

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

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ
ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СРЕДСТВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.04. Профессиональное обучение (по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 296

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки 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
«___» _____ 2016 г.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ
ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СРЕДСТВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.04. Профессиональное обучение (по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 296

Исполнитель:
студент группы КМ-401

И.О. Ильичёв

Руководитель:
ст. преподаватель кафедры ТМС

С.А. Башкова

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

М.А. Черепанов

Екатеринбург 2016

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 86 страниц машинописного текста, 7 таблиц, 2 формулы, 15 рисунков, 29 использованных источников литературы, 4 приложения.

Ключевые слова: ОБРАЗЦЫ, КОНТРОЛЬНЫЕ ОБРАЗЦЫ, КАЛИБРОВКА, МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, УЛЬТРАЗВУКОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, ДЕФЕКТ.

В дипломной работе: проанализирована деятельность предприятия АО «СвердНИИхиммаш»; рассмотрены контрольные образцы и требования к контрольным образцам ультразвукового неразрушающего контроля; рассмотрен метод ультразвукового неразрушающего контроля; определены требования к разработке методики калибровки; разработана методика калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности средств ультразвукового неразрушающего контроля.

В методической части рассмотрена программа повышения квалификации для работников лаборатории ультразвукового контроля и разработано практическое занятие тему «Методика ультразвукового контроля».

В экономической части рассчитаны затраты на разработку методики калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности средства ультразвукового неразрушающего контроля на АО «СвердНИИхиммаш» и определена потенциальная выгода.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ.....	10
1.1. Предприятие АО «СвердНИИХиммаш» и выпускаемая продукция....	10
1.2. Система менеджмента качества предприятия.....	12
1.3. Анализ причин брака и предложения по разработке мероприятий устранения брака.....	16
1.3.1. Корректирующие действия.....	18
1.3.2. Предупреждающие действия.....	19
1.4. Постановка задачи.....	20
2. ОБЗОР И АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ.....	22
3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	25
3.1. Контрольные образцы.....	25
3.2. Ультразвуковой неразрушающий контроль.....	28
3.3. Методика калибровки контрольных образцов.....	35
4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	44
4.1. Программа повышения квалификации «Неразрушающий контроль и техническая диагностика».....	44
4.2. Учебный план повышения квалификации.....	45
4.3. Практическое занятие для повышения квалификации работников лаборатории ультразвукового контроля.....	49
5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	58
5.1. Затраты на разработку методики калибровки контрольных образцов. Определение потенциальной выгоды.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Лист задания на дипломное проектирование.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Сертификаты соответствия СМК АО «СвердНИИхиммаш».....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Акт о выявленных несоответствиях в организации и проведении калибровочных работ.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – «Методика калибровки на контрольные образцы».....	69

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АС – атомная станция

СИ – средства измерения

СО – стандартные образцы

КО – контрольные образцы

ВКР – выпускная квалификационная работа

МС – метрологическая служба

СМК – система менеджмента качества

СК – средства контроля

МИ – методика измерения

ТО – техническое обслуживание

МК – методика калибровки

ФЗ – федеральный закон

ГСИ – государственная система обеспечения единства измерений

УЗК – ультразвуковой контроль

БМИ – большой микроскоп инструментальный

СРС – самостоятельная работа студента

ПР – практическая работа

ВВЕДЕНИЕ

Метрологическое обеспечение атомной станции (АС) осуществляют на всех этапах жизненного цикла АС, с целью получения достоверной информации о состоянии контролируемых объектов и процессов на основе соблюдения установленных метрологических норм и требований, что позволяет исключить или свести к минимуму риски принятия ошибочных решений при размещении, проектировании, разработке процедур и конструированию, изготовлению, монтажу и наладке систем, оборудования и других элементов АС, сооружении и управлении АС, эксплуатации, модернизации и ремонте её систем и оборудования, выводе из эксплуатации энергоблоков АС [1].

Метрологическое обеспечение АС, осуществляют в соответствии с документами государственной системы обеспечения единства измерений, органов государственного регулирования безопасности, уполномоченного органа управления использованием атомной энергии, эксплуатирующей организации на основе:

- метрологической экспертизы документации, являющейся объектом метрологического обеспечения;
- использования допущенных к применению единиц величин;
- использования технических средств, являющихся объектом метрологического обеспечения, допущенных к применению на АС в установленном органами государственного регулирования безопасности и уполномоченным органом управления использованием атомной энергии порядке;
- использования аттестованных эталонов;
- использование аттестованных стандартных образцов;
- использование поверки (калибровки) средств измерения (СИ), в том числе измерительных систем;

– применения аттестованных методик (методов) измерений, алгоритмов и программного обеспечения, реализующих обработку результатов измерений;

– использование стандартных и не стандартных методик поверки (калибровки) средств измерений, разработанных в соответствии с ПНАЭ Г 7-014-89 для проверки работоспособности средств ультразвукового неразрушающего контроля.

Ранее используемые на предприятии стандартные образцы (СО) аттестовались по ГОСТ 8.315-97 «Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения».

Согласно определению, обозначенному в федеральном законе (ФЗ) №102, стандартный образец – образец материала (вещества), с установленными по результатам испытаний значениями одной или нескольких величин, характеризующих состав или свойство этого материала (вещества) [8]. Данное определение не подходит для используемых на предприятии стандартных образцов.

Образцы, используемые на АО «СвердНИИхиммаш» представляют собой фрагменты прудков, паковок, труб, трубчатых изделий, листов с искусственными дефектами в виде прямых и под углом сверлений: сквозных и глухих. Они используются для контроля и проверки работоспособности средств ультразвукового неразрушающего контроля.

Проведя анализ нормативных документов в области применения СО, пришли к выводу, что надо переименовать СО в контрольные образцы (КО) и контролировать их технические характеристики в процессе калибровки.

В связи с этим возникла необходимость разработки методики калибровки. Основной документ устанавливающий требования по оформлению содержания и изложения методик калибровки, является ГОСТ Р 8.879-2014.

Целью выпускной квалификационной работы является: разработка методики калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности

средства ультразвукового неразрушающего контроля на АО «СвердНИИхиммаш» в связи с расширением области калибровки СИ.

Задачами ВКР являются:

- проанализировать нормативную, специальную и методическую литературу, по теме ВКР;
- проанализировать деятельность предприятия АО «СвердНИИхиммаш» и его системы менеджмента качества (СМК);
- проанализировать требования к структуре и содержанию методики калибровки;
- отобрать содержание разделов методики калибровки;
- оформить методику калибровки контрольных образцов в соответствии с требованиями нормативных документов;
- в методической части выпускной квалификационной работы разработать занятие по программе повышения квалификации для дефектоскопистов.
- в экономической части рассчитать затраты на разработку методики калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности средства ультразвукового неразрушающего контроля на АО «СвердНИИхиммаш» и определить потенциальную выгоду.

Объект выпускной квалификационной работы – анализ деятельности метрологической службы (МС) АО «СвердНИИхиммаш».

Предмет выпускной квалификационной работы – разработка методики калибровки контрольных образцов предприятия, как основной документ для проверки работоспособности средства ультразвукового контроля.

1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Предприятие АО «СвердНИИхиммаш» и выпускаемая продукция

Свердловский научно-исследовательский институт химического машиностроения («СвердНИИхиммаш») основан Приказом Народного комиссара минометного вооружения СССР № 201 от 18 августа 1942 года для оказания технической помощи оборонным заводам Урала. С первых дней своего существования научно-исследовательский институт занимался конструированием, изготовлением и испытанием новых машин и аппаратов химического машиностроения.

Основное направление работ в 1946-1948 гг. – это выпарное и кристаллизационное оборудование. В 1949 г. появляется новое направление – фильтростроение.

География работ по исследованию и внедрению выпарной техники, кристаллизаторов, фильтров продолжает расширяться, решаемые задачи усложняются, а опыт и знания накапливаются, увеличивается поток позитивных отзывов и благодарностей сотрудникам от заказчиков и соисполнителей. В 1953 г. в плане института появляется тема: «Экспериментальное исследование аппаратуры для получения соли из слабых растворов». Под слабыми растворами подразумевается морская вода.

Эксперименты с морской водой стали своеобразным зародышем крупных достижений института в области опреснения морской воды.

В 1957 г. институт был переведен в состав предприятий Министерства среднего машиностроения, для которого выполнял ранее отдельные разработки теплотехнического и емкостного оборудования. С этого момента начался отсчет нового периода истории «СвердНИИхиммаша» – времени его бурного роста и расцвета. За сравнительно короткое время «СвердНИИхиммаш» развивается в комплексный конструкторский и научно-исследовательский

институт с опытным производством для обеспечения атомной промышленности и энергетики специальным оборудованием практически по всем переделам ядерного топливного цикла, являясь фактически создателем технологических процессов, машин и аппаратов. Институт так же создавал не стандартизированное оборудование гражданской тематики для химической, металлургической, нефтегазовой отраслей промышленности.

В 1966 г. по проблеме «Опреснение соленых вод» начинается научно-техническое сотрудничество с комитетом атомной энергии Франции. Одновременно институт подключился к проблеме комплексной переработки ураносодержащих руд и производство фосфорсодержащих удобрений.

Шестидесятые годы в жизни института характерны проведением ряда крупных работ для предприятий атомной индустрии. Все чаще «СвердНИИхиммаш» привлекается к разработке оборудования для цехов, производств и заводов в целом.

С 1992 года «СвердНИИхиммаш» входит в состав Министерства РФ по атомной энергии, преобразованного в 2004 г. в Федеральное агентство по атомной энергии.

В 2015 году институт преобразован в Акционерное общество «СвердНИИхиммаш».

В настоящее время АО «СвердНИИхиммаш» входит в состав АО «Атомэнергомаш» – машиностроительного дивизиона Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», изготовителя ключевого оборудования для атомной и тепловой энергетики, судостроения, газовой и нефтехимической промышленности.

АО «СвердНИИхиммаш» (рисунок 1) выпускает не стандартизированное оборудование для атомной энергетики и для различных отраслей промышленности [7]. Опытное производство дает возможность создавать единичные экземпляры и малые серии промышленных образцов, что позволяет решать многие задачи в тех случаях, когда не подходит серийное оборудование. Накопленные знания и опыт позволяют специалистам института заниматься

комплексным решением всех вопросов, связанных с разработкой, изготовлением и доработкой оригинального оборудования.



Рисунок 1 – Главное здание АО «СвердНИИхиммаш»

АО «СвердНИИхиммаш» имеет возможности и желание на протяжении еще многих лет выполнять уникальные работы для атомной отрасли, химической, металлургической и нефтегазовой промышленности, быть сильным звеном высокотехнологичного машиностроения России [2].

1.2. Система менеджмента качества предприятия

Продукция АО «СвердНИИхиммаш» известна заказчикам неизменно высоким качеством. Предприятие ведет работу по постоянному улучшению качества продукции, процессов производства и действующей системы менеджмента качества, повышению ее результативности.

Область применения СМК – научно-исследовательская и проектно-конструкторская деятельность, производство оборудования для атомной энергетики и промышленности, оборудования для различных отраслей промышленности [25]. Требования Руководства по качеству и СМК

распространяются на подразделения Общества в соответствии с условными обозначениями приведёнными в организационной структуре.

СМК Общества действует с целью:

- демонстрации способности последовательно предоставлять продукцию, которая соответствует требованиям потребителей и применимым нормативным требованиям;
- повышения удовлетворённости потребителей посредством результативного применения СМК и её непрерывного улучшения;
- обеспечение соответствия требованиям потребителей на основании законодательных и нормативных требований [7].

Основными задачи МС АО «СвердНИИхиммаш» в области организации и выполнения калибровочных работ являются:

- функционирование и поддержание системы качества организации и выполнения калибровочных работ в соответствии с действующим законодательством РФ, стандартом ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и требованиями нормативных документов российской системы калибровки;
- организация достоверных измерений и управление измерительным оборудованием;
- повышение эффективности производственного контроля на основе внедрения современных информационных технологий, современных СК и СИ;
- достижение уровня МС института, соответствующего современному состоянию науки и производства.

Для выполнения основных задач:

1) руководство МС АО «СвердНИИхиммаш» берёт на себя обязательства выполнять калибровку СИ на высоком профессиональном уровне и поддерживать в рабочем состоянии систему качества калибровочных работ, путём:

- разработки целей МС АО «СвердНИИхиммаш» и мероприятий по их реализации;

- обеспечение понимания работниками: Политики их вклада в достижение целей и важности выполнения требований заказчика, законодательных и обязательных требований и требований системы качества калибровочных работ;

- определения и доведения ответственности, полномочий и информации до сотрудников МС;

- организации и проведения анализа системы качества МС;

- представления данных анализа системы качества высшему руководству, выявления возможностей улучшения системы качества;

- участие во внутренних и внешних проверках МС и своевременное принятие необходимых решений и действий;

- организации учёта несоответствий (проблем), определения причин;

- разработка и осуществление корректирующих и предупреждающих действий.

