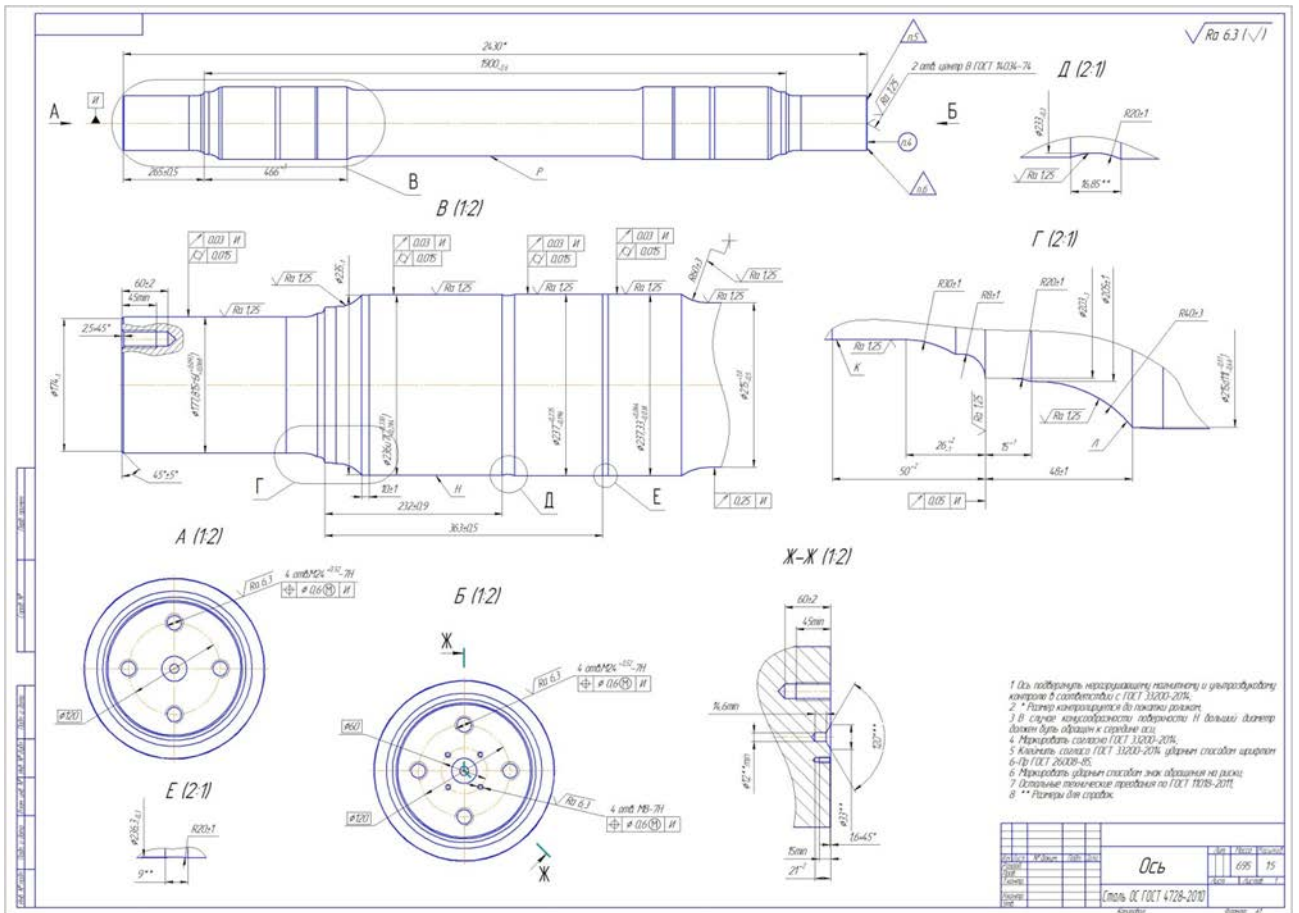
27. Приказ «Об утверждении должностной инструкции «Начальник лаборатории неразрушающего контроля»» от 01 июля 2010 г. № 102. – В. Пышма: ООО «Уральские локомотивы», 2010. – 6 с.

28. Приказ «Об утверждении должностной инструкции «Инженер по неразрушающему контролю»» от 01 июля 2010 г. № 103 – В.Пышма: ООО «Уральские локомотивы», 2010. – 6 с.

29. Шелихов Г.С. Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов. – Москва: НТЦ «Эксперт», 1995. – 220 с.

30. Шрайбер Д.С. Ультразвуковая дефектоскопия. – Москва: Metallurgia, 1965. – 392 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А



Чертеж оси

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**Технологическая инструкция по ультразвуковому контролю на установке  
САУЗК «ОСЬ-4»**

ПРОЕКТ

ООО «УРАЛЬСКИЕ ЛОКОМОТИВЫ»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ  
ПО УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛЮ ЧИСТОВЫХ ОСЕЙ НА СТЕН-  
ДЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ  
ОСЕЙ САУЗК «ОСЬ-4»**

**2019**

## Содержание

1. Область применения	67
2. Нормативные ссылки	67
3. Термины, определения, обозначения и сокращения	68
4. Общие положения	71
5. Подготовка к контролю	76
6. Проведение контроля	77
7. Оценка качества и оформление результатов контроля	79
8. Охрана труда	80
Приложение Б.1 Форма Журнала результата УЗК осей (рекомендуемое)	82

## **1. Область применения**

Настоящая технологическая инструкция регламентирует порядок выполнения ультразвукового контроля осей колесных пар электровозов серии 2ЭС6, 2ЭС10 и ЭС2Г на установке ультразвукового контроля САУЗК «ОСЬ-4».

Настоящая технологическая инструкция должна использоваться совместно с документом «Установка ультразвукового контроля САУЗК «ОСЬ-4». Руководство по эксплуатации РЭ» (далее – РЭ).

## **2. Нормативные ссылки**

В настоящей инструкции использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.0.004-90 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 14782-96 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные термины и определения.

ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.

ГОСТ 23829-85 Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения.

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

ГОСТ 31334-2007 Оси чистовые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия.

ЕТКС Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Утв. 1986г.

СТО РЖД 1.11.001-2005 Методические указания по приемочному ультразвуковому неразрушающему контролю колёсных пар подвижного состава.

РД 32.144-2000 Контроль неразрушающий приемочный. Колёса цельнокатаные, бандажи и оси колёсных пар подвижного состава. Технические требования.

ПР 32.151-2000 Правила по аккредитации. Система аккредитации лабораторий неразрушающего контроля на федеральном железнодорожном транспорте. Правила и порядок проведения аккредитации.

ПР 32.113-98 Правила сертификации персонала по неразрушающему контролю технических объектов железнодорожного транспорта.

