

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Контроль толщины лакокрасочных покрытий</b>

УДК 620.179.142.6:667.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6Б	Дульцев Кирилл Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОКД	Уразбеков Е.И.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев М.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		

*Планируемые результаты освоения*

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>		
<b>Р1</b>	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС (ОК-1,2,6, ОПК-4, ОПК-8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р2</b>	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, ОПК-1, 3, 10) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р3</b>	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде и в обществе, в т.ч. на иностранном языке	Требования ФГОС (ОК-5, 6, ОПК-8, ПК-17) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р4</b>	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7, 8, 9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р5</b>	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС (ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
<b>Р6</b>	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	Требования ФГОС (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р7</b>	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС (ПК-1-6, 8) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р8</b>	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС (ПК-8-18) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р9</b>	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС (ПК-7, 19-23) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Дата) Мойзес Б.Б.

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

В форме:

**Бакалаврской работы**

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б6Б	Дульцев Кирилл Игоревич

Тема работы:

<b>Контроль толщины лакокрасочных покрытий</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№51-59/с от 20.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> (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.).	Объект контроля: анализ методов и средств контроля толщины лакокрасочных покрытий.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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).	1. Анализ контролируемых лакокрасочных материалов. 2. Анализ методов контроля толщины лакокрасочных покрытий, принципы работы, выявление достоинств и недостатков каждого из них. 3. Выявление наиболее подходящих методов контроля для решений данной задачи

	4. Финансовый менеджмент 5. Социальная ответственность
--	---

**Перечень графического материала**

(с точным указанием обязательных чертежей)

—

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Анализ методов и средств контроля толщины лакокрасочных покрытий	Уразбеков Е.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Гуляев М.В.

**Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику**

14.10.2019

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	К.Т.Н.		14.10.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6Б	Дульцев Кирилл Игоревич		14.10.2019

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»  
Уровень образования бакалавриат  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

<b>Бакалаврской работы</b>
----------------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.02.2020	Обзор источников информации	20
28.02.2020	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
20.04.2020	Разработка теоретической части	20
10.05.2020	Разработка плана эксперимента и его проведение экспериментов	20
19.05.2020	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
23.05.2020 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
18.05.2020 г.	Оформление ВКР и презентационных материалов	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н.		25.10.2019

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 12.03.01 «Приборостроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б6Б	Дульцев Кирилл Игоревич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 25000 руб. Оклад инженера – 16200 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		12.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6Б	Дульцев Кирилл Игоревич		12.03.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Б6Б	Дульцеву Кириллу Игоревичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	<b>Отделение школы</b>	Отделение контроля и диагностики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	12.03.01 Приборостроение

Тема ВКР:

<b>Контроль толщины лакокрасочных покрытий</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>1. Характеристика объекта и области его применения</b>	Объектом исследования является контроль толщины лакокрасочных покрытий. Область применения: толщинометрия. Рабочая зона: 18 корпус ТПУ, аудитория 508.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность</b>	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: - недостаточная освещенность рабочей зоны, - поражение электрическим током, - неудовлетворительный микроклимат, - повышенный уровень электромагнитных полей.
<b>3. Экологическая безопасность</b>	- Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); - Решение по обеспечению экологической безопасности.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - Выбор наиболее типичной ЧС; - Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий; - Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	12.03.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			12.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6Б	Дульцев Кирилл Игоревич		12.03.2020



## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа содержит: 80 страниц, 24 рисунка, 36 таблиц, 33 источника.

Ключевые слова: лакокрасочное покрытие, лакокрасочные материалы, толщиномер, толщина покрытия, датчик, метод измерения.

Объектом исследования являются лакокрасочные материалы, а предметом исследования методы контроля толщины лакокрасочных покрытий.

Цель работы – анализ методов контроля толщины лакокрасочных покрытий.

В процессе анализа проводился обзор литературы методов контроля толщины лакокрасочных покрытий, нанесенных на различные виды оснований.

Проведены эксперименты по определению толщины покрытия полиэтиленовой пленки с помощью вихретокового, индукционного, емкостного преобразователей.

По данным, полученным в экспериментах, был сделан вывод о наиболее точном и эффективном измерении при помощи вихретокового преобразователя.

Применения: толщинометрия, дефектоскопия.

## **Обозначения и сокращения**

В настоящей работе применены следующие сокращения и обозначения:

ЛКМ – лакокрасочные материалы

ЛКП – лакокрасочное покрытие

ВТП – вихретоковый преобразователь

ИП – измерительное преобразование

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	14
<b>1 Структура лакокрасочных покрытий и их применение, и свойства</b> .....	15
1.1 Состав лакокрасочных покрытий .....	15
1.2 Типы и назначения лакокрасочных покрытий.....	15
1.2.1 Оптические свойства лакокрасочных покрытий .....	16
1.2.2 Эксплуатационные свойства лакокрасочных покрытий .....	16
<b>2 Обзор методов измерительных преобразований</b> .....	18
2.1 Ультразвуковой метод .....	18
2.1.1 Акустические волны и их распространение.....	18
2.1.2 Принцип работы ультразвукового толщиномера .....	19
2.1.3 Примеры ультразвуковых толщиномеров.....	21
2.2 Магнитный метод.....	23
2.2.1 Пондеромоторный тип преобразования .....	24
2.2.2 Магнитостатический тип преобразования .....	26
2.2.3 Индуктивный тип преобразования .....	28
2.3 Вихретоковый метод .....	30
2.4 Емкостной метод .....	33
2.5 Метод мокрого слоя .....	33
<b>3 Экспериментальная часть</b> .....	36
3.1 Вихретоковое преобразование.....	36
3.2 Емкостное преобразование .....	38
3.3 Индуктивное преобразование.....	41
3.4 Вывод по результатам эксперимента .....	43
<b>4 Финансовый менеджмент</b> .....	44
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	44
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	45
4.3 SWOT-анализ.....	46
4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию .....	49
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	49
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	50

4.4.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	51
4.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	54
4.5.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	54
4.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ ...	55
4.5.3	Основная заработная плата исполнителя темы.....	56
4.5.4	Расчет дополнительной заработной платы .....	59
4.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды.....	59
4.5.6	Накладные расходы .....	60
4.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	61
4.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	61
<b>5</b>	<b>Социальная ответственность.....</b>	<b>64</b>
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	64
5.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	64
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ....	65
5.2	Производственная безопасность .....	65
5.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии.....	65
5.2.2	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов.....	66
5.3	Экологическая безопасность .....	70
5.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	70
5.3.2	Анализ «жизненного цикла» объекта исследования .....	71
5.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	71
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	72
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии и может вызвать сам объект исследований .....	72
5.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	73

<b>Заключение .....</b>	<b>75</b>
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>76</b>

## **Введение**

На сегодняшний день нанесение лакокрасочного покрытия нашло свое обширное применение практически во всех отраслях. Ярким примером использования лакокрасочных материалов служит строительство жилых и административных зданий, мостостроение, автомобилестроение и другие. Такой широкий спектр использования обусловлен не только декоративной функцией лакокрасочных материалов, но и, главным образом, защитной.

