

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
Контроль толщины термоизоляционных материалов

УДК 620.179.142.6:691:699.86

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6Б	Ихинеева Лариса Геннадьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Галина Васильевна	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОКД	Уразбеков Евгений Иванович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Борис Борисович	К.Т.Н., доцент		

Томск 2020 г.

Планируемые результаты освоения

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>		
P1	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>
P2	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>
P3	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>
P4	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>
P5	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>		
P6	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>
P7	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>
P8	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>
P9	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>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»**

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	Ихинеева Лариса Геннадьевна

Тема работы:

Контроль толщины термоизоляционных материалов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№51-59/с от 20.02.2020

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	1. Методы и средства контроля толщины термоизоляционных материалов.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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,</i>	1. Анализ контролируемых термоизоляционных материалов 2. Анализ методов контроля толщины материалов, принципы работы, выявление достоинств и недостатков каждого из методов 3. Выявление наиболее подходящих методов контроля для решения поставленной задачи 4. Социальная ответственность

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	5. Финансовый менеджмент
Перечень графического материала	—
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Анализ методов и средств контроля толщины термоизоляционных материалов. Экспериментальная часть	Уразбеков Евгений Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

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 Галина Васильевна	к.т.н.		14.10.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6Б	Ихинеева Лариса Геннадьевна		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:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.11.2019	Обзор источников информации	20
29.11.2019	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
11.03.2020	Проведение инженерных расчетов, разработка конструкции объекта	20
11.05.2020	Разработка плана эксперимента и его проведение экспериментов	20
29.05.2020	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
29.05.2020 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
05.06.2020 г.	Оформление ВКР и презентационных материалов	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Галина Васильевна	к.т.н.		28.10.2019

СОГЛАСОВАНО:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б6Б	Ихинеева Лариса Геннадьевна

Школа	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 – 30000 руб. Оклад инженера – 15000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премимальный коэффициент руководителя 30%; Премимальный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки руководителя 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 работ. 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	Ихинеева Лариса Геннадьевна		12.03.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б6Б	Ихинеевой Ларисе Геннадьевне

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

Тема ВКР:

Контроль толщины термоизоляционных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта и области его применения	Объектом исследования является анализ методов и средств контроля толщины термоизоляционных материалов в процессе изготовления. Область применения: толщинометрия. Рабочая зона: 18 корпус ТПУ, аудитория 508.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	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 шума на рабочем месте - повышенный уровень напряженности электростатического поля, электромагнитных полей
3. Экологическая безопасность	- Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); - Решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	- 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).
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	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	Ихинева Лариса Геннадьевна		12.03.2020

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 26 рисунков, 36 таблиц, 17 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: термоизоляционные материалы, толщинометрия, измерительные преобразования, толщиномер, теплоизоляция.

Цель исследований: анализ методов и средств контроля толщины термоизоляционных материалов в процессе изготовления.

Изучены вихретоковый, индуктивный, акустический, емкостной и радиоволновые методы контроля толщины термоизоляционных материалов.

Проведены эксперименты по определению толщины стеклотекстолита с помощью вихретокового, индуктивного и взаимоиנדуктивного, акустического преобразований, толщины вспененного полиэтилена с помощью емкостного преобразования.

В результате были получены графики зависимости толщины объектов контроля от параметров каждого преобразователя.

Объектом исследований являются термоизоляционные материалы, а предметом исследования - контроль толщины термоизоляционных материалов.

Применения: толщинометрия, дефектоскопия, структуроскопия.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
ГЛАВА 1 Обзор материалов	14
ГЛАВА 2 Обзор измерительных преобразований	18
2.1 Индуктивное измерительное преобразование	18
2.2 Измерительные преобразования в акустических полях	20
2.3 Вихретоковые измерительные преобразования.....	25
2.4 Электроемкостное измерительное преобразование	29
2.5 Измерительные преобразования в радиоволновых (высокочастотных) электромагнитных полях.....	31
ГЛАВА 3 Экспериментальная часть	35
3.1 Вихретоковое измерительное преобразование	35
3.2 Индуктивное и взаимоиндуктивное преобразование.....	38
3.3 Электроемкостное преобразование.....	41
Выводы	43
ГЛАВА 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	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	50
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	50
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	51
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	52
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 формы.....	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
ГЛАВА 5 Социальная ответственность	65
Введение.....	65
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	65
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	65
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	66
5.2 Производственная безопасность	66
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии	66
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	67

5.3 Экологическая безопасность.....	72
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	73
5.3.2 Анализ жизненного цикла объекта исследования.....	73
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	74
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии и может вызвать сам объект исследований	74
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС	75
Заключение по разделу социальная ответственность	76
Заключение	77
Список использованных источников	78
Приложение А Временные показатели проведения научного исследования	81

ВВЕДЕНИЕ

Термоизоляционные материалы – это материалы, используемые для тепловой изоляции стен, крыш, труб, резервуаров и множества других построек. Термоизоляционные материалы используются для тепловой изоляции стен домов, труб, резервуаров и т.д. Контроль толщины производится для обеспечения установленного для проживания и деятельности людей микроклимата в здании, необходимой надежности и долговечности конструкций, климатических условий работы технического оборудования [1]. Толщина таких материалов начинается от нескольких миллиметров до нескольких дециметров.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ методов и средств контроля толщины термоизоляционных материалов в процессе изготовления.

В данной работе рассмотрены измерительные преобразования, методы, приборы, используемые для толщинометрии термоизоляционных материалов. Выявлены достоинства и недостатки каждого метода.

В качестве объектов исследования рассмотрены следующие термоизоляционные материалы: пенополистирол марки ПСБ-С25, минеральная вата марки Isover, вспененный полиэтилен марки ППЭ 3010, поролон марки ST 1825, пеностекло производства компании «Пеноситал».

