

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 27.03.02 «Управление качеством»  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Повышение качества измерений на основе MSA – анализа в системе менеджмента качества</b>

УДК 658.562:681.2.089.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Г51	Юрьев Владимир Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Редько Людмила Анатольевна	к.т.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	к.т.н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Чичерина Наталья Викторовна	к.пед.н		

Томск – 2019 г.

*Планируемые результаты обучения*

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон</b>
<i>Обще профессиональные и профессиональные компетенции</i>		
<b>P1</b>	Способность применять современные базовые естественнонаучные, математические инженерные знания, научные принципы, лежащие в основе профессиональной деятельности для разработки, внедрения и совершенствования систем менеджмента качества организации, учитывая экономические, экологические аспекты.	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-4, ПК-1, ПК-13). Критерий 5 АИОР (п.5.2.1, 5.2.2, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P2</b>	Способность принимать организационно-управленческие решения, выбирать, использовать, внедрять инструменты, средства и методы управления качеством на основе анализа экономической целесообразности.	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-8, ПК-19). Критерий 5 АИОР (п.5.2.3, 5.2.7), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P3</b>	Способность осуществлять идентификацию основных, вспомогательных процессов и процессов управления организацией, участвовать в разработке их моделей, проводить регламентацию, мониторинг, оценку результативности, оптимизацию, аудит качества.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-4, ПК-14, ПК-17, ПК-18, ПК-20). Критерий 5 АИОР (п.5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P4</b>	Способность проектировать системы управления качеством производства на основе современных подходов к управлению качеством, знаниями, рисками, изменениями, разработке стратегии с использованием информационных технологий; учитывая требования защиты информации и правовые основы в области обеспечения качества.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-3, ПК-6, ПК-9, ПК-15, ПК-22). Критерий 5 АИОР (п.5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P5</b>	Способность использовать базовые знания в области системного подхода для управления деятельностью организации на основе качества с учетом методологии и мирового опыта применения современных концепций повышения конкурентоспособности продукции.	Требования ФГОС (ПК-10, ПК-11, ПК-16, ПК-21, ПК-23). Критерий 5 АИОР (п.5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
<b>Р6</b>	Способность самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, находить, интерпретировать, критически оценивать необходимую информацию, соблюдать основные требования информационной безопасности.	Требования ФГОС (ОК-1,7,8). Критерий 5 АИОР (п.5.2.5,5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р7</b>	Способность результативно работать индивидуально, в качестве члена команды, в том числе интернациональной, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, а также руководить малым коллективом, демонстрировать ответственность за результаты работы.	Требования ФГОС (ОК-5,6, ПК-7, ПК-12, ПК-25). Критерий 5 АИОР (п.5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р8</b>	Способность ориентироваться в вопросах социального устройства, истории развития современного общества, аспектах устойчивого развития, социальной ответственности.	Требования ФГОС (ОК-2,4,9). Критерий 5 АИОР (п.5.2.12), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 27.03.02 «Управление качеством»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Чичерина Н.В.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Г51	Юрьеву Владимиру Игоревичу

Тема работы:

<b>Повышение качества измерений на основе MSA-анализа в системе менеджмента качества</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	3325/с от 25.04.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является оценка результатов деятельности организации в системе менеджмента качества на основе MSA-анализа, предметом исследования – измерительная система. Вредных влияний на окружающую среду нет. Экономический анализ исследования проведен.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки и техники в области оценки результатов деятельности организации;</li> <li>- исследование измерительных систем на основе MSA – анализа;</li> <li>- обсуждение результатов работы;</li> <li>- разработка методики выполнения контроля;</li> <li>- написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;</li> <li>- написание раздела «Социальная ответственность»;</li> <li>- заключение по работе.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>- Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2010</p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна, доцент ОСГН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гуляев Милий Всеволодович, старший преподаватель ООД</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

<p><b>Должность</b></p>	<p><b>ФИО</b></p>	<p><b>Ученая степень, звание</b></p>	<p><b>Подпись</b></p>	<p><b>Дата</b></p>
<p>Доцент ОКД</p>	<p>Редько Л.А.</p>	<p>к.т.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

<p><b>Группа</b></p>	<p><b>ФИО</b></p>	<p><b>Подпись</b></p>	<p><b>Дата</b></p>
<p>1Г51</p>	<p>Юрьев Владимир Игоревич</p>		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 с., 8 рис., 32 табл., 47 источников.

Ключевые слова: MSA- анализ, система, измерение, оценка, методика.

Объектом исследования является оценка результатов деятельности организации в системе менеджмента качества на основе MSA-анализа.

Цель работы –исследование работоспособности измерительной системы на основе MSA-анализа.

В результате исследования была разработана методика измерения толщины покрытия стеклоэмалевого двухслойного для труб диаметром 273 и 530 мм.

В будущем планируется внедрить результаты бакалаврской работы в процесс обучения специалистов неразрушающего контроля, а также при выполнении контроля качества опасных производственных объектов.

## Оглавление

Введение .....	9
1. Анализ измерительных систем .....	10
1.1 Требования системы менеджмента качества (СМК) к ресурсам для мониторинга и измерений .....	10
1.1.1 Ресурсы для мониторинга и измерений .....	11
1.1.2 Применимость требований стандарта .....	11
1.2 Анализ измерительных систем .....	14
1.3 MSA - анализ .....	15
2. Анализ измерительного процесса Организации .....	20
2.1 Информация об Организации .....	20
2.2 Описание элементов системы .....	20
2.3 Статистическая обработка результатов измерения толщины покрытия трубы.....	21
2.4 Обсуждение результатов .....	27
3. MSA - анализ определения толщины диэлектрического покрытия на стальном основании.....	30
3.1 Проверка работоспособности толщиномера на различных толщинах....	30
3.2 Обработка результатов измерений для фиксированной толщины покрытия.....	33
3.3 Сравнение результатов .....	37
3.4 Вывод.....	37
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение .....	39
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	39
4.1.1 Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование.....	39
4.2 Планирование работ по научнотехническому исследованию .....	43
4.3 Определение трудоемкости этапов НИР.....	44
4.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научной (экспериментальной) работы .....	47
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эфуктивности исследования.....	51

5. Социальная ответственность .....	55
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	55
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	55
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. ....	55
5.2 Производственная безопасность.....	56
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду. ....	66
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду. ....	67
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	68
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС .....	68
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС .....	69
Список использованной литературы.....	82
Приложение А.....	74

## Введение

Основой устойчивого функционирования предприятия, в условиях рыночной экономики, является доверие потребителя. И как следствие, - обеспечение выполнения требований, предъявляемых к качеству выпускаемой продукции.

Для повышения качества продукции необходимо постоянное улучшение, используемых измерительных систем, состоящих из средства измерения, эталона, оператора, условий окружающей среды, методики измерения и самого измеряемого объекта. Главной задачей измерительного процесса является подтверждение его стабильности и своевременного обнаружения или предупреждения отклонений от заданных параметров. Однако, мы не всегда можем исключить все факторы, влияющие на результат измерений, но можем минимизировать эти ошибки.

Одним из инструментов анализа пригодности измерительной системы для выполнения измерений и повышения качества выпускаемой продукции является MSA (measurement system analysis).

Целью работы было определение пригодности измерительной системы, применяемой на предприятии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ознакомиться с требованиями системы менеджмента качества (СМК) к ресурсам для мониторинга и измерений;
- ознакомиться со структурой измерительной системы;
- оценить сходимость и воспроизводимость результатов измерений;
- сделать выводы.

## **1. Анализ измерительных систем**

### **1.1 Требования системы менеджмента качества (СМК) к ресурсам для мониторинга и измерений**

Как описано п. 7.1.5 Средства для мониторинга и измерений в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001:2015 [1] при аудите контрольно-измерительного оборудования важно, чтобы аудиторы понимали, что это оборудование поддерживает методы мониторинга и измерения, которые организация определила, как необходимые для обеспечения достоверных результатов.

Для этого важно знать разницу между «мониторингом» и «измерением»:

- «мониторинг должен определить статус чего-то, что подразумевает наблюдение, надзор, содержание под надзором; он может включать измерение или тестирование с интервалами, особенно с целью регулирования или контроля»;

- измерение учитывает определение значения, например, физическое количество, величину или размер (с использованием измерительного оборудования).[3]

Измерительное оборудование как «стандартную меру, измерительный прибор, эталонный материал, программное обеспечение или вспомогательное устройство, или их комбинацию, необходимые для реализации процесса измерения» (определяет ГОСТ Р ИСО 9001:2015)[1].

В зависимости от конкретных условий оборудование для мониторинга и измерений может использоваться для индикации. В различных случаях один и тот же тип оборудования можно использовать для всех этих трех функций, разберем на примере, датчика давления:

- в качестве индикатора (например, для обеспечения наличия давления);
- в качестве ресурса мониторинга (например, когда давление стабильно и процесс находится под контролем);

- а также в качестве измерительного оборудования (здесь важно знать точные показатели давления для качества продукта).

Уровень контроля определяется откалиброванностью и поверенностью измерительного оборудования. Это зависит от характера процессов, их результатов, продуктов, услуг и связанными рисками.

Те организации, которые используют измерительное оборудование, должны иметь документы, где указано идентифицированность, и потребность производства и услуги для конкретного вида деятельности по мониторингу и измерению. [5]

### **1.1.1 Ресурсы для мониторинга и измерения**

Некоторые организации, в основном в сфере услуг, например, отели, рестораны, учебные центры, консультанты, государственные службы, осуществляют мониторинг и измерения путем опросов, экзаменационных листов, вопросников, статистических методов и т. д., в зависимости от природы их продукта. Должны быть определены применимость и обоснованность этих методов.

Для обеспечения достоверности результатов мониторинга и измерения процессов, продуктов и услуг, а также удовлетворенности клиентов, они должны соответствующим образом контролироваться. Поэтому организации необходимо обеспечить надлежащий контроль над достоверностью результатов. Однако, аудитору следует понимать, что не все требования могут применяться для таких ресурсов. [5]

### **1.1.2 Применимость требований стандарта**

Организации необходимо понять влияние информации, полученной от использования этих ресурсов, на управление организацией своей СМК и ее процессов.

Когда влияние значимо, аудиторы должны оценивать такие вопросы:

- как организация подтверждает, что ресурсы для мониторинга и измерений соответствуют требованиям мониторинга и измерений?;

- как организация обеспечивает достоверность информации и согласованность результатов?

- компетентность лиц, ответственных за использование средств мониторинга и измерения

Из выше описанного, организации следует решить, могут ли быть применимы все или часть соответствующих требований. Подчеркивается, если у организации отсутствует измерительное оборудование, то это, не означает, что она не должна применять все требования для мониторинга и измерений.

Ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, поддержания и постоянного улучшения СМК, как описано в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001:2015 [2] включают: человеческие ресурсы (пункт 7.1.2), инфраструктуру (пункт 7.1.3), среду для функционирования процессов СМК (пункт 7.1.4), ресурсы для мониторинга и измерений (пункт 7.1.5), знания организации (пункт 7.1.6).[1]

Организация может определить вышеуказанные ресурсы следующим образом:

- человеческие ресурсы – в штатном расписании, в приказах, протоколах совещаний, др.;

- инфраструктура – в ведомостях основных средств, в инвентаризационных ведомостях, в технологических процессах или технологических картах, др.;

- среда для функционирования процессов – в федеральных законах, в приказах и постановлениях министерств, в СанПиН, в ГОСТ, в РД, в положениях, в инструкциях по охране труда, др.;

- ресурсы для мониторинга и измерений - в технологических процессах или технологических картах; в конструкторской документации; в стандартах и прочих нормативных документах.

- знания организации – в законодательной, нормативно-правовой, методической и справочной документации; в должностных инструкциях; в

стандартах организации (СТО); в регламентах; в положениях; в инструкциях; др.

Обеспечение ресурсов заключается в выделении средств на:

- обучение, подготовку (переподготовку) и повышение квалификации персонала; обучение, повышение квалификации, стажировка, приобретение нормативной и методической документации, разработка внутренней документации, участие в конференциях, семинарах, выставках, др.

- приобретение, внедрение и поддержание в рабочем состоянии инфраструктуры (техническое обслуживание и ремонт);

- создание и поддержание среды для функционирования процессов (затраты на работу, например, инженера по охране труда, обучение и поддержание знаний персонала в области охраны труда, техники безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности и др.);

- закупку, внедрение и поддержание в пригодном состоянии ресурсов для мониторинга и измерений (техническое обслуживание, ремонт, поверка, калибровка, тестирование, защита от повреждений, др.);

Организация должна рассматривать ресурсы, которые необходимо получить от внешних поставщиков продукции и (или) услуг, например, сырье, материалы, детали, комплектующие, сборочные узлы, услуги по окраске, по нанесению гальванических покрытий, по транспортировке готовой продукции, услуги по специальной оценке условий труда, услуги по сертификации, информационные услуги, др.