Для получения наибольшего эффекта лакокрасочного покрытия необходимо контролировать толщину нанесенного слоя. Данная мера позволяет отследить равномерность нанесения покрытия, сэкономить материал, улучшить защитные свойства, при недостаточной толщине слоя.

Неразрушающий контроль ЛКП выполняется при помощи толщиномеров основанных на акустических, магнитных, емкостных и вихретоковых преобразователях, а также при помощи измерительной гребенки или колеса, но с нарушением целостности покрытия.

Таким образом, главной целью данной работы является изучение типов лакокрасочных покрытий и их свойств, а также анализ методов контроля толщины нанесенного слоя. В качестве примера необходимо рассмотреть основные характеристики толщиномеров, как отечественного, так и зарубежного производства.

# 1 Структура лакокрасочных покрытий и их применение, и свойства

## 1.1 Состав лакокрасочных покрытий

Лакокрасочные материалы – это многокомпонентные продукты, которые наносят на различные поверхности в жидком или порошкообразном состоянии тонким слоем, в процессе высыхания образуется твердая пленка, крепко сцепленная с поверхностью изделия [1].

В состав ЛКП может входить слой грунтовки или несколько слоев шпатлевки с промежуточными слоями грунтовки, где верхний слой всегда грунтовка, а остальные слои в количестве от одного до трех имеют окрасочный характер. В случае однослойного покрытия, его толщина находится в пределах 3-30 мкм, а в многослойных до 300 мкм.

Каждый слой ЛКП выполняет определенную функцию, рассмотрим на примере защитного покрытия (рис. 1.1).

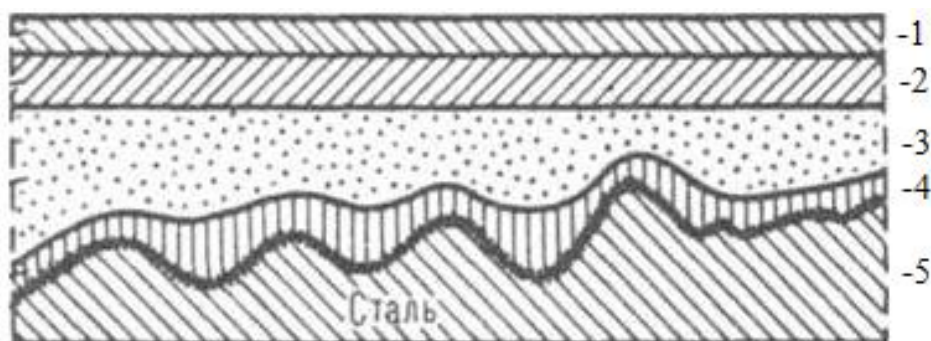


Рисунок 1.1 – защитное лакокрасочное покрытие (вид в разрезе): 1 – фосфатный слой, 2 – грунтовка, 3 – шпатлевка, 4 – слой эмали 5 – слой стали

При помощи шпатлевки выравнивается поверхность металла от пор и трещин. Слой из грунтовки обеспечивает сцепление всего ЛКП к основанию. А самый верхний слой, также его называют покровным, это лаки и эмали для придания декоративных и дополнительных защитных свойств [2].

## 1.2 Типы и назначения лакокрасочных покрытий.

Основное назначение лакокрасочных покрытий заключается в защите поверхностей изделий от различного рода повреждений (коррозии металлов, загнивание древесных материалов), улучшение противопожарных и санитарно-

гигиенических свойств, а также для изменения или создания декоративного вида объектов.

### **1.2.1 Оптические свойства лакокрасочных покрытий**

По оптическим свойствам ЛКП могут быть:

- прозрачными или непрозрачными;
- блестящими или матовыми;
- гладкими или шероховатыми.

Прозрачное покрытие позволяет не скрывать внешний вид окрашиваемого объекта или изделия, если это необходимо. Такое покрытие образуется в ходе нанесения лаков или других полимеров, растворенные в органических растворителях или в простой воде. На сегодняшний день наиболее распространены такие лаки, как силиконовые, акриловые, уретановые и масляно-смоляные [2].

Задачей непрозрачного покрытия является скрытие естественной текстуры и цвета поверхности изделия. За счет этого существует широкий спектр выбора покрытий от одноцветных до покрытий с декоративным рисунком. Примером таких покрытий являются малярные составы, в их основу входят наполнители, пигменты, растворители и связующие. Также если необходимо повысить скорость высыхания или водостойкие свойства покрытий, добавляются специальные вспомогательные вещества (сиккативы, разбавители, гидрофобизаторы) [2].

### **1.2.2 Эксплуатационные свойства лакокрасочных покрытий**

По эксплуатационным свойствам ЛКП бывают:

- атмосферостойкие;
- водостойкие;
- маслбензостойкие;
- консервационные;
- специального назначения.



В подробном рассмотрении нуждаются ЛКП специального назначения, так как в свою очередь они могут разделяться по своим свойствам в зависимости от цели их применения. Основные типы ЛКП специального назначения представлены в таблице 1.1 [3].

Таблица 1.1 – типы ЛКП специального назначения

Тип ЛКП	Назначение и применение
1. Противообрастающие	Применяются в судостроительной отрасли с целью предотвращения зарастания подводных частей судов и различных сооружений, погруженных в воду
2. Светоотражающие	Главная цель такого покрытия – это отражение падающего на него света или какой-либо другой лучистой энергии. Степень отражения зависит от возможности пигментов, содержащихся в ЛКМ, отражать попадающий на них свет. Например, такими покрытиями наносится разделительная полоса на дороге или покрывают дорожные знаки и указатели.
3. Термоиндикаторные	Способны изменять свой цвет или яркость свечения в зависимости от температуры среды, в которой находится. Применяется во всех сфера промышленности, позволяя определить какая температура воздействовала на испытуемый или эксплуатируемый объект.
4. Огнезащитные	Позволяют замедлить или предотвратить распространение огня и воздействия высокой температуры на поверхность защищенного объекта.
5. Противошумные	Поглощает и не дает распространяться звуковым волнам, что значительно снижает шум, как на производстве, так и других объектов.