ГЛАВА 1 Обзор материалов

Пенополистирол марки ПСБ-С25 (рис. 1.1). Его получают путем суспензионной полимеризации пенопласта ПСБ-С-25. Материал применяется для теплоизоляции плоских и скатных крыш, тепло-звукоизоляции стен домов.



Рисунок 1.1 – Пенополистирол марки ПСБ-С25

Основные характеристики материала указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики пенополистирола ПСБ-С25

Плотность, кг/м ³	13
Толщина, мм	30
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	0,041
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,05

Минеральная вата марки Isover (рис. 1.2). Минеральная вата один из самых распространенных теплоизоляторов. Она выпускается в различных формах: плиты, цилиндры, маты и рыхлая вата. Изготавливается путем получения из минералов волокон и связывания их с помощью специальных смол. [2]



Рисунок 1.2 – Минеральная вата марки Isovber

Основные характеристики материала указаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристики минеральной ваты Isovber

Плотность, кг/м ³	13
Толщина, мм	50
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	0,04
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,7

Вспененный полиэтилен марки ППЭ 3010 (рис. 1.3). Материал широко используется в промышленности и строительстве, благодаря высоким температурным и звукоизоляционным свойствам, прочностным характеристикам, простоте монтажа и относительно низкой стоимости. [2]



Рисунок 1.3 - Вспененный полиэтилен марки ППЭ 3010

Основные характеристики материала указаны в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристики вспененного полиэтилена марки ППЭ 3010

Плотность, кг/м ³	33
Толщина, мм	10
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	0,037
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,001

Поролон марки ST 1825 (рис. 1.4). Это эластичный пенополиуретан, мягкая полиуретановая пена, состоящая на 90 % из воздуха, используемая в качестве смягчающего и поддерживающего материала, а также для придания упругости изделиям и изоляции.



Рисунок 1.4 – Поролон марки ST 1825

Основные характеристики материала указаны в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Характеристики поролона марки ST 1825

Плотность, кг/м ³	18
Толщина, мм	40
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	0,04
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,05

Пеностекло производства компании «Пеноситал» (рис. 1.5). Это прочный утеплитель, изготавливается путем вспенивания расплавленного стекла. Пеностекло применяют для обустройства кровель и в качестве теплоизолятора для жилищно-коммунальных комплексов и технологического оборудования.

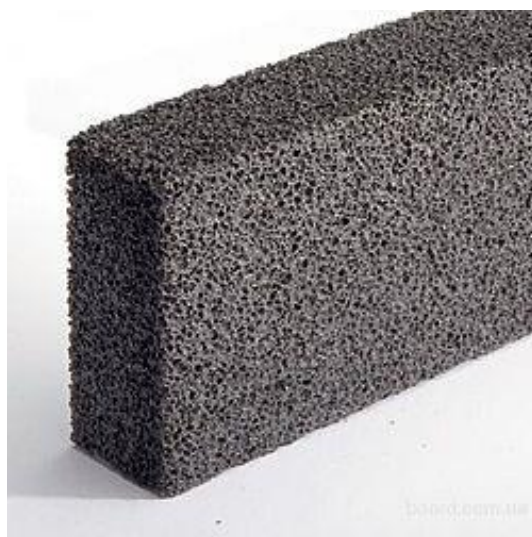


Рисунок 1.5 – Пеностекло производства компании «Пеноситал»

Основные характеристики материала указаны в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Характеристики пеностекла производства компании «Пеноситал»

Плотность, кг/м ³	140
Толщина, мм	100
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	0,05
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,002

Толщина рассмотренных термоизоляционных материалов лежит в диапазоне от 10 до 100 мм. Далее будут рассмотрены методы контроля и приборы для измерения толщин, работающие в этом диапазоне.

ГЛАВА 2 Обзор измерительных преобразований

2.1 Индуктивное измерительное преобразование

Индуктивное измерительное преобразование основано на зависимости индуктивности обмотки от параметров обмотки и магнитной цепи, в которую включена обмотка.

Индуктивность обмотки зависит и от геометрических, и от магнитных свойств всех участков магнитной цепи, следовательно, это позволяет измерить любую из этих характеристик, в том числе толщину немагнитного зазора между сердечником обмотки и ферромагнитным основанием и магнитную проницаемость материала.

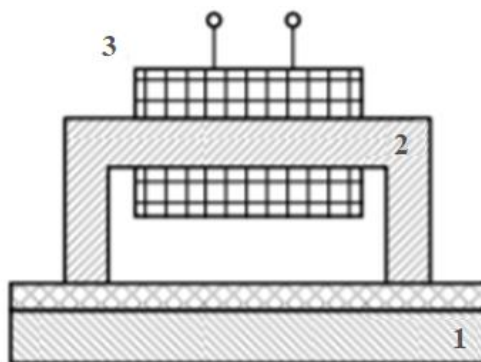


Рисунок 2.1.1 – Индуктивное измерительное преобразование в толщинометрии, где 1 – ферромагнитная основа, 2 – магнитный сердечник, 3 – обмотка

Рисунок 2.1.1 иллюстрирует, каким образом используется индуктивное измерительное преобразование в толщинометрии. На сердечник из ферромагнитного материала намотана обмотка, на которую подается переменное напряжение. Магнитный поток, вызванный переменным током обмотки, проходит по магнитопроводу, и в зависимости от зазора между ферромагнетиками изменяется индуктивность обмотки. Данную зависимость используют для измерения толщины немагнитных покрытий, но так как в большинстве своем термоизоляционные материалы не подвержены влиянию магнитного поля, на место зазора можно расположить термоизоляционный

материал. Исходя из этого, величина зазора будет соответствовать толщине исследуемого материала.

Главным преимуществом описанного индуктивного измерительного преобразования является простота конструкции.

Недостатками являются:

- Для измерения толщины объекта необходим двухсторонний доступ, так как нужен физический контакт между сердечником обмотки индуктивности с одной стороны и ферромагнитным основанием с другой стороны.
- Ограниченный диапазон измерения толщин. Магнитное поле достаточно быстро убывает с увеличением расстояния от источника, поэтому при больших толщинах влияние ферромагнитного основания на индуктивность будет незначительным.