Организация должна осуществлять управление внешними поставщиками в соответствии с требованиями пункта 8.4 стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015).

## **1.2 Анализ измерительных систем**

Анализ измерительных систем определяется как экспериментальный и математический метод определения количества вариаций, которые существуют

в процессе измерения. Изменения в процессе измерения могут напрямую влиять на общую изменчивость процесса. Анализ измерительных систем используется для сертификации измерительной системы путем оценки точности и стабильности системы.

Под измерительной системой понимают систему связанных измерений, которая позволяет количественно определить конкретные характеристики объекта. Измерительная система включает в себя набор датчиков, приспособлений, программного обеспечения и персонала, необходимых для проверки конкретного измерения или для оценки измеряемой характеристики. В процессе измерения источниками вариации являются:

- процесс (методика, спецификация);
- персонал (уровень квалификации и обучения операторов);
- оборудование (приборы, использованное испытательное оборудование и связанные с ним системы калибровки);
- измеряемые объекты (образцы или материалы, план отбора проб);
- факторы окружающей среды, например, температура, влажность, скорость ветра и пр.

Все эти возможные источники вариаций должны быть рассмотрены во время анализа системы измерений.

Метрологическое обеспечение - это утверждение и использование научно-технических и организационных основ, технических приборов, норм и стандартов с целью обеспечения единства и установленной точности измерений.

Можно выделить следующие цели метрологического обеспечения:

- достижение более высокого качества продукции;
- обеспечение наибольшей эффективности системы учета;
- обеспечение профилактических мероприятий, диагностики и лечения;
- обеспечение эффективного управления производством;
- обеспечение высокого уровня эффективности научных работ и экспериментов;

- обеспечение более высокой степени автоматизации в сфере управления транспортом;
- обеспечение эффективного функционирования системы нормирования и контроля условий труда и быта;
- повышение качества экологического надзора;
- улучшение качества и повышение надежности связи;
- обеспечение эффективной системы оценивания различных природных ресурсов.

### **1.3 MSA – анализ**

MSA (Measurement System Analysis – анализ измерительных систем) использует научные инструменты для определения количества изменений, вносимых системой измерения.

Это объективный метод оценки достоверности измерительной системы и минимизации факторов, способствующих изменению процесса.

Эффективный процесс MSA может помочь гарантировать, что собираемые данные являются точными, а система сбора данных соответствует процессу. Хорошие надежные данные могут предотвратить потерю времени, труда и отходов в процессе производства.

Анализ приемлемости – это анализ статистических характеристик измерительного/контрольного процесса:

Стабильность относится к способности измерительной системы получать одинаковые значения во времени при измерении одного и того же образца.

Смещение, также называемое точностью, является мерой расстояния между средним значением измерений и «истинным» или «фактическим» значением образца или детали.

Линейность - это мера согласованности смещения во всем диапазоне измерительного устройства.

Вариация (разброс значений измерений - точность):

Повторяемость оценивает, может ли один и тот же оператор измерить одну и ту же деталь / образец несколько раз одним и тем же измерительным устройством и получить одно и то же значение.

Воспроизводимость оценивает, могут ли разные операторы измерить одну и ту же деталь / образец одним и тем же измерительным устройством и получить одно и то же значение.

Для проведения исследования статистических характеристик необходимо:

- присутствие руководителя исследований;
- производить измерения контролерами из числа операторов;
- определить объем выборки, количество повторных испытаний и частоту отбора образцов;
- проводить измерения в случайном порядке, при этом контролеры не должны знать номер проверяемой части.

Точность представляет близость к определенной цели, отличие от истинного значения.

Правильность принимаемых решений зависит от достоверности данных, полученных при измерении или контроле.

Для лучшей точности данных необходимо принять следующие меры.

Принять все данные. (Изучение данных происходит позже.)

Записывать данные во время их появления.

Избегать округления результатов (округление может создать проблемы с точностью).

В плане сбора данных запишите как можно больше результатов, таких как точный источник, машина, оператор, условия, имя сборщика, материал и время. Записывайте разборчиво и аккуратно.

Данные должны быть проверены на наличие неуместных десятичных точек, дублирующих записей данных по ошибке или неправильной процедуре записи, пропущенных точек даты, если важна частота, и других очевидных нерепрезентативных данных.

Убедитесь, что датчик точен. Если вы используете весы, проверьте их с помощью известного и откалиброванного веса. Используйте измерительные блоки для микрометров и т.д.

Линейность отражает изменение точности в ожидаемом рабочем диапазоне измерительного устройства.

Источниками погрешности могут быть возраст, износ, неверная калибровка или известная погрешность линейности. Если есть известная ошибка, тогда может быть вычислена погрешность, и учтены диапазоны измерения.

Для датчиков или инструментов, используемых для сбора переменных непрерывных данных, могут быть посчитаны такие показатели как, повторяемость и воспроизводимость результатов измерений, для оценки уровень неопределенности в измерительной системе. Чтобы выполнить расчет повторяемости и воспроизводимости необходимо:

- иметь не менее 10 случайных образцов деталей, изготовленных в ходе регулярного производственного цикла;
- выбрать двух и более операторов, которые регулярно проводят осмотр изделия;
- измерить части образца и записать данные каждым оператором;
- повторить процесс измерения три раза с каждым оператором, используя одни и те же детали;
- рассчитать средние показания и диапазон средних значений для каждого из операторов;
- рассчитать разницу средних значений для каждого оператора, среднего диапазона и диапазона измерений для каждой части образца, использованной в исследовании;
- рассчитать повторяемость, чтобы определить количество вариаций оборудования;
- рассчитать воспроизводимость, чтобы определить количество вариаций, введенных операторами;

- рассчитать общий процент отклонения.

Полученный процент повторяемости и воспроизводимости используется в качестве основы для принятия меры. Рекомендации по определению:

- система измерения приемлема, если показатель повторяемости и воспроизводимости ниже 10%;
- измерительная система может быть признана приемлемой, в зависимости от относительной важности применения или других факторов, если повторяемость и воспроизводимость от 10% до 20%;
- любая измерительная система с повторяемостью и воспроизводимостью более 30% требует действий для улучшения;
- любые действия, выявленные для улучшения системы измерения, должны оцениваться на предмет эффективности.

При интерпретации результатов повторяемости и воспроизводимости проведите сравнительное исследование полученных значений. Если значение повторяемости велико по сравнению со значением воспроизводимости, это указывает на возможную проблему с образцом для калибровки, использованным для исследования. Возможно, прибор необходимо заменить или повторно откалибровать. С другой стороны, если значение воспроизводимости велико по сравнению со значением повторяемости, это указывает на то, что изменение связано с оператором. Оператору может потребоваться дополнительное обучение правильному использованию прибора/оборудования.

Исследования повторяемости и воспроизводимости должны проводиться при любом из следующих обстоятельств:

- каждый раз, когда вводится новая или другая система измерения;
- после любых мероприятий по улучшению;
- после любых действий по улучшению, выполненных в текущей измерительной системе из-за результатов предыдущего исследования;
- ежегодно в соответствии с установленным графиком калибровки датчика.

Во время MSA должны быть завершены исследование повторяемости и воспроизводимости на каждом из датчиков, инструментов или приборов, используемых в измерительной системе. Результаты должны быть задокументированы и сохранены в базе данных для дальнейшего использования. Если возникнут какие-либо проблемы, можно провести новое исследование по измерителю и сравнить результаты с предыдущими данными, чтобы определить, произошло ли изменение. Правильно выполненный MSA может оказать существенное влияние на качество собираемых данных и качество продукции.

## **2. Анализ измерительного процесса Организации**

### **2.1 Информация об Организации**

Общество с ограниченной ответственностью «Центр обучения и аттестации персонала», был создан в 2014 г. квалифицированными специалистами в области неразрушающего контроля и экспертизы промышленной безопасности.

Центр занимается обучением и аттестацией специалистов неразрушающего контроля, аттестует лаборатории.

ООО «ЦОАП» - это более 10 ведущих специалистов в области НК, материаловедения и механических испытаний, современное оборудование и учебные классы.

### **2.2 Описание элементов системы**

Исследуемая измерительная система состояла из следующих элементов:

- объект контроля – образец стальной трубы с защитным диэлектрическим покрытием;
- средство измерения – магнитный толщиномер МТ-2003, предназначенный для определения толщины лакокрасочных, гальванических и диэлектрических покрытий на ферромагнитном основании;
- эталон (методика измерения) – отсутствует, использовалась та, что приведена в паспорте на толщиномер;
- оператор;
- условия контроля – нормальные.

Первоначальное оценивание статистических характеристик измерительных процессов осуществляют в следующем порядке:

- исследование измерительного процесса на стабильность; в случае нестабильного измерительного процесса - устранение особых причин изменчивости, внесение соответствующих изменений;
- оценивание смещения и линейности смещения измерительного процесса;
- оценивание сходимости и воспроизводимости результатов измерений;
- в случае неприемлемых сходимости и воспроизводимости результатов измерений - анализ причин повышенной изменчивости, проведение корректирующих действий, повторное оценивание сходимости и воспроизводимости;
- подготовка отчета об анализе измерительного процесса.

### **2.3 Статическая обработка результатов измерения толщины покрытия стальной трубы**

Для проведения анализа измерительной системы использовались значения толщины диэлектрического покрытия, полученные от Организации, представлены в таблице 1.

Проблема заключалась в неоднородности и высокой вариабельности результатов измерений толщины диэлектрического покрытия.

Таблица 1 - Значения толщины диэлектрического покрытия

Оператор/попытка	образец																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Оператор 1 попытка 1	538	538	530	509	530	535	529	521	534	530	530	517	538	530	537	516	531	517	538	530
Первый оператор 2	520	523	538	521	538	530	530	530	524	536	523	524	528	530	530	516	518	524	551	534
Первый оператор 3	558	532	524	516	534	529	523	530	530	538	530	541	530	530	538	529	530	528	537	540
Второй оператор 1	525	527	523	538	531	530	535	529	541	542	529	527	530	518	496	529	536	552	541	519
Второй оператор 2	538	537	536	517	538	530	530	521	541	538	525	531	528	506	500	509	526	531	528	538
Второй оператор 3	517	519	521	534	500	523	507	524	534	517	507	523	521	540	511	509	517	536	518	514

Исследуемые значения подвергались статистической обработке результатов с определением среднего значения, размаха, а также сходимости и воспроизводимости системы в целом.

Среднее значение  $X_{ij}$  и размах  $R_{ij}$  результатов измерений каждым из Операторов рассчитывались по формулам (1) и (2):

$$X_{ij}^* = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q X_{ijk} \quad (1)$$

$$R_{ij} = \max(X_{ijk}) - \min(X_{ijk}) \quad (2)$$

где  $i = 1 \dots N$  - номер образца;

$j = 1 \dots M$  — номер оператора;

$k = 1 \dots Q$  — номер попытки.

В данном случае  $N = 20$ ,  $M = 2$ ,  $Q = 3$ .

Результаты расчетов средних и размахов представлены таблице 2 (строки 4, 9 и 5, 10 соответственно).

Для каждого оператора рассчитывались среднее значение  $X_{*j}$  и средний размах  $R_{*j}$  результатов его измерений по формулам (3) и (4):

$$\bar{X}_{*j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{X}_{ij} \quad (3)$$

$$\bar{R}_{*j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{R}_{ij} \quad (4)$$

Результаты расчетов заносились в последний столбец таблицы 2 в соответствующие для каждого оператора ячейки (строки 4, 9 для средних, строки 5, 10 для средних размахов результатов измерений).

Так же для каждого образца было определено среднее значение  $\bar{X}_{i**}$  результатов его измерений всеми операторами по формуле (5):

$$\bar{X}_{i**} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \bar{X}_{ij} \quad (5)$$

Результаты расчетов средних заносились в соответствующие для каждого образца ячейки таблицы 2 (строка 11).

Среднее значение всех результатов измерений образцов  $\bar{X}_{***}$  и размах значений параметра образца  $R_p$  рассчитывались по формулам (6) и (7):

$$\bar{X}_{***} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{i**} \quad (6)$$

$$R_p = \max(X_{i**}) - \min(X_{i**}) \quad (7)$$

Результаты расчетов занесены в последний столбец таблицы 2 (строки 11 и 12 соответственно).

