

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

Институт социально-гуманитарных технологий
Направление подготовки – Электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Ультразвуковой дефектоскоп для контроля изделий теневым методом

УДК 620.179.16:535.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A30	Чэнь Цзянкунь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Солдатов Алексей Иванович	Д.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	К. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Юрий Викторович	К. т. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Губарев Федор Александрович	к.ф.-м.н., доцент		

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

Институт социально-гуманитарных технологий
Направление подготовки – Электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Губарев.Ф.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
151A30	Чэнь Цзянкунь

Тема работы:

Ультразвуковой дефектоскоп для контроля изделий теневым методом

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (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.).	Объектом исследования является ультразвуковой дефектоскоп для контроля изделий теневым методом. При этом рассмотреть способность определения глубины залегания дефектов и разрешающую способность при разных условиях. Разработка принципиальной схемы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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;	- Краткий обзор ультразвукового контроля; - Исследования дефектометрических характеристик ультразвукового контроля; - Анализ полученных результатов; - Разработка принципиальной схемы; - Социальная ответственность; - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;

заключение по работе).	- Заключение.
------------------------	---------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Волков Юрий Викторович, доцент, ЭБЖ ИНК
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна, доцент, МЕН ИСГТ
Иностранный язык	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Солдатов Алексей Иванович	Д.т.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151А30	Чэнь Цзянкунь		

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

Студенту:

Группа	ФИО
151A30	Чэнь Цзянкунь

Институт	ИСГТ	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Знакомство с системой налогообложения, со ставками налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A30	Чэнь Цзянкунь		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
151A30	Чэнь Цзянкунь

Институт	ИСГТ	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются ультразвуковой дефектоскоп для контроля изделий теневым методом. Алгоритмы могут применяться для получения информации о дефектах, расположенных на значительной глубине в различных материалах и изделиях.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);	1.1. Вредные и опасные факторы, которые может создать объект исследования: -электромагнитные излучения/ освещение /чрезвычайная ситуация 1.2. Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований: –электромагнитные излучения; –нехватка искусственного освещения рабочей зоны; –зрительное напряжение; –поражение электрическим током. 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.
--	---

– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	2.1 Влияние процесса исследования на окружающую среду: - Утилизация компьютерной техники; - Электромагнитное и тепловое излучение. 2.2 Мероприятия по защите окружающей среды. 2.3. Рассмотрена утилизация бумажных отходов и неисправных комплектующих ПК.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень 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.	3.1. Основные ЧС в офисном помещении является возникновение пожара, также при хранении конфиденциальных данных в электронных таблицах можно говорить о возможности возникновения кибертерроризма. 3.2. Приведены способы защиты от пожара и кибератак.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 4.2. Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Юрий Викторович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A30	Чэнь Цзянкунь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 31 рисунок, 15 таблиц, 32 литературных источника, 2 приложения.

Ключевые слова: ультразвуковой дефектоскоп, теневой метод, дефектометрические характеристики, элементы антенной решетки.

Объектом исследований является ультразвуковой дефектоскоп для контроля изделий теневым методом. Проведены теоретические и экспериментальные исследование. Экспериментальные исследование по определению глубины залегания дефектов в разных зонах контроля и разрешающей способности при различном количестве элементов антенной решетки были проведены с использованием тестовых образцов. Результаты работы будут использованы для разработки структурной и принципиальной схем дефектоскопа.

Целью бакалаврской работы является:

- знакомство с теневым методом ультразвукового контроля,
- проведение теоретического исследования дефектометрических характеристик ультразвукового метода контроля изделий теневым методом,
- исследование точности определения глубины залегания дефектов с различными размерами,
- определение глубины залегания дефектов, расположенных в разных зонах контроля,
- определение разрешающей способности при различном количестве элементов антенной решетки.

В первой главе представлены физические основы ультразвуковых волн и история ультразвуковой дефектоскопии. Далее проведены краткое описание режима работы, методы подготовки образцов и требований, которые к ним предъявляются.