Прибор МТП-1 предназначен для контроля толщины теплоизоляционных покрытий стальных труб, контроля качества при производстве труб с пенополиуретановой изоляцией (рис.2.1.2). [3]



Рисунок 2.1.2 – Прибор МТП-1

Основные характеристики МТП-1 представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Основные характеристики прибора МТП-1

Рабочий диапазон толщины изоляции, мм	20...100
--	----------

Продолжение таблицы 2.1

Габариты, мм - электронного блока - датчика	146x72x25 150x32x37
Вес, кг - электронного блока - датчика	0,14 0,20
Предел погрешности измерения толщины изоляции, не более, мм (при обязательной настройке на металл)	$\pm(0,5+0,03H)$
Время непрерывной работы, час	25
Потребляемая мощность, Вт	0,08
Цена, руб	63600

2.2 Измерительные преобразования в акустических полях

Эти измерительные преобразования основываются на зависимости параметров распространяющихся в упругом теле механических возмущений (деформаций) – упругих волн от параметров тела.

При распространении акустических волн в среде частицы среды колеблются около точек равновесия, а распространение волны происходит от частицы к частице.

Акустические волны подразделяют на четыре диапазона в зависимости от частоты: инфразвуковые, звуковые, ультразвуковые и гиперзвуковые. Широкое распространение для решения задач измерительных преобразований нашли звуковой и ультразвуковой диапазоны.

Также акустические волны разграничивают на четыре вида в зависимости от направления колебаний частиц по отношению к направлению распространения: продольные, поперечные, поверхностные, нормальные.

Как следует из названия «продольная волна» это волна, направление колебаний частиц которой совпадает с направлением её распространения. Она может быть возбуждена в газообразной, жидкой и твердой средах.

Естественно, что в поперечной волне направление колебаний частиц и направление распространения волны перпендикулярны друг другу. Такие

волны возникают в телах, способных к упругому сопротивлению деформации сдвига, т.е. в твердых телах.

Поверхностные волны возникают на свободной поверхности твердого тела (в тонком поверхностном слое), на которой частицы движутся по эллипсоидной траектории.

Нормальные волны могут возникнуть в плоских телах или же в телах, толщина которых постоянна.

От эластичности материала и его плотности зависит скорость распространения упругих волн, а нормальные волны зависят еще и от размеров тела, в котором волны распространяются.

Акустические волны в средах возбуждаются с помощью следующих видов преобразований: пьезоэлектрическое преобразование, термоакустическое преобразование, электромагнитно-акустическое и магнитострикционное преобразования.

В частности измерение толщин акустическими методами осуществляется в широком диапазоне частот от нескольких Гц до сотен кГц. Основным измерительным преобразованием является пьезоэлектрическое измерительное преобразование.

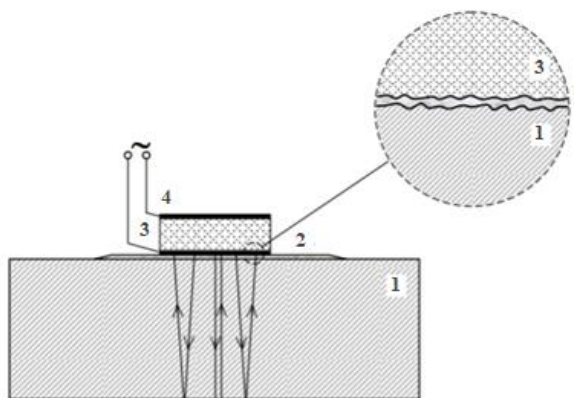


Рисунок 2.2.1 – Пьезоэлектрическое преобразование: 1 – измеряемый объект, 2 – слой жидкости, 3 – пластина из пьезоэлектрика 4 – металлическая обкладка

Принцип работы пьезопреобразователей лежит в упругих деформациях, которые генерируют пьезоэлектрики при подаче переменного напряжения.

Акустические волны, которые возникают в пьезоэлектрике, распространяются в объекте контроля при его непосредственном контакте. Следовательно, пластина из пьезоэлектрического материала является основополагающим элементом пьезоэлектрического преобразования.

На рисунке 2.2.1 продемонстрировано, как при помощи пьезоэлектрического преобразования распространяются акустические волны в металлической пластине. Ввиду того, что объект контроля имеет некоторую шероховатость поверхности, то возникает воздушный зазор между самим объектом контроля и преобразователем. Образующийся воздушный зазор является большой помехой для акустических волн из-за значительной разницы в плотностях. Для того чтобы провести контроль обязательно нужно убрать воздушный зазор с помощью контактной жидкости. Контактной жидкостью может являться практически любая жидкость, плотность которой максимально приближена к плотностям объекта контроля и преобразователя. Чтобы сократить погрешность, вносимую контактной жидкостью, важно, чтобы толщина зазора была меньше длины волны распространяющихся акустических волн.

Вследствие того, что пьезоэлектрический эффект является обратимым, то один и тот же преобразователь может использоваться и для возбуждения, и для приёма акустических колебаний. Для приёма пьезопреобразователь плотно прилегает к поверхности контролируемого объекта, в котором распространяются акустические волны, зазор заполнен контактной жидкостью. Упругие деформации пьезопластины, вызванные акустическими волнами, вызывают появления переменной разности потенциалов на её металлизированных обкладках. [5]

Магнитострикционные измерительные преобразователи применяются для приёма и возбуждения акустических колебаний в диапазоне частот от 2 кГц до 100 кГц.