Средний размах всех измерений  $R$ - рассчитывался по формуле (8):

$$R = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \bar{R}_{*j} \quad (8)$$

Результаты занесены в последний столбец таблицы 2 (строка 13).

Размах между измерениями операторов рассчитывался по формуле (9):

$$R_0 = \max(\dot{X}_{**}) - \min(\dot{X}_{**}) \quad (9)$$

Результат представлен в последнем столбце строки 14 таблицы 2.

В заключение было вычислено значение верхней контрольной границы ( $UCL_R$ ) для размахов путем умножения величины  $R$ - на вспомогательный коэффициент  $D_2$  зависящий от числа попыток  $Q$ . При  $Q = 3$  значение  $D_2 = 2,58$ . Согласно ГОСТ Р 51814.5-2005[3] значение нижней контрольной границы ( $LCL_R$ ) при  $Q < 7$  не определяется. Значения контрольных границ используются при построении карты размахов.

Таблица 2 - Значения и результаты статистической обработки толщины диэлектрического покрытия

Контролер/ попытка	Образец																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Оператор 1 Попытка 1	538	538	530	509	530	535	529	521	534	530	530	517	538	530	537	516	531	517	538	530
Оператор 1 Попытка 2	520	523	538	521	538	530	530	530	524	536	523	524	528	530	530	516	518	524	551	534
Оператор 1 Попытка 3	558	532	524	516	534	529	523	530	530	538	530	541	530	530	538	529	530	528	537	540
Среднее, мкм	539	531	531	515	534	531	527	527	529	535	528	527	532	530	535	520	526	523	542	535
Размах, мкм	38	15	14	12	8	6	7	9	10	8	7	24	10	0	8	13	13	11	14	10
Оператор 2 Попытка 1	525	527	523	538	531	530	535	529	541	542	529	527	530	518	496	529	536	552	541	519
Оператор 2 Попытка 2	538	537	536	517	538	530	530	521	541	538	525	531	528	506	500	509	526	531	528	538
Оператор 2 Попытка 3	517	519	521	534	500	523	507	524	534	517	507	523	521	540	511	509	517	536	518	514
Среднее, мкм	527	528	527	530	523	528	524	525	539	532	520	527	526	521	502	516	526	540	529	524
Размах, мкм	21	18	15	21	38	7	28	8	7	25	22	8	9	34	15	20	19	21	23	24
Среднее, мкм	533	529	529	523	529	530	526	526	534	534	524	527	529	526	519	518	526	531	536	529
Размах значений параметров R <sub>p</sub>																				18
Средний размах																				16
Размах между измерениями опреаторов																				-4
UCL <sub>p</sub>																				40

Однако дополнительную информацию можно получить с помощью графического анализа, для которого могут использоваться различные контрольные карты. Они позволяют визуализировать свойства измерительного процесса, факторы, влияющие на его результат, а также сделать выводы о приемлемости измерительного процесса и о причинах высокой изменчивости (в случае его неприемлемости). В данном случае использовались контрольные карты размахов и средних.

На контрольной карте размахов (рисунок 1) каждая точка, соответствует размаху в повторных измерениях одного образца одним оператором. На карты наносятся средняя линия  $R$ , а также верхняя и нижняя контрольные границы  $UCL_R$ .

На карту средних (рис. 2) наносятся средние значения измерений каждого оператора по каждому образцу, общее среднее  $X^{***}$ , а также верхняя и нижняя контрольные границы, определенные с использованием среднего размаха, рассчитанные по формулам (10) и (11):

$$UCL_x = X^{***} + A_2R \quad (10)$$

$$LCL_x = X^{***} - A_2R \quad (11)$$

где  $A_2$  - коэффициент, зависящий от количества  $Q$  измерений образца одним оператором. В нашем случае  $A_2 = 1,02$  для  $Q = 3$ .

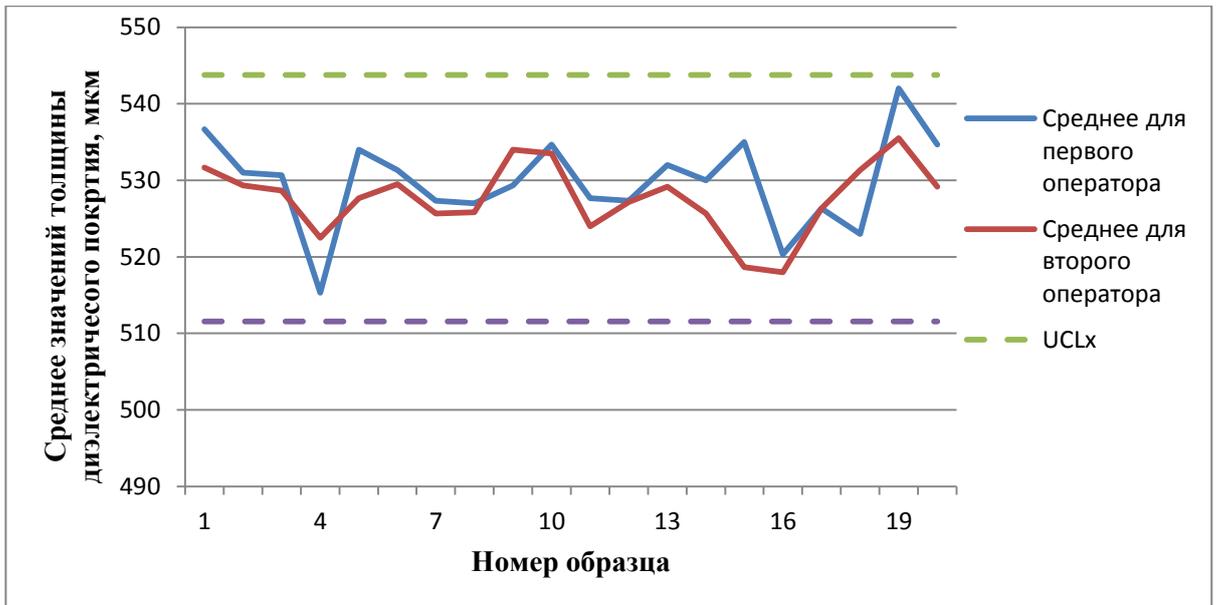


Рисунок 1 – Карта средних

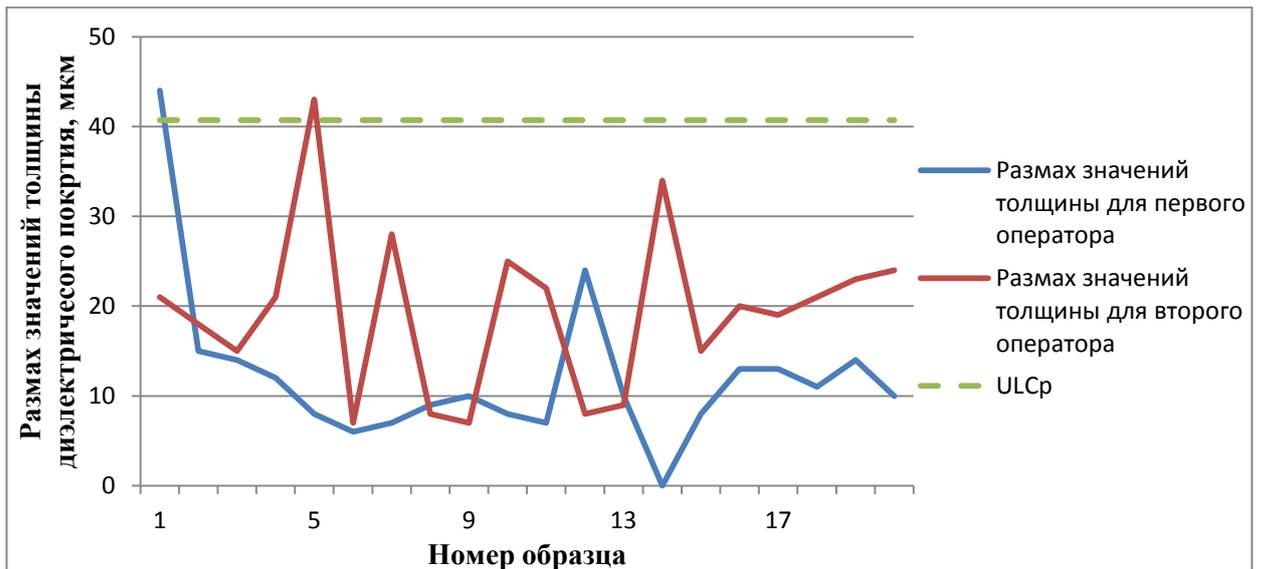


Рисунок 2 – Карта размахов

При сравнении размахов с величиной  $UCL_R$  были выявлены выходы значений размахов за контрольные границы.

## 2.4 Обсуждение результатов измерений

Оценка приемлемости измерительного процесса заключается в сравнении сходимости и воспроизводимости с полем допуска на измеряемый параметр или с полной изменчивостью результатов измерений. В настоящем анализе использовался второй подход.

Вначале производилась оценка среднеквадратических отклонений (СКО), как составляющая изменчивости измерительного процесса. Оценка СКО сходимости измерительного процесса  $S_e$  определялась по формуле (12):

$$S_e = \frac{R-}{D_4} \quad (12)$$

где  $D_4$  — константа для вычисления СКО с помощью размаха, зависящая от количества  $G$  вычислений размаха и объема  $N$  выборки, по которой рассчитывался размах. В данном случае  $G = Q$ ,  $N = M \times N$ , где  $Q$ ,  $M$ ,  $N$  - количество попыток, операторов и образцов соответственно. При этом  $D_4 = 1,693$  для  $Q = 3$ ,  $MN = 40$ .

Оценка СКО воспроизводимости  $S_0$  (разными операторами) измерительного процесса определялась по формуле (13):

$$S_0 = \sqrt{\left(\frac{R_0}{D_4}\right)^2 - \frac{S_e^2}{N \times Q}} \quad (13)$$

В данном случае при определении  $D_4$  было принято  $N = M$ ;  $G = 1$ . При этом  $D_4 = 1,91$  (для  $M = 3$ ).

Оценка СКО изменчивости образца  $S_p$  измерительного процесса определялась по формуле (14):

$$S_p = \frac{R_p}{D_4} \quad (14)$$

где  $D_4 = 3,95$  (принято  $N = N = 20$ ;  $G = 1$ ).

Изменчивость отдельных составляющих измерительного процесса определялась как доверительный интервал при заданном уровне значимости  $\alpha = ,99$  для истинного значения измеряемого параметра образца.

Составляющие изменчивости результатов измерений равны:

- сходимость (15)

$$E = Ka \times Se; \quad (15)$$

где  $Ka$  - коэффициент, определяемый по таблице значений функции Лапласа. При  $\alpha = 0,99$  значение  $Ka = 5,15$ .

- воспроизводимость (изменчивость от операторов), представлена формулой (16)

$$A = Ka \times S_0; \quad (16)$$

- изменчивость образцов, описана формулой (17)

$$P = Ka \times S_p \quad (17)$$

- сходимости и воспроизводимость – формулой (18)

$$T = \sqrt{E^2 + A^2} \quad (18)$$

Полная изменчивость результатов измерений равна (19):

$$V = \sqrt{T^2 + P^2} \quad (19)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 3. В таблице также приведены относительные значения (в %) отдельных составляющих изменчивости относительно ее полного значения  $V$ .

Таблица 3 - Анализ сходимости и воспроизводимости измерительного процесса

	Оценка СКО	Оценка изменчивости	Относительный уровень изменчивости, %
Сходимость (повторяемость)	9,317779	47,98656	89,98834
Воспроизводимость	9,1354	47,04731	88,227
Сходимость и воспроизводимость	9,358736	48,19749	90,38389
Изменчивость параметра образца	4,43038	22,81646	42,78729
Полная изменчивость измерительного процесса	-	53,32531	-

По результатам обработки видно, что сходимость и воспроизводимость находятся в пределах нормы, но разброс значений толщины покрытия велик. Было предложено разработать методику измерений толщины диэлектрического покрытия на стальном основании.

### 3. MSA – анализ определения толщины диэлектрического покрытия на стальном основании

#### 3.1 Проверка работоспособности толщиномера на различных толщинах

Определялась толщина диэлектрического покрытия, на образце из стали 20, имитирующего трубу нефтепровода, с помощью толщиномера МТ – 2003. Измерения проводились в диапазоне от 0 до 2000 мкм с шагом 200 мкм. Частота шага обосновывалась нелинейностью характеристики выходного сигнала. Толщиномер калибровался по эталонным значениям для каждой толщины. Контрольные значения толщины диэлектрического покрытия на каждом из участков определялись с помощью более точного цифрового микрометра Vogel с погрешностью измерений 15 мкм. Измерения повторялись 20 раз для каждого из участков двумя разными операторами. Полученные результаты представлены в таблице 4 и 5.