## 2 Обзор методов измерительных преобразований

### 2.1 Ультразвуковой метод

Ультразвуковая толщинометрия является наиболее популярным методом измерения толщины стенок различных конструкций и изделий при помощи однократного измерения, причем одностороннего, в местах, где нет доступа для механических измерительных инструментов.

#### 2.1.1 Акустические волны и их распространение

Во время распространения акустической волны в материале, частицы в этой среде не изменяют своего положения, а лишь колеблются относительно точки своего равновесия. Волна передается от частицы к частице и расстояние между ними принято считать длиной волны. Где длина волны ( $\lambda$ ) прямопропорциональна скорости ( $v$ ) распространения волны и обратнопропорциональна частоте ( $f$ ) колебаний:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.1)$$

По направлению колебания частиц относительно распространения волны разделяют на продольные, поперечные, поверхностные и нормальные волны [4].

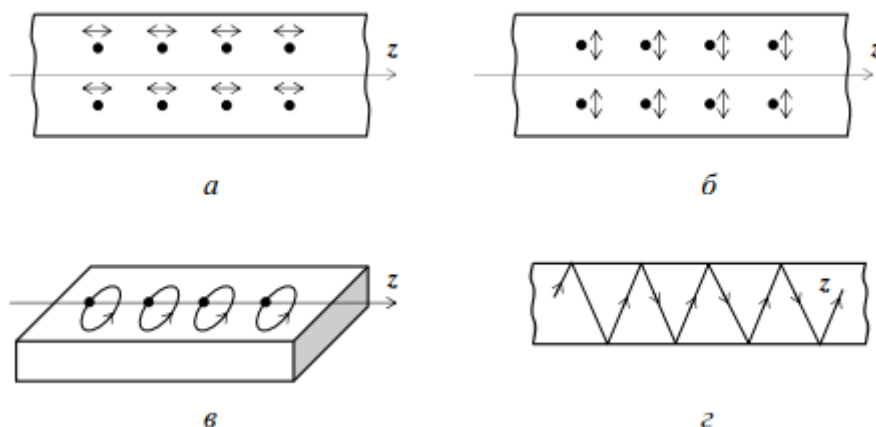


Рисунок 2.1 – Типы акустических волн: *a* – продольные; *б* – поперечные; *в* – поверхностные; *z* – нормальные

Скорость распространения акустических волн зависит как от типа волны, так и от таких свойств материалов, как плотность, упругость и для нормальных

волн это размеры объекта исследования. По причине того, что ультразвук плохо распространяется в воздухе необходимо использовать контактные жидкости. В их роли могут быть обычная вода, масла или специализированные гели. Современные гели совершенно не токсичны и даже могут содержать антикоррозионные добавки [4].

### **2.1.2 Принцип работы ультразвукового толщиномера**

Толщина покрытия определяется исходя из времени, за которое ультразвуковая волна проходит до границ двух сред, имеющие разные модули упругости.

Основной принцип работы такого толщиномера заключается в следующем: датчик посылает импульс на поверхность контролируемого объекта, проходя сквозь него он отражается от границы двух сред и принимается обратно этим датчиком. Затем этот отраженный сигнал преобразуется в электрический сигнал, его результат обрабатывается прибором и получается готовое значение толщины покрытия.

Так как скорость ультразвука в разных материалах разная, то перед началом измерений необходимо прокалибровать прибор на эталонных образцах и установить необходимую скорость [5].

Измерения проводятся на частоте от 20 кГц до 100 кГц.

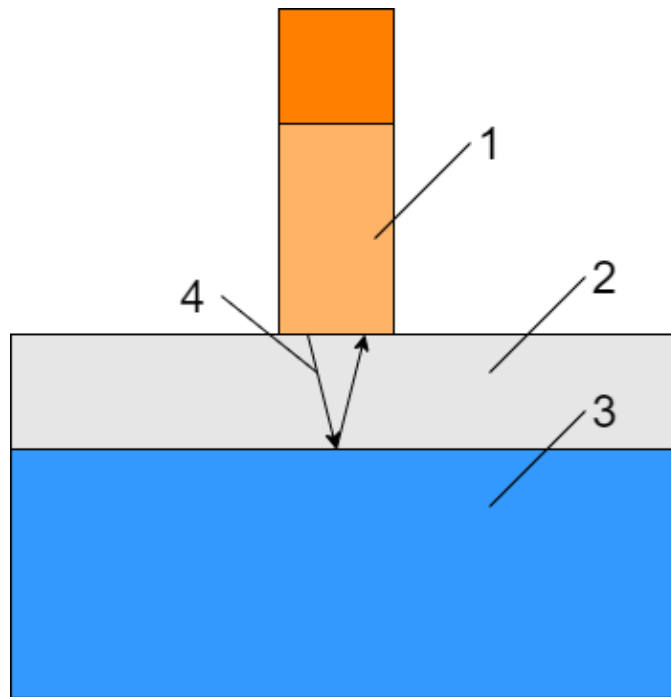


Рисунок 2.2 – Принцип работы ультразвукового толщиномера: 1 – датчик толщиномера; 2 – ЛКП; 3 – поверхность контролируемого объекта; 4 – отправленный и отраженный сигналы

Преимущества ультразвукового метода контроля:

- метод неразрушающего контроля;
- используется на многих типах покрытий;
- широкий диапазон измерений;
- для проведения контроля достаточно обеспечить односторонний доступ;
- высокая скорость измерения;
- высокоточность и надежность;
- универсальный.

Но также имеются недостатки метода:

- точность измерения напрямую зависит от равномерности соприкосновения датчика с объектом контроля;
- неровные и неоднородные поверхности также влияют на точность и простоту измерения;
- высокая стоимость прибора;

- если присутствуют шумовые помехи, возникает трудность определения сигнала;
- все измерения необходимо проводить с применением контактной жидкости или смазки [5].

### 2.1.3 Примеры ультразвуковых толщиномеров

Был проанализирован ряд толщиномеров, основанных на этом методе:



Рисунок 2.3 – Ультразвуковой толщиномер PosiTector 200

Толщиномер PosiTector 200 используется для измерения толщины покрытий, нанесенных на немагнитные основания. Выпускаются приборы двух комплектаций: со стандартным электронным блоком (Std) или продвинутым (Adv) и набором датчиков трех типов, которые отличаются диапазоном измерений.

При использовании стандартного электронного блока, результат отображает суммарную величину толщины всех покрытий.