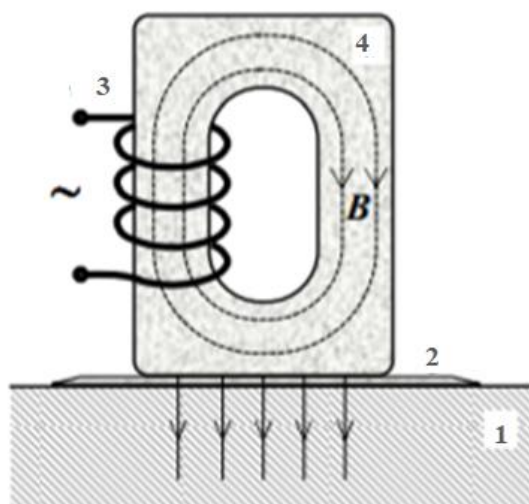


Рисунок 2.2.2 – Магнестрикционный преобразователь: 1 – объект контроля, 2 – контактная среда; 3 – обмотка; 4 – сердечник из магнестрикционного материала

Основополагающим элементом конструкции магнестрикционного преобразователя является обмотка с магнитопроводом, сделанная из ферромагнитного материала с магнестрикционными свойствами (рис. 2.2.2). При пропускании через обмотку переменного электрического тока, в сердечнике возникает переменное магнитное поле. Из-за намагничивания сердечника таким способом, в нём происходят упругие деформации, и появляются акустические колебания. Если воспользоваться аналогичным пьезоэлектрическому преобразователю методом устранения воздушного зазора, то акустические колебания, появившиеся в сердечнике, распространятся в объекте контроля.

Из-за обратимости магнестрикционного эффекта магнестрикционный преобразователь может использоваться для приёма акустических волн. При наличии контактной среды между поверхностью объекта и сердечником, волны, которые попадают из объекта преобразования в сердечник, порождают упругую деформацию, а, следовательно, происходит изменение магнитной проницаемости материала.

Достоинствами акустических измерительных преобразователей являются:

- Контроль практических всех магнитных и немагнитных материалов
- Широкий диапазон частот
- Односторонний доступ к объекту контроля

К недостаткам можно отнести:

- Сложность и иногда невозможность контроля неоднородных и крупнозернистых материалов
- Наличие контактной жидкости. Это значит, что поверхность контролируемого объекта должна быть очищена для его плотного контакта преобразователем. Термоизоляционные материалы имеют пористую структуру, следовательно, убрать все эхо-помехи практически невозможно

Акустический метод преобразования используется в приборе УТ-111 (рис. 2.2.3). Он предназначен для измерения толщины изделий из металлов и сплавов, стекла, керамики, полимерных материалов при одностороннем доступе к объекту измерения. [4]



Рисунок 2.2.3 – Прибор УТ-111

Основные характеристики прибора УТ-111 приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Основные характеристики прибора УТ-111

Диапазон контролируемых толщин, мм	0,6...500
Диапазоны установки скорости ультразвука, м/с	100-9999

Продолжение таблицы 2.2

Дискретность показаний, мм	0,010 до 99,99 мм 0,100 от 100,0 мм
Температурный диапазон, градус С	-10...+50
Габариты, мм	120x90x40
Масса электронного блока, кг	0,5
Время непрерывной работы, час	12
Время измерения, не более, с	4
Цена, руб	69000

2.3 Вихретоковые измерительные преобразования

Измерительные преобразования в полях вихревых токов основаны на возбуждении в электропроводящих объектах переменным магнитным полем вихревых токов и зависимости параметров этих токов от свойств объекта.

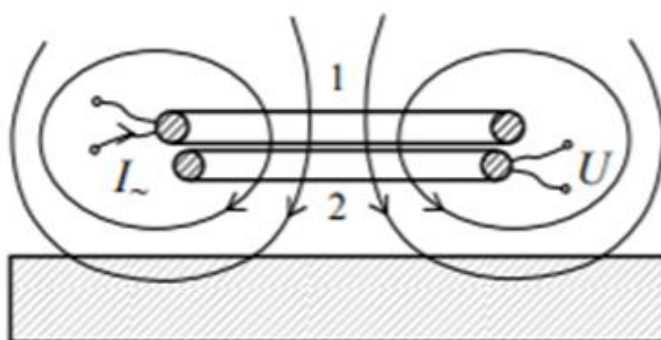


Рисунок 2.3.1 - Вихретоковое преобразование: 1 – обмотка возбуждения;
2 – измерительная обмотка

Обмотка с переменным электрическим током используется как источник переменного магнитного поля. В электропроводящем объекте, например, пластине, находящейся рядом с такой обмоткой, вследствие воздействия магнитного поля обмотки будут возбуждаться вихревые токи (рис. 2.3.1).

У вихревых токов есть собственное магнитное поле. Согласно закону Лоренца переменное магнитное поле вихревых токов стремится противодействовать изменениям магнитного потока, индуктирующего

вихревые токи. Возбуждающее магнитное поле и магнитное поле вихревых токов в пластине противоположны по направлению, в результате чего результирующее магнитное поле довольно резко затухает по глубине. Поскольку магнитное поле с ростом расстояния от источника магнитного поля убывает, соответственно параметры вихревых токов будут зависеть от расстояния от обмотки возбуждения до проводящего объекта.

Вихревые токи создают в пространстве переменное магнитное поле, поэтому в измерительной обмотки помещенной в это поле возбуждается ЭДС индукции, которое пропорционально расстоянию от проводящего объекта до измерительной обмотки. Это ЭДС индукции принято называть вносимым напряжением.

Начальное и вносимое напряжения - две составляющие комплексного электрического напряжения измерительной обмотки, которое отражает характеристики электропроводящего объекта. Начальным напряжением вихретокового преобразователя называют одну из составляющих электрического напряжения измерительной обмотки, вызванную прямым воздействием возбуждающего магнитного поля. Напряжение, которое вызвано воздействием магнитного поля вихревых токов, называется вносимым напряжением вихретокового преобразователя. [5]

На рисунке 2.3.2 показан годограф относительного вносимого напряжения вихретокового преобразователя, расположенного над токопроводящей немагнитной пластиной от изменения удельной электрической проводимости материала σ , частоты тока возбуждения ω , зазора h между обмотками и поверхностью объекта.

