

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Электромеханический факультет

Кафедра Приборостроения

ОТЧЕТ

по научно-исследовательской практике
аспиранта 2 года обучения

Шкитуна Павла Андреевича,

обучающегося по направлению подготовки 12.06.01. Фотоника,
приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии
направленности (профилю) 05.11.13 «Приборы и методы контроля
природной среды, веществ, материалов и изделий»

Научный руководитель

Сясько В.А., д.т.н., профессор

Заведующий кафедрой

Потапов А.И., д.т.н., профессор



(подпись, дата)

21.11.2017



21.11.2017

(подпись, дата)

З А Д А Н И Е

НА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ПРАКТИКУ

с «01» сентября по «15» ноября 2017 г.

аспиранту 2 года обучения

кафедры Приборостроения

Шкитуну Павлу Андреевичу,

Направление научного исследования: Разработка программно-аппаратных средств электромагнитных толщиномеров защитных покрытий, обеспечивающих подавление влияния мешающих параметров при измерениях.

Задачи прохождения научно-исследовательской практики:

1. Обзор и анализ существующих методов контроля толщины защитных покрытий.
2. Определение степени научной проработанности темы исследования. Постановка цели и задач исследования.
3. Проведение теоретических и экспериментальных исследований контроля толщины защитных покрытий вихретоковым методом.
4. Написание отчета по результатам выполненной работы.

Зав. кафедрой



Потапов А.И.

Научный руководитель



Сясько В.А.

ПЛАН
научно-исследовательской практики аспирантов

№ п/п	Компоненты научно-исследовательской практики	Количество часов	Фактическое выполнение
1.	Обоснование актуальности темы исследования	4	4
2.	Определение степени научной разработанности темы исследования	9	9
3.	Постановка цели и задач исследования	4	4
4.	Выбор объекта и предмета научного исследования	6	6
5.	Обоснование выбора методов исследования	7	8
6.	Написание итогового отчета по практике	6	5
7.	ИТОГО	36	36

1. Обоснование актуальности темы исследования.

В настоящее время широкое распространение нашли магнитные и вихретоковые толщиномеры защитных диэлектрических и металлических покрытий металлических изделий. Измерение толщины покрытий основано на изменении параметров возбуждаемого гармонического низко- или высокочастотного магнитного поля, взаимодействующего с двух- или многослойной структурой покрытие/основание. При этом амплитудные и временные параметры магнитного поля зависят не только от толщины покрытия, но и от большого числа параметров изделий и внешней среды, а также параметров измерительных преобразователей, алгоритмов обработки измерительной информации и используемых первичных информативных параметров.

Ряд выполненных теоретических исследований показал перспективность использования магнитных полей, отличных от гармонических, использования тестовых методов обработки первичной измерительной информации и использования неамплитудных информативных параметров, что требует проведения исследований и разработок в части программно-аппаратных средств, проведения моделирования и экспериментальных исследований, обеспечивающих снижение неопределенности результатов измерений и повышения их достоверности.

2. Определение степени научной разработанности темы исследования.

Вихретоковый вид неразрушающего контроля начал развиваться в 20 веке и применяется для повышения качества изготовления изделий различного назначения, остаётся актуальным до сих пор и непрерывно развивается, в том числе благодаря Дорофееву А.Л., Мужижскому В.Ф., Ключеву В.В., Потапову А.И., Dodd C.V. и Deeds W.E. и многим другим ученым и инженерам.

В основном развитие вихретокового контроля заключалось в разработке конструкций преобразователей, методик для поиска дефектов и изменений толщины материалов и изделий. Проводились работы по численному моделированию и анализу параметров измерительных преобразователей, влиянию информативных и мешающих параметров.

Для защитных покрытий предложен ряд методов и методик контроля толщины диэлектрических и металлических покрытий металлических изделий. Однако ранее предложенные методики не учитывают влияние ряда параметров покрытий и изделий при измерениях, таких как электропроводимость покрытий и изделий, их магнитная проницаемость и другие.

В последнее время предлагаются новые методики импульсного возбуждения вихревых токов, которые осуществляют многопараметрический контроль однако учет параметров проводимости и магнитной проницаемости во время обработки результата измерения толщины покрытия по-прежнему остается не реализованным.