Толщиномер, оснащенный продвинутым электронным блоком, способен проводить измерения толщины, как суммарную, так и каждого отдельного слоя, в случае многослойного покрытия, но не более 3 слоев. Также преимуществом продвинутого блока является увеличенная память устройства для хранения большего числа результатов измерений [6].



Рисунок 2.4 – Типы датчиков для PosiTector 200

Тип В – диапазон измерений составляет от 13 до 1000 мкм;

Тип С – диапазон измерений составляет от 50 до 3800 мкм;

Тип D – диапазон измерений составляет от 500 до 7600 мкм.

Главное преимущество перед аналогами — это возможность смены датчиков ультразвукового преобразования на датчики других типов (вихретокового преобразования и магнитного). Основные технические характеристики приведены в таблице 2.1 [6].

Таблица 2.1 – Технические характеристики PosiTector 200

Диапазон контролируемых толщины, Т, мкм	50 – 7600
Дискретность показаний	1, 0.1
Точность измерений	$\pm (2 \text{ мкм} + 3\% \text{ от значения})$
Температурный диапазон, С°	от 0 до 40
Габариты, мм	146 x 64 x 31
Масса электронного блока без батареи, кг	0,16
Питание	3 батареи (тип ААА)
Стоимость	от 240 000 Р

Также для сравнения был рассмотрен бюджетный ультразвуковой толщиномер АвтоДело 40623.



Рисунок 2.5 – Ультразвуковой толщиномер АвтоДело 40623

Главное преимущество перед всеми аналогами – это достаточная точность при очень низкой стоимости устройства.

Но и есть большой недостаток, чувствительность датчика к окружающей среде (температура и влажность). Основные технические характеристики приведены в таблице 2.2 [7].

Таблица 2.2 – Технические характеристики АвтоДело 40623

Диапазон контролируемых толщины, Т, мкм	100 – 2000
Дискретность показаний	1, 0.1
Точность измерений	$\pm 2\%$
Температурный диапазон, С°	от 18 до 28
Габариты, мм	69 x 38 x 20
Масса, кг	0,1
Питание	3В Cr2032
Стоимость	от 1 600 Р

## 2.2 Магнитный метод

Этот метод основан на характере взаимодействия магнитного поля от толщины покрытия, нанесенного на ферромагнитное основание. Данный метод разделен на три основных вида: пондеромоторный, магнитостатический и индукционный.

### 2.2.1 Пондеромоторный тип преобразования

Данный тип преобразования базируется на взаимодействии сил притяжения двух ферромагнитных материалов (отрыв магнита или сердечника электромагнита от поверхности контроля). Для первого случая силу определяют при помощи пружинных динамометров, а для второго по изменению тока намагничивания. Где сила притяжения прямо пропорциональна квадрату индукции, а индукция в свою очередь напрямую зависит от размера зазора между объектом контроля и магнитом.

Большая часть приборов, основанных на этом методе, давно потеряли свою актуальность и были заменены более совершенными устройствами. В настоящее время в эксплуатации остались толщиномеры, работающие по методу отрыва магнита от поверхности изделия. Устройство такого толщиномера представлено на рисунке 2.6 [8].

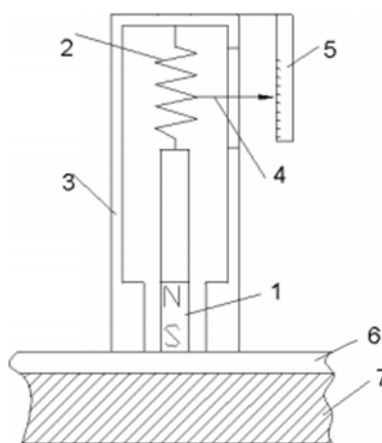


Рисунок 2.6 – Условная схема пондеромоторного толщиномера: 1 – постоянный магнит; 2 – пружина динамометра; 3 – корпус; 4 – указатель; 5 – шкала; 6 – покрытие; 7 – ферромагнитная основа

Такие толщиномеры бывают двух типов: карандашного и рычажного типа. Определение толщины покрытия толщиномером карандашного типа основано на силе притяжения магнита к ферромагнитной поверхности через исследуемое покрытие. Что касается рычажного типа, то тут за счет их конструкции обеспечивается компенсация веса магнита в любом из положений.



Более высокая точность измерения будет во втором случае, особенно это заметно при контроле толщины на плоских основаниях [8].

Для примера были рассмотрены толщиномер карандашного типа марки Константа М1 и рычажного типа MikroTest 6G.



Рисунок 2.7 – Магнитный толщиномер Константа М1



Рисунок 2.8 – Магнитный толщиномер MikroTest 6G

Их технические характеристики приведены в таблице 2.3 [9].

Таблица 2.3 – Технические характеристики Константа М1

	Константа М1	MikroTest 6G
Диапазон контролируемой толщины, Т, мкм	20 – 700	0 – 100
Точность измерений	$\pm (0,1T+5)$	$\pm (0,1T+5)$
Температурный диапазон, С°	от -30 до +50	От -20 до +100
Габариты, мм	170 x 25	(с футляром) 235 x 85 x 44
Масса, кг	0,2	0,45
Стоимость	7 800 Р	9 200 Р

Преимущества и недостатки пондеромоторного типа преобразования представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Преимущества и недостатки метода

Преимущества	Недостатки
1. Для работы не требуется энергопотребление 2. Простота и скорость измерения 3. Хорошая точность 4. Простота конструкции прибора	1. Износ и загрязнение наконечника магнита 2. Эффект прилипания магнита к контролируемой поверхности или проникновение в мягкие покрытия 3. Изменение упругих свойств пружины во время эксплуатации

### 2.2.2 Магнитостатический тип преобразования

Магнитостатический тип преобразования основан на зависимости напряженности магнитного поля от изменения расстояния между постоянным магнитом и ферромагнитным объектом контроля. Определить толщину покрытия помогают следующие чувствительные к изменению магнитного поля элементы: рамка по которой протекает ток, магнитная стрелка, феррозонды и др. Большая часть магнитных толщиномеров используют двухполюсную магнитную систему с постоянными стержневыми и П-образными магнитами. Наиболее простая конструкция толщиномера представляет из себя сочетание П-образного магнита и механической магнитоуравновешенной системы, которая находится между полюсами магнита [8].