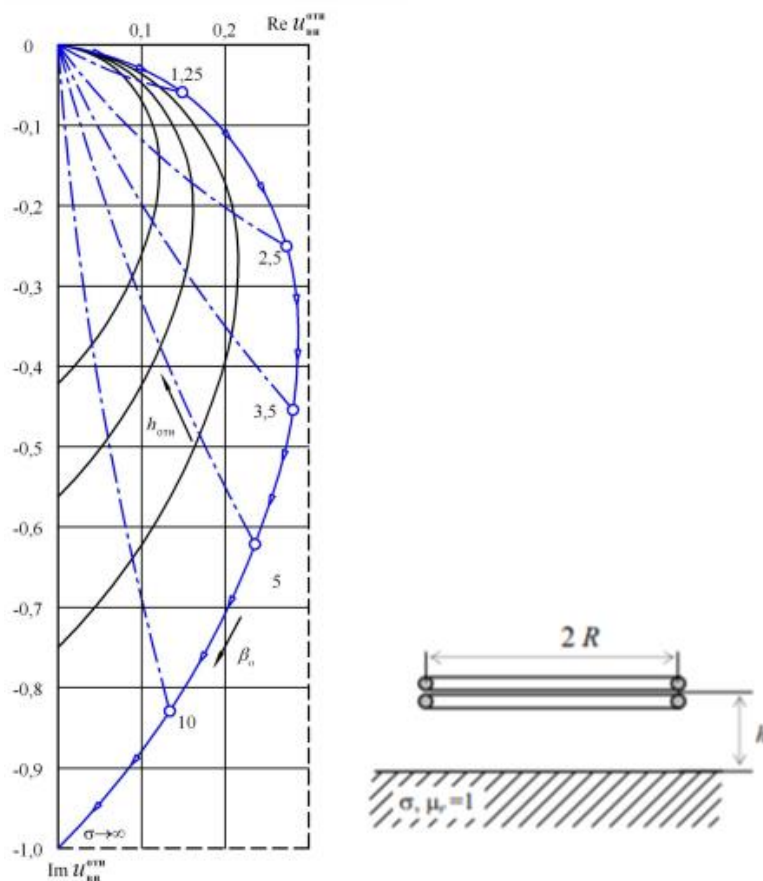


Рисунок 2.3.2 - Годографы относительного вносимого напряжения вихретокового преобразователя над немагнитным электропроводящим объектом от изменения обобщенного параметра $\beta = R \cdot \sqrt{\omega \cdot \sigma \cdot \mu_0}$ и зазора

$$h^* = h/R$$

Годограф относительного вносимого напряжения – это линия на комплексной плоскости, вычерчиваемая концом вектора относительного вносимого напряжения, когда меняется определенная геометрическая или электромагнитная характеристика проводящего объекта, либо частота тока возбуждения. [5]

На рисунке 2.3.2 штрихпунктирными линиями показаны годографы от изменения зазора. Исходя из этого видно, что от зазора меняется только амплитуда вносимого напряжения, фаза остается при этом неизменной.

В качестве зазора используется термоизоляционный материал, следовательно, величина зазора это и есть интересующая толщина термоизоляционного материала.

Достоинствами вихретокового преобразователя являются:

- Простота конструкции преобразователя
- Широкая номенклатура материалов, толщину которых можно определять этим методом (любые диэлектрические материалы)
- Такие внешние факторы, как давление и влажность, почти не влияют на погрешность измерения

К недостаткам можно отнести:

- Для измерения толщины термоизоляционных материалов необходима электропроводящая пластина. Двусторонний доступ к объекту контроля, необходим контакт с электропроводящей пластиной с одной стороны и контакт с преобразователем с другой стороны
- Зависимость результатов измерений от удельной электрической проводимости металлической пластины
- Невозможность определить толщину в конкретной точке

Существует большое количество измерителей толщины, основанных на вихретоковых измерительных преобразованиях. В частности ярким примером такого прибора является PosiTector 6000 с выносным датчиком FNGS для измерения толщины немагнитных покрытий на ферромагнитном и неферромагнитном основании. [6]



Рисунок 2.3.3 – Датчик FNGS прибора PosiTector 6000

Основные характеристики прибора указаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные характеристики PosiTector 6000

Диапазон контролируемых толщин, мм	1...63
Питание	3xAAA
Погрешность измерений	$\pm (0,2 \text{ мм} + 3\%)$
Дискретность индикации, мм	0,01, 0,001
Тип датчика	Выносной
Температурный диапазон, градус С	-10...+40
Габариты, мм	146x64x31
Масса электронного блока без батареи, кг	0,16
Цена, руб	154300

2.4 Электроемкостное измерительное преобразование

Электроемкостное измерительное преобразование основано на зависимости комплексного электрического сопротивления плоскопараллельного конденсатора от геометрических размеров конденсатора.

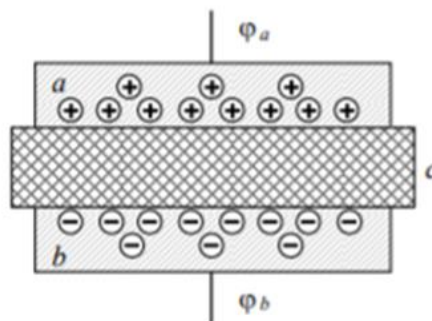


Рисунок 2.4.1 – Конденсатор, где a,b – это обкладки конденсатора, c - диэлектрик

На рисунке 2.4.1 показано, что конденсатор состоит из двух проводников, которые разделяет диэлектрик. Проводники заряжаются равными, но противоположными по знакам зарядами. Из-за взаимного притяжения зарядов разного знака поверхностная плотность зарядов на обращенных друг к другу частях проводников выше. Между проводниками

должна существовать разность потенциалов. С помощью измерения электрической емкости производится оценка конденсаторов.

$$C = q/U, \quad (1)$$

где q – это величина заряда в кулонах,

U – это разность потенциалов в вольтах,

C – электрическая емкость, измеряемая в фарадах.