2) руководство МС АО «СвердНИИхиммаш» заявляет:

- калибровка СИ выполняется в соответствии с областью компетентности, своевременно, согласно графиков калибровки;

- калибровка СИ выполняется в соответствии с установленными методами и требованиями заказчиков;

- калибровку СИ выполняют специалисты, прошедшие обучение и аттестованные в качестве калибровщиков.

3) руководство МС института определило следующие цели в области качества организации и выполнения калибровочных работ на 2016-2018 года:

- повышение уровня удовлетворённости заказчика путём реализации не менее 25 % предложений по улучшению деятельности калибровочных подразделений;

- ежегодное обновление не менее чем на 10 % морально устаревшей базы СК калибровочных подразделений МС;

– обучение работников МС института, согласно графику повышения квалификации (4 чел.);

– внедрение мероприятия по снижению на 20 % количества несоответствий при выполнении калибровочных работ.

4) политика и документация системы качества калибровочных работ доводятся до сведения всех сотрудников МС института, участвующих в организации и проведении калибровок с целью достижения уровня удовлетворённости заказчика, повышения производительности труда.

Для успешного внедрения и функционирования системы качества организации и выполнения калибровочных работ, работники всех участков МС выполняют свои установленные обязанности в этой сфере деятельности.

5) руководство МС АО «СвердНИИХиммаш» гарантирует, что требования системы качества калибровочных работ выполняются и поддерживаются на надлежащем уровне в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и требованиями нормативных документов российской системы калибровки;

б) высшее руководство МС АО «СвердНИИХиммаш» в лице Генерального директора в целях обеспечения своевременного и качественного выполнения МС калибровочных работ принимает на себя обязательства: неукоснительно следовать Политике в области качества и обеспечивать её соблюдение на всех уровнях управления и для всех процессов производственной деятельности.

Цели в области качества организации и выполнения калибровочных работ МС института составляются, анализируются и пересматриваются ежегодно. Подписывает Цели в области качества организации и выполнения калибровочных работ генеральный директор института.

Политика в области качества выполнения калибровочных работ МС АО «СвердНИИХиммаш» составляется отдельным документом и утверждается Генеральным директором института [7].

СМК АО «СвердНИИХиммаш» подтверждена и имеет сертификаты соответствия стандартам ISO 9001:2008, выданный организацией «Австрийское качество» (Quality Austria Trainings - Zertifizierungs – und Begutachtungs GmbH) и ГОСТ Р ИСО 9001-2011, выданный органом по сертификации интегрированных систем менеджмента ООО «РОСТЕКСЕРТ» (приложение Б).

1.3. Анализ причин брака и предложения по разработке мероприятий устранения брака

МС АО «СвердНИИХиммаш», как поставщик услуг по калибровке СИ, имеет документированные процедуры по осуществлению корректирующих действий.

Данные действия должны основываться на любых жалобах потребителей, ошибках в обслуживании, записях по качеству и т.д. Необходимо обнаружить причины несоответствий и скорректировать процедуры с целью предупреждения любого несоответствия калибровочных работ установленным требованиям. Для этого МС необходимо:

- систематически проводить анализ несоответствующих результатов калибровочных работ;
- определять меры по совершенствованию калибровочных работ;
- осуществлять выработку корректирующих мероприятий во избежание рисков получения результатов калибровочных работ низкого качества;
- проводить контроль эффективности корректирующих действий;
- вносить изменения в инструкции с целью исключения несоответствий результатов калибровочных работ установленным требованиям.

Для принятия корректирующих действий применяют следующие процедуры:

- эффективное рассмотрение жалоб потребителей (клиентов) и их сообщений о несоответствии услуг;

- изучение при помощи наблюдений персонала причин несоответствий, относящихся к процессу и системе менеджмента качества, с регистрацией результатов изучения;

- анализ и определение со стороны руководства корректирующих действий, необходимых для устранения причин несоответствий;

- применение средств управления, гарантирующих, что корректирующие действия будут предприняты под соответствующим контролем, а так же будут являться эффективными для управления несоответствующими работами;

- выявление несоответствующей установленным требованиям работы при проведении внутреннего аудита калибровочной деятельности МС;

- выявление несоответствующей установленным требованиям работы при внешних проверках (внешнем аудите) СМК АО «СвердНИИхиммаш».

В АО «СвердНИИхиммаш» непрерывно повышается результативность СМК, используя политику в области качества, цели в области качества, результаты аудитов, анализ данных, корректирующие и предупреждающие действия и анализ со стороны руководства.

Принцип непрерывного улучшения реализуется в организации по средствам применения инструментов производственной системы «Росатом». Основные инструменты производственной системы «Росатом», применимые для совершенствования существующих процессов:

- сбор и реализация предложений по улучшению от работников организации;

- реализация проектов производственной системы «Росатом», направленных на повышение эффективности существующих процессов.

1.3.1. Корректирующие действия

В АО «СвердНИИхиммаш» принимаются действия по устранению причин несоответствий для предупреждения их повторения. Корректирующие действия соответствуют влиянию (значимости) возникших проблем.

Целью осуществления корректирующих действий является выявление причин несоответствий в продукции, процессах и СМК, устранение причин и предотвращение повторного отклонения качества продукции, процессов и СМК от установленных требований.

После анализа причин выявленных несоответствий, приводиться выбор и принятие корректирующих действий мероприятий) для устранения проблемы, её повторения и предупреждения. Устанавливаются сроки корректирующих действий и ответственный исполнитель.

Меры корректирующего воздействия в калибровочной деятельности включают:

- устранение недостатков у средств контроля (СК) (внеочередная проверка, техническое обслуживание, ремонт и т.д.);
- устранение недостатков организационного характера (повторная калибровка СИ, приведение в соответствие документации устранение недостатков системы качества калибровочных работ и т.д.).

Корректирующие действия должны гарантировать, что обнаруженные нарушения будут устранены и деятельность, приводящая к несоответствиям, будет остановлена.

Корректирующие действия при обнаружении несоответствия при эксплуатации СК:

- в случае обнаружения несоответствия при эксплуатации СК (выход из строя, повреждение пломб или защитных наклеек, падение, сомнение в точности показаний), прибор из эксплуатации изымается;
- комиссией в составе главного метролога, управляющего по качеству и ответственного за СК, оформляется акт о выявленных

несоответствиях в организации и проведении калибровочных работ (приложение В);

– в акте указываются дата, характеристика выявленных дефектов, причины их возникновения (если известны), последствия от применения несоответствующего СК, оформляется комиссионное решение об отправке прибора в ремонт, на внеочередную поверку, о возможности дальнейшего использования оборудования с ограниченным набором функций, о проведении поверки калиброванных СИ данным СК (при необходимости).

1.3.2. Предупреждающие действия

Предупреждающие действия проводятся для снижения вероятности повтора нарушений и использования возможности внесения улучшений, а так же с целью устранения потенциальных причин нарушений.

Предупреждающие действия, предпринимаемые непосредственно перед началом проведения калибровочных работ:

- краткий инструктаж, проверка знаний и допуск к работе работников, занятых калибровкой СИ;
- проведение проверки соответствия условий калибровки требованиям, установленным в нормативные документы;
- при необходимости, проведение контроля метрологических характеристик СК.

Предупреждающие действия, предпринимаемые периодически в соответствии с планом проведения предупреждающих действий:

- проверка знаний и аттестация работников, занятых калибровкой СИ;
- представление СК на поверку;
- проведение технического обслуживания (ТО) и ремонт СК в соответствии с ежегодным графиком ТО;
- проведение контроля качества выполнения калибровочных работ.

План проведения предупреждающих действий на год составляет главный метролог института и утверждает директор по качеству.

К постоянным предпринимаемым действиям относятся:

- своевременное оформление графиков калибровки СИ;
- планирование затрат и проведение работ по поверке и ТО СК;
- своевременность, полнота и достоверность при оформлении заявок на СК и систематический контроль за их выполнением;
- организация идентификации СИ от момента приёмки СИ в калибровку, до выдачи СИ из калибровки. Идентификация состояния СК;
- закрепление обязанностей по выполнению ремонта и калибровки СИ за разными работниками;
- ежемесячный выборочный контроль качества процедуры калибровки СИ;
- входной и выходной контроль СИ, представляемых на калибровку;
- надлежащее хранение материалов и комплектующих, необходимых для выполнения калибровки или ремонта СИ;
- своевременная актуализация нормативных документов и доведение изменений до исполнителей калибровочных работ;
- соблюдение требований руководства по качеству, методик выполнения калибровки СИ, документов системы обеспечение единства измерений.

1.4. Постановка задачи

По результатам анализа деятельности предприятия АО «СвердНИИхиммаш» при выпуске не стандартизованного оборудования, предназначенного для использования на атомных энергетических установках, в единичных экземплярах, каждый производственный процесс сопровождается тщательным производственным межоперационным контролем. В качестве

основных средств контроля выступают средства измерений и контрольные образцы, калибровку которых осуществляет метрологическая служба АО «СвердНИИХиммаш».

МС осуществляет калибровку, следующих СИ и СК:

- геометрических величин (штангенциркули, микрометры, нутромеры, индикаторы, угольники и т.п.);
- электрических величин (амперметры, вольтметры);
- давления (манометры, вакуумметры);
- температурных и теплотехнических величин.

В основном калибровка проводится по стандартизованным методикам поверки (калибровки).

После переименования СО в контрольные образцы, возникла необходимость в разработке методики калибровки контрольных образцов для ультразвукового контроля.

2. ОБЗОР И АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Основные положения в области измерений и калибровки средств измерений определены в ФЗ №102 «Об обеспечении единства измерений».

На основании данного документа, было принято решение о разработке методики калибровки КО, так как определение принятое в законе не соответствует тем СО, которые используются для проверки средств ультразвукового контроля на АО «СвердНИИХиммаш».

Документ, устанавливающий требования к дефектоскопам ультразвуковым УД2-12:

– Технические условия РТ МД 19-00227749-006-98 фирмы АО «Интроскоп».

Документ, устанавливающий требования к дефектоскопам ультразвуковым УД9812 ТУ 46.5537.001.01.000 «Дефектоскоп ультразвуковой УД9812. Технические условия»

Основополагающим документом при разработке МК, устанавливающий общие требования к содержанию, построению и изложению методик калибровки является ГОСТ Р 8.879-2014 «ГСИ Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению».

Данный стандарт устанавливает требования к содержанию, изложению и построению методик калибровки СИ в соответствии с положениями ГОСТ ИСО/МЭК 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Стандарт предназначен для разработчики методик калибровки СИ.

При оценивании неопределенности результатов измерений, а так же составляющих погрешностей, руководствуются нормативными документами:

– Р 50.2.038-2004 «ГСИ Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений». Рекомендации

распространяются на нормативные и технические документы, и содержат методы оценивания характеристик погрешности.

– Р 50.1.060-2006 «Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений».

При обработке результатов измерений используется ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения». Данный стандарт распространяется на прямые многократные измерения и устанавливает положения методов обработки результатов измерений и вычисление погрешности оценки измеряемой величины.

Требования, предъявляемые к ультразвуковому контролю установлены в ПНАЭ Г-7-014-89 «Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль». Настоящий нормативный документ устанавливает методики ультразвукового контроля качества материалов, используемых для изготовления трубопроводов и оборудования.

Этот документ содержит требования: квалификации контролеров и их аттестации, безопасности, к используемым средствам измерений и стандартным образцам.

К проведению ультразвукового контроля полуфабрикатов допускаются контролеры, аттестованные в порядке, аналогичном изложенному в документе ПНАЭ Г-7-010-89 «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля». Правила контроля устанавливают требования по контролю трубопроводов атомных электростанций.

Безопасность труда при проведении неразрушающих испытаний различных деталей и сварных соединений обеспечивается при выполнении стандартов:

- ГОСТ 12.2.002-75 «ССБТ. Процедуры производственные. Общие требования техники безопасности». Стандарт устанавливает требования безопасности к производственным процессам;
- ГОСТ 12.1.001-89 «Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Общие требования безопасности». Данный стандарт устанавливает классификации, характеристики, допустимый уровень ультразвука на рабочем месте и требования к ультразвуковым характеристикам оборудования, методам контроля;
- ГОСТ 12.2.007.0-75 «МС Система стандартов безопасности труда. Изделия электрические. Общие требования безопасности». Стандарт распространяется на электротехнические изделия и устанавливает требования безопасности к их конструкции. Стандарт не распространяется на электротехнические изделия выполненные в виде комплексов;
- ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» [17]. Данный стандарт устанавливает требования пожарной безопасности. Объекты, не соответствующие действующим нормам, подчиняются требованиям к разработке проектов компенсирующих средств и систем обеспечения пожарной безопасности на стадиях строительства, реконструкции и эксплуатации объектов;
- ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Стандарт распространяется на опасные и вредные производственные факторы, классифицирует эти факторы и содержит особенности разработки стандартов ССБТ на требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.