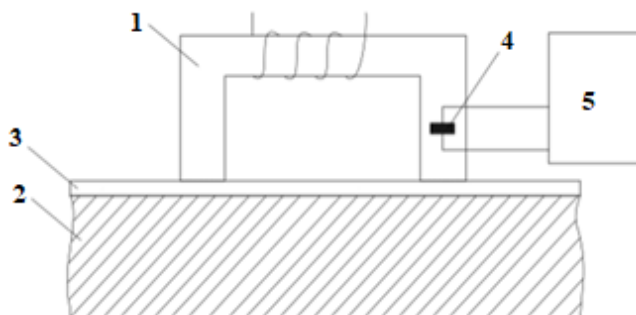


Рисунок 2.9 – Условная схема магнитостатического толщиномера: 1 – магнитопровод; 2 – магнитное основание; 3 – немагнитное покрытие; 4 – индикатор магнитного поля; 5 – измерительная схема

При проведении контроля толщины магнитным толщиномером следует принимать во внимание большое количество факторов, которые могут влиять на результат измерения. Это состояние поверхности объекта исследования, колебания магнитных свойств покрытия или основания, форма изделия и другое. Также перед началом измерений необходимо провести калибровку устройства на эталонных образцах.

Для примера был рассмотрен магнитостатический толщиномер Horstek TC 325.



Рисунок 2.10 – Магнитный толщиномер Horstek TC 325

Это современное высокоточное устройство для измерения толщины лакокрасочного покрытия на черных и цветных металлах. Может работать как в режиме точечного замера, так и непрерывно.

Выносной датчик с рабочей поверхностью не больше 10 мм позволяет проводить замеры в труднодоступных местах. Технические характеристики прибора указана в таблице 2.5 [10].

Таблица 2.5 – Технические характеристики Horstek TC 325

Диапазон измерений, мм	0 - 2000
Максимальная погрешность измерения	$\pm(1-3)\%$
Рабочая температура, С°	От – 25 до + 40
Габариты, мм	110 x 50 x 23
Вес, кг	0,1
Стоимость	14 990 Р

Таким образом были выявлены преимущества и недостатки данного метода. К сильным сторонам относится:

- простой и технологичный в исполнении преобразователь (не требуется намотка катушек);
- отсутствие переменного магнитного поля, что может приводить к потерям вихревых токов, при исследовании электропроводящих немагнитных покрытий;
- высокая скорость и точность измерений.

К недостаткам можно отнести:

- чувствительность к шероховатости контролируемой поверхности;
- высокая стоимость оборудования.

### 2.2.3 Индуктивный тип преобразования

Индуктивный метод основан на зависимости изменения индукции магнитного поля от сопротивления магнитной цепи. Устройство преобразователя представляет собой две катушки, которые размещены на общем ферромагнитном сердечнике (рис. 2.11). Чтобы увеличить точность измерения индукционного толщиномера, его сердечник делают более длинным и заостренным, тем самым ограничив магнитное поле в месте контакта с изделием. Питание преобразователя осуществляется переменным током [8].

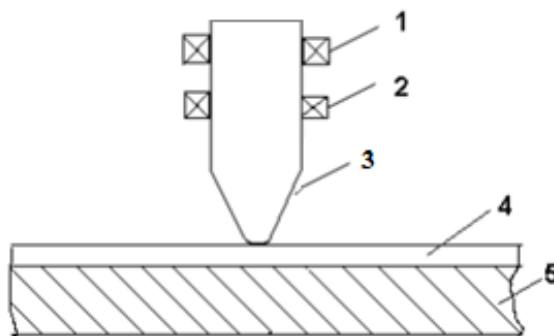


Рисунок 2.11 – Условная схема индукционного толщиномера: 1 – возбуждающая обмотка; 2 – измерительная обмотка; 3 – ферромагнитный сердечник; 4 – немагнитное покрытие; 5 – ферромагнитная основа

В сравнении с пондеромоторным методом более высокая точность измерения, но имеет более сложное технологическое исполнение, чем у магнитостатического.

В качестве примера был выбран индукционный толщиномер покрытий МТ 2007 (рис. 2.12). Он предназначен для измерения толщины лакокрасочных, гальванических и других немагнитных покрытий. Может работать в дискретном и непрерывном режиме. Также присутствует функция для вычисления среднеквадратичного и среднего арифметического значений. Более подробные характеристики указаны в таблице 2.6 [11].



Рисунок 2.12 – Толщиномер МТ 2007

Таблица 2.6 – Технические характеристики Константа МТ 2007

Диапазон контролируемой толщины, Т	От 0 до 2000 мкм	От 0 до 20 мм	От 0 до 500 мкм
Точность измерений	$\pm 3\% + 1 \text{ мкм}$	$\pm 3\% + 10 \text{ мкм}$	$\pm 2\% + 1 \text{ мкм}$
Минимальная толщина основания	0,5 мм	0,8 мм	0,3 мм
Температурный диапазон, С°	От -10 до +40		
Габариты преобразователя, мм	16 x 60	19 x 85	9 x 63
Габариты электронного блока, мм	45 x 100 x 180		
Масса, кг	0,3		
Стоимость	34 850 Р		

### 2.3 Вихретоковый метод

Суть вихретокового метода основана на зависимости амплитудного значения вносимого напряжения от расстояния до ферромагнитного основания. В токопроводящем объекте контроля при помощи магнитного поля возбуждаются вихревые токи. В качестве источника магнитного поля выступает обмотка, по ней протекает переменный ток. По изменению параметров вихревых токов определяется толщина покрытия. Эти изменения фиксируются при помощи дополнительной измерительной обмотки или самой обмоткой возбуждения. На распределение вихревых токов внутри объекта контроля влияют его геометрические размеры и форма, а также от частоты и амплитуды тока возбуждения [12].

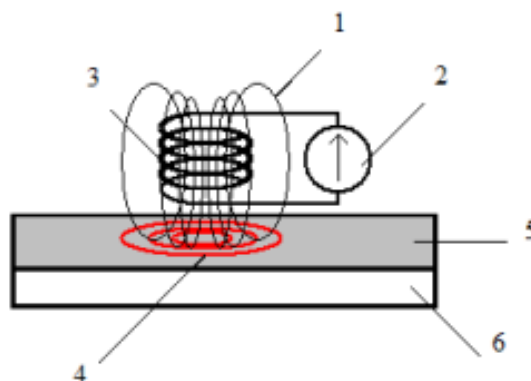


Рисунок 2.13 – Условная схема вихретокового толщиномера: 1 – электромагнитные силовые линии; 2 – блок измерения; 3 – обмотка индуктивности; 4 – поле вихревых токов; 5 – исследуемое немагнитное покрытие; 6 – ферромагнитное основание

По способу измерения электромагнитных полей вихретоковые преобразователи могут быть параметрические или трансформаторные. В первом случае используется одна обмотка, которая выполняет и функцию возбуждения, и функцию измерения. Измерение комплексного сопротивления вихретокового преобразователя является результатом контроля. Для трансформаторных преобразователей характерно наличие двух и более обмоток, где одна генерирует электромагнитное поле, а вторая его измеряет [13].