Во второй главе описаны теоретические исследования дефектометрических характеристик ультразвукового контроля, параметры исследуемого объекта и соответствующее решение математическим методом. Исследованы точность определения глубины залегания дефектов с различными размерами дефектов и в разных зонах контроля. исследована разрешающая способность при различном количестве элементов антенной решетки и сделан итоговый вывод.

В третьей главе представлены обоснование структурной схемы и разработана принципиальная схема. Описаны принцип работы каждого модуля и назначение элементов.

Область применения: результаты работы могут быть применены не только для контроля качества стальных и других металлических конструкций, но и для контроля изделий из пластиковых и композитных материалов, стекловолокна и керамики.

Содержание

Введение.....	13
ГЛАВА 1. Краткий обзор ультразвукового контроля.....	14
1.1 Физические основы ультразвуковых волн.....	14
1.2 История ультразвуковой дефектоскопии.....	17
1.3 Краткое описание режима работы.....	18
1.4 Области применения ультразвуковой дефектоскопии.....	20
ГЛАВА 2. Исследования дефектометрических характеристик ультразвукового контроля и их результаты.....	22
2.1 Теоретические исследования дефектометрических характеристик ультразвукового контроля.....	22
2.2 Исследование влияния собственной длины дефекта на результат измерения и определить точности измерения.....	24
2.3 Исследование влияния положения дефекта на результат измерения.....	28
2.4 Влияние количества элементов антенной решетки на результат измерения.....	32
2.5 Исследование разрешающей способности дефектоскопа.....	34
2.6 Исследование разрешающей способности при разном количестве элементов антенной решетки ($n=4, 8, 16, 32$)	40
ГЛАВА 3. Лабораторная система ультразвукового дефектоскопа.....	48
3.1 Обоснование структурной схемы.....	48

3.2 Проектирование модуля возбуждения УЗ.....	49
3.3 Проектирование схемы ограничителя напряжения.....	50
3.4 Проектирование схемы усилителя.....	50
3.5 Проектирование схемы полосового фильтра.....	52
3.6 Проектирование АЦП.....	53
3.7 Выбор микропроцессора и кабеля.....	54
3.8 Принципиальная схема.....	55
Заключение.....	56
ГЛАВА 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	57
Введение	57
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	57
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	59
4.3 SWOT-анализ.....	61
4.4.Планирование научно-исследовательских работ.....	65
4.4.1 Контрольные события проекта.....	65
4.4.2 План проекта.....	66
4.5 Бюджет научно-технического исследования.....	69
4.5.1 Расчет затрат на материалы.....	69
4.5.2 Расчет основной заработной платы.....	70
4.5.3. Расчет отчислений от заработной платы.....	71
4.5.4. Расчет затрат на электроэнергию.....	72

4.5.5. Расчет накладных расходов.....	73
4.5.6 Формирование бюджет затрат НТИ.....	73
Вывод.....	74
ГЛАВА 5. Социальная ответственность.....	75
Введение	75
5.1 Производственная безопасность.....	76
5.1.1 Микроклимат.....	77
5.1.2 Электромагнитные излучения.....	80
5.1.3 Освещение.....	81
5.1.4 Статическое электричество.....	82
5.1.5 Электробезопасность.....	83
5.1.6 Опасность возникновения пожара.....	85
5.1.7 Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации.....	86
5.2 Экологическая безопасность.....	87
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
5.3.1 Пожарная профилактика.....	88
5.3.2 Оценка пожарной безопасности помещения.....	88
5.3.3 Анализ возможных причин возгорания.....	90
5.3.4 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров.....	90
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	91
5.4.1 Правовые нормы трудового законодательства для рабочей зон.....	91
5.4.2 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	92
Заключение.....	93

Список использованных источников.....	94
Приложение №1. Принципиальная схема.....	98
Приложение №2. Список элементов.....	99