Таблица 4 - Значения толщин, полученные первым оператором

Контрольные значения	174	347	529	720	898	1077	1258	1450	1634	1823	2042
Значения толщин, полученные первым оператором, мкм											
1	176	355	534	719	898	1071	1244	1438	1637	1832	2045
2	174	354	542	727	904	1083	1252	1437	1621	1819	2045
3	171	358	531	717	882	1085	1251	1448	1631	1819	2043
4	170	360	520	722	898	1071	1243	1452	1621	1819	2043
5	171	351	513	720	896	1068	1252	1463	1619	1819	2065
6	176	345	521	718	882	1068	1261	1452	1623	1819	2065
7	173	351	534	720	898	1068	1251	1437	1637	1835	2050
8	169	351	534	718	894	1073	1252	1437	1615	1819	2033
9	159	351	531	720	898	1096	1251	1452	1633	1819	2033
10	177	351	534	719	902	1087	1245	1467	1637	1832	2055
11	171	360	518	718	892	1086	1241	1452	1644	1832	2045
12	172	360	532	720	892	1076	1245	1433	1621	1819	2035
13	166	355	530	716	890	1076	1260	1437	1633	1819	2045
14	164	344	535	714	880	1068	1265	1437	1621	1832	2065
15	177	355	540	720	890	1072	1260	1438	1621	1819	2035
16	186	360	530	720	881	1070	1249	1438	1614	1837	2043
17	173	356	520	720	892	1096	1242	1422	1621	1819	2065
18	169	355	520	713	890	1086	1254	1437	1619	1830	2043

19	171	351	534	715	891	1076	1253	1438	1621	1832	2040
20	171	341	534	713	890	1075	1244	1445	1626	1835	2043

Таблица 5 - Полученные значения толщин вторым оператором

Контрольные значения	174	347	529	720	898	1077	1258	1450	1634	1823	2042
Полученные значения толщин первым оператором, мкм											
1	176	356	532	724	930	1078	1267	1482	1623	1840	2063
2	167	351	531	724	923	1077	1256	1478	1619	1821	2030
3	170	361	523	730	930	1074	1256	1480	1619	1807	2063
4	172	359	516	724	923	1069	1256	1478	1619	1807	2065
5	175	347	523	730	932	1086	1257	1472	1626	1816	2063
6	172	352	523	739	930	1086	1256	1465	1635	1805	2063
7	177	334	529	719	926	1077	1235	1493	1651	1809	2043
8	172	352	523	728	923	1077	1245	1443	1635	1821	2058
9	165	361	513	724	923	1073	1246	1478	1619	1821	2023
10	175	347	524	724	923	1068	1257	1492	1619	1812	2043
11	165	360	515	732	908	1067	1256	1483	1621	1807	2058
12	170	365	510	729	923	1068	1253	1478	1626	1802	2063
13	177	354	523	732	939	1077	1245	1478	1624	1810	2063
14	175	347	516	729	930	1077	1225	1468	1626	1821	2043
15	177	341	515	739	931	1063	1225	1478	1630	1809	2065
16	172	351	523	739	922	1068	1236	1480	1621	1814	2058
17	165	354	526	734	924	1063	1256	1478	1619	1816	2065
18	175	359	517	724	923	1073	1245	1478	1624	1808	2063
19	174	356	510	729	922	1057	1257	1472	1626	1814	2063
20	170	356	523	731	922	1068	1245	1477	1635	1809	2043

Результаты измерения подвергались статистической обработке с определением среднего значения, и инструментальной погрешности. Значения основной погрешности измерения, рассчитывалась согласно формуле, представленной в паспорте толщиномера, формула (20)

$$\delta_{\text{осн}} = \pm(0,03x+1) \text{ мкм}, \quad (20)$$

где x – измеряемое значение, мкм. Полученные результаты представлены в таблице 6 и 7.

Таблица 6 – Полученные результаты вычислений первым оператором

Среднее, мкм	171,8	353,2	529,3	718,4	892	1077,5	1250,7	1443	1625,7	1825,3	2046,8
Погрешность прибора по паспорту, мкм	6,2	11,6	16,9	22,6	27,8	33,3	38,5	44,3	49,8	55,8	62,4

Таблица 7 – Полученные результаты вычислений вторым оператором

Среднее, мкм	172,1	353,2	520,8	729,2	925,4	1072,3	1248,7	1476,6	1625,9	1813,5	2054,9
Погрешность прибора по паспорту, мкм	6,2	11,6	16,6	22,9	28,8	33,2	38,5	45,3	49,8	55,4	62,6

По полученным данным были построены графики зависимости контрольного значения толщины диэлектрического покрытия от действительного значения, показаны диапазоны измерения. Результаты представлены на графиках 3 и 4.

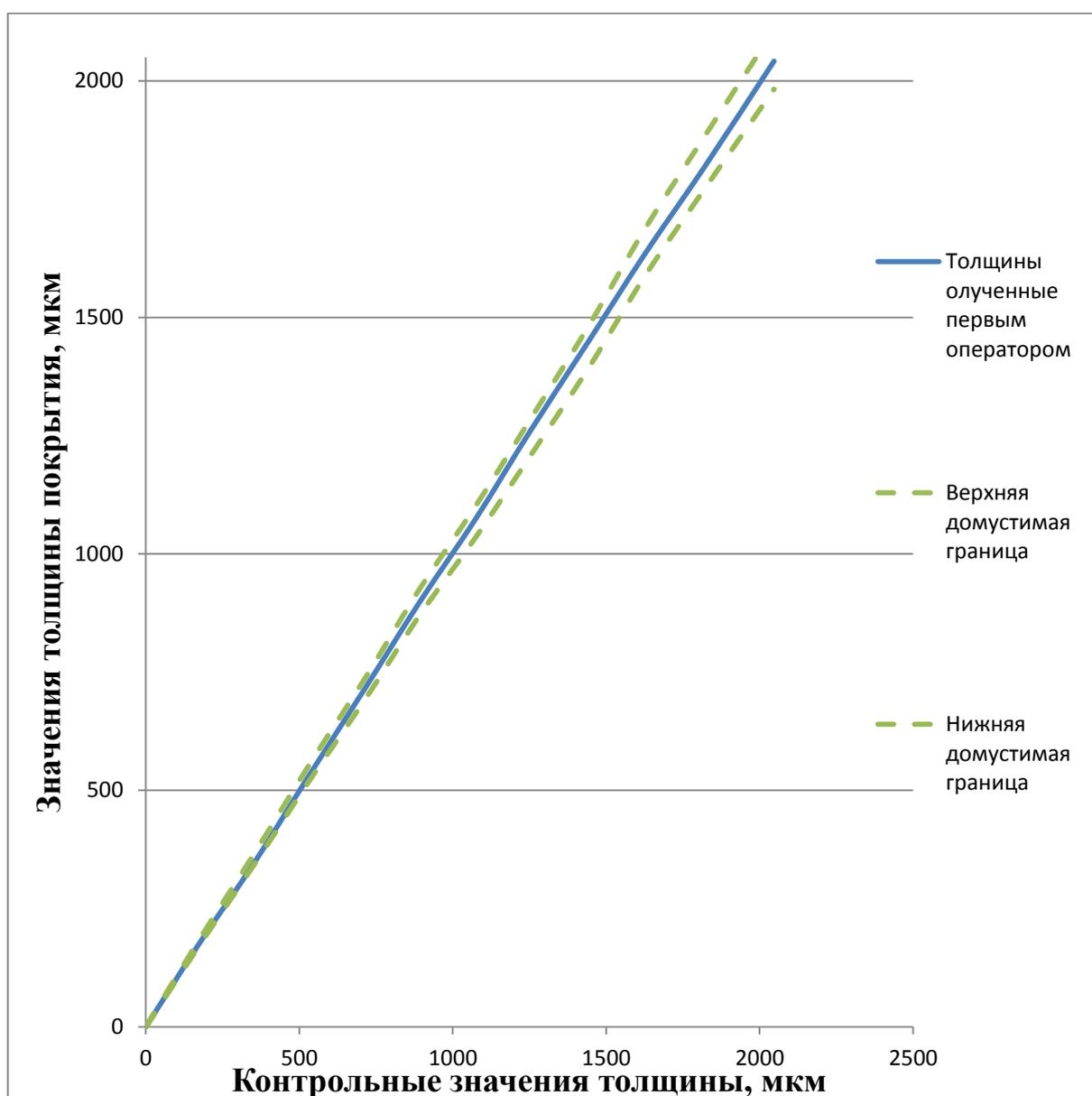


Рисунок 3 –Результаты для первого оператора

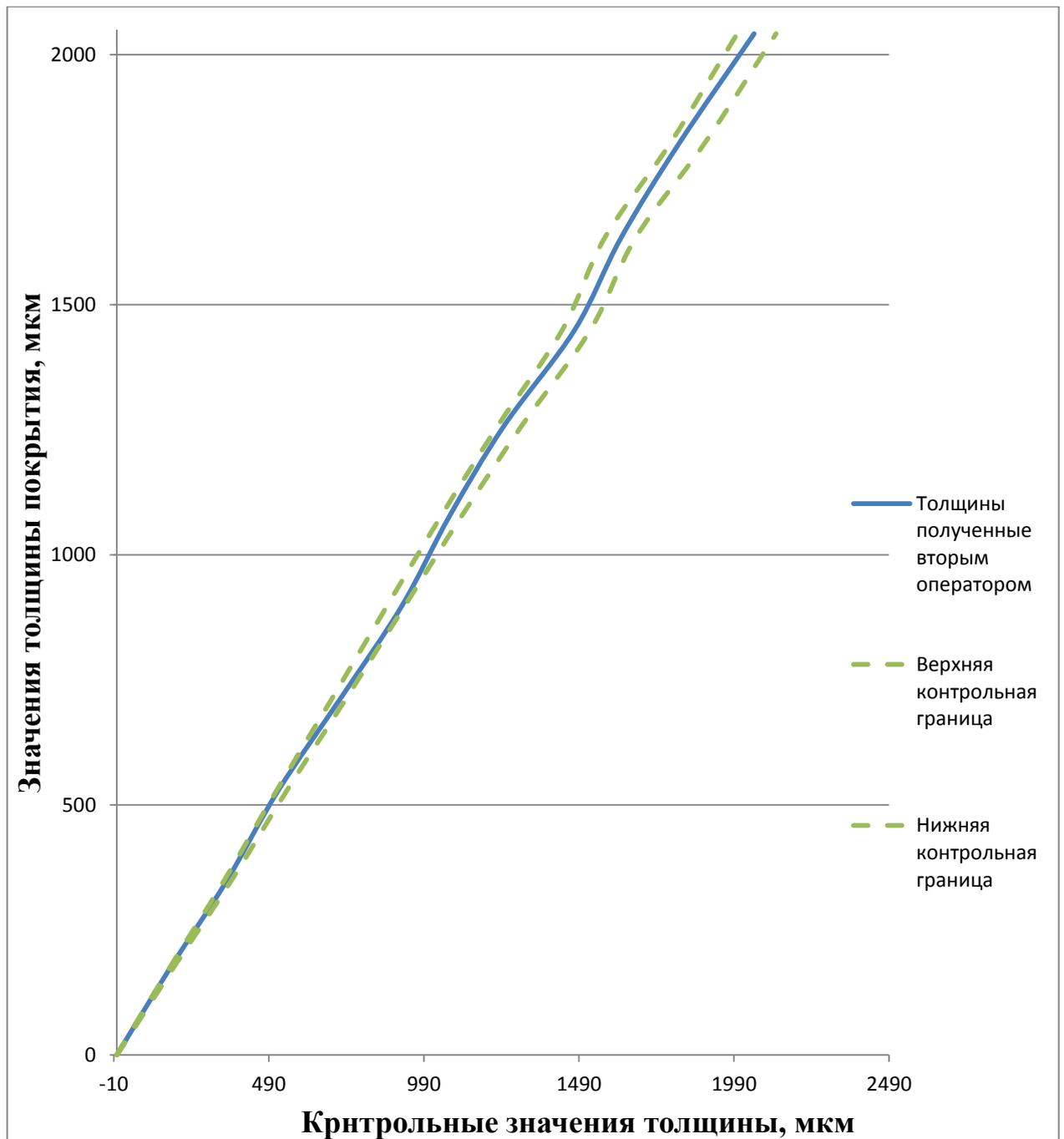


Рисунок 4 – Результат для второго оператора

### 3.2 Обработка результатов измерений для фиксированной толщины покрытия

Из графиков видно, что полученные значения толщины диэлектрического покрытия на всем диапазоне находятся в границах основной погрешности толщиномера. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164-98

«Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии» толщина стеклоэмалевого двухслойного защитного покрытия не менее 0,4 мм [25].