Развитием методик вихретокового контроля занимается ряд организаций таких как Elcometer, ElectroPhusic, HelmutFischer, Defesco и Константа, а так же ряд университетов, таких как Ньюкаслский университет, MIT, СПбПУ и другие.

3. Постановка цели и задач исследования.

Цель работы

Разработка модели формирования импульсного магнитного поля, тестовых методов обработки первичной измерительной информации и использования в качестве информативных параметров, отличных от амплитудных.

Задачи исследований:

Для достижения поставленной цели будет использоваться комплексный подход, включающий в себя аналитические исследования и математическое моделирование.

- Анализ вихретокового трансформаторного первичного амплитудно-фазовых преобразователя с импульсным возбуждением над двух- и многослойными структурами «металлическое покрытие – металлическое основание»;
- Разработка вихретокового трансформаторного амплитудно-фазовых измерительных преобразователей с импульсным возбуждением;
- Анализ влияния электрофизических, геометрических и климатических параметров на результаты измерений. Разработка тестовых методов обработки первичной измерительной информации, обеспечивающих подавление влияния мешающих параметров;

4. Выбор объекта и предмета научного исследования.

Объект исследования – модель вихретокового преобразователя.

Предмет исследования – мешающие параметры преобразователя при импульсном возбуждении вихревых токов.

5. Обоснование выбора методов исследования.

- Изучение влияния информативных и мешающих параметров на результаты измерения, для разработки методики измерения толщины и других параметров защитных покрытий с учетом их электромагнитных свойств.
- Разработка структурной схемы и модели импульсного вихретокового преобразователя над двухслойным и трехслойным объектом контроля. Проведение анализа и классификации информативных и мешающих параметров.

6. Написание итогового отчета по практике.

К поверхности изделий могут предъявляться требования по механической и химической стойкости, электропроводности, а также требования по ряду оптических свойств. Основной ролью защитных металлических покрытий является предотвращение коррозии изделий и

придание им привлекательного внешнего вида, а функциональные покрытия предназначены для обеспечения износостойкости, антифрикционных, теплозащитных, электропроводящих и других свойств.

Для металлических покрытий толщина влияет на износостойкость изделий при истирании и их электропроводность. Высокая скорость измерения и отсутствие необходимости прямого контакта с изучаемым образцом дает возможность применения вихретокового контроля на поточном производстве. На данный момент в недостатки методов относят отсутствие учета параметров электропроводности и магнитной проницаемости, однако возможность применения данных параметров в качестве информативных является объектом дальнейших исследований.

Для контроля толщины металлических покрытий и изделий разработан ряд методов вихретокового контроля, различие которых заключается в выборе информативных и мешающих параметров. Параметры, которые могут быть информативными, объединены в обобщенный параметр:

$$\beta = R\sqrt{\omega\sigma\mu_0\mu_r}$$

где R – эквивалентный радиус обмотки, σ – удельная электропроводность объекта контроля, μ_0 – магнитная постоянная, μ_r – относительная магнитная проницаемость, ω – круговая частота.

Наиболее распространенными методиками контроля толщины на данный момент являются:

- Частотный,
- Амплитудный,
- Фазовый,
- Амплитудно-фазовый.

Частотный метод заключается в измерении частоты колебательного контура, вычислении отношения частоты основного сигнала к опорному и прямом сопоставлении толщины полученному значению. Метод является наиболее простым с точки зрения реализации, но обладает большим разбросом обобщенного параметра преобразователей, поскольку

применяется всего один информативный параметр, а остальные параметры нормируются.

Описываемые далее методы контролируют уже два информативных параметра, одним из которых является частота, поскольку это дает оценку глубины проникновения вихревых токов в образец, что повышает точность измерений.

Амплитудный метод позволяет контролировать толщину непроводящих покрытий на металле. Метод заключается в измерении амплитуды выходного сигнала относительно входного.

Фазовый метод позволяет контролировать толщину проводящих покрытий на металле и не зависит от амплитуды сигнала возбуждения, поскольку информативным параметром является сдвиг фазы выходного сигнала относительно входного.

Амплитудный и фазовый методы способны функционировать одновременно и независимо, поскольку измерительная система обеспечивает стабилизацию частоты, а амплитуда и фаза выходного сигнала не коррелируют друг с другом. Таким образом, обеспечивается контроль толщины диэлектрического покрытия и проводящего покрытия под ним.