Введение

Начало использования ультразвукового контроля в промышленности относится примерно к 50-м годам прошлого века. Техническая реализация методов в то время была обусловлена созданием первых серийных ламповых дефектоскопов и разработкой ультразвуковых преобразователей на основе пьезокерамических элементов. За прошедший достаточно большой срок накоплен богатый опыт использования методов ультразвукового контроля. [1]

Наибольшее развитие за последнее время получила ультразвуковая дефектоскопия. По сравнению с другими методами неразрушающего контроля она обладает важными преимуществами: высокой чувствительностью к наиболее опасным дефектам типа трещин и непроваров, большой производительностью, возможностью вести контроль непосредственно на рабочих местах без нарушения технологического процесса, низкой стоимостью контроля.

Ультразвуковые методы контроля позволяют получить информацию о дефектах, расположенных на значительной глубине в различных материалах, изделиях и сварных соединениях. Автоматизация ультразвукового контроля не только повышает производительность труда, но и позволяет получить объективную картину качества изделия или сварного соединения, подобную рентгенограмме.

ГЛАВА 1. Краткий обзор ультразвукового контроля

1.1 Физические основы ультразвуковых волн

Упругие механические колебания, распространяющиеся в воздухе, воспринимают обычно как звуки. Это — акустические колебания. Если их частота более 20000 Гц (20 кГц), т. е. выше порога слышимости для человеческого уха, то такие колебания называют ультразвуковыми (УЗК). В дефектоскопии наиболее часто используют диапазон частот 0,5—10 МГц (1 МГц=10Е6 Гц). [2]

В зависимости от направления колебания частиц различают несколько типов волн. Если частицы среды колеблются перпендикулярно к направлению распространения волны, то это волны (рис.1,а) — поперечные. В случае, если частицы среды колеблются вдоль распространения волны, то такие волны (рис. 1,б) называются продольными. Поперечные волны могут возникать лишь в среде, обладающей сопротивлением сдвига. Поэтому в жидкой и газообразной средах образуются только продольные волны. В твердой среде могут возникать как продольные, так и поперечные волны.



Рис. 1 Типы упругих волн: а – поперечные; б – продольные

Скорость продольных волн C_l в среде плотностью ρ определяется модулем нормальной упругости E и коэффициентом Пуассона μ . Учитывая, что $G = E/2(1 + \mu)$ можно определить отношение скоростей поперечных и продольных волн:

$$C_l = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{\mu}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}} \approx \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Скорость поперечных волн C_t в среде плотностью ρ определяется из выражения:

$$C_t = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Наиболее важные дефектоскопические свойства УЗК: направленность УЗК. Направленность УЗК. При излучении пьезоэлементом импульса УЗК (рис.2, а) в среде возникает УЗ-поле, которое имеет вполне определенные пространственные границы. Угол расхождения φ_p зависит от соотношения длины волны и диаметра излучателя $2a$:

$$\varphi_p \approx \arcsin 0,61\lambda/a = 0,61C/(af) = 1,22\lambda/(2a).$$

Для малых углов $\sin \varphi_p \approx \varphi_p$. Как видно из выражения, направленность УЗ-поля тем выше (угол φ_p меньше), чем больше произведение (af) .

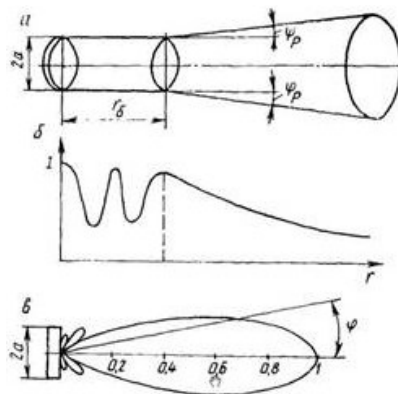


Рис.2. Структура ультразвукового поля излучателя: a - акустическое поле;