Результаты измерений, представленные в таблице 8, подвергались статистической обработке с определением среднего значения толщины диэлектрического покрытия, размахов, сходимости и воспроизводимости согласно формулам, описанным в п. 2.3 и п. 2.4 работы.

Таблица – 8 Исходные данные и результаты обработки

Контролер/попытка	Образец																				Среднее	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Первый оператор 1	491	495	490	495	507	507	500	494	493	494	500	493	491	501	493	507	493	501	487	494	496	
Первый оператор 2	499	500	494	502	495	498	493	492	494	494	508	494	501	497	495	501	497	493	495	494	497	
Первый оператор 3	493	511	494	495	499	497	500	507	507	500	490	512	499	500	494	500	508	502	500	492	500	
Среднее	494	502	493	497	500	501	498	498	498	496	499	500	497	499	494	503	499	499	494	493	498	
Размах	8	16	4	7	12	10	7	15	14	6	18	19	10	4	2	7	15	9	13	2	10	
Второй оператор 1	497	508	500	507	485	497	507	503	500	506	507	507	507	494	500	501	507	500	500	504	502	
Второй оператор 2	494	508	500	494	483	500	493	495	509	497	497	493	493	494	500	503	499	498	507	504	498	
Второй оператор 3	507	500	500	500	501	493	507	501	498	500	501	493	507	500	514	493	501	497	493	514	501	
Среднее	499	505	500	500	490	497	502	500	502	501	502	498	503	496	505	499	502	498	500	507	500	
Размах	13	8	0	13	18	7	14	8	11	9	10	14	14	6	14	10	8	3	14	10	10	
Среднее	497	504	496	499	495	499	500	498	500	498	501	499	499	498	499	501	501	499	497	500	499	
Размах значений параметров Rp																					9	
Средний размах R-																					10	
Размах между измерениями операторов																					3	

Таблица 9 – Анализ сходимости и воспроизводимости измерительного процесса

Составляющая изменчивости	Оценка СКО	Оценка изменчивости	Относительный уровень изменчивости, %
Сходимость (повторяемость, изменчивость)	5,936208	30,57147	93,60001
Воспроизводимость (изменчивость от оператора)	5,59913	28,83552	88,2851
Сходимость и воспроизводимость	5,95048	30,64497	93,82505
Изменчивость параметра образца	2,194093	11,29958	34,59567
Полная изменчивость измерительного процесса	-	32,66182	-

Построенные карты размахов и средних представлены на рисунках 5 и 6.

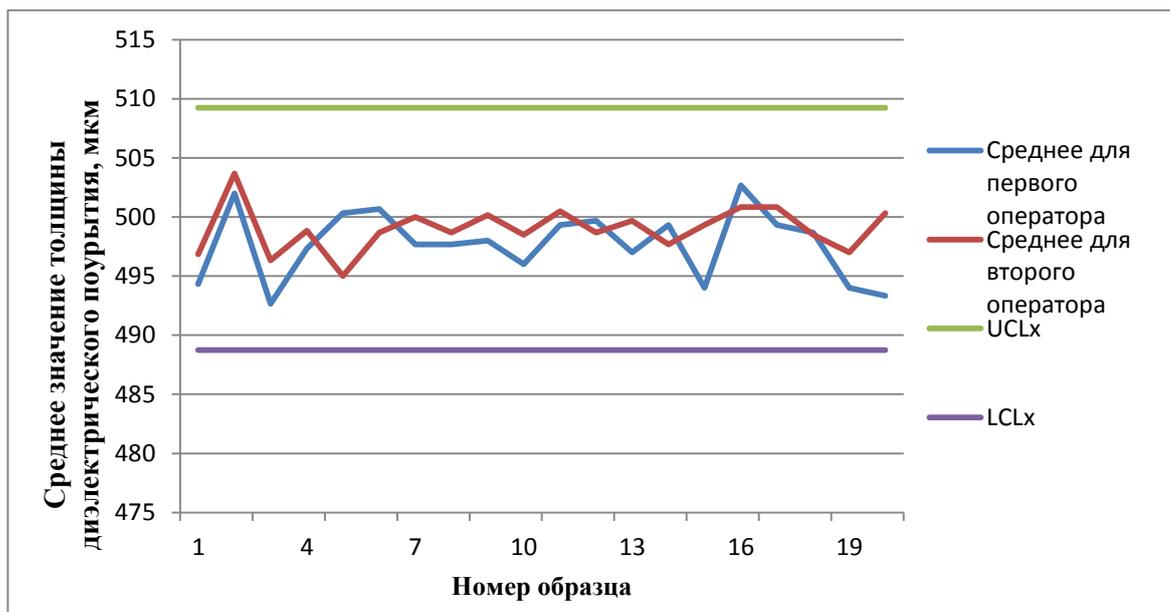


Рисунок 5 – Карта средних

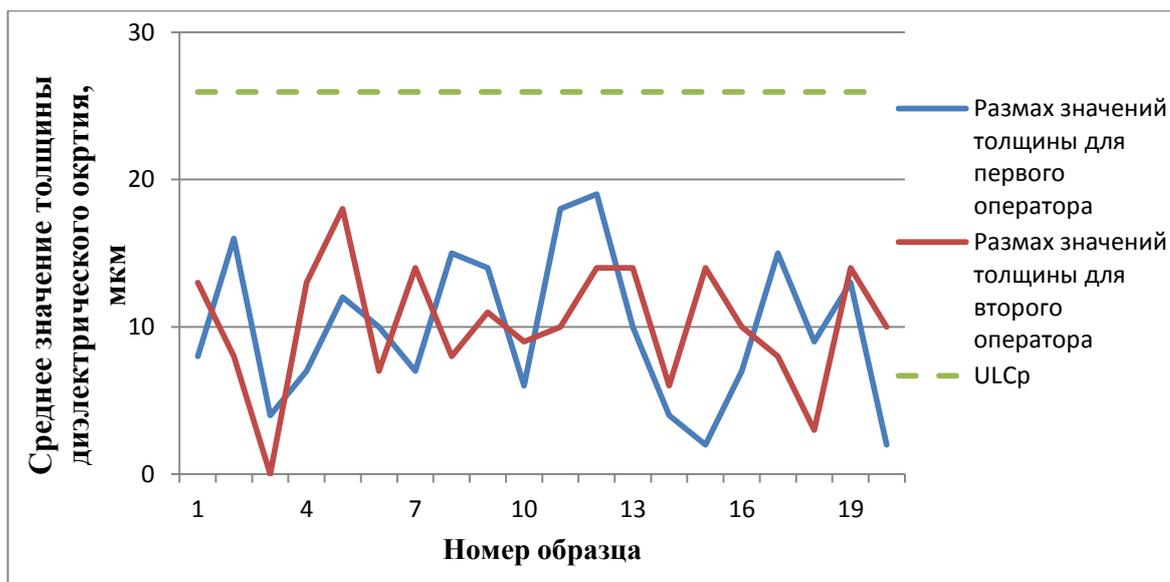


Рисунок 6 – Карта размахов

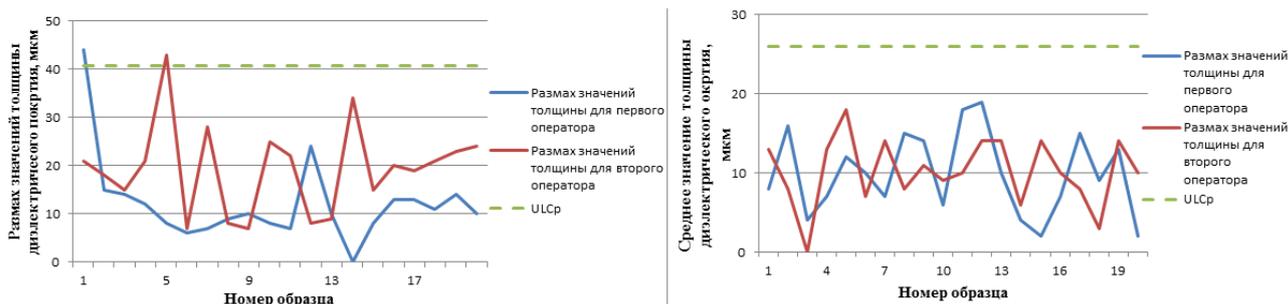
### 3.3 Сравнение результатов

В таблице 10 представлено результаты сходимости, воспроизводимости и размаха для данных полученных от Организации и результатов измерения толщины на основе предложенной методики.

Таблица 10 – Сравнение

	Значение от Организации	Значения на основе предложенной методики
Сходимость, %	89,9	93,6
Воспроизводимость, %	88,3	88,3
Размах, мкм	16	9

Интерпретация результатов (таблица 10) для размахов толщин покрытия, измеренных первым и вторым операторами, представлена на рисунке 7.



### 3.4 Вывод

По результатам, полученных от Организации данных, был проведен анализ измерительной системы состоящей из средства измерения, объекта контроля, оператора и методики измерения, описанной в паспорте толщиномера МТ - 2003.

Был сделан вывод о сходимости и воспроизводимости результатов измерений, которые составляют 89,9% и 88,3% соответственно, что является хорошим показателем. Однако значения толщины диэлектрического покрытия неоднородны, размах значений в пределах 16 единиц.

В работе была предложена методика измерения толщины стеклоэмалевого двухслойного покрытия для стальных труб диаметром не более 273 и 530 мм. Методика представлена в Приложении А.

С помощью данной методики были получены значения толщины диэлектрического покрытия с последующим MSA - анализом системы. Получено, что сходимость и воспроизводимость измерительной системы составляет 93,6% и 88,3% соответственно, что близко к значениям полученным в результате анализа данных, представленных Организацией. Но значения толщины покрытия более однородные и размах составляет 9 единиц.

## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение**

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и инженера.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследование погрешностей при работе с толщиномером и нахождение слабого звена. Объектом исследования является толщиномер МТ - 2003 .

Данные исследования своего рода уникальны, так как аналогов в сети не было найдено. Заинтересованность предприятий, использующих люминесцентный контроль, в этих исследованиях очевидна. Они смогут проводить контроль более качественно при знании результатов данных исследований.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет НИИ;
- произвести оценку ресурсной и экономической эффективности исследования.

К научно-исследовательским работам относятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, которые выполняются с

целью расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела.

#### **4.1.1 Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование**

Тема диплома: «Исследование Повышение качества измерений на основе MSA – анализа в системе менеджмента качества». Толщиномер МТ – 2003 позволяет проверять толщину покрытий на металлическую поверхность объекта любых размеров и форм. Такой контроль широко востребован при дефектоскопии покрытий лакокрасочных деталей автомобилей, грунтовых красках на трубах и т. д.

Исследование проводились с целью определить, как влияют погрешности методики, людей, прибора и образца на проведение контроля.

Также в данном разделе рассмотрим SWOT-анализ НТИ, позволяющий оценить факторы влияния, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок. В таблице 11 описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НТИ, которые могут появиться в его внешней среде

Таблица 11 – SWOT-анализ НИР

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Методика исследования материалов в данной работе является эффективной;</p> <p>С2. Метод, описанный в работе, несет в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С3. Возможность применения данного метода, для любых материалов;</p> <p>С4. Актуальность метода;</p> <p>С5. Наличие опытного руководителя.</p>	<p>В1.Простая адаптация научного исследования под иностранные языки;</p> <p>В2.Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p>

Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данным методом Сл2. Отсутствие прототипа научной разработки	У1. Отсутствие спроса на проведение данных исследований.

Далее выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 12 – сильные стороны проекта

Возможности проекта	C1	C2	C3	C4	C5
B1	+	0	+	+	+
B2	+	+	+	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C1C3C4C5, B2C1C2C3.

Таблица 13 – слабые стороны проекта

Возможности проекта	Сл1	Сл2
B1	0	-
B2	0	0

Таблица 14 – сильные стороны проекта

Угрозы	C1	C2	C3	C4	C5
У1	+	0	0	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы, можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: У1С1.

Таблица 15 – слабые стороны проекта

Возможности проекта	Сл1	Сл2
У1	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить, что коррелирующих слабых сторон нет.

Итак, самой большой угрозой для проекта является отсутствие спроса, что на данном этапе не прогнозируется, поскольку аналогов данным исследованиям нет.

Проблема об отсутствии у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой, так как для ее применения требуются знания в области капиллярной дефектоскопии для решений данной проблемы необходимо обучение персонала.