### **3. Термины, определения, обозначения и сокращения**

В настоящей технологической инструкции применены следующие термины с соответствующими определениями, обозначения и сокращения:

#### **3.1 Термины и определения:**

**3.1.1 брак:** Продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов. [ГОСТ 15467, статья 48]

**3.1.2 браковочный уровень:** уровень амплитуды эхо-сигнала от контрольного отражателя, заданного нормативно-технической документацией на поковки, превышение которого сигналом от дефекта служит основанием для браковки поковки. [ГОСТ 24507, приложение]

**3.1.3 годная продукция:** Продукция, удовлетворяющая всем установленным требованиям. [ГОСТ 15467, статья 37]



3.1.4 **дефект**: Каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. [ГОСТ 15467, статья 38]

3.1.5 **зона контроля**: Часть объекта контроля или стандартного образца, в пределах которой контролируемый параметр может быть определен с заданной степенью достоверности. ГОСТ 23829, приложение]

3.1.6 **контролепригодность**: Свойство объекта, характеризующее его пригодность к проведению диагностирования (контроля) заданными средствами диагностирования (контроля). [ГОСТ 20911, статья 14]

3.1.7 **метод неразрушающего контроля**: Метод контроля, при котором не должна быть нарушена пригодность объекта к применению. [ГОСТ 16504, статья 89]

3.1.8 **неразрушающий контроль**: Контроль качества продукции, который не должен нарушать ее пригодность к использованию по назначению [ГОСТ 16504, статья 110]

3.1.9 **плоскодонный искусственный отражатель**: Искусственный отражатель в виде плоского дна цилиндрического отверстия, ориентированного перпендикулярно оси цилиндра. [ГОСТ 23829, статья 81]

3.1.10 **предельная чувствительность**: Чувствительность, характеризующаяся минимальной эквивалентной площадью (в мм<sup>2</sup>) несплошности, которая еще обнаруживается на заданной глубине в изделии при данной настройке аппаратуры. [ГОСТ 14782, приложение 1]

3.1.11 **приемо-сдаточные испытания**: Контрольные испытания продукции при приемочном контроле. [ГОСТ 16504, статья 47]

3.1.12 **уровень фиксации**: уровень амплитуды эхо-сигнала от контрольного отражателя, заданного нормативно-технической документацией на поковки, который служит основанием для фиксации дефекта по превышению сигналом этого уровня при контроле эхо-методом. [ГОСТ 24507, приложение]

3.1.13 **вариант метода неразрушающего контроля**: Совокупность значений основных параметров данного метода неразрушающего контроля, применяемого при данной схеме прозвучивания.

3.1.14 **несплошность**: Неоднородность металла, вызывающая отражение и/или ослабление упругих ультразвуковых волн.

3.1.15 **разрешающая способность**: Способность дефектоскопа разделять два отражателя, расположенных близко друг к другу.

3.1.16 **сканирование**: Процесс контроля посредством перемещения преобразователя по поверхности.

3.1.17 **уровень чувствительности, дБ**: Разность между значением усиления (ослабления), соответствующим заданному значению чувствительности, и амплитудой эхо-сигнала от эталонного отражателя.

3.1.18 **условная протяженность дефекта**: Размер в миллиметрах, соответствующий зоне между крайними положениями преобразователя, в пределах которой фиксируют сигнал от несплошности при заданном уровне чувствительности.

3.1.19 **условное расстояние между дефектами**: Минимальное расстояние между положениями точки ввода луча (центра преобразователя) на контролируемой поверхности, в которых амплитуда регистрируемых сигналов достигает величины, установленной в технологической документации на контроль.

3.1.20 **шаг сканирования**: Расстояние между соседними траекториями перемещения точки ввода луча (центра преобразователя) на поверхности.

3.1.21 **эквивалентная площадь несплошности**: Площадь плоскодонного искусственного отражателя, ориентированного перпендикулярно акустической оси преобразователя и расположенного на том же расстоянии от поверхности ввода, что и несплошность, при которой значения сигнала акустического прибора от несплошности и отражателя равны.

3.1.22 **эталонный отражатель**: Искусственный отражатель в стандартном образце, используемый для настройки основных параметров контроля.

3.2 Обозначения:

3.2.1 панель управления – ПУ;

3.2.2 руководство по эксплуатации – РЭ;

3.2.3 стандартный образец предприятия – СОП;

- 3.2.4 техническая инструкция – ТИ;
- 3.2.5 ультразвуковой контроль – УЗК;
- 3.2.6 Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии – РОССТАНДАРТ.

#### **4. Общие положения**

##### 4.1 Порядок проведения НК

4.1.1 УЗК всех выпускаемых из производства чистовых осей колесных пар выполняется при приемо-сдаточных испытаниях и включает:

- а) УЗК структуры металла осей;
- б) УЗК на отсутствие внутренних дефектов осей.

4.1.2 УЗК структуры металла осей методом контроля «прозвучиваемости» (вариант метода Т1 по РД 32.144) и УЗК осей на отсутствие внутренних дефектов эхо-импульсным методом с торцевой поверхности продольными волнами в осевом направлении (вариант метода А1 по РД 32.144) проводятся на посту ручного контроля, расположенном вне стенда.

Оси, забракованные по результатам ручного УЗК, не подвергаются УЗК на стенде.

4.1.3 УЗК структуры металла осей зеркально-теневым методом выполняется с цилиндрической поверхности продольными волнами в радиальном направлении (вариант метода Т2 по РД 32.144).

4.1.4 УЗК осей на отсутствие внутренних дефектов выполняется эхо-импульсным методом:

- а) с цилиндрической поверхности продольными волнами в радиальном направлении (вариант метода А2 по РД 32.144) (см. рисунок Б.1);
- б) с цилиндрической поверхности поперечными волнами в осевом направлении (вариант метода А3 по РД 32.144) (см. рисунок Б.2).

4.1.5 При УЗК по варианту метода А2 выявлению подлежат внутренние дефекты:

- эквивалентная площадь которых равна или более  $19,6 \text{ мм}^2$ ;

- эквивалентная площадь которых равна или более  $7,1 \text{ мм}^2$ , если:
- $\Delta L$  хотя бы одного из них более 40 мм;
- $\Delta l$  между любыми двумя из них менее 50 мм;
- в одной оси их обнаружено 6 или более.

4.1.6 При УЗК по варианту метода А3 выявлению подлежат внутренние дефекты, эквивалентная площадь которых равна или более  $7,1 \text{ мм}^2$ , в зонах переходов между участками оси с различными диаметрами.

4.1.7 Зоны осей, подвергаемые УЗК на стенде, приведены на рисунке Б.3.

4.1.8 УЗК по настоящей ТИ выполняется после окончательной механической обработки чистовых осей.