δ – изменение интенсивности вдоль луча; ϵ – диаграмма направленности

Как показано на рис.2, УЗ-колебания от генератора-излучателя ИП распространяются в материале изделия. При наличии дефекта Д образуется отраженное поле. За дефектом при его значительных размерах ($\gg \lambda$) имеется акустическая тень. Регистрируя с помощью приемника-преобразователя Π_1 ослабление УЗ-волны или с помощью преобразователя Π_2 (или ИП) эхо, т. е. отраженную УЗ-волну, можно судить о наличии дефектов в материале. Это является основой двух наиболее распространенных методов УЗ-контроля: теневого и эхо-метода.[3]

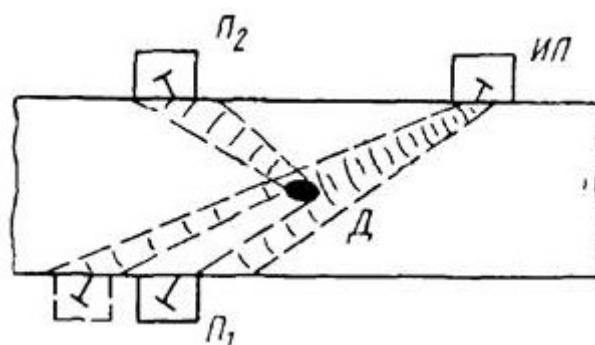


Рис.3. Схема УЗ-контроля материала: Д – дефект; ИП – излучатель и приемник (совмещенная схема); Π_1 – приемник в теновом методе; Π_2 – приемник в эхо методе

Для получения УЗ-колебаний применяют пьезоэлектрические, магнитострикционные, электромагнитно-акустические (ЭМА) и другие преобразователи. Наибольшее распространение получили пьезоэлектрические преобразователи, изготовленные из пьезокерамических материалов или из монокристалла кварца. На поверхности пьезопластины наносят тонкие слои серебра, служащие электродами. При подаче на пьезопластину электрического

напряжения она изменяет свою толщину вследствие так называемого обратного пьезоэлектрического эффекта. Если напряжение знакопеременно, то пластина колеблется в такт этим изменениям, создавая в окружающей среде упругие колебания. При этом пластина работает как излучатель. И наоборот, если пьезоэлектрическая пластина воспринимает импульс давления (отраженная УЗ-волна), то на ее поверхности вследствие прямого пьезоэлектрического эффекта появляются электрические заряды, величина которых может быть измерена. В этом случае пьезопластина работает как приемник.[4]

1.2 История ультразвуковой дефектоскопии

Возникновение ультразвукового контроля уходит своими корнями в далекие 1930-е, а первый настоящий ультразвуковой дефектоскоп (Supersonic Reflectoscope) был представлен компанией Sperry Products в 1945. В течение следующих двадцати лет, данная технология получила всеобщее признание; возросло число производителей ультразвуковых дефектоскопов.[5] В ранних дефектоскопах использовались вакуумные трубки, приборы были громоздкими и тяжелыми, и работали только от источника питания переменного тока. Полупроводниковые схемы позволили создать в 1960-х более компактные приборы с батарейным питанием, предоставляя возможность выполнения ультразвукового контроля в полевых условиях.[6]

Все ранние дефектоскопы использовали аналоговую обработку сигналов, и как все аналоговые приборы были подвержены дрейфу при калибровке.[7] В 1984 г. предшественник Olympus NDT, компания Panametrics выпустила

первый в мире портативный цифровой дефектоскоп ЕРОСН 2002. С тех пор цифровые дефектоскопы стали стандартным оборудованием, обеспечивающим цифровую стабильность калибровки и точность измерений, с функцией регистрации данных и возможностью передачи на ПК данных контроля, экранных снимков и настроек.