Таким образом, несмотря на то, что коммерческого потенциала у данного исследования нет, и оно в большей степени олицетворяет теоретическую значимость полученных результатов, результаты НТИ актуальны для предприятий, заинтересованных в повышении срока службы деталей машин, повышении износостойкости материалов и возможном предотвращении поломки в будущем.

#### **4.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию**

Для правильного планирования, а также финансирования и определения трудоемкости выполнения НИР необходимо ее разбить на этапы. Под этапом понимается крупная часть работы, которая имеет самостоятельное значение и является объемом планирования и финансирования. НИР имеет:

1. Подготовительный этап. Сбор, изучение и анализ, имеющийся информации. Определение состава исполнителей и соисполнителей, согласование с ними частных задач. Разработка и утверждение задания.

2. Разработка теоретической части.

3. Проведение численного эксперимента

4. Выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки.

5. Завершающий этап. Рассмотрение результатов исследования.

Утверждение результатов работы. Подготовка отчетной документации.

Данную НИР можно разделить на следующие этапы:

а) Разработка задания на НИР;

б) Выбор направления исследования;

- в) Теоретические и экспериментальные исследования;
- г) Обобщение и оценка результатов;
- д) Оформление отчета НИР. Работу выполняло 2 человека: руководитель, инженер

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 4.6:

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Лобанова И.С.– руководитель; Юрьев В. И. – инженер.
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение работы толщиномеров в разных условиях	Юрьев В. И.
	3	Выбор образцов для исследования	Лобанова И.С, Юрьев В. И.
	4	Календарное планирование работ	Лобанова И.С, Юрьев В. И.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведения экспериментов	Юрьев В. И.
	6	Обработка полученных данных	Юрьев В. И.
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	Юрьев В. И.
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Лобанова И.С, Юрьев В. И.
Оформление отчета НИР	9	Составление пояснительной записки	Юрьев В. И.

### 4.3 Определение трудоемкости этапов НИР

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле (21)

$$T_{pt} = t_{ож} i / Ч_i \quad (21)$$

Где,  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож} i$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле (22):

$$T_{ki} = T_{pi} \times k \quad (22)$$

Где,  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле (23):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (23)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности, по формуле (24):

$$k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (24)$$

Тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел.

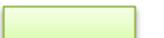
Результаты расчетов приведены в таблице 17.

Работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни							
	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
1	1	0	3	0	2	0	1	0	2	0	3	0
2	3	7	8	7	5	6	1	1	3	3	4	4
3	2	2	4	6	4	2	1	1	2	1	3	1
4	0	7	0	12	0	10	0	1	0	10	0	12
5	0	7	0	14	0	12	0	1	0	12	0	15
6	0	10	0	24	0	13	0	1	0	13	0	16
7	4	12	6	20	4	19	1	1	2	10	3	12
8	0	1	0	8	0	5	0	1	0	5	0	6
9	0	7	0	5	0	3	0	1	0	3	0	4
Итого	10	53	21	96	15	70	4	8	9	57	13	70

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 18 – Календарный график проведения НИР

Эт ап	$T_{ki}$		Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель		
	НР	И	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	3	0															
2	4	4															
3	3	1															
4	0	12															
5	0	15															
6	0	16															
7	3	12															
8	0	6															
9	0	4															

 -Руководитель,  - Инженер,  - Совместная работа

#### Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета НИИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;

- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (25):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (25)$$

где:

$m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг., руб./м., руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (с учетом транспортных расходов), (Зм), руб.
Металлическая труба с покрытием труба	шт	1	253	281
Итого:				281

#### 4.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования (с учетом затрат на доставку и монтаж), тыс. руб.
1.	Толщинометри МТ- 2003	1	35400	40710
2.	ПК	1	32000	36800
Итого				77510

Основная заработная плата исполнительской темы.

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату, по формуле (26):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (26)$$

Где:

$Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле (28):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (28)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 22);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (29) и (30):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m}{T_{р.д.}}, \quad (29)$$

$$Z_m = Z_б \cdot k_p, \quad (30)$$

$Z_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

Тр.д.– количество рабочих дней в месяце, т.к. рабочая неделя состоит из 6 дней, то ;

Зб– базовая заработная плата сотрудника (29444 руб. для доцента, 26300 руб. для инженера-ассистента);

1,3– районный коэффициент для Томска.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Т <sub>рi</sub> , чел.-дн.	З <sub>дн</sub> руб.		З <sub>осн</sub> руб.
		НР	И	
НР	13	1472	1315	19136
И	70			92050
Сумма				111186

Дополнительная заработная плата исполнительской темы.

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (31):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (31)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15)

Отчисления во внебюджетные фонды.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (32):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (32)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	19136	2870
И	92050	13808
Сумма	111186	16678
Квнеб	27,1%	
НР	5964	
И	29465	
Сумма	35429	

Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно – технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 23.

Таблица 23– Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат, %	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	281	0,11	Пункт
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	77510	32,15	Пункт
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	111186	46,11	Пункт.
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16678	6,91	Пункт.
5. Отчисления во внебюджетные фонды	35429	14,69	Пункт
6. Бюджет затрат НТИ	241081	100	Сумма ст. 1 - 5

#### **4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или бо-лее) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (33):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (33)$$

Где

$I$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (34):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (34)$$

где

$I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы.

Таблица 24– Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Улучшение качества выпускаемой продукции	0,3	4	4
2. Усовершенствование MSA	0,15	2	4
3. Помехоустойчивость	0,10	1	3
4. Энергосбережение	0,10	3	2
5. Уменьшение затрат на производство продукции	0,35	1	5
ИТОГО	1	11	18

$$I_{p-исп. 1} = 0,3 \times 4 + 0,15 \times 2 + 0,1 \times 1 + 0,1 \times 3 + 0,25 \times 1 = 2,15$$

$$I_{p-исп. 2} = 0,3 \times 4 + 0,15 \times 4 + 0,1 \times 3 + 0,1 \times 2 + 0,25 \times 5 = 3,55$$

Эффективность данной исследовательской работы состоит в том, что применение ее результатов на предприятии, то есть использование методики по работе с толщиномером МТ - 2003, позволит организации экономить средства за счет снижения количества забракованной продукции. Проведенный SWOT-анализ позволил выявить сильные и слабые стороны исследования, возможности и угрозы, а также взаимосвязь между ними.

В рамках планирования научной работы была составлена структура работ, разработка графика этих работ и определение их трудоемкости. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в конце декабря. Самой объемной частью работ является написание теоретической части исследования и экспериментальной части. По графику видно, что такие

работы, как составление и утверждение темы работы, выбор объекта исследования, составление графика работ и согласование работы, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы во второй половине мая.

Далее был определен бюджет исследования, который составил 188513 рублей.

## **5. Социальная ответственность**

Социальная ответственность выходит за рамки установленных законом обязательств и предполагает добровольное применение организациями мер, для повышения качества жизни сотрудников, их семей и общества в целом. Таким образом компании стремятся не только к финансовой эффективности и коммерческому успеху, но и процветанию и гармонии общества.

Научно-исследовательская работа направлена на исследование измерительной системы на примере толщиномера МТ - 2003, предназначенного для: определения толщины диэлектрического покрытия на магнитном основании. Разработка проводится в лаборатории, на компьютере с использованием ПО компьютера и вспомогательных программ для проектирования.

Выполнение работы происходит в лаборатории за персональным компьютером и с прибором МТ - 2003. Возможными пользователями документированной информации являются сотрудники организации, задействованные в данной деятельности.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с производственной безопасностью, нормами производственной санитарии и охраны окружающей среды.

В соответствии с международным стандартом ICCSR 26000:2011 «Социальная ответственность организации» цель данного раздела в принятие проекторных решений, исключающих несчастные случаи в производстве и снижение вредных воздействий на окружающую среду [1].

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.**

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра [2].

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.**

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [3]. Оно должно занимать площадь не менее 6 м<sup>2</sup>, высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м<sup>3</sup> на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную

под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество.

Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

## **5.2 Производственная безопасность**

### **5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при разработке методики контроля качества продукции**

Среди представленных в стандарте ГОСТ 12.0.003-15 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасных и вредных факторов для данной деятельности был выбран перечень, представленный в таблице 25 [4].

Таблица 25 — Опасные и вредные производственные факторы при разработке методики контроля качества продукции

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа сидя за персональным	– неудовлетворительный	– электроопасность;	ГОСТ 12.0.003-2015.

компьютером. Компьютеры, мониторы, принтеры, кондиционер.	микроклимат; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – повышенная напряженность электромагнитного поля.	– пожаровзрыв оопасность.	ГОСТ 12.1.004-91. ГОСТ 12.1.010-76. ГОСТ Р 12.1.019- 2009. ГОСТ 12.1.038-82. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. СанПиН 2.2.4.548- 96. СНиП 23-05-95 СанПиН 2.2.4.3359- 16
Аудитория	Повышенная или пониженная температура рабочей зоны	-	ГОСТ 12.1.005-88  Общие санитарно- гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

### 5.2.2 Неудовлетворительный микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов внутренней среды помещений, который оказывает влияние на тепловой баланс человека с окружающей средой. Микроклимат в производственных помещениях характеризуют следующие показатели: температура  $t$ , относительная влажность  $W$ , скорость движения воздуха  $V$ . Эти показатели должны обеспечить поддержание оптимального теплового состояния организма в течение 8-часовой рабочей смены.

СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливает нормы оптимальных и допустимых метеорологических условий [5]. Эти нормы принимают во внимание: время года – холодный период с температурой +10 °С и ниже и теплый период с температурой +10 °С и выше; категорию работ – работа менеджера по качеству относится к категории Ia - работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением.

Неблагоприятный уровень микроклимата может способствовать возникновению у человека следующих последствий:

- Нарушение терморегуляции, в результате которого возможно повышение температуры, обильное потоотделение, слабость.
- Нарушение водно-солевого баланса, может привести к слабости, головной боли, судорожной болезни.

При работе в производственных помещениях значения показателей микроклимата для работ категории Ia оптимальны, если они соответствуют требованиям таблицы 26, а допустимые значения требованиям таблицы 27.

Таблица 26 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочем месте производственного помещения для работ категории Ia

Период года	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{ м/с}$
Холодный	22-24	60-40	0,1
Теплый	23-25	60-40	0,1

Таблица 27 – Допустимые значения показателей микроклимата на рабочем месте производственного помещения для работ категории Ia

Период	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{ м/с}$
--------	---------------------	---------	------------------

года	интервал ниже оптимальных значений	интервал выше оптимальных значений		для интервала $t$ ниже оптимальных значений, не более	для интервала $t$ выше оптимальных значений, не более
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

Величины показателей микроклимата на рабочем месте менеджера по качеству в офисном помещении отражены в таблице 28 (категория работ Ia).

Таблица 28 – Величины показателей микроклимата на рабочем месте менеджера по качеству в офисном помещении

Период года	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{ м/с}$
Холодный	22	60	0,05
Теплый	24	60	0,1

Соотнеся таблицу 28 с данными таблиц 27 и 26 можно сделать вывод, что в анализируемом офисном помещении параметры микроклимата соответствуют нормам. Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата можно проводить защитные мероприятия, такие как регламент времени работы, системы местного кондиционирования воздуха.

### 5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещенность – световая энергия, обеспечивающая комфортные условия для наблюдения за предметами и объектами. Освещенность воздействует на самочувствие и настрой работников определяя эффективность трудовой деятельности. От освещения зависит качество получаемой информации, ведь плохое освещение в качественном и количественном отношении утомляет зрение и вызывает утомление всего организма. Если

освещение организовано иррационально, это может послужить причиной травматизма: недостаточно освещенные опасные зоны, ослепляющий свет, блики, тени, пульсации освещенности затрудняют видимость и вызывают неправильное восприятие объектов. В связи с этим рациональная организация освещения производственных помещений это одно из главных требований для создания оптимальных условий труда. В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями рабочее место менеджера по качеству должно освещаться смешанным освещением, т.е. естественным и искусственным светом. Естественное освещение проникает в офисное помещение инженера по качеству через два окна в светлое время суток. В зоне с устойчивым снежным покровом коэффициент естественной освещенности должен быть не меньше 1,2 %, а на остальных территориях – 1,5 %. Искусственное освещение отличается от естественного сложностью восприятия его зрительным органом человека.