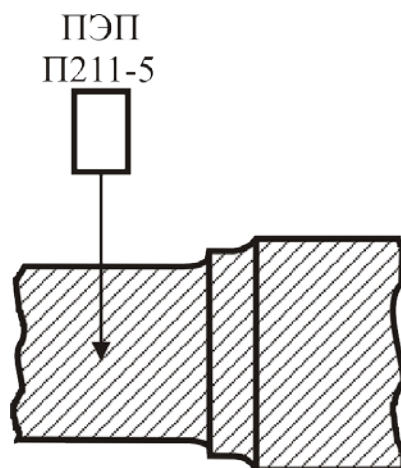


Рисунок Б.1 – Схема прозвучивания осей по вариантам метода А2 и Т2

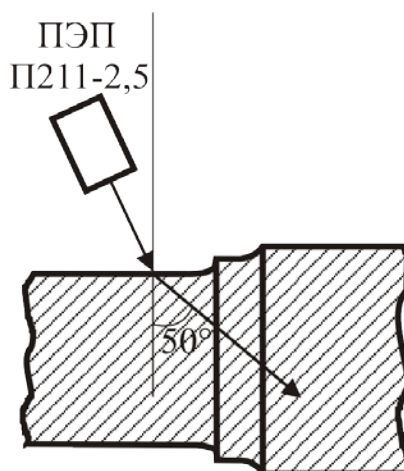


Рисунок Б.2 – Схема прозвучивания осей по варианту метода А3

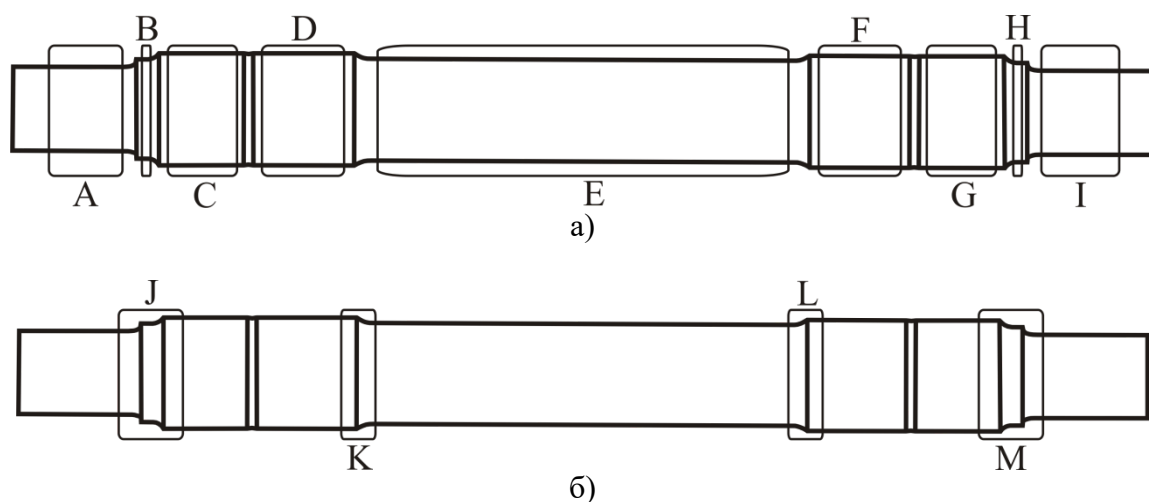


Рисунок Б.3 – Зоны УЗК осей, подвергаемые УЗК на стенде (а – по варианту метода А2; б – по варианту метода А3)

## 4.2 Требования к контролепригодности осей

4.2.1 Поверхности осей должны соответствовать требованиям ГОСТ 31334.

4.2.2 На цилиндрических поверхностях осей не допускается наличие клеев, маркировок, забоин, заусенцев и других видимых дефектов.

## 4.3 Оборудование, материалы и вспомогательные приспособления

4.3.1 Комплект средств УЗК осей по настоящей ТИ включает:

а) установку автоматизированного ультразвукового контроля осей САУЗК «ОСЬ-4» (далее – стенд) (см. рисунок Б.4);

б) образец настроечный стенда УЗК осей (далее – НО);

в) комплект стандартных образцов предприятия СОП УЗ.32.08.04.000-04.

4.3.2 В состав САУЗК «ОСЬ-4» входят:

- иммерсионная ванна;
- зажимные пиноли;
- сканирующее устройство с линейным приводом;
- аппаратно-вычислительный комплекс на базе промышленного компьютера;
- два дефектоскопа «ОКО-20».

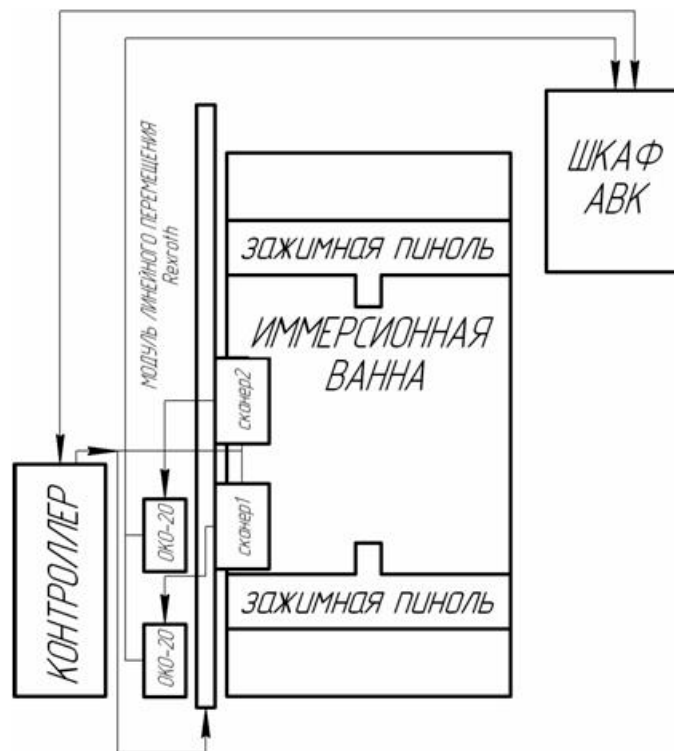


Рисунок Б.4 – Структурная схема основных узлов системы

4.3.3 Акустический контакт осуществляется иммерсионным способом. В качестве контактной среды используется дегазированная техническая вода с антикоррозионными присадками.

4.3.4 Угол ввода ультразвуковой волны обеспечивается за счет позиционирования ПЭП в узле подвески (рисунок Б.5). Перечень ПЭП и зоны контроля оси приведены в таблице 4.1.

4.3.5 Устройство, принцип действия, технические характеристики и порядок работы на стенде описаны в РЭ стенда.

4.3.6 Стенд УЗК осей должен быть сертифицирован в соответствии с нормативной документацией РОССТАНДАРТ и внесен в Реестр средств измерений, допущенных к применению на железнодорожном транспорте.

4.3.7 НО и комплект СОП УЗ.32.08.04.000-04 должны быть аттестованы в установленном порядке.

4.3.8 Техническое обслуживание стенда УЗК осей должно проводиться в соответствии с РЭ стенда.