3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

3.1. Контрольные образцы

Контрольные образцы – изделие, которое представляет собой фрагменты прутков, поковок, труб, трубных изделий, листов с искусственными дефектами в виде прямых (угол – 90°) и под углом, равным 40° или 50° , сверлений, сквозных и не сквозных. Они служат средствами контроля для проверки ультразвукового дефектоскопа.

Контрольный образец изготавливается, в соответствии с паспортом из разных сталей, таких как: ХН70Ю; 46ХНМ; 12Х18НЮТ и т.д., в соответствии с тем, для контроля каких деталей будет использоваться конкретный контрольный образец. Каждому контрольному образцу, при изготовлении присваивается индивидуальный номер.

Контрольные образцы, используемые для проверки работоспособности средств ультразвукового контроля, различаются по форме:

1) Трапециевидные (рисунок 2). Представляет собой трапецию, с глухими отверстиями разного диаметра и разной глубины на одной из сторон. Количество отверстий может быть разное. Образец имеет углы в основании 130° и 140° .

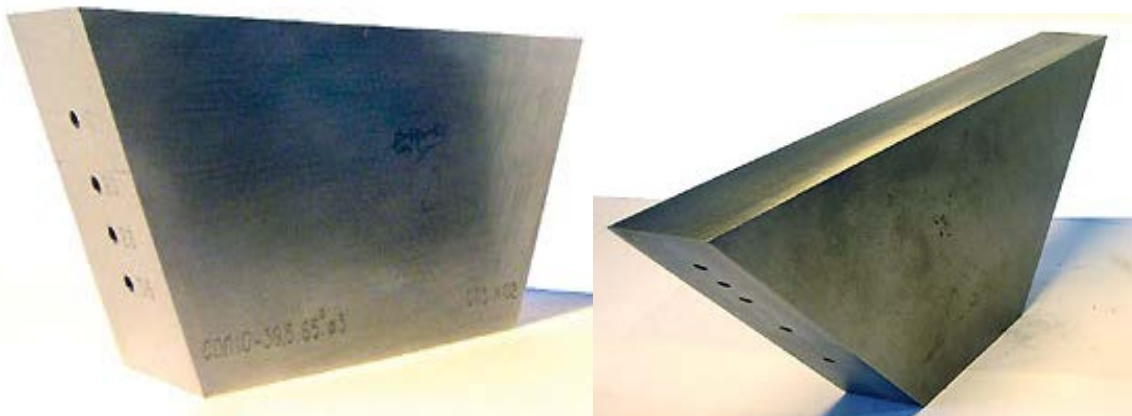


Рисунок 2 – Трапециевидный контрольный образец

2) Плоские (рисунок 3). Как правило, представляющий из себя набор, состоящий из трёх и более плоских пластин разных габаритных размеров и изготовленных из одного материала, имеющих сквозные и глухие (различной глубины) отверстия разного диаметра на одной из сторон.

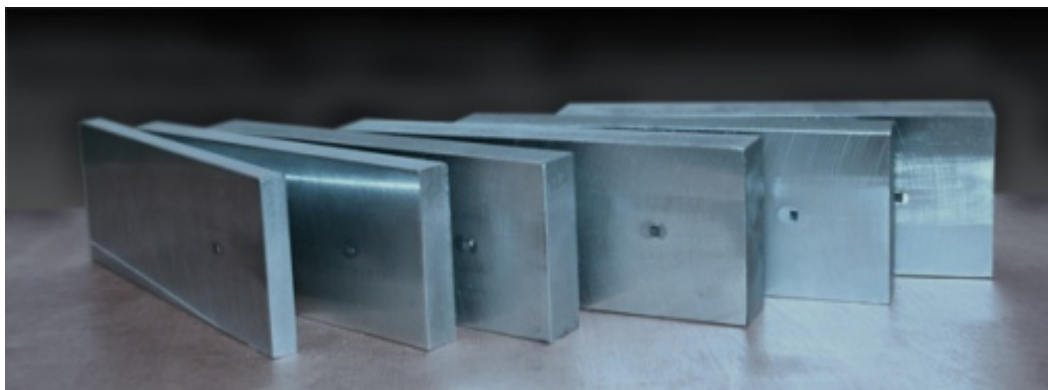


Рисунок 3 – Плоские контрольные образцы

3) Ступенчатые (рисунок 4). Данные образцы названы ступенчатыми, так как визуально они представлены в виде ступенек. Это сделано для того чтобы точно настроить дефектоскоп на разную глубину проникновения ультразвука.



Рисунок 4 – Ступенчатый контрольный образец

4) Трубные (рисунок 5). Представляют собой части труб и применяются в процессе настройки ультразвукового дефектоскопа, при работе

которого используются раздельно-совмещенные преобразователи "хордового" типа.



Рисунок 5 – Трубные контрольные образцы

5) «Пол луны» (рисунок 6), изготовлен из стали марки 20 по ГОСТ 1050 или из стали марки 3 по ГОСТ 14637. Геометрические размеры соответствуют требованиям ГОСТ 14637-89. Скорость распространения продольной волны в материале образца при температуре 20 ± 5 °С составляет 5900 ± 59 м/с. Радиус образца равен 55мм. Количество искусственных дефектов всегда равно 4.



Рисунок 6 – Контрольный образец «Пол луны»

Для каждой группы материалов, изделий и соединений подготавливают определённые технологические инструкции (отраслевые или предприятий), в которых нормируются формы и размеры искусственных дефектов, классы дефектности, которые и связаны с прочностными характеристиками контролируемой продукции [3].

3.2. Ультразвуковой неразрушающий контроль

Одним из действенных резервов повышения качества и надёжности продукции в машиностроении и других отраслях, является неразрушающий контроль.

За последнее время, наибольшее развитие получила ультразвуковая дефектоскопия [17]. Годом рождения ультразвукового контроля материалов, можно считать 1929 г. В этом году С.Я. Соколов первым предложил теневой метод с непрерывными звуковыми волнами для выявления дефектов материала. Мюльхойзер в 1931 г. получил первый патент на прибор для ультразвукового контроля теньевым методом.

В 1930-е годы были сделаны первые попытки создания устройства для преобразования ультразвука в видимое изображение, т.е. приборов, преобразующих распределение звукового давления в видимое изображение [18].

По сравнению с другими методами неразрушающего контроля ультразвуковая дефектоскопия обладает важными преимуществами:

- высокой чувствительностью к наиболее опасным дефектам, типа трещин и не проваров;
- большой производительностью;
- возможностью вести контроль непосредственно на рабочих местах без нарушения технологического процесса [15];
- низкой стоимостью контроля.

Но так же имеет свои недостатки:

- невозможно определить реальный размер дефекта;
- подготовка поверхности к контролю для ввода ультразвуковых волн в металл;
- трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука.

Суть ультразвукового неразрушающего контроля заключается в излучении и принятии отраженных ультразвуковых колебаний при помощи специального оборудования: ультразвукового дефектоскопа и пьезоэлектрического преобразователя (рисунок 7), и последующем анализе полученных данных с целью выявления наличия дефектов.



Рисунок 7 – Пьезоэлектрические преобразователи

Методы ультразвукового неразрушающего контроля, позволяют получить информацию о дефектах, расположенных на значительной глубине в различных материалах, изделиях и сварных соединениях.

Аппаратура УЗК обычно включает:

- ультразвуковые импульсные дефектоскопы с преобразователями;
- комплект образцов (эталонов);
- испытательные образцы;
- вспомогательные приспособления или устройства для соблюдения параметров контроля и сканирования.

Ультразвуковой дефектоскоп предназначен для излучения ультразвуковых колебаний, приёма эхо-сигналов, установления размеров выявленных несплошностей и определения их координат [4].

Для контроля материалов и сварных соединений применяют следующие основные методы ультразвуковой дефектоскопии:

1) импульсный эхо-метод (рисунок 8, а), основанный на отражении ультразвуковых колебаний от несплошности (отражателя). Этим методом контролируют поковки, штамповки, прокат, термообработанное литье и т.д. чувствительность эхо-метода высокая: она достигает $0,5 \text{ мм}^2$ на глубине 100 мм. К преимуществам данного метода можно отнести возможность одностороннего доступа к зоне, поскольку достаточно только одного преобразователя и для излучения и для приема ультразвуковых сигналов. Недостатки эхо метода – сравнительно низкая помехоустойчивость и резкое изменение амплитуды отражённого сигнала от ориентации дефекта.

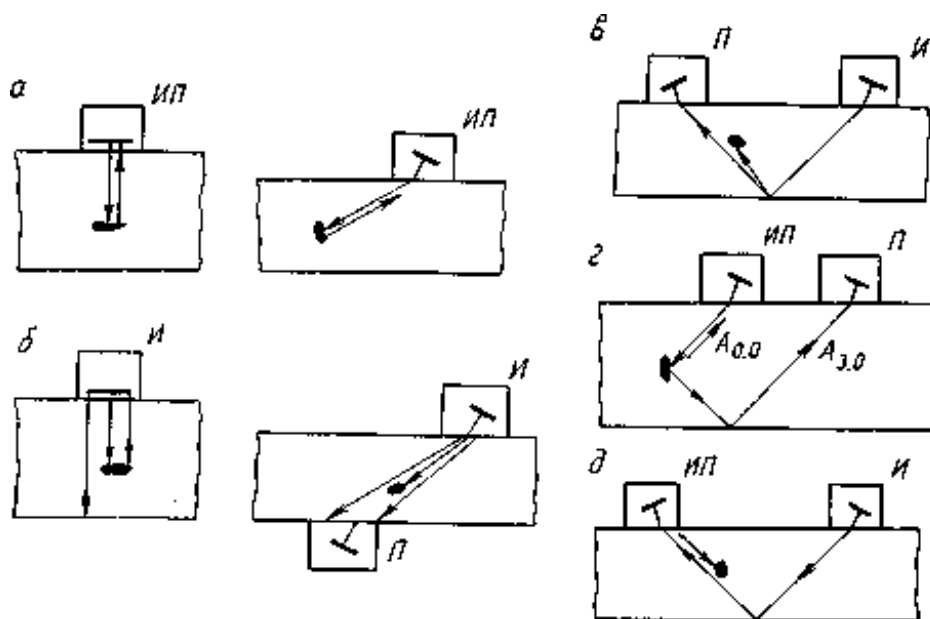


Рисунок 8 – Схема использования основных методов УЗК:

а – эхо-метод, б – теневой, в – зеркально-теневой,
г – эхо-зеркальный, д – эхо-теневой

2) теневой и зеркально-теневой методы, так же широко распространённые, основаны на уменьшении амплитуды ультразвуковых колебаний вследствие наличия несплошности на их пути (рисунок 8, б, в). Чем

крупнее дефект, тем слабее прошедший к приёмнику сигнал. Теневой метод применяют в основном для контроля проката малой и средней толщины, некоторых резиновых изделий и т.д. Зеркально-теневой метод, не требует двустороннего доступа к соединению [20]. Этот метод широко используют для контроля железнодорожных рельсов. Он позволяет так же более достоверно определять наличие корневых дефектов в стыковых швах.

3) эхо-зеркальный метод (рисунок 8, г) основан на сравнении амплитуд обратно-отражённого $A_{o.o}$ и зеркально-отражённого $A_{з.о}$ сигналов от дефектов. Основное преимущество эхо-зеркального метода – высокая выявляемость плоскостных дефектов и возможность оценки их формы по специальному коэффициенту.

4) эхо-теневой метод. О наличии дефекта судят одновременно по эхо-импульсу от несплошности и по ослаблению однажды отражённого донного сигнала (рисунок 8, д) [17].

УЗК должен проводиться двумя дефектоскопистами, которые прошли теоретическую и практическую подготовку на специальных курсах и имеющие удостоверение, подтверждающее возможность проведения контроля [5].

На предприятии АО «СвердНИИХиммаш» при проведении ультразвукового неразрушающего контроля используются два вида дефектоскопов УД2-12 и УД 9812.

1) УД2-12 (рисунок 9). Прибор УД2-12, предназначен для выявления внутренних дефектов типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения глубины и координат их залегания, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов, и работающий на частотах 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0 МГц [26].

Данный вид дефектоскопа применяется в машиностроении, металлургической промышленности, на железнодорожном и трубопроводном видах транспорта, энергетике для контроля изделий основного производства и технологического оборудования. Дефектоскоп реализует эхо-метод, теневой и зеркально-теневой методы контроля.



Рисунок 9 – Дефектоскоп ультразвуковой УД 2-12

Диапазон толщин контролируемого материала (по стали) от 1 до 999 мм по цифровому индикатору и от 1 до 5000 мм по экрану электронно-лучевой трубки.

Другие параметры контролируемых объектов, которые ограничивают область применения дефектоскопа, устанавливаются в нормативных и технических документах.