В плоскопараллельном конденсаторе с однослойным диэлектриком на емкость конденсатора C влияют диэлектрическая проницаемость диэлектрика ϵ , площадь пластин S и расстояние между ними δ .

$$C = \epsilon * S / \delta \quad (2)$$

Поскольку термоизоляционные материалы являются диэлектриками, для измерения толщины термоизоляционного материала его в качестве диэлектрика располагают между обкладками. [5]

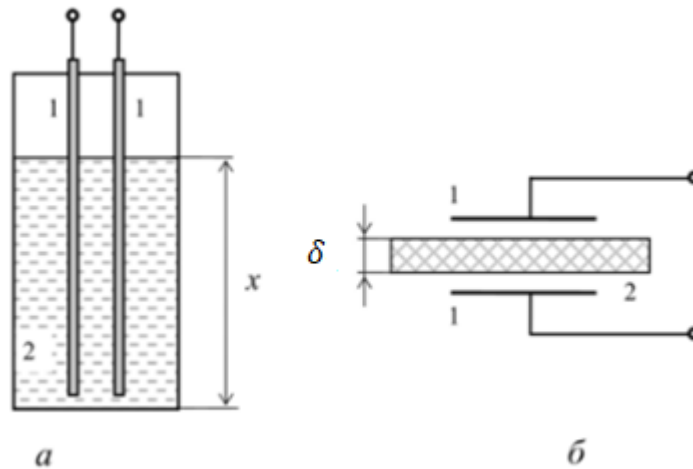


Рисунок 2.4.2 – Примеры использования электроемкостного измерительного преобразования: а) жидкие или сыпучие диэлектрические материалы, б) измерение толщины диэлектрического материала; 1 – электроды, 2 – объект контроля

На рисунке 2.4.2 б показан плоскопараллельный конденсатор с многослойным диэлектриком, расчет емкости производится по следующей формуле:

$$C = \frac{S}{\delta_1/\epsilon_1 + \delta_2/\epsilon_2 + \delta_3/\epsilon_3} \quad (3)$$

где C – емкость конденсатора;

S – площадь перекрытия пластин;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – диэлектрические проницаемости отдельных слоев;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – толщина отдельных слоев.

В частности это позволяет бесконтактно определять толщину диэлектрического материала с отличной электропроводностью от электропроводности воздуха.

К преимуществам электроемкостного измерительного преобразования можно отнести:

— Простоту конструкции

— Возможность бесконтактного определения толщины диэлектрического материала, в нашем случае термоизоляционного материала

— Высокую производительность

К недостаткам относим:

— Необходимость двустороннего доступа к объекту контроля

— Зависимость от внешних факторов как, например, влажность, частота и амплитуда подаваемого напряжения

— Ограниченный диапазон толщин, невозможность точечного определения толщины.

— Большие габариты преобразователя

2.5 Измерительные преобразования в радиоволновых (высокочастотных) электромагнитных полях

Преобразования в радиоволновых (высокочастотных) электромагнитных полях основываются на зависимости параметров электромагнитных волн в радиоволновом диапазоне от параметров среды, в которой распространяются эти колебания.

Электромагнитные волны имеют длину, лежащую в диапазоне от 5×10^{-5} до 10^{10} м и частоту от нескольких кГц до 6×10^{12} Гц.

Для измерения толщины необходимо, чтобы в измеряемую длину укладывалось несколько длин волн.

Электромагнитной волной называются переменные магнитное и электрическое поля, направления векторов напряженности которых перпендикулярны направлению распространения волны (рис. 2.5.1).

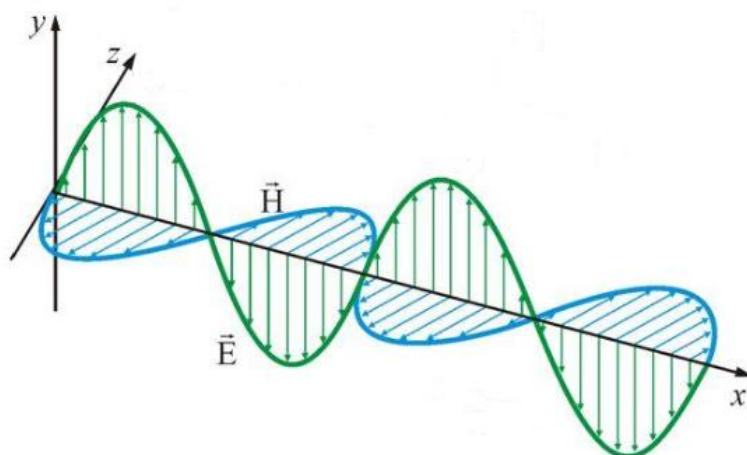


Рисунок 2.5.1 – Схема распространения электромагнитной волны

В слабо проводящих электрический ток материалах радиоволны проникают на значительную глубину. В проводниках же глубина проникновения мала настолько, что ей можно пренебречь и считать, что радиоволны полностью отражаются от них.

Для приема и возбуждения электромагнитных волн используют две антенны: приемную и передающую. Передающая преобразует электромагнитные колебания, возбуждаемые в цепи генератора, в электромагнитные волны. Приемная антенна преобразует электромагнитные волны в электромагнитные колебания в электрической цепи приемника.[5]

Электрический либо магнитный диполь является основным функциональным элементом антенны. Электрический диполь состоит из двух металлических стержней, подключенных к генератору напряжений высокой частоты. Рамка с переменным током или электромагнит, обмотка которого намотана на стержень с высокой магнитной проницаемостью, представляют собой магнитный диполь (рис. 2.5.2).