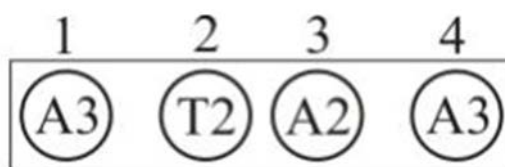


Рисунок Б.5 - Схема расположения ПЭП в узле подвеске

Тип ПЭП	Вариант метода по РД 32.144	Отражатель в СОП (НО)	$\alpha$	Обозначение (номер) канала	Зоны УЗК оси	Обозначение зон УЗК (см. рисунок Б.3)
П211-5	А2	ПДО Ø5 мм; Ø3 мм	0°	3	Шейка, предподступичная часть, подступичная часть, средняя часть	А, В, С, D, Е, F, G, H, I
П211-2,5	А3	ПДО Ø3 мм	50°	1	Галтельные переходы	J, L
П211-2,5	А3	ПДО Ø3 мм	50°	4	Галтельные переходы	К, М
П211-5	Т2	донный сигнал в СОП №10 из комплекта СОП УЗ.32.08.04.000 -04	0°	2	Шейка, подступичная часть, средняя часть	А, С, D, Е, F, G, I

4.4 Требования к организации работ, квалификации и ответственности персонала

4.4.1 УЗК осей должна выполнять ЛНК ООО «Уральские Локомотивы», аккредитованная согласно ПР 32.151.

4.4.2 В рабочей зоне должны быть созданы условия, обеспечивающие надёжность и достоверность проведения приёмочного УЗК:

- должны отсутствовать яркие источники света (электросварка, электрическая и газовая резка металла и т.д.);

- не должны проводиться работы, загрязняющие воздух и вызывающие вибрацию, а также работы, вызывающие колебания напряжения в сети питания стенда УЗК осей;

- температура поверхности контролируемой оси должна находиться в пределах от плюс 15 до плюс 35 °С.

4.4.3 При проведении УЗК не допускается присутствие посторонних лиц в рабочей зоне.

4.4.4 К проведению УЗК осей допускается персонал, сертифицированный в соответствии с ПР 32.113 на I-ый или II-ой уровень квалификации по акустическому виду НК элементов колесных пар, изучивший настоящую ТИ и РЭ стенда, а также имеющий квалификационный разряд не ниже пятого по ЕТКС и прошедший специальную теоретическую и практическую подготовку по работе на стенде.

4.4.5 К оценке качества осей по результатам УЗК допускается персонал, сертифицированный в соответствии с ПР 32.113 на II-ой уровень квалификации по акустическому виду НК элементов колесных пар.

4.4.6 Ответственность за проведение и оформление результатов УЗК в соответствии с настоящей ТИ возлагается на дефектоскописта.

4.4.7 Проверку настройки стенда на НО и СОП из комплекта СОП УЗ.32.08.04.000-04 в соответствии с настоящей ТИ имеют право осуществлять специалисты ЛНК, прошедшие специальное обучение работе на стенде и сертифицированные в соответствии с ПР 32.113 на II-ой уровень квалификации по акустическому виду НК элементов колесных пар.

4.4.8 Обеспечение контролепригодности осей не входит в обязанности дефектоскописта.

## **5. Подготовка к контролю**

Подготовка к УЗК включает:

- 1) предварительную подготовку САУЗК «ОСЬ-4»;
- 2) комплексную проверку основных параметров УЗК;
- 3) поканальную проверку САУЗК «ОСЬ-4».

5.1. При настройке за каждым из преобразователей закрепляют зоны контроля. Загрузка зон контроля по заданной продольной линейной координате проводится автоматически в процессе сканирования.

5.2. Настройка браковочной чувствительности предусматривает установку зон контроля для каждого из преобразователей сканирующего устройства и саму настройку чувствительности для каждой зоны по искусственным отража-



телям на стандартном образце предприятия. Задание зон осуществляется по линейным координатам оси, начиная от левого торца, а настройка чувствительности – по кривым DAC (рисунок Б.6). Также предусмотрено три уровня кривых – поисковый, контрольный и браковочный. Под каждый типоразмер оси создается своя настройка контроля, которая хранится в базе данных компьютера. Таким образом, для контроля оси достаточно только провести загрузку перечисленных сведений.

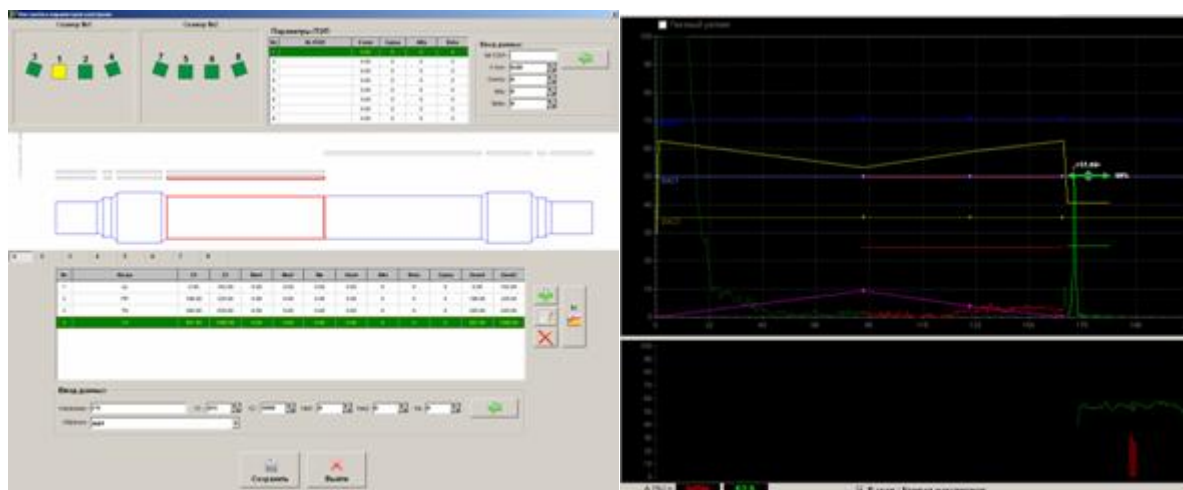


Рисунок Б.6 – Настройка зон контроля и браковочной чувствительности

## 6. Проведение контроля

6.1. Контроль проводят при вращательном движении оси на центрах и линейном перемещении сканирующих устройств вдоль оси. При этом все необходимые механические операции для позиционирования оси в рабочее положение система выполняет сама.

6.2. Сканирование железнодорожной оси выполняют с помощью несущего линейного устройства перемещения, состоящего из двух сканеров. В каждом из сканеров размещено по четыре ультразвуковых преобразователя. Номинальные частоты ультразвуковых колебаний специализированных преобразователей 2,5 и 5 МГц. Первый сканер проводит контроль левой части оси (от торца до середины), второй – правой части (от середины оси до ее правого торца).

6.3. Сбор данных по всем каналам осуществляют с помощью двух дефектоскопов «ОКО-20».

6.4. Эксплуатация системы САУЗК «ОСЬ-4» осуществляется одним оператором, которому для проведения контроля загруженной оси достаточно нажать кнопку «СТАРТ», после чего система производит все предварительные операции и запускает процесс контроля.