Встроенные устройства автоматической обработки результатов контроля, позволяет настраивать и производить диагностику состояния дефектоскопа с элементами самопроверки.

Дефектоскоп следует размещать в местах, защищённых от воздействия влаги и пыли. Эксплуатировать дефектоскоп следует при температуре окружающего воздуха от минус 10 до плюс 50° С. Влажность воздуха не должна превышать 90 % [26]. Рядом с местом размещения дефектоскопа должна быть питающая сеть 220, 36 или 24 V частотой (50 ± 1) Hz [9].

Дефектоскоп подвергается двум видам профилактических работ: визуальный осмотр и внутренняя и внешняя чистка. Визуальный осмотр проводится каждые 3 месяца, внутренняя и внешняя чистка проводится

каждые 6 месяцев. При вскрытии дефектоскопа и проведении профилактических работ, следует предусматривать меры безопасности, изложенные в ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.001-89, ГОСТ 12.3.002-75 и ГОСТ 12.0.003-74 [26].

2) Прибор УД 9812 (рисунок 10) представляет собой ручной ультразвуковой дефектоскоп общего назначения. Прибор предназначен для неразрушающего контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материала в изделиях из металла и пластмасс [27].



Рисунок 10 – Дефектоскоп ультразвуковой УД 9812

Дефектоскоп УД 9812 обеспечивает проведение неразрушающего контроля отливок, поковок, полуфабрикатов, готовых изделий, сварных соединений и т.д. в диапазоне размеров от 0,5 мм до 6 м. электрический тракт прибора может работать с любым ультразвуковым пьезопреобразователями с частотой от 0,6 до 12 МГц.

Дефектоскоп снабжен калиброванным аттенуатором и прецизионным измерителем задержки сигнала. Это позволяет использовать его для измерения физических характеристик материалов – затухания и скоростей звука.

В приёмнике акустических сигналов УД 9812 установлены цифровые фильтры реального времени, которые формируют его амплитудно-частотную характеристику. Общая производительность фильтров составляет 7,2 миллиарда операций в секунду. В результате обработанные сигналы имеют низкий уровень шумов и получена идеальная воспроизводимость частотных характеристик приемника.

УД 9812 содержит энергонезависимую память большого объёма, в которую записываются данные настройки и данные ультразвукового контроля. Следует отметить, в приборе сохраняются не картинки экрана, а сами сигналы и параметры дефектоскопа при их получении. Так же, данный прибор имеет встроенную систему записи-воспроизведения голосовых сообщений. Файлы настройки и файлы неразрушающего контроля сопровождаются голосовыми комментариями дефектоскописта. Длительность записи составляет голоса составляет примерно 2 часа. Данная система более эргономична по сравнению с вводами информации посредством клавиш.

Дефектоскоп имеет ряд сервисных устройств, таких как часы с календарём, измеритель напряжения и тока аккумулятора, измеритель температуры.

Данный дефектоскоп, один из немногих приборов, которые позволяют наблюдать высокочастотные ультразвуковые сигналы и измерить их параметры. В частности, в данном приборе реализован режим измерения задержки высокочастотного сигнала методом перехода через ноль – это режим, применяемый в ультразвуковых толщиномерах. Имеется возможность определения частоты эхосигнала [27].

Межповерочный интервал данных дефектоскопов, составляет один год. Дефектоскопы УД 9812 и УД 2012, занесены в Федеральный реестр в области обеспечения единства измерения под номерами 46539-11 и 18373-99 соответственно.

Проверка ультразвукового дефектоскопа УД 9812, производится по методике проверки, представленной разделом 10 РЭ «Дефектоскоп

ультразвуковой УД9812. Руководство по эксплуатации» и утвержденной ФГУ "УРАЛТЕСТ" в октябре 2010 г. Ультразвуковой дефектоскоп УД 2-12, поверяется в соответствии с МИ 571-84 «ГСИ. Дефектоскоп ультразвуковой ГСП УД-12УП. Методика поверки».

3.3. Методика калибровки контрольных образцов

Калибровка – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик [8].

Методика калибровки – документ, регламентирующий процедуру калибровки.

По назначению методики калибровки подразделяются на:

- методики калибровки, предназначенные для калибровки средств измерений, относящихся к одной или нескольким группам средств измерений;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки средств измерений одного или не скольких типов средств измерений;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки единичных экземпляров средств измерений.

При разработке методики калибровки воспользуемся требованиями в ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению», с целью построения содержания методики и наполнения разделов методики калибровки. Методика калибровки, как самостоятельный документ должна содержать:

- титульный лист;
- соответствующую идентификацию: номер, наименование, сведения о разработчике;
- указания об области распространения методики калибровки;

– перечень средств калибровки и вспомогательного оборудования, необходимых для проведения калибровки, с указанием требований к их техническим и метрологическим характеристикам, включая требования к обеспечению прослеживаемости измерений;

– сведения об условиях окружающей среды и необходимом периоде стабилизации для оборудования;

– описание процедуры калибровки [6].

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.879 -2014 методика калибровки (МК) должна включать следующие разделы:

- 1) Вводная часть;
- 2) Нормативные ссылки;
- 3) Определения;
- 4) Технические требования;
- 5) Требования к квалификации калибровщиков;
- 6) Требования по обеспечению безопасности;
- 7) Подготовка к процедуре калибровки;
- 8) Процедура калибровки;
- 9) Обработка результатов измерений;
- 10) Оформление результатов калибровки.

Примечание – при необходимости разработчик может объединять или убирать отдельные разделы или добавлять дополнительные разделы.

В водной части указывается назначение МК, область применения, степень её соответствия нормативным документам (региональным, национальным и межгосударственным стандартам) [11].

Раздел «Нормативные ссылки» содержит перечень необходимых нормативных документов, на которые в методике калибровки использованы ссылки [12].

В разделе «Определения» дается перечень терминов и определений, используемых в данной методике калибровке.

Раздел «Технические требования» разделяется на три подраздела:

- Требования к неопределенностям измерений;
- Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию (включая прослеживаемость);
- Требования к условиям проведения калибровки.

В подразделе «Требования к неопределенностям измерений» указывается значения целевой неопределённости измерений в процессе калибровки. Подраздел «Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию» должен содержать список вспомогательных и основных СИ, оборудования, материала и их технические характеристики, применяемых при калибровке контрольного образца [14]. Подраздел «Требования к условиям проведения калибровки» должен содержать перечень величин, влияющих на метрологические характеристики калибруемых средств измерений или средств калибровки, с указанием их нормируемых номинальных значений и допускаемых отклонений, в пределах которых характеристики, приписываемые данной методике калибровки, остаются неизменными [13].

Если к квалификации калибровщиков предъявляются особые требования, то после раздела «Технические требования» в методику калибровки должен быть включен раздел «Требования к квалификации калибровщиков».

Раздел «Требования к квалификации калибровщиков» должен содержать требования к уровню квалификации лиц, выполняющих калибровочные работы: профессия, образование, специальная подготовка, практический опыт работы и т.д. [6]. Калибровщик обязан перед калибровкой ознакомиться с техникой безопасности на предприятии.

Раздел «Требования по обеспечению безопасности» должен содержать требования, обеспечивающие при проведении калибровок безопасность труда калибровщиков, соблюдение норм производственной санитарии, охрану окружающей среды. В отдельных случаях могут быть введены указания о необходимости отнесения процесса проведения калибровки к работам с вредными или особо вредными условиями труда [10].

Раздел «Подготовка к процедуре калибровки» должен содержать перечень и способы выполнения работ, которые необходимо провести перед процедурой калибровки, включая проверку комплектности и внешнего вида средства измерений, подлежащего калибровке, работоспособности и взаимодействия его отдельных частей и элементов (в том числе прочности и электрического сопротивления изоляции, герметичности и т.п.).

Следующим разделом является «Процедура калибровки», в котором описывается полностью процедура калибровки и способы ее выполнения.

Описание каждой операции выделяют в отдельный пункт, в котором нужно указывать наименование определяемой метрологической характеристики калибруемого средства измерений, используемый метод калибровки, схемы подключения, чертежи, указания о порядке проведения операций, формулы, графики, таблицы с пояснением входящих в них обозначений, рекомендации по числу значащих цифр, фиксируемых в протоколе, и т.д. Если при проведении операции калибровки необходимо вести протокол записи результатов измерений по определенной форме, это следует указать, а в приложении привести форму протокола с указанием объема сведений, изложенных в нем [6].

При калибровке выполняются следующие операции, согласно таблице 1:

- 1) Внешний осмотр, устанавливает:
 - наличие гравировки номера чертежа, марки стали на поверхности образца;
 - отсутствие на образце следов коррозии, грязи, механических повреждений.
- 2) Определение геометрических размеров образца, происходит с помощью штангенциркуля или измерительной линейки однократно. Результаты следует обязательно записать в протокол калибровки;
- 3) Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов. Для каждого дефекта контрольного образца, определяют максимальную амплитуду эхосигнала, как среднее из 10 измерений

при постоянных параметрах дефектоскопа (преобразователь, частота, угол ввода ультразвуковых колебаний). Данные измерений параметров так же заносятся в протокол калибровки;

Таблица 1 – Операции выполняемы при калибровке контрольных образцов

Наименование операции	Операции	
	При выпуске и после ремонта	При эксплуатации и хранении
Внешний осмотр	Да	Да
Определение геометрических размеров образца	Да	Нет
Определение максимальных амплитуд эхосигналов от каждого отражателя	Да	Нет
Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов:		
– глубины	Да	Да
– диаметра	Да	Да
– площади	Да	Да
Определение шероховатости рабочей поверхности образца	Да	Нет

4) Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов, к ним относятся: глубина, диаметр и площадь. Глубина дефекта определяется, как разность измеренных значений на поверхности образца и внутри дефекта. При измерении диаметра сверления дефекта применяется микроскоп большой инструментальный с цифровым отсчетом БМИ-1Ц. При расчёте площади дефекта, следует учитывать форму дефекта на поверхности - круг или сегмент (если, сверление было под углом к поверхности). На каждую форму дефекта, своя формула для расчёта. Данные измерения заносятся в протокол калибровки;

5) Определение шероховатости рабочей поверхности. Шероховатость определяется визуальным сравнением поверхности контрольного образца с образцами из набора шероховатости. Выбранная шероховатость записывается в протокол.

Раздел «Обработка результатов измерений», включается в методику калибровки если используются сложные способы обработки результатов. Так как у нас присутствуют расчёты, то этот раздел является обязательным.

Последним разделом методики, является «Оформление результатов калибровки». Он должен содержать требования к оформлению результатов калибровки. Результаты калибровки контрольного образца заносятся в протокол. Форма протокола калибровки при выпуске и после ремонта и форма протокола калибровки при эксплуатации и хранении будут приведены в приложениях к методике калибровки. Конечным результатом калибровки является сертификат о калибровке.

В качестве приложений к методике калибровки могут быть оформлены:

- методика расчета неопределенности оценки параметров, исследуемых при калибровке;
- форма протокола записи результатов измерений при калибровке (протокола калибровки);
- примеры расчетов при обработке результатов измерений, таблицы расчетных величин, графики зависимости величин и другие расчетные данные;
- пояснения терминов;
- методики получения аттестованных смесей и отбора проб;
- научно-техническое обоснование требований к элементам методики калибровки (целевой неопределенности измерений, числу точек, в которых проводят калибровку, числу измерений в каждой точке и т. д.);
- технические описания вспомогательных устройств и приспособлений;
- дополнительные сведения о калибруемых средствах измерений, основных и вспомогательных средствах калибровки, стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов;
- дополнительные особые указания о способах нанесения оттисков калибровочных клейм;

– другие требования, способствующие исключению ошибок при калибровке и повышению производительности калибровочных работ, например, указания по применению вычислительной техники [6].

«Методика калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности средств ультразвукового неразрушающего контроля» представлена в приложении Г.

Основным направлением калибровки, является измерение геометрических размеров. Поэтому особое внимание стоит уделить микроскопу БМИ-1Ц (рисунок 11).



Рисунок 11 – Микроскоп БМИ-1Ц

Микроскоп инструментальный БМИ-1Ц предназначен для измерения:

- в проходящем отраженном свете наружных линейных размеров и диаметров валов до 150 мм в продольном направлении и до 50 мм в поперечном направлении;
- углов изделий до 360° по угломерной головке и столу;
- резцов, фрез, кулачков и другого инструмента, а так же шаблонов любой формы и конфигурации, габариты которых позволяют установить их на измерительном столе микроскопа. Измерение можно производить в прямоугольных и полярных координатах;

- резьбы метчиков по диаметру, шагу и половине угла профиля;
- резьбовых калибров по шагу (сравнительным методом), половине угла профиля, прямолинейности профиля и внутреннему диаметру;
- конусных калибров, цилиндрических и конусных втулок, радиусных профилей;
- расстояния между центрами отверстий.