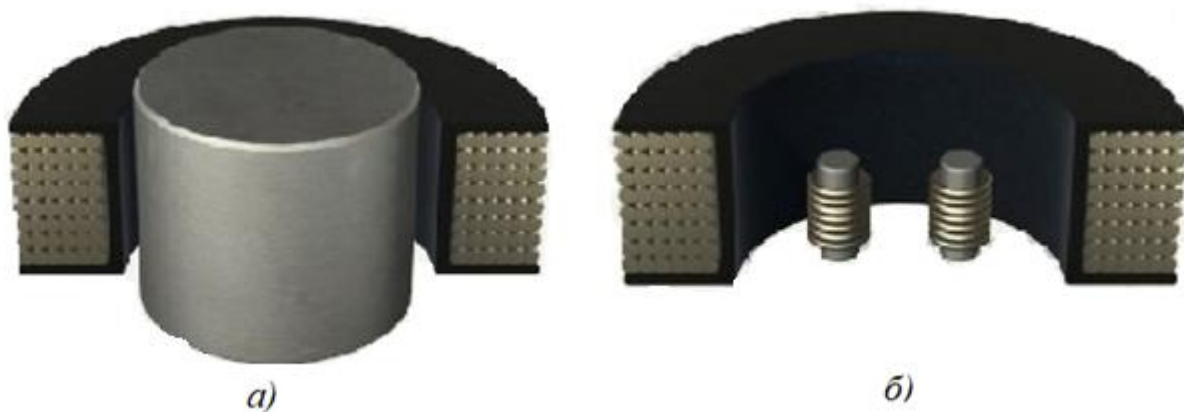


Рисунок 2.14 – Типы вихрековых преобразователей: а) параметрический ВТП с сердечником; б) трансформаторный ВТП с двумя измерительными обмотками с сердечниками

По типу соединения обмоток вихрековых преобразователей они бывают абсолютные и дифференциальные. Для абсолютного выходного сигнала характеризуется абсолютным значением параметров объекта исследования. У дифференциальных две или более обмотки соединены встречно, для измерения разницы показаний каждой из них.

По характеру взаимодействия преобразователя с поверхностью объекта контроля разделяют накладные и проходные типы датчиков [13].

Преимущества вихрекового метода контроля:

- высокая точность измерения;
- можно контролировать объекты с переменной и высокой намагниченностью.

Но также присутствуют недостатки:

- шероховатость объекта контроля оказывает значительное влияние на результат измерения;
- большая зависимость результата измерения от электропроводности покрытия;
- отсутствует возможность контроля толщины токопроводящих покрытий на таком же проводящем основании.

В качестве примера рассмотрен толщиномер Elcometer 456.



Рисунок 2.15 – Внешний вид толщиномера Elcometer 456.

Является универсальным толщиномером покрытий в широком диапазоне. Может идти в комплекте, как с встроенным датчиком, так и с выносным. Первый удобен при измерении ровных и открытых поверхностей, второй для труднодоступных мест и объектов сложной формы. Подробные технические характеристики представлены в таблице 2.7 [14].

Таблица 2.7 – Технические характеристики Elcometer 456.

Типы датчиков	Тип F	Тип N	Тип FNF
Предел измерений со встроенным датчиком, Т	От 0 до 13 мм	От 0 до 1500 мкм	От 0 до 1500 мкм
Предел измерений с выносным датчиком, Т	От 0 до 31 мм		
Максимальная погрешность	$\pm 3\%$		
Температурный диапазон, С°	От -10 до +50		
Габариты (В x Ш x Т), мм	141 x 73 x 37		
Масса, кг	0,161		
Стоимость	57 800 Р		



Где датчика типа F предназначен для контроля магнитных поверхностей, датчика типа N для немагнитных поверхностей и датчик типа FNF – комбинированный для черных и цветных металлов.

## 2.4 Емкостной метод

Електроёмкостное ИП основано на зависимости комплексного электрического сопротивления конденсатора и его ёмкости от толщины измеряемого покрытия. Электрический конденсатор образуется при помощи двух сближенных проводников, между которыми расположен слой диэлектрика. Зарядка конденсатора осуществляется двумя проводниками с равными зарядами, но противоположными по знаку [15].

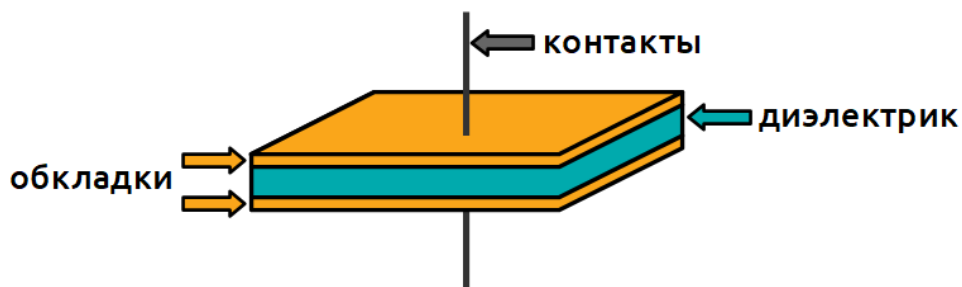


Рисунок 2.16 – Устройство простейшего конденсатора

К преимуществам данного метода относится:

- широкий диапазон измерений;
- высокое разнообразие материалов, подлежащих контролю.

К недостаткам:

- сложность конструкции;
- не позволяет измерять маленькие толщины покрытий;
- измерение возможно только при двухстороннем контакте.

## 2.5 Метод мокрого слоя

По сравнению со всеми предыдущими методами, метод мокрого слоя является разрушающим, предназначен для контроля толщины свеженанесенного и незатвердевшего ЛКП. Результат измерения можно получить при

механическом контакте средства измерения и контролирующего объекта. Ниже приведена формула расчета сухого слоя ЛКП [16].

$$TCC = \frac{TMC \cdot OCH}{100}, \quad (2.2)$$

где TCC – толщина сухого слоя; TMC – толщина мокрого слоя; OCH – объемное содержание нелетучих веществ в процентах.