Нормирование освещенности рабочей поверхности может осуществляться двумя способами. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 устанавливает минимальную освещенность рабочей поверхности в производственных помещениях в соответствии с видом производимой деятельности, а СП 52.13330.2016 – в соответствии с характеристикой зрительной работы, которая определяется наименьшим размером объекта различения, контрастностью и свойствами фона. При работе менеджер по качеству пользуется персональным компьютером, а также нормативной и технической документацией из чего, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, можно сделать вывод, что при общем освещении минимальная искусственная освещенность должна быть 200 лк [6]. Все зрительные работы в соответствии с СП 52.13330.2016 разбиваются на восемь разрядов и в соответствии с размером объекта различения, а также условий зрительной работы. Работа менеджера по качеству относятся к 4г разряду зрительной работы, нормы освещенности на рабочем месте при искусственном освещении представлены в таблице 29 [6].

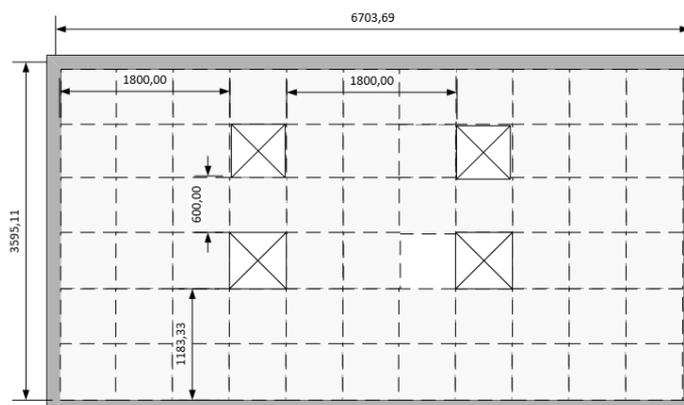
Таблица 29 – Нормы освещенности на рабочем месте производственного помещения при искусственном освещении

Характеристика зрительной работы		средняя точность (4 разряд)		
Минимальный размер объекта, мм		0,5-1,0		
Подразряд зрительной работы		Г		
Контрастность фона		Средний	большой	Большой
Свойства фона		Светлый	светлый	Средний
Освещенность, лк	Комбинированное освещение	300	300	300
	Общее освещение	150	150	150

Таблица 30 – Нормативные величины  $K_{п}$  для газоразрядных ламп 4 разряда зрительной работы

Система освещения	Коэффициент пульсации освещенности, %
Общее освещение	20
Комбинированное освещение	
а) общее	20
б) местное	20

План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами представлен на рисунке 8.



## Рисунок 8 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Согласно [17] освещение в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

### 5.2.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Слух практически наравне со зрением необходим человеку, он позволяет человеку владеть звуковыми и зрительными информационными полями. При длительном воздействии шум вызывает ухудшение слуха или даже глухоту. Шум на рабочем месте негативно воздействует на работников: уменьшается внимание, ухудшается скорость психических реакций, растрачивается больше энергии при одинаковых физических нагрузках и т.д. А в конечном итоге значительно падает производительность труда и соответственно качество проделанной работы.

К основным источникам шума на рабочем месте в аудитории 408, 18 корпуса можно отнести компьютеры, мониторы, принтеры, кондиционер и работающие светильники люминесцентных ламп. А также шум, возникающий вне кабинета через открытые окна и двери.

ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» является нормативным документом, регламентирующим уровень шума рабочего места менеджера по качеству. Согласно ему, на рабочем месте максимальный уровень шума 50дБА, то есть категория напряженности труда I и категория тяжести труда I. [7].

Согласно [17] уровень шума в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

### 5.2.5 Поражение электрическим током

Основными источниками электрической опасности на данном рабочем месте являются вычислительная техника и электрические сети.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации[16]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- 2) проведение инструктажей и допуск к работе;
- 3) надзор во время работы.

Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной аудитории 220 В, для серверного оборудования 380 В. По опасности поражения электрическим током помещение 408, 18 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [16].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- 3) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- 4) поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются:

- 1) защитное заземление
- 2) автоматическое отключение питания
- 3) устройства защитного отключения

- 4) изолирующие электротехнические средства
- 5) изоляция токопроводящих частей
- 6) знаки и плакаты безопасности.

Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Не следует размещать рабочие места с ЭВМ вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ.

При правильной эксплуатации электроустановок в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, риск электрического поражения – минимальный.

### **5.2.6 Повышенный уровень статического электричества**

Компьютеры, оргтехника и другие электроприборы являются основными источниками статического электричества на данном рабочем месте, так как они распространяют заряд и создают электростатические поля.

Под воздействием электростатического поля в организме человека происходят определенные изменения:

- повышается утомляемость и раздражительность, ухудшение сна;
- спазм сосудов и функциональные нарушения центральной нервной системы;
- изменение сосудистого тонуса и кожной чувствительности.

Нормативными документами, которые регламентируют нормы статического электричества являются ГОСТ 12.4.124-83 и ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ [10, 11].

Методами защиты от воздействия электростатического поля являются:

- предупреждение возможности возникновения электростатического заряда: постоянный отвод статического электричества от технологического оборудования путем заземления;

- снижение величины потенциала электростатического заряда до безопасного уровня: повышение относительной влажности воздуха в помещении, химическая обработка поверхности, нанесение антистатических средств и электропроводных пленок;
- нейтрализация зарядов статического электричества: ионизация воздуха.

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ [5], создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений [5], представленных в таблице 31:

Таблица 31: Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

<b>Наименование параметров</b>	<b>Диапазон</b>	<b>ДУ ЭМП</b>
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 31 соответствуют нормам.[17]

### 5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

### **5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.**

На рабочем месте инженера по качеству присутствуют оборудования: монитор, системный блок, принтер, сканер. С точки зрения влияния на окружающую среду можно рассмотреть влияние серверного оборудования при его утилизации.

Большинство компьютерной техники содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы [12]. Это очень вредные вещества, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

1. На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.
2. Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация.
3. Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.
4. Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии.

5. Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.
6. Получается специальная официальной формы, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах. [13]

### **5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.**

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также разработка методики с помощью различных программных комплексов. Таким образом процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

Организационная техника состоит из множества органических составляющих (материалы из поливинилхлорида, фенолформальдегида, пластик) и множество металлов. Свинец, сурьма, ртуть, кадмий, мышьяк на полигоне ТБО под влиянием внешних условий разлагаются в органические и растворимые соединения и становятся сильнейшими ядами. Пластик содержит ароматические углеводороды, органические хлорпроизводные соединения, которые при утилизации наносят непоправимый вред экологии.

Согласно положениям российского законодательства, все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав оргтехники.

При помощи комплексной системы утилизации организационной техники снижаются к минимуму неперерабатываемые отходы, а материалы (черные и цветные металлы, пластмассы) и ценные компоненты (ферриты, люминофор, редкие металлы и др.) отправляются в производство. Драгоценные металлы,

которые содержатся в электронных компонентах организационной техники, концентрируются и после переработки на аффинажном заводе сдаются в Государственный фонд.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС**

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Наиболее вероятной ЧС при работе с толщиномером МТ- 2003 можно назвать пожар в аудитории с серверным оборудованием. В серверной комнате применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности [15]. К примеру, замыкание электропроводки - в большинстве случаев тоже человеческий фактор. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в серверной комнате.

- Согласно СП 5.13130.2009 предел огнестойкости серверной должен быть следующим: перегородки - не менее EI 45, стены и перекрытия - не менее

REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

- Помещение серверной должно быть отдельным помещением, функционально не совмещенным с другими помещениями. К примеру, не допускается в помещении серверной организовывать мини-склад оборудования или канцелярских товаров.
- При разработке проекта серверной необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13130.2009).
- Согласно СП 5.13130.2009 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

#### **5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС**

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Задачи пожарной профилактики можно разделить на три комплекса мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;
- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно НПБ 104-03 "Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях" для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Также помещения должны быть оснащены средствами пожаротушения, а именно огнетушителями типа ОУ-2, ОУ-5 или ОП-5 (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники) [15].

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу В1 – пожароопасное:

Таблица 32 - Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
В1 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б

### **5.5 Заключение по разделу социальная ответственность**

В данном разделе выпускной квалификационной работы были определены вредные и опасные факторы производственной среды, негативные воздействия на окружающую природную среду и возможные чрезвычайные ситуации. К вредным факторам рабочего места инженера по качеству относятся: недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, неблагоприятный микроклимат, повышенная напряженность электрического и магнитного полей. К опасным факторам рабочего места менеджера по качеству относятся факторы, связанные с электричеством. Негативное воздействие на окружающую среду выражается в выбросах в атмосферу и отходах в литосферу. Возможны чрезвычайные ситуации техногенного, стихийного, социального характера. А также были изучены организационные мероприятия обеспечения безопасности и особенности законодательного регулирования проектных решений.

## Заключение

В работе были рассмотрены требования системы менеджмента качества к ресурсам для мониторинга и измерений, показаны элементы измерительных систем, представлены вопросы оценки качества измерительных систем на основе MSA – анализа, процедура его проведения.

По результатам, полученных от Организации данных, проведен анализ измерительной системы состоящей из средства измерения, объекта контроля, оператора и методики измерения, описанной в паспорте толщиномера МТ - 2003.

Сделан вывод о сходимости и воспроизводимости результатов измерений, которые составляют 89,9% и 88,3% процентов соответственно, что является хорошим показателем. Однако значения толщины диэлектрического покрытия неоднородны, размах значений в пределах 16 единиц.

Разработана методика измерения толщины стеклоэмалевого двухслойного покрытия для стальных труб диаметром не более 273 и 530 мм.

Согласно этой методике сходимость и воспроизводимость измерительной системы составляет 93,6% и 88,3% соответственно, что близко к значениям полученным в результате анализа данных, представленных Организацией. Но значения толщины покрытия более однородные и размах составляет 10 единиц.

Рассмотрены финансовая сторона исследования, и аспекты социальной ответственности.

## Приложение А

ООО «ЦОАП»

Утверждаю

Директор ООО «ЦОАП»

\_\_\_\_\_ Зырянский Е.В.

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ СТЕЛОЭМАЛЕВОГО ДВУХСЛОЙНОГО НА МАГНИТНОМ ОСНОВАНИИ ПРИ ПОМОЩИ МАГНИТНОГО ТОЛЩИНОМЕРА МТ – 2003.**

Разработал студент 4 курса

Юрьев В. И.

Томск 2019

## 1. Общие сведения.

1.1. Настоящая методика предназначена для определения толщины диэлектрического стеклоэмалевого двухслойного покрытия на различных металлических поверхностях в период изготовления и эксплуатации.

1.2. Характеристики объекта контроля:

- объект контроля – труба;
- диаметр трубы – 273 мм;
- материал – сталь 20;
- покрытие – двухслойное стеклоэмалевое;
- шероховатость поверхности –  $Rz \leq 63$  мкм.

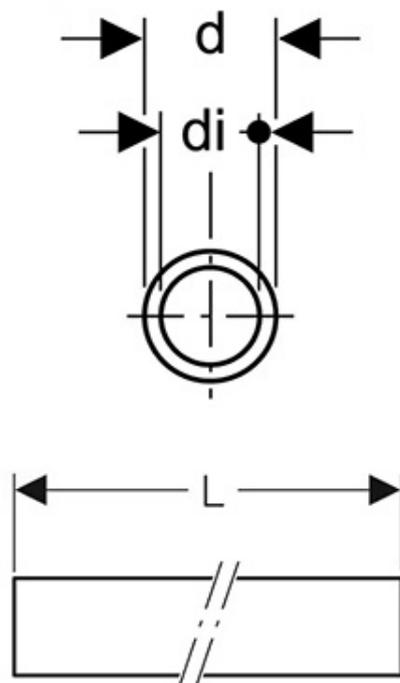


Рисунок 1 – Объект контроля

1.3. Нормативная документация:

ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ 24450-80 Контроль неразрушающий магнитный.

ГОСТ Р 51694-2000 Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия

ПБ 03-440-02. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля.

## **2. Персонал неразрушающего контроля.**

2.1 Специалисты, осуществляющие контроль, аттестуются в соответствии с Правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02).

2.2 Заключение о результатах контроля подписывают специалисты неразрушающего контроля, имеющие квалификацию не ниже II уровня.

Полученные результаты могут зависеть от квалификации оператора. Давление на датчик или скорость приложения балансирующей нагрузки на магнит у разных людей различна. Такие воздействия могут быть снижены или сведены к минимуму при использовании прибора, калиброванного тем же оператором, который проводит измерение, или при использовании датчиков с постоянным давлением. В тех случаях, когда не используют датчики с постоянным давлением, необходимо применение измерительного прибора.

## **3. Требования безопасности.**

3.1. Перед работой с толщиномером следует проверить комплектность и исправность всех его блоков и приспособлений.