БМИ-1Ц имеет высокую точность измерения линейных размеров и увеличенные пределы измерения. Помимо этого, стол микроскопа поворачивается на 360°, поэтому можно выполнять измерения не только в прямоугольных, а так же полярных координатах. Технические характеристики микроскопа, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики микроскопа БМИ-1Ц

Наименование показателя	Значение
Диапазон измерения длин:	
в продольном направлении, мм	0-150
в поперечном направлении, мм	0-50
фотоэлектрическими преобразователями, мм	0-25; 0-40
Диапазон измерения плоских углов окулярной угломерной головкой, град	0-360
Видимое увеличение отсчетного окулярной угломерной головки, крат	45
Максимальное расстояние между объективом и предметным стеклом координатного стола, мм	200
Расстояние от колонки до оси тубуса (вылет), мм	165
Пределы измерений в третьей координате при работе с контактным приспособлением, мм	28
Цена деления:	
шкалы окулярной угломерной головки, град	1
нониуса шкалы наклона линии центров бабки, град	30
нониуса шкалы поворота накладного круглого стола, град	3
Цена деления шкал барабанов фотоэлектрических преобразователей, мм	0,005
Дискретность цифрового отсчета при линейных измерениях, мм	0,001
Масса измеряемого изделия, устанавливаемого на координатном столе, не более, кг	20
Параметры питания, В/Гц	220/50
Габаритные размеры микроскопа, мм	870x830x870
Масса	
микроскопа с окулярной угломерной головкой, кг	75
цифрового отсчетного устройства, кг	8
комплекта микроскопа, кг	255

Определение размеров можно производить как непосредственно считыванием показаний на индикаторном табло устройства цифрового пересчётного, так и путем сравнения измеряемого контура с контуром, вычерченным на чертеже.

Область применения прибора: инструментальные цехи и измерительные лаборатории машиностроительных заводов, научные и учебные заведения [27].

При измерении на приборе погрешности в значительной степени зависят от квалификации оператора, качества обработки измеряемого изделия, измеряемого элемента, от диафрагмирования источника света, особенностей данного экземпляра прибора, внешних условий и других факторов [28].

4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Программа повышения квалификации «Неразрушающий контроль и техническая диагностика»

Цель обучения: профессиональные компетенции в области средств и методов неразрушающего контроля объектов машиностроения; изучение современных тенденций в области проведения неразрушающего контроля различными методами.

Основной задачей повышения квалификации является подготовка специалистов, распространение необходимых навыков и знаний, повышение профессиональных навыков и знаний дефектоскопистов, овладение умением и методами работы с новыми средствами контроля.

Обучение проводят специалисты ООО «Уральский центр аттестации».

Категория слушателей: дипломированные специалисты, специалисты предприятий, организаций, освоивших одну из основных образовательных программ высшего или среднего профессионального образования, для которых необходимо дополнительное образование.

В результате подготовки по программе слушатель должен

Знать:

- особенности взаимодействия вещества с основными типами физических полей (радиационных, акустических, магнитных, тепловых);
- основные виды и типы приборов, оборудования и аксессуаров, относящихся к различным методам контроля;
- основные тенденции различия методов неразрушающего контроля;
- место и роль неразрушающего контроля в техническом диагностировании и экспертизе промышленной безопасности;
- основы законодательства РФ в области неразрушающего контроля;

– нормативную и техническую документацию в области неразрушающего контроля, технического диагностирования и экспертизе промышленной безопасности.

Уметь:

- выполнять программы и операции неразрушающего контроля с использованием новейшего оборудования и новейших технологий;
- оформлять результаты контроля;
- выдавать объективное заключение по результатам неразрушающего контроля;
- организовывать работу по неразрушающему контролю на объектах, в том числе поднадзорных Ростехнадзору.

4.2. Учебный план повышения квалификации

Цель: повышение квалификации работников лаборатории неразрушающего контроля.

Категория слушателей: лица, работающие в области неразрушающего контроля.

Срок обучения: 72 часа (8 дней)

Режим занятий: вечерняя / дневная форма

Таблица 3 – Учебный план

Название раздела	Количество часов				
	Всего часов	СРС	Аудиторных	В том числе	
				Лекции	Практические занятия
1	2	3	4	5	6
Основные направления развития неразрушающего контроля и технической диагностики	6	2	2	2	-
Дефекты и дефектность	2	-	2	2	-
Металлография	2	-	2	2	-

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
РОНКТД	2	-	2	2	-
Сертификация персонала и аккредитация лабораторий неразрушающего контроля в России и за рубежом	6	2	4	2	2
Классификация методов и средств неразрушающего контроля	8	2	6	2	4
Капиллярный контроль	6	2	4	2	2
Радиационный контроль	10	2	8	4	4
Ультразвуковая дефектоскопия	20	2	18	10	8
Магнитопорошковый контроль	10	2	8	4	4
Статистические распределения дефектов	14	2	12	6	6
Нормативное обеспечение в области неразрушающего контроля	8	2	6	2	4
Итого	72		72	40	32
Итоговая аттестация: тест по основным разделам программы					

Содержание теоретического и практического (производственного) обучения с раскрытием тем, зафиксированных в примерном учебном плане, включая перечень лабораторно-практических работ, видов самостоятельных работ, выполняемых в период обучения (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание теоретического и практического обучения

Наименование разделов, дисциплин и тем	Количество часов		Содержание тем
	Лек-ции	ПР	
1	2	3	4
Дефекты и дефектность	2	-	Классификация дефектов. Влияние дефектов на работоспособность. Уровни дефектности.

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Основные направления развития неразрушающего контроля и технической диагностики.	2	-	Общие вопросы контроля качества продукции. Разрушающий и неразрушающий контроль. История развития неразрушающего контроля. Интеллектуализация методов и средств НК и ТД. Разработка единой системы контроля технических объектов и окружающей среды. Совершенствование диагностических технологий. Организационное обеспечение НК и ТД.
Металлография	2	-	Общая характеристика металлов. Макроструктура и микроструктура металла. Дефекты кристаллической решетки металлов
Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике	2	-	История создания РОНКТД. Основные направления деятельности. Журнал «В мире неразрушающего контроля». Новейшие достижения в области неразрушающего контроля.
Сертификация персонала и аккредитация лабораторий НК в России и за рубежом	2	2	Уровни квалификации. Квалификационные требования. Европейская система аттестации.
Классификация методов и средств неразрушающего контроля	2	4	Классификация средств неразрушающего контроля. Контролируемые параметры и дефекты. Оценка выявляемости дефектов различными видами НК
Капиллярный контроль сварных соединений	2	-	Факторы, влияющие на качество сварных соединений. Сварочные дефекты - несплошности. Устранение сварочных дефектов.
Радиационный контроль	4	4	
Ультразвуковая дефектоскопия	10	8	
Физические основы УЗД	2	-	Природа и получение ультразвуковых колебаний. Типы и скорость ультразвуковых волн. Распространение ультразвука.
Свойства УЗК	2	-	Направленность УЗК. Ближняя и дальняя зоны. Отражение от несплошностей. Затухание. Трансформация.
Методы УЗД	4	2	Принципиальные схемы. Схемы соединения искателей. Метод акустической эмиссии.
Ультразвуковые дефектоскопы	2	6	Технические характеристики дефектоскопа. Функциональное устройство дефектоскопа. Принцип работы. Методика контроля. <i>Практическая работа.</i>
Магнитный метод контроля	4	4	.
Статистические распределения дефектов	6	6	

Окончание таблицы 4

1	2	3	4
Нормативное обеспечение в области неразрушающего контроля.	2	4	
Итого	40	32	
Итоговая аттестация:			Тест

Список рекомендуемой литературы:

1) Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий: учеб. – Москва : Высшая школа, 1991. - 271 с.

2) Диагностика машин и оборудования [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / В. В. Носов. - 3-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2016. - 375 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/71757/>.

3) Испытания материалов [Текст] : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" [Гриф УМО] / С. В. Быков, С.А. Схиртладзе. - Старый Оскол : Тонкие наукоемкие технологии, 2013. - 135 с.

4) Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация : учебник для вузов, 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЮРАЙТ, 2008. – 416 с.

5) Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В.В. Клюев и др. ; под ред. В.В. Клюева. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Машиностроение, 2005. – 656 с.

6) Неразрушающий контроль и диагностика : справочник/ В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.; под ред. В.В. Клюева. – Москва : Машиностроение, 1995. – 488 с.

7) Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд./ Йозеф Крауткремер, Герберт Крауткремер; пер. с нем. Е.К. Бухмана, Л.С. Зенковой ; под ред. В.Н. Волченко. – Москва : Металлургия, 1991. – 752 с.

4.3. Практическое занятие для повышения квалификации работников лаборатории ультразвукового контроля

Одной из трудовых функций дефектоскописта, является: проведение неразрушающего контроля. Она относится к обобщенной трудовой функции: выполнение работ по неразрушающему контролю конкретного объекта заданным методом в соответствии с технологической инструкцией. Уровень квалификации дефектоскописта – 3. Требования к образованию: среднее общее образование.

Трудовые действия:

- проводить настройку и регулировку оборудования;
- выполнять операции по неразрушающему контролю объекта в соответствии с технологической инструкцией (технологической картой);
- выявлять дефекты в объекте контроля;
- определять характеристики и месторасположение выявленных дефектов.

Необходимые умения:

- применять оборудование неразрушающего контроля, дефектоскопические материалы;
- настраивать оборудование в соответствии с технологической инструкцией (технологической картой);
- выполнять операции контроля в соответствии с технологической инструкцией (технологической картой);
- измерять параметры объекта контроля.

Необходимые знания:

- основные принципы метода неразрушающего контроля;
- нормативные документы по определённому методу неразрушающего контроля для контролируемого объекта;

- приборы, инструменты, дефектоскопические материалы, применяемые при определённом методе контроле;
- порядок настройки оборудования;
- порядок проведения контроля и регистрации его результатов;
- виды и типы дефектов (по тексту поправить) в объектах контроля, причины их возникновения при производстве и эксплуатации;
- порядок определения характеристик дефектов;
- обозначение дефектов в соответствии с требованиями нормативной документации.

Другие характеристики:

- соблюдение правил радиационной безопасности при работе в условиях АЭС;
- проведение работ под руководством дефектоскописта (контролера) 4 уровня.

В соответствии с этим, было разработано практическое занятие на тему «Методика ультразвукового контроля»

Практическое занятие

Тема: Методика ультразвукового контроля.

Цель: изучение и практическое освоение методов ультразвукового неразрушающего контроля

Оснащение:

- Руководство по эксплуатации дефектоскопа ультразвукового УД 9812;
- Ультразвуковой дефектоскоп УД 9812;
- Контрольные образцы и контролируемые детали.

Краткие теоретические сведения

Ультразвуковой контроль (УЗК) один из самых востребованных методов неразрушающего контроля. Для выявления дефектов используются ультразвуковые волны

Метод ультразвуковой дефектоскопии был разработан и практически осуществлен в Советском Союзе в 1928–1930 гг. профессором С.Я. Соколовым. Соколов С.Я. первым предложил теневой метод с непрерывными звуковыми волнами для выявления дефектов материала.

По сравнению с другими методами неразрушающего контроля ультразвуковая дефектоскопия обладает важными преимуществами:

- высокой чувствительностью к наиболее опасным дефектам, типа трещин и не проваров;
- большой производительностью;
- возможностью вести контроль непосредственно на рабочих местах без нарушения технологического процесса;
- низкой стоимостью контроля.

Но так же имеет свои недостатки:

- невозможно определить реальный размер дефекта;
- подготовка поверхности к контролю для ввода ультразвуковых волн в металл;
- трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука.

Суть ультразвукового неразрушающего контроля заключается в излучении и принятии отраженных ультразвуковых колебаний при помощи специального оборудования: ультразвукового дефектоскопа и пьезоэлектрического преобразователя (рисунок 12), и последующем анализе полученных данных с целью выявления наличия дефектов.



Рисунок 12 – Пьезоэлектрический преобразователь

Для ультразвуковой дефектоскопии рекомендуется использовать УД 9812, так как он имеет все необходимые электронные системы для выполнения контроля.

Прибор УД 9812 (рисунок 13) представляет собой ручной ультразвуковой дефектоскоп общего назначения. Прибор предназначен для неразрушающего контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материала в изделиях из металла и пластмасс.



Рисунок 13 – Дефектоскоп ультразвуковой УД 9812

Дефектоскоп УД 9812 обеспечивает проведение неразрушающего контроля отливок, поковок, полуфабрикатов, готовых изделий, сварных соединений и т.д. в диапазоне размеров от 0,5 мм до 6 м.

Дефектоскоп снабжен калиброванным аттенуатором и прецизионным измерителем задержки сигнала. Это позволяет использовать его для измерения физических характеристик материалов – затухания и скоростей звука [21].