Производят толщиномеры из алюминия, пластмассы или нержавеющей стали. Представителями таких средств измерений выступают измерительные гребенки и толщиномер-колесо. Примеры приведены на рисунке 2.15. [17]

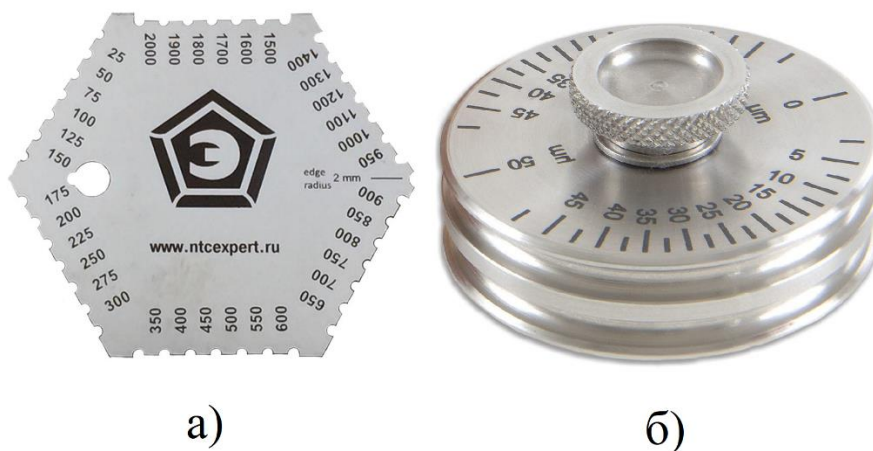


Рисунок 2.17 – Толщиномеры мокрого слоя: а) толщиномер-гребенка ГЛК-2; б) диск для измерения толщины мокрого слоя Elcometer 3230

Параметры каждого из толщиномеров приведены в таблице ниже.

Таблица 2.8 – Технические характеристики толщиномеров мокрого слоя

Модель	ГЛК-2	Elcometer 3230
Диапазон измерения, мкм	От 25 до 2000	Зависит от модели диска, может достигать от 0 до 3000
Погрешность измерения	± 3%	± 5%
Шаг измерения, мкм	25; 50; 100	Зависит от модели диска, для диапазона от 0 до 3000 это 150
Размеры, мм	74 x 85 x 1	80 Ø
Масса, кг	0,05	0,1
Стоимость	2 500 Р	2 900 Р

К преимуществам метода можно отнести: дешевую стоимость, простота и скорость измерения. Но есть и главный недостаток – это механическое воздействие на покрытие контролируемого изделия.

## **4 Финансовый менеджмент**

Разработка НИ производится группой, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследовании методов контроля толщины лакокрасочных покрытий, используемых для получения защитных, декоративных и электроизоляционных покрытий.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [18].

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

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

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Измерение толщины лакокрасочных покрытий» на предприятии выступают лакокрасочные цеха на заводах изготовителей.

Примером предприятия потребителя является компания АО «АВТОВАЗ» г. Тольятти.

## 4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.1 [18].

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>В</sub>	Б <sub>И</sub>	Б <sub>Е</sub>	К <sub>В</sub>	К <sub>И</sub>	К <sub>Е</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота проведения	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Стоимость услуги	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
3. Точность измерения	0,25	5	3	2	1,25	0,75	0,5
4. Универсальность метода	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Безопасность метода	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
7. Повышение конкурентоспособности	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>4,6</b>	<b>3,65</b>	<b>3,35</b>

Где обозначение баллов:

Б<sub>В</sub> – измерение толщины вихретоковым методом контроля;

Б<sub>И</sub> – измерение толщины индукционным методом контроля;

Б<sub>Е</sub> – измерение толщины электроемкостным методом контроля.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность вида, V<sub>i</sub> – вес критерия (в долях единицы), B<sub>i</sub> – балл i-го показателя. [18]

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать вихретоковый метод контроля [18].

### **4.3 SWOT-анализ**

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Сильные стороны — это факторы, которые положительно сказываются на развитии проекта. Сюда обычно включают все, что превращает функционирование в успешную и конкурентную работу. Это все преимущества и достоинства.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию [18].

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 4.2 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ [18].

Таблица 4.2 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются; С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Актуальность и высокая технологичность методов; С4. Наличие опытного руководителя.	В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах; В3. Публикации о проекте в тематических журналах.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами; Сл2. Дороговизна и сложность оборудования для проведения экспериментов; Сл3. Значительные временные и интеллектуальные затраты	У1. Отсутствие спроса на данные методы; У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения У3. Нехватка финансирования

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 4.3 [18].

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

	Сильные стороны					Слабые стороны		
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	0	+	0	-	0	0
	B2	+	+	+	0	+	+	+
	B3	+	0	+	+	-	+	+

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

	Сильные стороны					Слабые стороны		
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+	-	-	-	-
	У2	+	+	+	-	-	-	-
	У3	+	+	+	-	-	+	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей:

- B1B2B3C1C3; B2C2; B3C4;
- B2B3Сл2Сл3; B2Сл1;
- У1У2У3C1C2C3;
- У3Сл2.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются; С2. Методы, описанные в работе, несут в себе	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами;
--	--	--



#### Продолжение таблицы 4.5

	экономичность и ресурсоэффективность; С3. Актуальность и высокая технологичность методов; С4. Наличие опытного руководителя.	Сл2. Дороговизна и сложность оборудования для проведения экспериментов; Сл3. Значительные временные и интеллектуальные затраты
Возможности: В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах; В3. Публикации о проекте в тематических журналах.	Большой потенциал применения метода в России и других странах способствует развитию и доработке методов контроля	Данных методов требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечить обучение нового персонала со знаниями методов толщинометрии
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данные методы; У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения У3. Нехватка финансирования	Отсутствие спроса влияет на актуальность и технологичность методов	Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки ввиду дороговизны и сложности изготовления оборудования.

### 4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

#### 4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность

исполнителей [18]. Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Создание процесса измерения толщины лакокрасочных покрытий	Руководитель Бакалавр
	6	Разработка методики	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Бакалавр

#### 4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{oji}$  используется следующая формула: [18]

$$t_{oji} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

где  $t_{oji}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

#### 4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

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

Для удобства построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности [18].