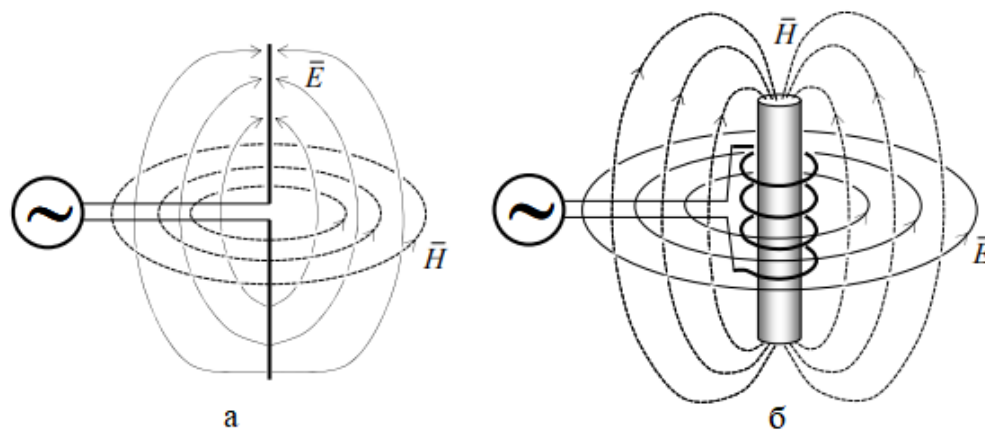


Рисунок 2.5.2 – Электрический(а) и магнитный диполи(б) и их электромагнитные поля

Диполи можно использовать для приема электромагнитных волны, тогда их включают в электрическую цепь приемника. Электрический и магнитный диполи преобразуют в электрический сигнал напряженность электрического поля и магнитного поля соответственно.

Чтобы направить возбуждаемые радиоволны от вибратора к объекту контроля, или от объекта к приемнику, применяются радиоволноводы, представляющие собой металлические трубы и диэлектрические стержни, в которых распространяются радиоволны. Механизм их распространения в волноводах обусловлен многократным отражением электромагнитных волн от стенок волновода. Для фокусировки волн используют зеркальные системы и линзы (рис. 2.5.3).

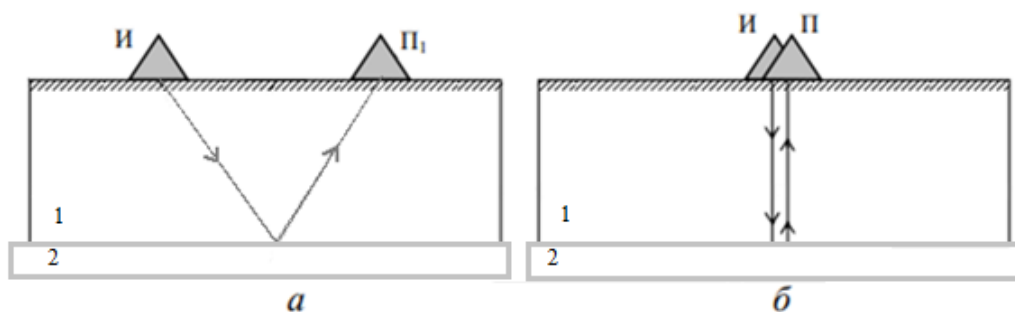


Рисунок 2.5.3- Измерение толщины диэлектрического объекта с помощью измерительных преобразований в радиоволновых (высокочастотных) электромагнитных полях: 1 – диэлектрический объект, 2 – проводник

Существует два способа для измерения толщины диэлектрического объекта, представленных на рисунке. В первом способе возбуждающая антенна подает под определенным углом радиоволны в объект контроля, а приемная антенна принимает сигнал в другом месте. С помощью известной точки возбуждения радиоволны и угла, под которым она прошла в исследуемый объект, и, зная точку приема сигнала, можно использовать геометрические законы и вычислить толщину объекта контроля. Вторым способом измерения толщины основывается на зависимости энергии волны от времени ее прохождения через объект. Волна направлена в объект под прямым углом, а приемная антенна ставится на место источника. Волна, отразившись от противоположной поверхности под прямым углом, попадает в приемник, который регистрирует сигнал. Вычисление толщины объекта происходит путем измерения потока энергии отраженной волны, времени прохождения волны и известного коэффициента отражения от диэлектрического материала.

Учитывая вышеизложенные особенности, выделяем следующие достоинства:

- Широкий диапазон измеряемых толщин
 - Широкая номенклатура материалов, толщину которых можно определить данным методом
- Недостатками являются:
- Высокая сложность конструкции и, как следствие, дороговизна источника и приемника радиоволнового излучения
 - Необходимость двустороннего доступа к объекту контроля, помимо источника и приемника с одной стороны необходимо иметь электропроводящее основание с другой стороны диэлектрического материала
 - Невозможность проведения измерений малых толщин

ГЛАВА 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследовании методов контроля толщины термоизоляционных материалов, используемых для теплоизоляции в домах, трубах, резервуарах и прочих объектов, требующих определенной температуры эксплуатации.

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.

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 «Контроль толщины термоизоляционных материалов» на предприятии выступают производственные лаборатории, где тестируются партии термоизоляционных материалов.

Примером предприятия потребителя является компания ООО «ПЕНОПЛЭКС» г. Санкт-Петербург.

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.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Е	Б _И	Б _В	К _Е	К _И	К _В
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота проведения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Стоимость услуги	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Точность измерения	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
4. Универсальность метода	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
5. Безопасность метода	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
7. Повышение конкурентоспособности	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Итого	1	33	27	25	4,75	3,9	3,6

где Б_Е – измерение толщины электроемкостным методом контроля;

Б_И – измерение толщины индуктивным методом контроля;

Б_В – измерение толщины вихретоковым методом контроля.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i \quad (6)$$

где К – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать емкостной метод контроля для измерения толщины термоизоляционных материалов.

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.

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: тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

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.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT анализа

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

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 таблице 4.3 и таблице 4.4.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

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

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

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

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

- B2B3C1C2; B1B2B3C3; B1B2C4;
- B2B3Сл2Сл3; B2Сл1;
- У1У2У3С1С2С3;
- У2Сл2.

Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за дороговизны и сложности оборудования для контроля толщины.

Что касается слабых сторон, то для данных методов требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечение обучения нового персонала со знаниями методов, используемых в толщинометрии.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.5. Таблица содержит в себе все сильные и слабые стороны научно-исследовательского проекта, возможности и угрозы.

Таблица 4.5 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются;</p> <p>С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С3. Актуальность и высокая технологичность методов;</p> <p>С4. Наличие опытного руководителя.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами;</p> <p>Сл2. Дороговизна и сложность оборудования для проведения экспериментов;</p> <p>Сл3. Значительные временные и интеллектуальные затраты</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки;</p> <p>В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p> <p>В3. Публикации о проекте в тематических журналах.</p>	<p>Большой потенциал применения метода в России и других странах способствует развитию и доработке методов контроля</p>	<p>Данным методам требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечить обучение нового персонала со знаниями методов толщинометрии</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные методы;</p> <p>У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения</p> <p>У3. Нехватка финансирования</p>	<p>Отсутствие спроса влияет на актуальность и технологичность методов</p>	<p>Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за дороговизны и сложности оборудования для проведения экспериментов</p>

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.

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 термоизоляционных материалов	Руководитель Бакалавр
	6	Разработка методики	Бакалавр

Продолжение таблицы 4.6

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 случаев 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, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (7)$$

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

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

$t_{маxi}$ – 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (8)$$

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

$t_{ожi}$ – 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

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.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (10)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ, представленный в таблице А.1 (приложение А). Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в табл. 4.7 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 4.7 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра-бот	Вид работ	Испол-нители	Т _{ки} , 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	0.5	0.5												
2	Составление и утверждение плана работ	НР	1	1													
3	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2		2												
4	Выбор направления исследования	Ст, НР	2		1												
5	Календарное планирование работ	Ст, НР	2		1												
6	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	16			16											
7	Создание процесса измерения термоизоляционн ых материалов	Ст, НР	13					13									
8	Разработка методики	Ст	9						9								
9	Оценка эффективности полученных результатов	Ст	4									4					
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5										5				
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	1											1			
12	Оформление ВКР	Ст	5												5		

 – 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:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (11)$$

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, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Результаты расчетов представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _M), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Тетрадь для записей	Шт.	1	1	1	45	45	45	45
Ручка	Шт.	1	1	1	15	15	15	15
Образцы термоизоляционного материала (полипропилен)	Кг	1	1	1	94	94	94	94

Продолжение таблицы 4.8

Электроэнергия	кВт*ч	250	300	280	3,5	875	1050	980
Итого, руб.						1029	1204	1134

Общие материальные затраты составили 1029 руб.

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, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 4.9 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (З _м), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	40	40	40	40
Программное обеспечение (MathCAD)	Шт.	1	1	1	5	5	5	5
Вихретоковый измерительный преобразователь	Шт.	-	-	1	15	-	-	15
Индуктивный измерительный преобразователь	Шт.	-	1	-	10	-	10	-
Электроемкостной измерительный преобразователь	Шт.	1	-	-	7	7	-	-
Мультиметр MASTECH MY65	Шт.	1	1	1	6	6	6	6
Источник питания	Шт.	1	1	1	15	15	15	15
Итого:						73	76	81

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 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарботная 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	2	2	3	2			4	4	6
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
6.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	12	13	16	2			24	26	32
7.	Создание процесса измерения толщины термоизоляционных материалов	Ст, НР	11	14	15	5,1			56,1	71,4	76,5

Продолжение таблицы 4.10

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	1	2	2	2	2	4	4
12	Оформление ВКР	Ст	5	6	7	2	10	12	14
Итого							156, 7	185, 1	207, 3

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (12)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (13)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (14)$$

где Z_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 4.11 – 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):

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (15)$$

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

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

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

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

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

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

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.12

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_T	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	Старший преподаватель	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3731,45	17	63434,77
Студент	Инженер	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	52	97344
Итого										160778,77

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:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (16)$$

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

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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (17)$$

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 4.13, включающей в себя основную заработную плату руководителя проекта и студента, дополнительную заработную плату руководителя проекта и студента, а также итоговые суммы отчислений во внебюджетные фонды для всех трёх исполнений.

Таблица 4.13 – 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
Руководитель проекта	63434,77	78360,6	85823,52	9515,22	11754,09	12873,53
Студент	97344	112320	127296	14601,6	16848	19094,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	55838,46					
Исполнение 2	66223,37					
Исполнение 3	74016,41					

4.5.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (18)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1029 + 73000 + 63434,77 + 97344 + 9515,215 + 14601,6 + 55838,46) \cdot 0,16 = 49709,48 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1204 + 76000 + 78360,6 + 112320 + 11754,09 + 16848 + 66223,37) \cdot 0,16 = 57140,71 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1134 + 81000 + 85823,52 + 127296 + 12873,53 + 19094,4 + 74016,41) \cdot 0,16 = 63266,93 \text{ руб.}$$

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 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	1029	1204	1134	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	73000	76000	81000	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	156700	185100	207300	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24116,81	28602,09	31967,93	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	55838,46	66223,37	74016,41	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	49709,48	57140,71	63266,93	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НИИ	360393,75	414270,20	458685,30	

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:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (19)$$

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

Φp_i – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{360393,75}{458685,30} = 0,785;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{414270,20}{458685,30} = 0,903;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{458685,30}{458685,30} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (20)$$

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.

Таблица 4.15 – 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)	0,2	5	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4	3
4. Энергосбережение	0,15	5	3	4

Продолжение таблицы 4.15

5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	3	3
Итого	1	4,7	3,55	3,45

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,7;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,55;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,45.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,7}{0,785} = 5,98$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,55}{0,903} = 3,93;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{3,45}{1} = 3,45.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (табл. 4.16).

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (21)$$

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,785	0,903	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,55	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,98	3,93	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,657	0,576

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.