На базе данных методов предложены также двухчастотные методы измерения толщины. В данных методах измерения проводятся амплитудно-фазовым методом на нескольких частотах, что позволяет преобразователю работать в более широком диапазоне. В частности работая независимо на различных диапазонах, существует возможность измерить толщину изделия и толщину покрытия на нем. Кроме того, работа в двухчастотном режиме позволяет получить информацию о проводимости покрытия. Т.е. на высокой частоте измеряется удельная проводимость покрытия, а на низкой частоте амплитудно-фазовый метод дает оценку толщины с учетом ранее измеренной проводимости. Таким образом, двухчастотный метод способен дать оценку толщины покрытия уже по четырем параметрам.

Последующее развитие вихретоковых методов контроля является объектом дальнейших исследований. Для измерения магнитной проницаемости требуется проведение измерений на множестве частот. Реализация данного метода на базе преобразователей с гармоническим возбуждением, во-первых, является непростой схемотехнической задачей, а во-вторых, теряется главное преимущество вихретоковых методов – значительно снижается скорость измерений.

Импульсное возбуждение вихревых токов лишено данных недостатков, поскольку изначально предполагает одновременное возбуждение гармонических сигналов широкого спектра в зависимости от формы импульса без потери скорости измерений.

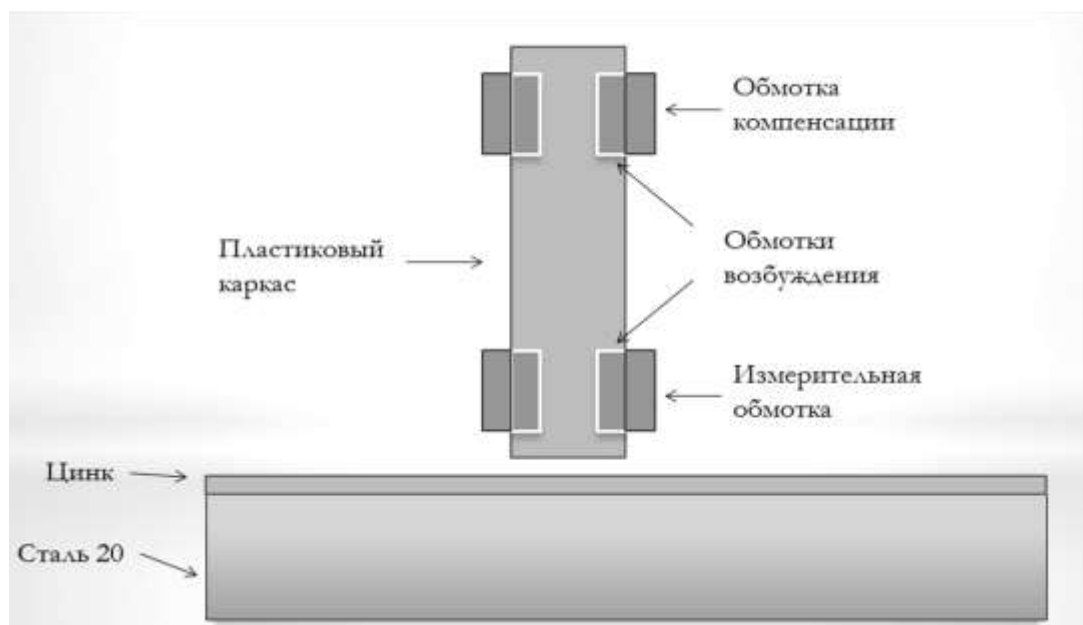


Рисунок 1. Модель импульсного преобразователя.

Цинк имеет диапазон толщин 0-30 мкм.

В ходе работы была построена модель вихретокового преобразователя и получены оценки АЧХ и ФЧХ выходного сигнала. Наблюдаются следующие корреляции:

1. В диапазоне до 0 - 5 мкм изменяется амплитуда и выходного сигнала на всем диапазоне частот.
2. В диапазоне 5-30 мкм изменяется только фаза выходного сигнала.

7. Заключение.

На основании проведенного исследования была разработана модель вихретокового преобразователя и выявлены основные виды погрешности в модели.