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (4.5)$$

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.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название 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			$T_{ожі}$ , чел– дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор темы ВКР	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Составление и утверждение плана работ	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1	1	2	1	1	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	2	3	4	4	5	2,8	2,8	3,8	Студент	3	3	4	3	3	4
Выбор направления исследования	1	1	1	3	2	2	1,8	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	2	2	2	2	2	2
Календарное планирование работ	1	1	1	3	4	4	1,8	2,2	2,2	Студент, научный руководитель	2	3	3	2	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	10	12	13	15	16	17	12	13,6	14,6	Студент	13	15	15	15	17	17
Создание процесса измерения толщины лакокрасочных покрытий	10	11	11	12	13	13	10,8	11,8	11,8	Студент, научный руководитель	11	13	12	13	16	14
Разработка методики	5	6	7	8	9	10	6,2	7,2	8,2	Студент	7	7	9	9	9	11
Оценка эффективности полученных результатов	4	4	5	6	6	8	4,8	4,8	6,2	Студент	4	5	5	4	7	7
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	5	5	5
Написание раздела «Социальная ответственность»	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	Студент	2	2	2	2	2	2
Оформление ВКР	4	4	5	7	7	8	5,2	5,2	6,2	Студент	6	6	7	8	8	9

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Общее содержание работ для проведения исследования составило 12 позиций. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей в табл. 4.8 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, что указывает на целесообразность проведения данного исследования [18].

Таблица 4.8 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра-бот	Вид работ	Испол-нители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февраль		март			апрель			май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	<div><div></div><div></div></div>											
2	Составление и утверждение плана работ	НР	1	<div><div></div><div></div></div>											
3	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	3	<div><div></div><div></div><div></div></div>											
4	Выбор направления исследования	Ст, НР	2		<div><div></div><div></div></div>										
5	Календарное планирование работ	Ст, НР	2		<div><div></div><div></div></div>										
6	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	15			<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>									
7	Создание процесса измерения толщины лакокрасочных покрытий	Ст, НР	13				<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>								
8	Разработка методики	Ст	9							<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>					
9	Оценка эффективности полученных результатов	Ст	4								<div><div></div><div></div></div>				
10	Написание раздела	Ст	5									<div><div></div><div></div><div></div></div>			

## Продолжение таблицы 4.8

	«Финансовый менеджмент»													
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	2											
12	Оформление ВКР	Ст	8											

■ – научный руководитель; ■ – студент.

## 4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (4.6)$$

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.

Таблица 4.9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>М</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Блокнот для записей	Шт.	1	1	1	100	100	100	100
Ручка	Шт.	1	1	1	20	20	20	20

Продолжение таблицы 4.9

Образцы пленки, подобной лакокрасочному слою	Шт.	30	30	30	2	60	60	60
Электроэнергия	кВт·ч	250	280	275	3,5	875	980	962,5
Итого, руб.						1055	1160	1142,5

Общие материальные затраты составили 1055руб.

#### 4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, 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. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 4.10 [18].

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (Зм), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	35	35	35	35
Программное обеспечение (MathCAD)	Шт.	1	1	1	5	5	5	5
Вихретоковый измерительный преобразователь	Шт.	1	-	-	15	15	-	-

Продолжение таблицы 4.10

Индуктивный измерительный преобразователь	Шт.	-	1	-	6	-	6	-
Емкостной измерительный преобразователь	Шт.	-	-	1	2	-	-	2
Мультиметр MASTECH MY65	Шт.	1	1	1	5	5	5	5
Источник питания	Шт.	1	1	1	15	15	15	15
Итого:						75	66	62

### 4.5.3 Основная заработная плата исполнителя 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. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 4.11 [18].

Таблица 4.11 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	1	1	5,1			5,1	5,1	5,1
2.	Составление и утверждение плана работ	НР	1	1	2	3,1			3,1	3,1	6,2
3.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	3	3	4	2			6	6	8
4.	Выбор направления исследования	Ст, НР	2	2	2	5,1			10,2	10,2	10,2
5.	Календарное планирование работ	Ст, НР	2	3	3	5,1			10,2	15,3	15,3



Продолжение таблицы 4.11

6.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	13	15	15	2	26	30	30
7.	Создание процесса измерения толщины лакокрасочных покрытий	Ст, НР	11	13	12	5,1	56,1	66,3	61,2
8.	Разработка методики	Ст	7	7	9	2	14	14	18
9.	Оценка эффективности полученных результатов	Ст	4	5	5	2	8	10	10
10.	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5	5	5	2	10	10	10
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	2	2	2	2	4	4	4
12	Оформление ВКР	Ст	6	6	7	2	12	12	14
Итого							165	186	192

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (4.7)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата,  $З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12–20 % от  $З_{осн}$ ) [18].

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p , \quad (4.8)$$

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

$Т_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} , \quad (4.9)$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5 – дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6 – дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно–технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	72 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$З_m = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (4.10)$$

где  $З_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от  $З_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $З_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $Тс_1 = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке [18].

Тарифный коэффициент для НР = 1,866; для С = 1,407.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.13

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_t$	$З_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$З_m$ , руб.	$З_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$З_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	Старший преподаватель	1,866	25000	0,3	0,4	1,3	55250	3109,6	17	52862
Студент	Инженер	1,407	16200	0,3	0,2	1,3	31590	2021,8	56	113218
Итого										160080

#### 4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает 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 рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15 [18].

#### 4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3

Продолжение таблицы 4.14

Руководитель проекта	52862	62191	62191	7929,3	9328,65	9328,65
Студент	113218	125349	131414	16982,7	18802,35	19712,1
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	57679,584					
Исполнение 2	65132,642					
Исполнение 3	67239,0165					

#### 4.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.13)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1055 + 72000 + 52862 + 113218 + 7929,3 + 16982,7 + 57679,584) \cdot 0,16 = 51476,25 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1160 + 66000 + 62191 + 125349 + 9328,65 + 18802,35 + 65132,642) \cdot 0,16 = 55674,18 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1142,5 + 62000 + 62191 + 131414 + 9328,65 + 19712,1 + 67239,0165) \cdot 0,16 = 56484,36 \text{ руб.}$$

#### **4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 4.15 [18].

Таблица 4.15 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1055	1160	1142,5	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	72000	66000	62000	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	166080	187540	193605	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24912	28131	29040,75	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	57679,58	65132,64	67239,02	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	51476,25	55674,18	56484,36	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НТИ	373202,83	403637,8	409511,6	

#### **4.6 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 определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.14)$$

где  $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{373202,83}{409511,6} = 0,911;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{403637,8}{409511,6} = 0,986;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{409511,6}{409511,6} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i, \quad (4.15)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения [18].

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	5
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	3
4. Энергосбережение	0,2	5	3	4

Продолжение таблицы 4.16

5. Надежность	0,25	5	4	3
6. Материалоемкость	0,15	5	4	4
Итого	1	4,85	3,7	3,75

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,85;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,7;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 3,75.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,85}{0,911} = 5,32$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{3,7}{0,986} = 3,75;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{3,75}{1} = 3,75.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных [18].

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (4.16)$$

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,911	0,986	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,7	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	5,32	3,75	3,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,704	0,704

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.