6.5 Во время съема данных проводится визуализация процесса на дефектограммах в виде Б-сканов или набора пиков (по выбору оператора) в реальном времени по каждому задействованному в контроле каналу (рисунок Б.7). При необходимости оператор также может задавать основные параметры контроля: скорость вращения оси, скорость перемещения сканирующего устройства, частоту генератора зондирующих импульсов и др.

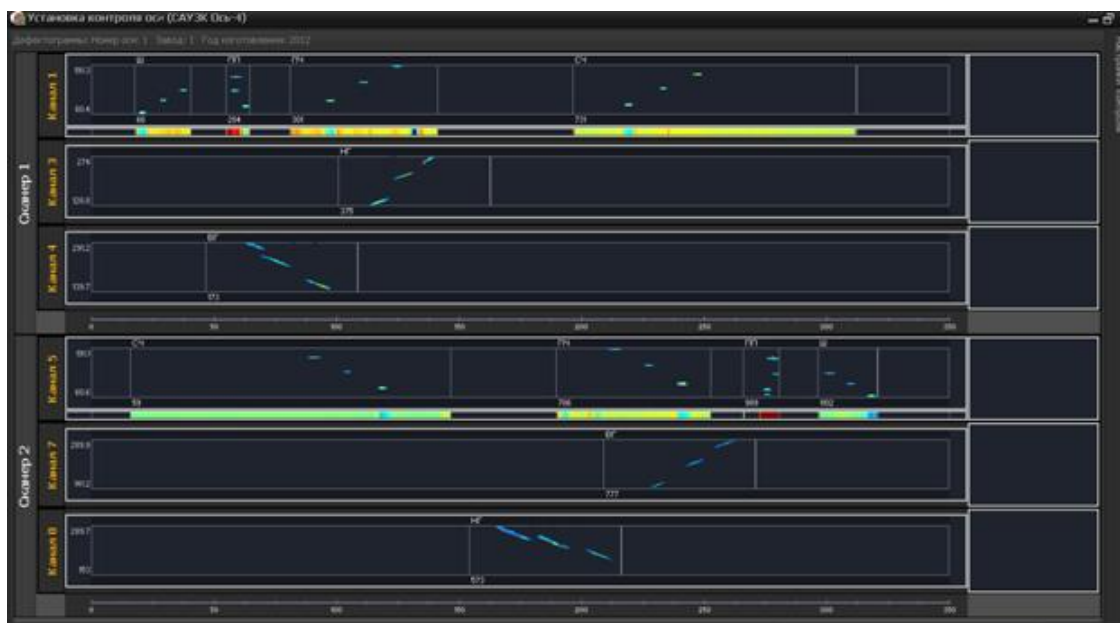


Рисунок – Б.7 Отображение процесса проведения контроля в виде Б-скана

## 7. Оценка качества и оформление результатов контроля

7.1. По окончании процесса система выдает заключение о годности в виде приведенного к оси Б-скана, обобщенных результатов и заключения «ГОДНО/БРАК» (рисунок Б.8). Сброс оси на позицию выгрузки также происходит нажатием кнопки «ВЫГРУЗКА».

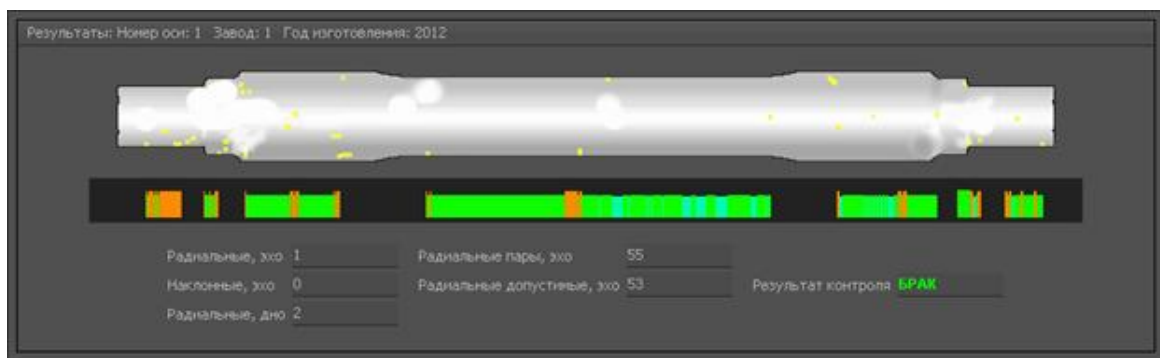


Рисунок Б.8 – Отображение предварительных результатов контроля по окончании сканирования

7.2. Все результаты контроля сохраняются на жестком диске промышленного компьютера.

7.3. При необходимости система может выдавать протоколы контроля как по каждой оси, так и в виде статистических посменных извещений, что максимально упрощает процедуру отчетности.

7.4. Возможна архивация данных и их анализ на другом компьютере.

7.5. Результаты хранятся в виде подробной информации о каждом из дефектов:

- эквивалентная площадь и диаметр дефекта;
- пространственная ориентация дефекта;
- протяженность;
- амплитуда эхосигнала от дефекта.

7.6. При просмотре результатов контроля есть возможность масштабирования Б-скана или кривой зеркально-теневого метода для более подробного анализа и просмотра каждого отдельного отклонения от нормы (рисунок Б.9).

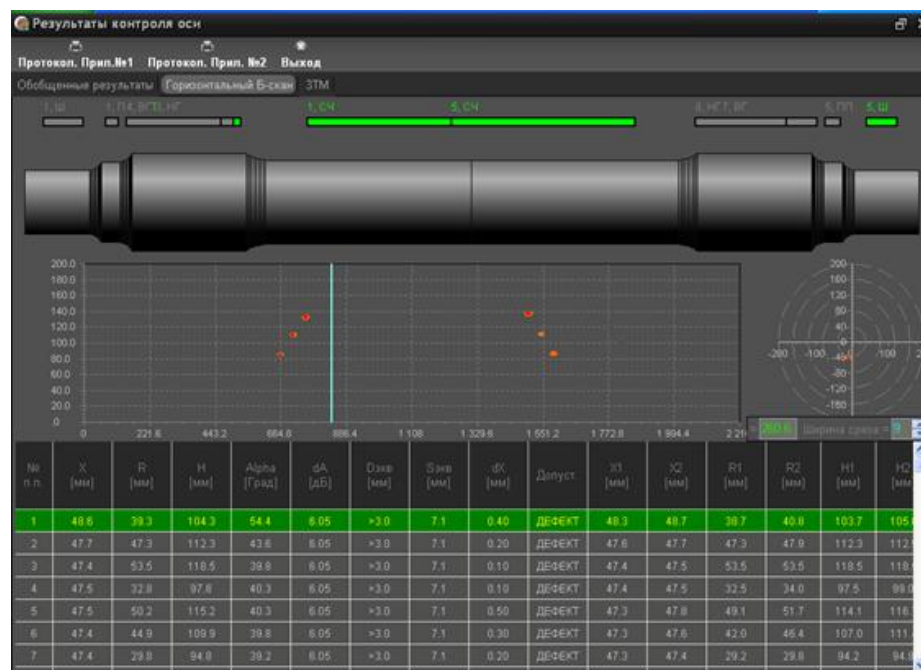


Рисунок Б.9 – Просмотр результатов контроля

## 8. Охрана труда

8.1. Все виды работ по подготовке и проведению УЗК должны проводиться при строгом соблюдении правил техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности.