Дефектоскоп УД 9812 – один из немногих приборов, которые позволяют наблюдать высокочастотные ультразвуковые сигналы и измерить их параметры. В частности, в данном приборе реализован режим измерения задержки высокочастотного сигнала методом перехода через ноль – это режим,

применяемый в ультразвуковых толщиномерах [22]. Имеется возможность определения частоты эхосигнала.

Существуют методы ультразвуковой дефектоскопии: эхо, теневой, зеркально-теневой, эхо-зеркальный, эхо-теневой. Основными являются теневой и эхо методы.

В теневом методе (рисунок 14), волны при встрече с дефектом не проникают через него. За дефектом образуется область так называемой «звуковой тени». Интенсивность ультразвуковых колебаний, принятых щупом-приемником, резко падает, а изменение величины импульсов на экране электронно-лучевой трубки дефектоскопа указывает на наличие дефектов [24]. Теневой метод применяют в основном для контроля проката малой и средней толщины, некоторых резиновых изделий и т.д.

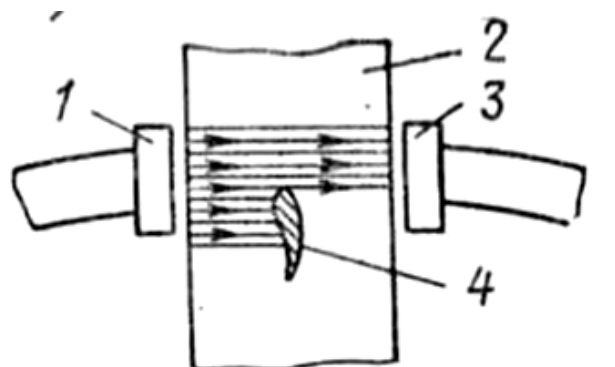


Рисунок 14 – Теневой метод:
1 – излучатель, 2 – исследуемая деталь, 3 – приёмник,
4 – дефект

При эхо методе (рисунок 15) излучатель посылает импульсы ультразвуковых волн, которые при встрече с дефектом отражаются от него и улавливаются приемником. Эти импульсы фиксируются на экране электроннолучевой трубки дефектоскопа в виде пиков, свидетельствующих о наличии дефекта. Измеряя время от момента посылки импульса до приема обратного сигнала, можно определить и глубину залегания дефектов. Основное достоинство этого метода состоит в том, что контроль можно проводить при одностороннем доступе к сварному шву без снятия усиления или

предварительной обработки шва. Этот метод получил наибольшее применение при ультразвуковой дефектоскопии сварных швов.

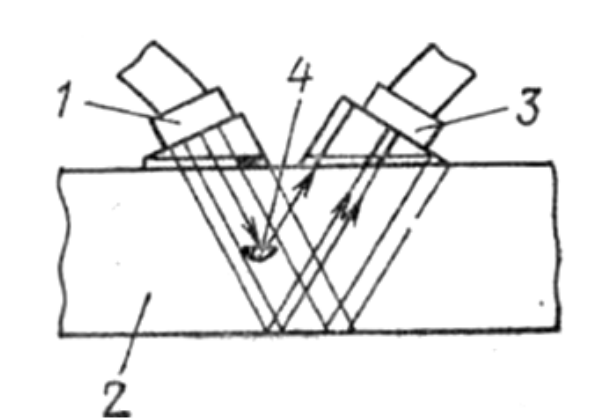


Рисунок 15 – Эхо метод:
1 – излучатель, 2 – исследуемая деталь, 3 – приёмник,
4 – дефект

Процесс неразрушающего контроля изделий состоит из следующих этапов:

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

На первом этапе, изделие подготавливается для проведения ультразвукового контроля, производится зачистка поверхностей ввода. Поверхность ввода смачивают контактной жидкостью, затем ставят преобразователь на поверхность и перемещают его с таким расчётом, что бы прозвучить необходимый объём изделия. Как правило шаг сканирования выбирают равным половине размера пьезоэлемента. Сила нажатия, при сканировании, на преобразователь должна быть равна примерно 1 кг. При обнаружении эхосигнала, превышающего искомое значение, сканирование прекращается. Находиться место, в котором наблюдается максимум эхосигнала. Проводят поверку, существенный ли это дефект. Для этого эхосигнал сравнивают с уровнем установленным ранее на приборе [23].

Если эхосигнал превышает фиксированное значение – дефект существенный, переходят ко второму этапу. Но стоит отметить, что перед контролем дефектоскоп настраивается с помощью контрольных образцов.

Контрольные образцы – изделие, которое представляет собой фрагменты прутков, поковок, труб, трубных изделий, листов с искусственными дефектами в виде прямых (угол - 90°) и под углом, равным 40° или 50° , сверлений, сквозных и не сквозных. Они служат средствами контроля для ультразвукового дефектоскопа. Контрольный образец изготавливается, в соответствии с паспортом из разных сталей, в соответствии с тем, для контроля каких деталей будет использоваться конкретный контрольный образец. То есть, для каждой детали выбирают такой образец, который имеет такой же материал и соответствующую форму.

На втором этапе проводят измерение характеристик дефектов. Основными измеряемыми характеристиками, являются:

- амплитуда эхосигнала;
- положение преобразователя на изделии;
- количество дефектов на определённой длине изделия;
- координаты дефекта;
- условные размеры дефекта.

Правила проведения измерений характеристик дефектов расписаны в: руководстве по эксплуатации дефектоскопа ультразвукового УД 9812.

На третьем этапе контроля принимается решение о годности изделия, выполняется после полного сканирования и определение характеристик всех дефектов.

Четвёртый этап, технологическое испытание аппаратуры, проводится в процессе контроля. Технологическое испытание – это проверка работоспособности приборов и его настроек. Рекомендуется проводить настройку прибора не менее двух раз за рабочую смену.

Дефектоскописты обязаны проходить инструктаж по технике безопасности в сроки, установленные приказом по предприятию.

Безопасность труда при проведении неразрушающих испытаний различных деталей и сварных соединений обеспечивается при выполнении стандартов:

- ГОСТ 12.2.002-75 «ССБТ. Процедуры производственные. Общие требования техники безопасности»;
- ГОСТ 12.1.001-89 «Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Общие требования безопасности»;
- ГОСТ 12.2.007.0-75 «МС Система стандартов безопасности труда. Изделия электрические. Общие требования безопасности»;
- 12.1.004-76 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»

Результат полученный при контроле зависит от дефектоскописта, как он интерпретирует полученные результаты. Ультразвуковой контроль изделий чаще проводится двумя дефектоскопистами. К проведению контроля допускается лицо, имеющие 2 или 3 уровень квалификации и имеющий соответствующее удостоверение.

Результаты ультразвуковой дефектоскопии фиксируют в журнале, указывая:

- индексы, присвоенные данному изделию и сварному соединению;
- длину проконтролированного участка шва;
- технические условия, по которым выполнялась дефектоскопия;
- тип дефектоскопа;
- частоту ультразвуковых колебаний;
- угол ввода луча в контролируемый металл или тип искателя, условную или предельную чувствительность;
- результаты дефектоскопии;
- дату;
- фамилию дефектоскописта.

Порядок выполнения практического занятия

- 1) Ознакомиться с теоретической частью.

2) Освоить порядок проведения ультразвукового неразрушающего контроля.

3) Получить две разные детали и контрольные образцы соответствующие им.

4) Провести контроль деталей на наличие дефекта.

5) Сделать вывод о годности деталей.

6) Оформить отчет.

Отчет должен содержать:

- наименование работы, цель, оснащение;
- эскизы деталей;
- схемы контроля;
- заполнить таблицу 5;
- ответы на контрольные вопросы.

Таблица 5 – Характеристики дефектов

№ детали	Амплитуда эхосигнала	Количество дефектов на определённой длине изделия	Координаты дефекта	Условные размеры дефекта	Годная
1					
2					

Контрольные вопросы

1) Основные этапы проведения ультразвукового неразрушающего контроля?

2) Назначение ультразвуковой дефектоскопии?

3) Какие два основных метода выделяют, в ультразвуковом контроле?

4) Преимущества ультразвуковой дефектоскопии?

5) Достоинство эхо метода?

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Затраты на разработку методики калибровки контрольных образцов. Определение потенциальной выгоды

Затраты на разработку – все затраты, прямо относящиеся к деятельности по разработке.

В состав затрат на разработку методики калибровки контрольных образцов, включаются следующие статьи затрат:

- затраты на оплату труда разработчика, включая премию;
- затраты на экспертизу методики;
- затраты на расходные материалы.

Для определения общих затрат на разработку методики составит таблицу общих затрат (таблица 6).

Таблица 6 – Расчет затрат на разработку методики капиллярного контроля

Статья затрат	Стоимость
Затраты на оплату труда разработчика, включая премию, руб.	7230
Затраты на экспертизу методики, руб.	13500
Затраты на расходные материалы, руб.	2010
Итого, руб.	22740

Затраты на оплату труда разработчика, вычисляется как произведение времени, затраченного на разработку методики калибровки, на тарифную ставку разработчика плюс премия (формула 1).

$$Z_{o.t.} = C_{ч} * f + П, \quad (1)$$

где $Z_{o.t.}$ – затраты на оплату труда разработчика, руб.;

$C_{ч}$ – тарифная ставка разработчика, руб./ч.;

f – отработанное время, ч;

$П$ – премия.

$$Z_{\text{о.т.}} = 71,59 * 80 + 1503 = 7230 \text{ руб.}$$

Цена на экспертизу методики, взята как средняя цена по Свердловской области. Затраты на расходные материалы разделены на позиции и представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет материальных затрат на выполнения работ

Наименование	Количество	Стоимость единицы, руб.	Сумма, руб.
Бумага (формат А4), уп.	2	250	500
Заправка картриджа, шт.	1	390	390
Пользование сетью Интернет, мес.	1	600	700
Коммунальные услуги, мес.	1	420	420
Итого			2010

Данные по ценам на коммунальные услуги и электроэнергию, расходные материалы, за доступ к сети интернет взяты из расходных накладных в отделе бухгалтерии предприятия.

Стоимость разработки с привлечением сторонних организаций составляет около 40000 рублей.

Рассчитаем экономический эффект прибыли по формуле (2):

$$\mathcal{E} = C_p - C_c, \tag{2}$$

где \mathcal{E} – экономический эффект сокращения расходов;

C_p – цена проекта на рынке;

C_c – цена собственного проекта.

Подставляя значения цен в формулу 2 получаем:

$$\mathcal{E} = 40000 - 22740 = 17260 \text{ руб.}$$

Поскольку стоимость разработки методики калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности средства ультразвукового неразрушающего контроля на АО «СвердНИИхиммаш» почти в два раза больше на рынке, чем его стоимость при самостоятельной разработке, то проект следует считать экономически эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы, поставленная цель была достигнута, благодаря выполненным задачам.

В дипломной работе проанализирована деятельность предприятия АО «СвердНИИХиммаш» дана характеристика системы менеджмента качества и проведен анализ причин брака. Предприятие успешно развивается на протяжении всего времени. Во многом это связано с успешным стратегическим планированием и своевременными внедрением системы менеджмента качества в соответствии с международными стандартами ИСО серии 9001.

Проанализированы требования к структуре и содержанию методики калибровки. Было отобрано содержание разделов методики калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности средств ультразвукового неразрушающего контроля. В последующем методика калибровки была разработана и оформлена, в соответствии с требованиями указанными в нормативных документах.

В методической части рассмотрена программа повышения квалификации для работников лаборатории ультразвукового контроля и разработано практическое занятие на тему «Методика ультразвукового контроля».

В экономической части рассчитаны затраты на разработку методики калибровки контрольных образцов для проверки работоспособности средства ультразвукового неразрушающего контроля на АО «СвердНИИХиммаш» и определена потенциальная выгода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 8.565-2014. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение атомных станций. Основные положения [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 8.565-96 ; введ. 2015-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 19 с.
2. СвдННИИхиммаш : официальный сайт. – Режим доступа : <http://sverd.ru/> (дата обращения: 25.04.2016).
3. ГОСТ 8.315-97. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения [Текст]. – Взамен ГОСТ 8.315-91 ; введ. 1998-07-01. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; Москва : Издательство стандартов, 1997. – 28 с.
4. ПНАЭ Г 7-014-89. Унифицированная методика контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Часть 1. Контроль основных материалов [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва : НТЦ ЯРБ, 2000. – 44 с.
5. ПНАЭ Г-7-010-89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля [Текст]. – Взамен ПК 1514-72 ; введ. 1998-06-01. – Москва : НТЦ ЯРБ, 2000. – 164 с.
6. ГОСТ Р 8.879-2014. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению [Текст]. – Введ. 2015-01-09. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 8 с.
7. РПК 0704-9001-002-2016. Руководство по качеству организации и выполнению калибровочных работ АО «СвдННИИхиммаш» [Текст]. – Екатеринбург : АО «СвдННИИхиммаш», 2016. – 39 с.