3.2. К работе с толщиномером допускаются лица, специально обученные обращению с дефектоскопом и ознакомленные с требованиями техники безопасности, в соответствии с ПБ 03-440.

3.3. По электробезопасности используемые средства контроля соответствуют требованиям ГОСТ 12.2.007.0 для класса защиты от поражения электрическим током – 0.

3.4. При работе с толщиномером оператор должен руководствоваться правилами техники безопасности, действующими на предприятии.

#### **4. Прибор и средства, необходимые для выполнения контроля.**

4.1. Прибор неразрушающего контроля.

4.1.1. Для определения толщины данного объекта рекомендуется использовать магнитный толщиномер МТ - 2003 устройство регистрации изменения индуктивного сопротивления, вносимого в магнитоиндукционный преобразователь:

- расстояние от края преобразователя до края основания не менее 8,0 мм;
- толщина основания не менее 0,8 мм;
- радиус кривизны поверхности основания объекта контроля не менее 20 мм;
- диапазон измеряемых покрытий от 5 до 2000 мкм;
- габаритные размеры толщиномера (без преобразователя), мм - 185×90×45; преобразователя - 20×80; длина кабеля, соединяющего преобразователь с тощиномером 1000 мм;
- масса толщиномера без источника питания не более 0,5 кг;
- установленный срок службы 2 года.

4.1.2. В качестве контрольного образца рекомендуется использовать контрольный образец по толщине схожей с толщиной измеряемого объекта.

4.2. Дополнительное оборудование.

4.2.1. Для работы следует использовать дополнительный источник освещения для создания суммарной освещенности не менее 500 Лк.

4.2.2. Контроль освещенности производится люксметром ТКА – 04/3

## **5. Условия проведения контроля. Подготовка и настройка средств контроля**

5.1. Шероховатость поверхности и магнитные свойства основного металла калибровочных эталонов должны быть аналогичны шероховатости и свойствам испытуемого образца. Для подтверждения их соответствия рекомендуется сравнить показания, полученные на основном металле испытуемого образца, и калибровочного эталона без покрытий.

5.2. В некоторых случаях калибровку прибора проверяют, поворачивая датчик до 90°.

5.3 Для каждого прибора существует критическая толщина основного металла, выше которой увеличение толщины не влияет на точность измерения. Так как критическая толщина зависит от датчика прибора и природы основного металла, ее значение определяют экспериментально, если она не оговорена изготовителем.

5.4. Толщина основного металла испытуемого образца и калибровочного эталона должна быть одинаковой, если критическая толщина, указанная в пункте 5.3 не превышена.

5.5. Если кривизна поверхности покрытия, предназначенная для измерения, мешает калибровке на плоской поверхности, кривизна калибровочного эталона или основного металла, на который помещают калибровочную фольгу, должна быть одинаковой с испытуемым образцом.

5.6. При проведении калибровки и проведении измерений должны соблюдаться следующие условия:

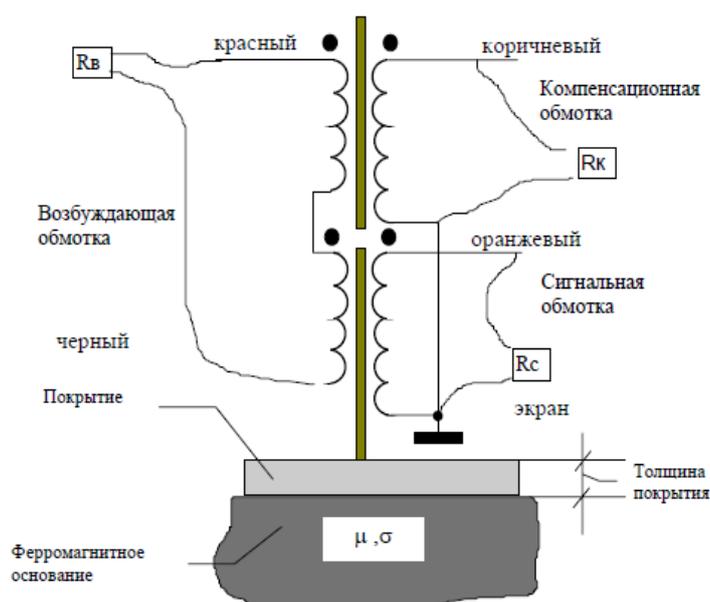
- температура окружающего воздуха  $(20 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа

## 6. Выполнение контроля

6.1. С поверхности подвергаемой контролю удаляют смазку, пыль и другие загрязнения.

6.2. Установить преобразователь на контролируемый участок изделия и после сдвоенного звукового сигнала считать измеренную толщину покрытия по цифровому индикатору. При проведении серии измерений на индикаторе справа будет отображаться максимальное (вверху) и минимальное (внизу) значение в серии.

6.3. При установке преобразователя на поверхность контролируемого изделия необходимо соблюдать аккуратность. Попадание грязи, стружки и т.п. под рабочий торец преобразователя может существенно исказить результат измерения и вызвать повреждение преобразователя.



6.4. Метод может быть использован только для контроля объектов с немагнитными покрытиями.

Чувствительность метода определяется магнитными характеристиками материала объекта контроля, его формой, размерами и шероховатостью поверхности.

После проведения калибровки на образце схожим с объектом контроля, погрешность прибора составляет не более 3%.

Предел допускаемой абсолютной основной погрешности ( $\delta_{осн}$ ) в микрометрах не превышает величины, рассчитанной по формуле (1):

$$\delta_{осн} = \pm(0,03x+1) \text{ мкм} \quad (1)$$

где  $x$  – измеряемое значение, мкм.

Предел допускаемой дополнительной погрешности при изменении температуры окружающего воздуха от нормальной на каждые 10°C в пределах рабочего интервала температур не превышает половины предела допускаемой основной погрешности.

6.2. Настройка прибора к работе.

6.2.1. Метод измерения включает технологические операции:

- калибровка прибора на образце схожим с объектом контроля;
- проведение измерений;
- снятие показаний.

## **7. Критерии допустимости толщин.**

В соответствии с ГОСТ Р 51164-98 , п. 4.1 толщина стеклоэмалевого защитного покрытия нанесенного в два слоя для труб диаметром не более 273 и 530 мм, составляет не менее 0,4 мм. Трубы с покрытием менее чем 0,4 мм

считаются браком и отправляются на повторное нанесение защитного покрытия.

#### **8. Работы по окончании контроля.**

После окончания контроля производятся следующие действия:

- выключения прибора и помещение его в упаковочный ящик;
- выключение напряжения питания дополнительного освещения.

#### **9. Составление протокола.**

Протокол измерений толщины стеклоэмалевого покрытия должен содержать следующие сведения:

- номер протокола и дата проведения контроля;
- наименование организации, осуществляющей измерения;
- наименование организации, которой принадлежат измеряемые объекты;
- место проведения измерений;
- характеристики объекта контроля;
- способ калибровки средств измерения, тип и заводские номера используемых толщиномера, СОП, дополнительных приборов и приспособлений;
- местоположение конкретного участка измерений;
- состояние участка объекта измерений по результатам визуального осмотра;
- браковочные признаки для дефектов данного типа металлоконструкции;

- результаты измерений толщины покрытия с указанием характеристик и координат местоположения обнаруженных дефектов в пределах измеряемого участка;

- ссылки на используемую нормативную документацию;

- фамилии, номера удостоверений и подписи специалистов, проводивших измерения.

## **10. Подпись.**

Методику разработал студент

Юрьев В. И

13 мая 2019 г.

## **11. Содержание.**

1. Общие сведения .....	2
2. Персонал неразрушающего контроля .....	2
3. Требования безопасности .....	2
4. Прибор и средства, необходимые для выполнения контроля .....	3
5. Условия проведения контроля. Подготовка и настройка средств контроля ...	3
6. Выполнение контроля .....	4
7. Критерии допустимости дефектов .....	5
8. Работы по окончании контроля .....	5
9. Составление протокола .....	5

## Список использованной литературы

- 1) ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества.
- 2) Анализ измерительных систем (MSA) в вопросах и ответах  
Касторская Л.В., 2006г.
- 3) ГОСТ Р 51814.5-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов.
- 4) Анализ измерительных систем. MSA., 3-е издание, 2005г.
- 5) ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
- 6) *Е. В. Борисенко, И. В. Буянова Проведение анализа измерительных систем (MSA) НА ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» Журнал «Литье и Металлургия» 2 (87), 2017*
- 7) ГОСТ Р ИСО 10012-2008 Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию.
- 8) Васильчук А. В., Юнак Г. Л., Годлевский В. Е., Разживина О. В. Анализ измерительных и контрольных процессов (MSA) в автомобилестроении. Самара: ЗАО «Академический инжиниринговый центр»; ООО «Офорт», 2006. 190 с.
- 9) ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. М. : Изд-во стандартов. 32 с.
- 10) Миттаг Х.-Й., Ринне Х. Статистические методы обеспечения качества. Под ред. Б. Н. Маркова. Изд. перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1995. 601 с.
- 11) Мердок Д. Контрольные карты. Пер. с англ. М. : Финансы и статистика, 1986. 151 с.
- 12) ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение. М. : Изд-во стандартов. 32 с.

- 13) Дональд Уилер, Дэвид Чамберс. Статистическое управление процессами: оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шу-харта / Пер. с англ. М. : Альпина Бизнес Букс, 2009. 409 с.
- 14) РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
- 15) Исаев С. В. Внедрение методик статистического управления процессами и анализа измерительных систем // Методы менеджмента качества. 2006. № 9. С. 39–41.
- 16) Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). М. : «Наука», 1973. 832 с.
- 17) Прыгин А. А., Зими́на Е. В., Кайнова В. Н. Анализ измерительной системы с базированием на координатно-измерительную машину // Труды НГТУ. Н. Новгород, 2014. № 5 (107). С. 327–333.
- 18) Андреев В. В., Тесленко Е. В. Информационная модель массива параметров деталей машиностроения для системы технологического и метрологического сопровождения процесса проектирования // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 40–44.
- 19) Быков А. Э., Кайнова В. Н., Тесленко Е. В. Анализ технологических процессов по коэффициенту воспроизводимости // Материалы Всероссийской НТК «Прогрессивные технологии в машино- и приборостроении» «ПТ – 2005». Арзамас, 2005. С. 87–92.
- 20) Зими́на Е. В., Кайнова В. Н. Метрологическое обеспечение машиностроительного производства : учебное пособие. Н. Новгород, НГТУ. 2016. 147 с.
- 21) Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества : учеб. пособие. – СПб. : Пи-тер, 2008. 560 с.
- 22) ГОСТ 8.563-2009 ГСИ. Методики (методы) измерений. М. : Стандартиформ, 2010.

- 23) Стандарт ASTM E2782-11 «Standart Guide for Measurement Systems Analysis».
- 24) Зими́на Елена Витальевна, «Анализ качества измерительных систем в автомобилестроении», 2017
- 25) ГОСТ Р 51694-2000 Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия
- 26) ГОСТ 24450-80 Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения
- 27) Паспорт толщиномер магнитный МТ – 2003, АКА – контроль, 2007г
- 28) Качество через статистическое мышление: улучшение процесса управления и возможности, 1993 г.: Robertson, Gordon
- 29) Статистика для менеджмента, 2004: Levin, Richard
- 30) Внедрение методик статистического управления процессами и анализа измерительных систем, Исаев С. В., Журнал «Методы менеджмента качества», 2006, № 9
- 31) ИСО 26000:2011 Руководство к общественной ответственности. М.: Стандартиформ, 2014. – 5с.
- 32) Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (вред. от 01.12.2007 N 309-ФЗ) // «Собрание законодательства РФ»
- 33) ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. - М.: Стандартиформ, 2017. - 4с.
- 34) ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2015. – 12с.
- 35) СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1996. – 23 с.
- 36) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 2003. – 35 с.

37) ГОСТ 12.1.003-83. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 10 с.

38) ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: Стандартиформ, 2001. – 4 с.

39) ГОСТ 12.1.019-2009. (ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартиформ, 2010. -32 с.

40) ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования, 1984

41) ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. - М.: Стандартиформ, 2006.- 12 с.

42) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Минздрав России, 2003. – 37с.

43) Мир ПК [Электронный ресурс] URL: <https://www.osp.ru/pcworld/2013/06/13035804/> , Дата обращения: 11.04.2019

44) ГОСТ Р 22.3.03 – 94. Государственный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения.//Основы безопасности жизни - 1996. - № 1. - С. 59 -63.

45) НПБ 105-03, Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003

46) ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание, 2002

47) Специальная оценка условий труда ТПУ. 2018