8.2. К проведению УЗК допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинскую комиссию, профессиональное обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний требований охраны труда в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004.

8.3. Оборудование рабочего места и обслуживание стенда УЗК осей должно осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.1.019, «Правилами устройства электроустановок потребителей», утвержденными Госэнергонадзором 31.03.92, и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденными Госэнергонадзором 21.12.84, а также с соблюдением требований безопасности, установленных в РЭ установки, и в инструкции по охране труда для дефектоскопистов, действующей на ООО «Уральские Локомотивы».

8.4. Размещение, хранение, транспортирование и использование дефектоскопических и вспомогательных материалов и отходов производства должно проводиться с соблюдением требований пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004.

8.5. На рабочем посту НК осей должны быть вывешены на видном месте инструкции по технике безопасности и пожарной безопасности, утвержденные главным инженером предприятия.

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

8.7. Показатели микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения) на рабочем посту НК осей должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548.

**Форма Журнала результата УЗК осей**

Дата	Номер оси – номер плавки	Результаты неразрушающего контроля			
		Визуальный контроль		УЗК	
		заключение (годная/брак)	Подпись и ФИО дефектоскописта	заключение (годная/брак)	Подпись и ФИО дефектоскописта
1	2	3	4	5	6

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Тестовое задание для проведения аттестации дефектоскопистов по УЗК

Выберите правильный вариант ответа.

1. Амплитуда эхо-импульса от дефекта составляет 12дБ, а амплитуда эхо-импульса от бокового цилиндрического отверстия диаметром 6 мм на глубине 44 мм составляет 24 дБ. Коэффициент выявляемости составит...

- 1) 12 дБ
- 2) 2 дБ
- 3) 0,5 дБ
- 4) -12 дБ

2. Преобразование акустических колебаний в электрический сигнал называют....

- 1) прямым пьезоэлектрическим эффектом
- 2) обратным пьезоэлектрическим эффектом
- 3) упругостью
- 4) демпфированием

3. 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

4. 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

5. Затухание связано с....
- 1) только рассеянием
  - 2) только с поглощением
  - 3) с поглощением и рассеянием
  - 4) только с расхождением лучей

6. Условные размеры в большинстве случаев....
- 1) больше реальных
  - 2) меньше реальных
  - 3) равны реальным

7. Затухание волны приводит к уменьшению....
- 1) длины волны
  - 2) частоты волны
  - 3) амплитуды волны
  - 4) скорости волны

8. К основным параметра аппаратуры не относится....
- 1) частота
  - 2) длина волны
  - 3) условная чувствительность
  - 4) размеры ПЭП

9. Совокупность свойств объекта, подверженных изменению в процессе эксплуатации, характеризуемая признаками, установленными нормативно-технической документацией, называется.....

- 1) надежность;
- 2) техническое состояние;
- 3) правильное функционирование.



10. Износ схватывания первого рода связан.....

- 1) с нагревом деталей до температуры плавления;
- 2) с высокими скоростями в соединениях;
- 3) с неточностью изготовления деталей.

11. Какой из методов неразрушающего контроля дает прямую визуализацию дефекта:

- 1) магнитный;
- 2) вихретоковый;
- 3 акустический.

12. В соответствии с ГОСТ 55724-2013 УЗК сварных соединений с целью выявления несплошностей, залегающих вблизи поверхности, по которой производится сканирование, выполняют:

- 1) поперечными (сдвиговыми волнами);
- 2) продольными подповерхностными (головными) волнами;
- 3) поверхностными волнами;
- 4) верны варианты 2 или 3.

13. Что из перечисленного, в соответствии с ГОСТ 55724-2013, 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.

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

- 1) отражением;
- 2) преломлением;
- 3) трансформацией;

4) поляризацией.

15. В каких средах (материалах) могут распространяться продольные волны:

- 1) в любых средах, кроме вакуума;
- 2) только в твердых средах;
- 3) только в газообразных средах;
- 4) только в жидких средах.

16. Что, в соответствии с ГОСТ 55724-2013, относится к условным размерам дефекта при УЗК?

- 1) условная протяженность;
- 2) условная амплитуда отраженного от дефекта сигнала;
- 3) условная глубина;
- 4) все перечисленное

17. Если пьезоэлектрическая пластина преобразует механические колебания в электрические, то это называется:

- 1) прямым пьезоэлектрическим эффектом;
- 2) обратным пьезоэлектрическим эффектом.

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

- 1) любых;
- 2) токопроводящих;
- 3) ферромагнитных.

19. С целью создания хороших условий для ввода ультразвуковых колебаний в контролируемую деталь необходимо:

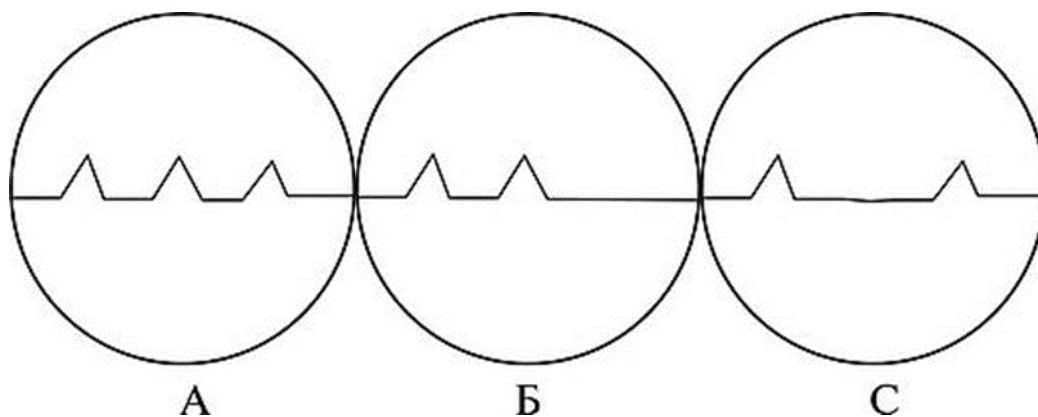
- 1) более плотно прижимать излучатель колебаний (преобразователь) к детали;

- 2) смазать место ввода ультразвуковых колебаний маслом;
- 3) выбрать лучшее место ввода ультразвуковых колебаний перемещением излучателя по детали.

20. Импедансный метод акустического контроля применяется для контроля деталей:

- 1) клееной и паяной конструкции;
- 2) сплошных деталей;
- 3) как клееной и паяной конструкции, так и сплошных деталей.