8. Российская Федерация. Закон. Об обеспечении единства измерения [Текст] : федер. закон : [принят Гос. думой 11 июня 2008 г. : одобр. Советом Федерации 18 июня 2008 г.]. – Москва : Ось-89, 2011. – 24 с.
9. ГОСТ 12.2.002-75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности [Текст]. – Введ. 1976-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 8 с.
10. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. Взамен ГОСТ 12.1.004-85 ; введ. 1992-30-06. – Москва : Издательство стандартов, 2002. – 48 с.
11. ГОСТ Р 8.000-2000. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Основные положения [Текст]. – Введ. 2001-01-01. – Москва : Издательство стандартов, 2002. – 8 с.
12. Р 50.2.038-2004. ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений [Текст]. – Взамен МИ 1552-86 ; введ. 2005-01-01 – Москва : Стандартинформ, 2011. – 11 с.
13. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения [Текст]. – Введ. 2013-01-01 – Москва : Стандартинформ, 2013. – 24 с.
14. ГОСТ Р ИСО 21748-2012. Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений [Текст]. – Введ. 2013-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 39 с.
15. ГОСТ 12.2.007.0-75. ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности [Текст]. – Введ. 1978-01-01. – Москва : Издательство стандартов, 1991. – 12 с.
16. Дипломное проектирование в профессионально-педагогическом вузе : учеб.- метод. пособие / Б.Н. Гузанов, И.В. Осипова, О.В. Тарасюк, М.А. Черепанов. – Екатеринбург : Издательство ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2007. - 182 с.

17. Алешин Н.П., Лупачев В.Г. Ультразвуковая дефектоскопия: Справочное пособие. – Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 271 с.
18. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация : учебник для вузов, 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЮРАЙТ, 2008. – 416 с.
19. Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд./ Йозеф Крауткремер, Герберт Крауткремер; Пер с нем. Е.К. Бухмана, Л.С. Зенковой ; Под ред. В.Н. Волченко. – Москва : Металлургия, 1991. – 752 с.
20. ГОСТ Р 6.30-2003. Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов (не нуждается в госрегистрации) [Текст]. – Введ. 2003-07-01. – Москва : Госстандарт России, 2005. – 20 с.
21. ГОСТ 12.1.001-89. ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности [Текст]. – Взамен ГОСТ 12.1.001-83 ; введ. 1991-01-01. – Москва : Издательство стандартов, 1991. – 10 с.
22. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В.В. Клюев и др. ; под ред. В.В. Клюева. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Машиностроение, 2005. – 656 с
23. Алешин М. П. Методы акустического контроля металлов. – Москва : Машиностроение, 2008. – 457с.
24. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий: учеб. – Москва : Высшая школа, 1991. - 271 с.
25. ГОСТ Р ИСО 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. – Введ. 2013-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2012. – 33 с.
26. Руководство по эксплуатации ЩЮ2.068.136РЭ. Ультразвуковым дефектоскопом УД 2-12. Интроскоп. [Текст]. – Москва : Евразия, 2013. – 44 с.
27. Руководство по эксплуатации 46.5537.001.01.000 РЭ. Ультразвуковым дефектоскопом УД 9812. Интроскоп. [Текст]. – Москва : Евразия, 2015. – 177 с.

28. Паспорт АЛ2.787.024. Микроскоп инструментальный с цифровым отчетом БМИ-1Ц [Текст]. – Новосибирск : Новосибирский приборостроительный завод имени Ленина, 1981. – 89 с.

29. ГОСТ 7.1-2003. СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления [Текст]. – Введ. 2004-01-07. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 54 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Сертификат соответствия СМК требованиям ISO 9001:2008 АО «СвердНИИхиммаш»



СЕРТИФИКАТ

Quality Austria Trainings-, Zertifizierungs- und Begutachtungs GmbH выдает Сертификат следующей организации:

Этот сертификат подтверждает qualityaustria применение и дальнейшее развитие действующий



АО "СвердНИИхиммаш"
620010, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Грибоедова, д.32

СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
в соответствии с требованиями стандарта
ISO 9001:2008

Quality Austria Trainings-,
Zertifizierungs und
Begutachtungs GmbH is
accredited according to
the Austrian Accreditation
Act by the BAWW
(Federal Ministry of
Science, Research and
Economy).

Quality Austria is accredited
as an organisation for
environmental verification
by the BAUFUW (Federal
Ministry of Agriculture,
Forestry, Environment
and Water Management).

Quality Austria is authorised
by the VDA
(Association of the
Automotive Industry).

For accreditation
registration details please
refer to the applicable
decisions or recognition
documents.

Quality Austria is the
Austrian member of IQNet
(International Certification
Network).

научно-исследовательская и
проектно-конструкторская деятельность,
производство оборудования для атомной
энергетики и промышленности, оборудования
для различных отраслей промышленности

Регистрационный No.: 08378/0
Дата первой выдачи: 8. сентября 2009
Действителен до: 1. сентября 2018



Действие этого сертификата qualityaustria будет
обеспечиваться ежегодными наблюдательными
аудитами и ресертификационными аудитами,
проводимыми каждые три года.

Вена, 2 сентября 2015

Quality Austria Trainings-, Zertifizierungs- und Begutachtungs GmbH,
A-1010 Vienna, Zellindegasse 10/3

Konrad Scheiber
Председатель правления

Eckehard Bauer, MSc
Уполномоченный специалист

703406-1976-6026-6025-
08378/036502

Срок действия свидетельства задокументировано на интернет сайте
<http://www.qualityaustria.com/en/cert> EAC: 34

Сертификат соответствия СМК требованиям ГОСТ ISO 9001-2011

АО «СвердНИИхиммаш»



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Система добровольной сертификации систем менеджмента
«Регистр систем менеджмента»

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА
ООО «РОСТЕХСЕРТ»
620062, Россия, г. Екатеринбург, ул. Генеральская, 3, офис 404
№ РОСС RU.0001.13ФК11

№ 07226

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

Выпуск 3. СМК сертифицирована с сентября 2009

Выдан **Акционерному обществу**
«СвердНИИхиммаш»
620010, Россия, г. Екатеринбург, ул. Грибоедова, д.32

НАСТОЯЩИЙ СЕРТИФИКАТ УДОСТОВЕРЯЕТ:

система менеджмента качества применительно к научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности, производству оборудования для атомной энергетики и промышленности, оборудования для различных отраслей промышленности

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ:

ГОСТ ISO 9001-2011 (ISO 9001:2008)

Разъяснения, касающиеся области сертификации СМК, могут быть получены путем консультаций с АО «СвердНИИхиммаш»

Регистрационный № РОСС RU.ФК11.К00332

Дата регистрации 08.09.2015

Срок действия до 08.09.2018

Руководитель органа по сертификации интегрированных систем менеджмента

Председатель комиссии



М.А. Королева
И.Г. Студенок

Учетный номер № 05745

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Форма Акта о выявленных несоответствиях в организации и проведении калибровочных работ

УТВЕРЖДАЮ

Директор по качеству

АО «СвердНИИхиммаш»

_____ / _____ /

«_____» _____ 20__ г.

АКТ № _____

о выявленных несоответствиях

в организации и проведении калибровочных работ

Основание: _____

Комиссия, в составе:

Председатель комиссии _____

(должность и ФИО)

Члены комиссии

(должность и ФИО)

в период с _____ 20__ г. по _____ 20__ г. провела обследование выявленных несоответствий в организации и проведении калибровочных работ и установила :

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Методика калибровки контрольных образцов



СОГЛАСОВАНО:

Директор департамента по качеству

_____ С.О. Носырев

«__» _____ 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор АО «СвердНИИхиммаш»

_____ Р.С. Каримов

«__» _____ 2016 г.

Введено приказом

№ _____ от _____ 2016 г.

КОНТРОЛЬНЫЕ ОБРАЗЦЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СРЕДСТВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ МК 60-01-2016

Разработчики:

Главный метролог АО «СвердНИИхиммаш»
Начальник отдела 20 Винокурова Н.П.

Инженер по метрологии 1 категории отдела 20
Большакова М.Г.

Техник-метролог отдела 20
Ильичев И.О.

Начальник лаборатории неразрушающих
методов контроля Козлов Н.И.

Кол-во стр.: 18

Екатеринбург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

Вводная часть (область распространения).....	3
1. Нормативные ссылки.....	3
2. Определения.....	3
3. Технические требования.....	3
3.1. Требования к неопределенностям оценки параметров, определяемых в процессе калибровки.....	3
3.2. Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию.....	3
3.3. Требования к условиям проведения калибровки.....	4
4. Требования к квалификации калибровщиков.....	4
5. Требования по обеспечению безопасности.....	4
6. Подготовка к процедуре калибровки.....	4
7. Процедура калибровки.....	4
7.1. Внешний осмотр	5
7.2. Измерение геометрических размеров образца.....	5
7.3. Определение максимальных амплитуд эхосигналов от каждого отражателя.....	5
7.4. Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов.....	6
7.5. Определение шероховатости рабочей поверхности образца.....	6
8. Обработка результатов измерений.....	7
9. Оформление результатов измерений.....	8
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) – Форма протокола калибровки при выпуске и после ремонта.....	9
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) – Форма протокола калибровки при эксплуатации и хранении.....	15

Вводная часть (область распространения)

Настоящая методика калибровки (далее – МК), разработанная в соответствии с ГОСТ Р 8.879-2014 распространяется на контрольные образцы для проверки работоспособности средств ультразвукового неразрушающего метода контроля и устанавливает процедуру их калибровки. Область применения: АО «СвердНИИхиммаш».

1. Нормативные ссылки

В настоящей МК использованы ссылки на следующие документы:

- ГОСТ Р 8.879-2014 ГСИ Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению.
- Р 50.2.038-2004 ГСИ Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений.
- ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.
- ГОСТ Р ИСО 21748-2012. Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений
- ПНАЭ Г-7-014-89 Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ Ультразвуковой контроль. Часть 1. Контроль основных материалов (полуфабрикатов).
- ГОСТ 12.2.007.0 - 75 МС Система стандартов безопасности труда. Изделия электрические. Общие требования безопасности.

2. Определения

Образец – это изделие, которое представляет собой фрагменты: - прутков, поковок, труб, трубных изделий, листов с искусственными дефектами в виде прямых (угол - 90°) и под углом, равным 40° или 50°, сверлений, сквозных и не сквозных.

3. Технические требования

3.1. Требования к неопределенности оценки параметров, определяемых в процессе калибровки

Допустимый интервал номинальных значений геометрических размеров искусственных дефектов (ИД) приведен в чертеже на каждый конкретный образец и в ПНАЭ Г-7-014-89. Могут применяться образцы не указанные в ПНАЭ Г-7-014-89, но аттестованные.

3.2. Требования к средствам калибровки и вспомогательного оборудования

3.2.1. При проведении калибровки образца применяют следующие средства измерений:

- индикатор часового типа ИЧ50-0,005; диапазон измерений (0-50) мм; пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta = \pm 0,005$ мм;
- микроскоп инструментальный БМИ – 1Ц 150x50; пределы допускаемой

абсолютной погрешности измерения $\Delta = \pm 0,003$ мм;

- микроскоп отсчетный МПБ-3 с диапазонами измерения (0-3,5) мм и (0-7) мм;
- образцы шероховатости поверхности сравнения ГОСТ 9378-75;
- гигрометр психрометрический ВИТ-2, диапазоны измерений относительной влажности (0 – 100) %, температуры (от 15 до 40) °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\Delta = \pm 6$ %; $\Delta = \pm 0,4$ °С;
- штангенциркуль ШЦ-II- 250-0,05; диапазон измерений (0-250) мм, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta = \pm 0,05$ мм;
- дефектоскоп УД2-12

3.2.2. При проведении калибровки образца применяется вспомогательное оборудование:

- штатив для крепления ИЧ50;
- поверочная плита для установления штатива с ИЧ50 и калибруемого образца.

3.2.3. При проведении калибровки образцов с ИД допускается применение средств измерений, не приведенных в п. 3.2.1 настоящей МК, но обеспечивающих определение метрологических характеристик образца с требуемой точностью.

3.2.4. Средства измерений, применяемые для калибровки, должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (клейма).

3.3. Требования к условиям проведения калибровки

При проведении калибровки образца УЗК должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, для ИЧ, °С;от 15 до 25;
для БМИ-1Ц, °С; (20±1)
- относительная влажность воздуха, %, не более..... 80.

4. Требования к квалификации калибровщиков

К проведению калибровки образца допускаются лица из числа специалистов, допущенных к калибровке, работающих в организации, имеющих специальное образование не ниже среднего, а также ознакомившихся с паспортом образца.

5. Требования по обеспечению безопасности

При проведении калибровки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0-75, перед проведением калибровки образца необходимо пройти инструктаж по технике безопасности, установленный предприятием.