21. При эхо-импульсном методе ультразвукового контроля наличие дефекта в детали соответствуют изображения на экране осциллографа:



- 1) А и Б;
- 2) С;
- 3) только А.

22. Во сколько раз уменьшилась амплитуда, если волна ослабла на 6 дБ:

- 1) в шесть раз;
- 2) в два раза;
- 3) в три раза;
- 4) в 12 раз.

23. Одинаковыми преобразователями получают донные сигналы для трех образцов равной толщины из алюминия, стали и чугуна. В каком случае амплитуда будет больше:

- 1) в образце из алюминия;
- 2) в образце из стали;
- 3) в образце из чугуна;
- 4) амплитуды одинаковы.

24. 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.

25. Угол падения, при котором угол преломления составляет  $90^\circ$ , называется:

- 1) нормальным углом падения;
- 2) критическим углом;
- 3) углом максимального отражения;
- 4) ни одним из вышеприведенных.

26. Наиболее опасными дефектами сварных соединений из перечисленных являются:

- 1) чешуйчатость шва;
- 2) непровары;
- 3) наплывы;
- 4) поры или шлаковые включения.

27. Контроль - это:

- 1) проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям;
- 2) установление зависимости между параметрами технологического процесса и вероятностью появления дефектов;
- 3) определение предельных величин дефектов, не влияющих на эксплуатационные характеристики объекта;
- 4) процедура поиска дефектов и отметка их на поверхности или чертеже объекта.

28. Дефект «газовая пора» определяется, как...

- 1) газовая полость практически сферической формы;
- 2) трубчатая полость в металле сварного шва, вызванная выделением газов;
- 3) полость, образующаяся вследствие усадки во время затвердевания металла сварного шва;
- 4) отдельное несовершенство на участке сварного шва, имеющем губчатую структуру.

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

- 1) линейными;
- 2) единичными;
- 3) скоплением;
- 4) правильный ответ 1, 2 и 3.

30. Если некоторое физическое тело (объект контроля) отражает свет сильнее, чем окружающие его тела, то оно представляется наблюдателю...

- 1) тёмным на светлом фоне;
- 2) светлым на тёмном фоне;
- 3) чёрным на зелёном фоне;
- 4) зелёным на чёрном фоне.

Ключ ответов:

1 - 4)	16 - 1)
2 - 1)	17 - 3)
3 - 2)	18 - 1)
4 - 2)	19 - 3)
5 - 3)	20 - 1)
6 - 1)	21 - 2)
7 - 3)	22 - 2)
8 - 2)	23 - 1)
9 - 1)	24 - 2)
10 - 1)	25 - 2)
11 - 3)	26 - 2)
12 - 4)	27 - 1)
13 - 4)	28 - 1)
14 - 3)	29 - 4)
15 - 1)	30 - 2)

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

Презентация занятия на тему: «Установка автоматизированного ультразвукового контроля осей САУЗК «ОСЬ-4»»

**Тема занятия:  
Установка автоматизированного  
ультразвукового контроля осей  
САУЗК "ОСЬ-4"**

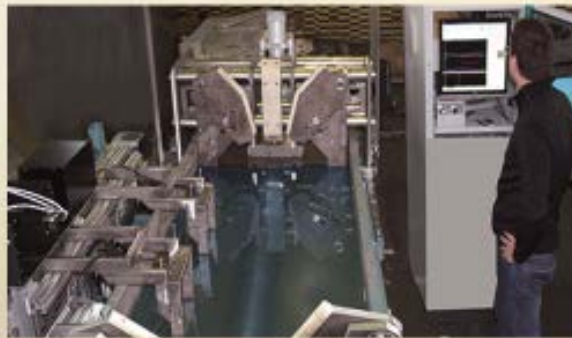
### **Цели занятия**

1. Ознакомиться с назначением установки
2. Изучить области применения установки
3. Изучить конструкцию установки
4. Изучить принцип действия установки

# Содержание

1. Область применения САУЗК «ОСЬ-4»
2. Назначение САУЗК «ОСЬ-4»
3. Схемы прозвучивания осей, применяемые на САУЗК «ОСЬ-4»
4. Устройство САУЗК «ОСЬ-4»
5. Подготовка САУЗК «ОСЬ-4» к проведению контроля
6. Проведение контроля
7. Оценка качества и оформление результатов контроля

## 1. Область применения САУЗК «ОСЬ-4»



С помощью данной установки проводится проверка осей, применяемых в железнодорожных составах, на наличие внутренних структурных дефектов. Процесс сканирования осуществляется путем линейного передвижения сканеров, проходящих параллельно детали, вращающейся вокруг своей оси. Точное позиционирование оси внутри установки проводится в автоматическом режиме.



## 2. Назначение САУЗК «ОСЬ-4»

Система сканирования САУЗК ОСЬ-4 осуществляет комплексную проверку с задействованием трех методик контроля:

A2 – сканирование цилиндрической плоскости волнами продольной направленности для выявления внутренних дефектов;

A3 – сканирование волнами поперечной направленности с задействованием наклонных преобразователей для выявления дефектов возле переходов (галтель);

T2 – сканирование цилиндрической плоскости волнами продольной направленности для оценки качества структуры металла

## 2. Назначение САУЗК «ОСЬ-4»

Установка предоставляет результаты поиска дефекта с указанием его точных координат и пространственной ориентации. Также устройство сообщает о диаметре и расчетной площади изъяна, характеристиках амплитуды отраженного сигнала, поступившего от дефекта.

### 3. Схемы прозвучивания осей, применяемые на САУЗК «ОСЬ-4»

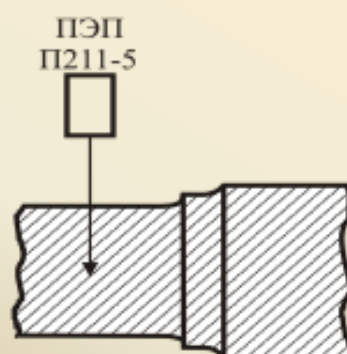


Схема прозвучивания осей по вариантам метода А2 и Т2

### 3. Схемы прозвучивания осей, применяемые на САУЗК «ОСЬ-4»

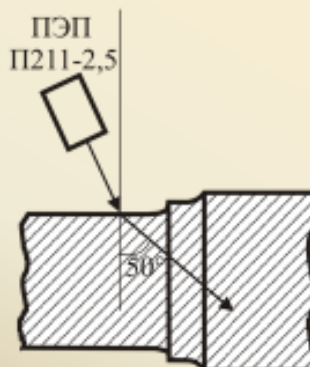
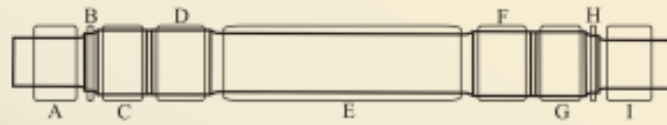


Схема прозвучивания осей по варианту метода А3

### 3. Схемы прозвучивания осей, применяемые на САУЗК «ОСЬ-4»



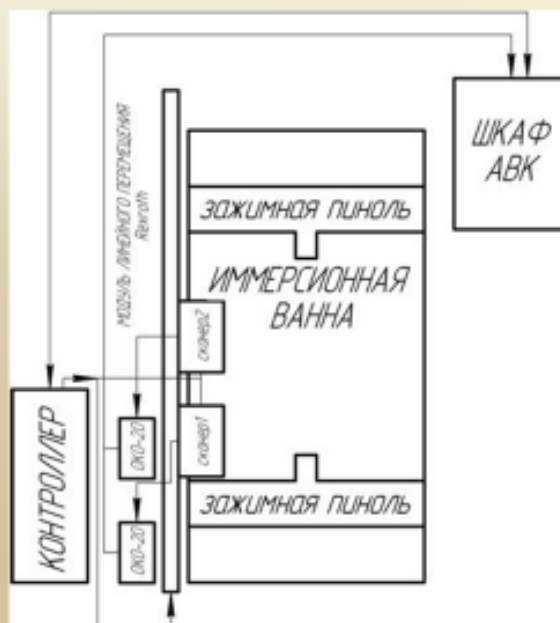
а)



б)

Зоны УЗК осей, подвергаемые УЗК на стенде (а – по варианту метода А2; б – по варианту метода А3)

### 4. Устройство САУЗК «ОСЬ-4»

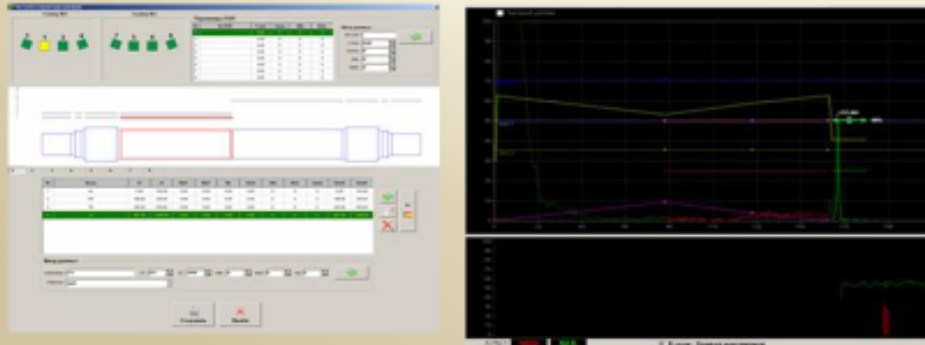


В состав САУЗК «ОСЬ-4» входят:

- иммерсионная ванна;
- зажимные пиноли;
- сканирующее устройство с линейным приводом;
- аппаратно-вычислительный комплекс на базе промышленного компьютера

## 5. Подготовка САУЗК «ОСЬ-4» к проведению контроля

Настройка браковочной чувствительности предусматривает установку зон контроля для каждого из преобразователей сканирующего устройства и саму настройку чувствительности для каждой зоны по искусственным отражателям на стандартном образце предприятия. Задание зон осуществляется по линейным координатам оси, начиная от левого торца, а настройка чувствительности – по кривым DAC



## 6. Проведение контроля

Контроль проводят при вращательном движении оси на центрах и линейном перемещении сканирующих устройств вдоль оси. При этом все необходимые механические операции для позиционирования оси в рабочее положение система выполняет сама.

Сканирование железнодорожной оси выполняют с помощью несущего линейного устройства перемещения, состоящего из двух сканеров. В каждом из сканеров размещено по четыре ультразвуковых преобразователя.

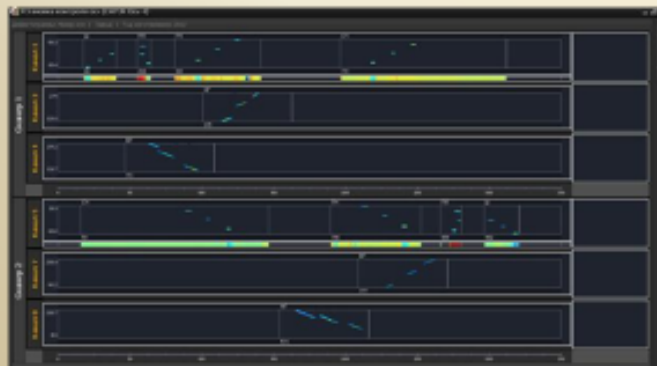
## 6. Проведение контроля

Сбор данных по всем каналам осуществляют с помощью двух дефектоскопов «ОКО-20».

Эксплуатация системы САУЗК «ОСЬ-4» осуществляется одним оператором, которому для проведения контроля загруженной оси достаточно нажать кнопку «СТАРТ», после чего система производит все предварительные операции и запускает процесс контроля.

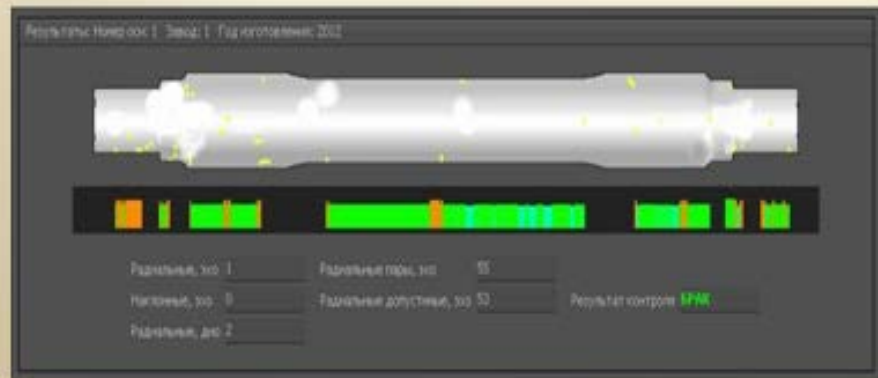
## 6. Проведение контроля

Во время съема данных проводится визуализация процесса на дефектограммах в виде Б-сканов или набора пиков (по выбору оператора) в реальном времени по каждому задействованному в контроле каналу. При необходимости оператор также может задавать основные параметры контроля: скорость вращения оси, скорость перемещения сканирующего устройства, частоту генератора зондирующих импульсов и др.



## 7. Оценка качества и оформление результатов контроля

По окончании процесса система выдает заключение о годности в виде приведенного к оси Б-скана, обобщенных результатов и заключения «ГОДНО/БРАК». Сброс оси на позицию выгрузки также происходит нажатием кнопки «ВЫГРУЗКА».



## 7. Оценка качества и оформление результатов контроля

Все результаты контроля сохраняются на жестком диске промышленного компьютера.

При необходимости система может выдавать протоколы контроля как по каждой оси, так и в виде статистических посменных извещений, что максимально упрощает процедуру отчетности.

Результаты хранятся в виде подробной информации о каждом из дефектов:

- эквивалентная площадь и диаметр дефекта;
- пространственная ориентация дефекта;
- протяженность;
- амплитуда эхосигнала от дефекта.