6. Подготовка к процедуре калибровки

Средства калибровки должны быть подготовлены к работе и подключены в соответствии с эксплуатационной документацией. Образец должен быть выдержан в условиях помещения в течение 1 ч.

7. Процедура проведения измерений и обработка результатов измерений

При проведении калибровки образца, должны выполняться операции согласно таблице 1.

Таблица 1 – Операции, выполняемые при калибровке контрольных образцов

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики	Операции	
			При выпуске и после ремонта	При эксплуатации и хранении
1	Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2	Определение геометрических размеров образца	7.2	Да	Нет
3	Определение максимальных амплитуд эхосигналов от каждого отражателя	7.3	Да	Нет
4	Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов: -глубины -диаметра площади	7.4		
		7.4.1	Да	Да
		7.4.2	Да	Да
		7.4.3	Да	Да
5	Определение шероховатости рабочей поверхности образца	7.5	Да	Нет

7.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра образца устанавливают:

- наличие гравировки номера чертежа, марки стали на поверхности образца;
- отсутствие на образце следов коррозии, грязи, механических повреждений.

7.2. Измерение геометрических размеров образца

7.2.1. Геометрические размеры образца:

- прутки, поковки (высота, диаметр, длина, ширина);
- трубы и трубные изделия (диаметр внешний и внутренний, высота);
- листы (длина, ширина, толщина).

7.2.2. Геометрические размеры образца измеряют с помощью штангенциркуля или измерительной линейки однократно. Результаты заносят в Протокол калибровки по форме приведенной в приложении А.

7.3. Определение максимальных амплитуд эхосигналов от каждого отражателя

Для каждого отражателя (дефекта) на контрольном образце (образец) определяют максимальную амплитуду эхосигнала как среднее из 10 измерений при постоянных параметрах дефектоскопа (преобразователь, частота, угол ввода УЗ колебаний). Данные измерений и других параметров заносят в Протокол калибровки, приведенный в приложении А.

7.4. Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов

– 7.4.1. Глубину каждого искусственного дефекта измеряют с помощью индикатора часового типа, делая 8 измерений возле отверстия дефекта на поверхности образца и внутри дефекта также 8 измерений. Разность измеренных значений на поверхности образца и внутри дефекта и есть глубина искусственного дефекта. На плоских поверхностях измерения проводят, распределяя их равномерно по периметру отверстия, на цилиндрических поверхностях - в наивысшей точке с двух сторон отверстия дефекта.

– 7.4.2. Диаметр сверления дефекта измеряется с помощью инструментального микроскопа БМИ-1Ц по плоской поверхности сверху - вниз и слева - направо и наоборот в обратную сторону (при двух положениях образца получается всего 8 измерений). Если же поверхность цилиндрическая, то всего один вариант измерения – по наивысшей точке, то есть 2 измерения, поэтому измерения нужно повторить 4 раза.

– 7.4.3. Площадь дефекта для круга, когда сверление искусственного дефекта полностью находится внутри образца, вычисляют по формуле (1):

$$S_i = \pi \cdot (d_i / 2)^2, \quad (1)$$

где S – площадь круга, мм²;

π – константа (3,14);

d – диаметр круга, мм.

Если сверление не полностью находится внутри образца, а проведено под углом к поверхности и только частично задевает ее (получается не круг, а сегмент круга), площадь искусственного дефекта находят по формуле (2):

$$S_i = \frac{2}{3} A \cdot h, \quad (2)$$

где A – основание сегмента, мм,

h – высота сегмента, мм.

Все данные измерений и вычислений заносят в таблицу 3 ПРИЛОЖЕНИЯ А.

7.5. Определение шероховатости рабочей поверхности образца

7.5.1. Определение шероховатости рабочей поверхности контролируемого образца осуществляется путем визуального сравнения поверхности контрольного образца с образцом шероховатости поверхности.

7.5.2. Для сравнения контролируемый образец и образец шероховатости располагают так, чтобы их поверхности были равномерно освещены рассеянным светом.

7.5.3. Контролируемый образец и образцы шероховатости должны располагаться между контролером и источником света.

7.5.4. Сравнение шероховатости поверхности обоих образцов осуществляют так, чтобы угол между направлением визирования и перпендикуляром к поверхности был не менее 60°.

Выбранный вариант шероховатости рабочей поверхности контрольного образца записывают в Протокол калибровки, форма которого приведена в приложении А.

8. Обработка результатов измерений

8.1. Оценку измеряемой величины (глубина и диаметр ИД), за которую принимают среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений, вычисляют по формуле (3):

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}, \quad (3)$$

где x_{iq} – результат одного измерения одного параметра, мм;

n – количество измерений одной величины;

8.2 Стандартную неопределенность типа А единичного измерения определяют, как среднеквадратическое отклонение одного измерения от результата измерения по формуле (4):

$$u_A(x_{iq}) = \sqrt{\frac{1}{(n_i - 1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2} \quad (4)$$

или

$$U_A(\bar{x}_i) = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}, \quad (5)$$

где результат определяют как среднее арифметическое по формуле (5).

8.3 Стандартную неопределенность типа определяют по формуле (6):

$$U_B(x_i) = \frac{b_i}{\sqrt{3}}, \quad (6)$$

где b_i – доверительные границы суммарной не исключённой систематической погрешности;

$\sqrt{3}$ – предполагаем, что распределение равномерное.

Суммарную стандартную неопределенность вычисляют по формуле (7):

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}, \quad (7)$$

8.4. При коэффициенте охвата $k=2$, соответствующем уровню доверия 0,95 при предположении о нормальном распределении, расширенную неопределенность измерений при калибровке образца определяют по формуле (8):

$$U_{0,95} = k \cdot U_C, \quad (8)$$

8.5. Результат измеряемого параметра запишем в виде:

$$\overline{X}_i = \pm U_p, \quad (9)$$

Абсолютную погрешность определения площади находим по формуле:

$$\Delta S = 2 d \cdot \Delta d, \quad (10)$$

9 Оформление результатов калибровки

9.1 Результаты калибровки заносят в ПРОТОКОЛ калибровки. Форма протокола калибровки при выпуске и после ремонта контрольного образца приведена в приложении А, форма протокола калибровки при эксплуатации и хранении контрольного образца приведена в приложении Б.

9.2 Результаты калибровки образца оформляют согласно ГОСТ Р 8.879-2014 выдачей сертификата о калибровке.

Главный метролог АО «СвердНИИхиммаш»

Начальник отдела 20 _____ Винокурова Н.П.

Инженер по метрологии 1 категории отдела 20 _____ Большакова М.Г.

Техник-метролог отдела _____ Ильичёв И.О.

Начальник лаборатории не разрушающих
методов контроля

_____ Козлов Н.И.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Форма протокола калибровки при выпуске и после ремонта

ПРОТОКОЛ КАЛИБРОВКИ

№ _____

Дата калибровки _____

Средство измерений _____

Наименование эталона (СИ), тип, заводской номер, год выпуска

Принадлежит _____

Наименование юридического лица – владельца СИ, ИНН

Место проведения калибровки _____

Наименование предприятия, адрес

Результаты внешнего осмотра _____

Метод калибровки

МК 60-01-2016 «Контрольные образцы для проверки работоспособности средств ультразвукового неразрушающего контроля. Методика калибровки».

Наименование и номер документа на методику калибровки

Калибровка выполнена с помощью _____

Наименование, тип эталонных СИ и вспомогательных средств,

применяемых при калибровке

Условия калибровки

- температура окружающей среды _____ °С
- относительная влажность _____ %

Результаты калибровки, включая погрешность оценки метрологических характеристик

1. Измерение геометрических размеров образца

Таблица 1 – Геометрические размеры образца

Наименование геометрического размера образцов	Результаты измерений, мм
Высота	
Длина (Диаметр)	
Ширина (Диаметр внешний и внутренний)	

2. Измерение максимальных амплитуд эхосигналов от отражателей

Таблица 2 – Максимальные амплитуды эхосигналов от отражателей

№ дефекта	Кол-во измерений	Максимальная амплитуда, А	Изменение амплитуды, А	Среднее квадратическое отклонение	Тип и номер дефектоскопа	Тип и номер искателя	Диаметр излучателя, мм	Частота, МГц	Угол ввода УЗ колебаний (град)

Подпись лица, выполнившего измерения от ОТК

Должность,

подпись,

инициалы, фамилия

3. Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов

Все измерения глубины, диаметра занесены в таблицу 3, в нее же занесены допустимые интервалы этих параметров. Получены действительные значения глубины, диаметров и определена площадь каждого дефекта.

4. Неопределенность измерений

Все вычисления неопределенности приведены в таблице А.4.

Таблица 3 – Результаты измерений и действительные значения параметров ИД

№ деф.	Параметры измеряемой величины		Серия измерений, мм								Средн. знач.	Неопр. типа А	Номинал. значение	Допустим. интервал
	Наименование	Обозн.	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												
2	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												
3	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												
5	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												

Таблица 4 – Представление результатов калибровки с учетом неопределённости

Наименование параметра	Обозн./ единица	Номинал. значение	Допустим. интервал	№ формулы	ИД1 Результат калибровки	ИД2 Результат калибровки	ИД3 Результат калибровки	ИД4 Результат калибровки	ИД5 Результат калибровки	Номинал. значение	Допустим. интервал
Глубина ИД	h, мм			3							
	U_A , мм			4							
	U_A , мм			5							
	U_B , мм			6							
	U_C , мм			7							
	U_p , мм			8							
	$(h \pm U_p)$ мм			9							
Диаметр ИД1,2	d, мм			3							
ИД3,4	U_A , мм			4							
	U_A , мм			5							
	U_B , мм			6							
	U_C , мм			7							
	U_p , мм			8							
	$(d \pm U_p)$ мм			9							
Площадь ИД1,2	S, мм²										
ИД3,4	Δ , мм ²			10							
	$(S \pm U_p)$ мм ²			9							

5. Определение шероховатости рабочей поверхности образца
Шероховатость Ra _____ мкм.

Подпись лица, выполнившего калибровку

Должность,

подпись,

инициалы, фамилия

Выдан сертификат о калибровке от «_____» _____ 20__ г. № _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
Форма протокола калибровки при эксплуатации и хранении

ПРОТОКОЛ КАЛИБРОВКИ

№ _____

Дата калибровки _____

Средство измерений _____

Наименование эталона (СИ), тип, заводской номер, год выпуска

Принадлежит: _____

Наименование юридического лица – владельца СИ, ИНН

Место проведения калибровки: АО»СвердНИИхиммаш», отдел 20 (МС)

Наименование предприятия, адрес

Результаты внешнего осмотра:

Методика калибровки:

МК 60-01-2016 «Контрольные образцы для проверки работоспособности средств
 ультразвукового неразрушающего контроля. Методика калибровки».

Наименование и номер документа на методику калибровки

Калибровка выполнена с помощью:

Микроскоп инструментальный БМ-1Ц №780263, Свидетельство о поверке №

Наименование, тип эталонных СИ и вспомогательных средств,

применяемых при калибровке

Индикатор часового типа ИЧ50 № 823. Свидетельство о поверке №

Условия калибровки:

- температура окружающей среды _____ °С
- относительная влажность _____ %

Результаты калибровки, включая неопределенность оценки метрологических характеристик.

1. Определение действительных значений геометрических размеров искусственных дефектов (таблица 1).

2 Неопределенность оценки метрологических характеристик ИД

Все вычисления неопределенности приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты измерений и действительные значения параметров ИД

№ деф.	Параметры измеряемой величины		Серия измерений, мм								Средн. знач.	Неопр. типа А	Номинал. значение	Допустим. интервал
	Наименование	Обозн.	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												
2	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												
3	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												
5	На поверхности образца													
	Расстояние до дна дефекта													
	Глубина дефекта,	h, мм												
	Диаметр дефекта	d, мм												
	Площадь дефекта	S, мм²												

Таблица 2 – Представление результатов калибровки с учетом неопределенности

Наименование параметра	Обозн./ единица	Номинал. значение	Допустим. интервал	№ формулы	ИД1 Результат калибровки	ИД2 Результат калибровки	ИД3 Результат калибровки	ИД4 Результат калибровки	ИД5 Результат калибровки	Номинал. значение	Допустим. интервал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина ИД	h, мм			3							
	U _A , мм			4							
	U _A , мм			5							
	U _B , мм			6							
	U _C , мм			7							
	U _p , мм			8							
	(h±U_p) мм			9							

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Диаметр ИД1,2	d, мм			3							
	ИД3,4	U _A , мм		4							
	U _A , мм			5							
	U _B , мм			6							
	U _C , мм			7							
	U _p , мм			8							
	(d±U _p)мм			9							
Площадь ИД1,2	S, мм ²										
	ИД3,4	Δ, мм ²		10							
	(S±U _p)мм ²			9							

Подпись лица, выполнившего калибровку _____
 Должность, подпись, инициалы, фамилия

Выдан сертификат о калибровке от « » 20 г. №