На сегодняшний день базовая технология УЗК известна и понятна многим, непрерывное развитие аппаратного и программного обеспечения приводит к появлению все более компактных и многофункциональных приборов. Традиционная ультразвуковая дефектоскопия с использованием малогабаритных портативных приборов и одноэлементных ПЭП является основным методом контроля качества во многих отраслях промышленности и сферах обслуживания. УЗК не требует соблюдения специальных правил безопасности или наличия особых лицензий.[8] На протяжении многих лет ультразвуковая дефектоскопия является одним из самых надежных методов (неразрушающего) контроля качества материалов. В последнее время большой интерес вызывают системы с фазированными решетками, использующие сложную технологию на базе многоэлементных ПЭП для генерации направленных лучей и создания поперечных изображений, аналогично медицинской ультразвуковой визуализации.[9] Данные дефектоскопы широко используются для контроля качества сварных соединений.

1.3 Краткое описание режима работы

Дефектоскоп сначала регистрирует форму сигнала, а затем выполняет анализ полученных данных. Внутренний генератор используется для

синхронизации импульсов преобразователя и калибровки расстояния. Обработка сигналов может быть также проста, как и генерация А-скана, отображающая амплитуду сигнала по отношению ко времени на калиброванной шкале; а может быть усложнена алгоритмами цифровой обработки, которые включают коррекцию расстояния/амплитуды и тригонометрический расчет для наклонных УЗ-путей. Стробы сигнализации часто используются для отслеживания уровней сигнала в выбранных точках волновой картины для отметки отраженных от дефектов эхо-сигналов.[10]

Приборы могут иметь жидкокристаллический дисплей, электролюминесцентный дисплей или ЭЛТ-дисплей (на основе электронно-лучевой трубки). Экран обычно калибруется в единицах глубины или расстояния. Могут использоваться цветные дисплеи для лучшей интерпретации данных.[8] Встроенные регистраторы данных используются для записи полных А-сканов и информации о настройках контроля, при необходимости, или для записи конкретной информации, например, амплитуды эхо-сигнала, значений глубины или расстояния, наличия/отсутствия условий сигнализации.[11]

В категорию усовершенствованных портативных ультразвуковых дефектоскопов входят приборы с фазированными решетками (ФР). Дефектоскопы с фазированными решетками имеют более сложное аппаратное и программное обеспечение, аналогично системам медицинской ультразвуковой диагностики, для обеспечения высокого уровня контроля и качественной обработки и интерпретации данных. Вместо одноэлементных

преобразователей, в технологии фазированных решеток используются многоэлементные ПЭП, где каждый элемент возбуждается отдельно с временной задержкой. Ультразвуковые лучи формируются путем усиливающей и гасящей интерференции от этих многочисленных источников.[12] В отличие от традиционных УЗ приборов, системы с ФР позволяют электронным способом управлять лучом, фокусировать его на различных глубинах, а затем создавать изображения поперечного сечения объекта контроля.

Теневой метод основан на ослаблении проходящих ультразвуковых волн при наличии внутри детали дефектов, создающих ультразвуковую тень (рис.4).

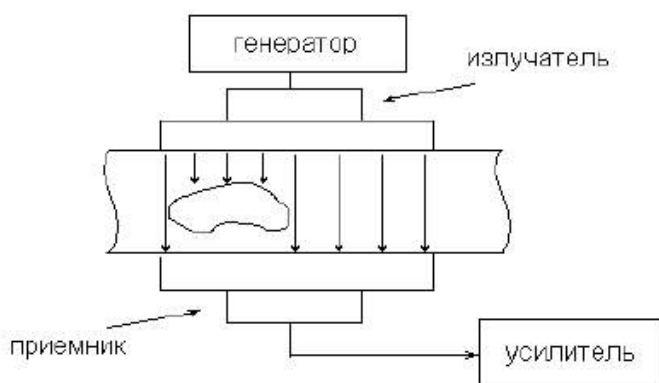


Рис.4. Схема теневого метода

При теневом методе используется два преобразователя. Один из них излучает УЗК, а другой принимает их. Чем больше дефект, тем больше ослабляется звуковой поток.

1.4 Области применения ультразвуковой дефектоскопии

Ультразвуковая дефектоскопия может быть применена практически к любому строительному материалу для выявления скрытых трещин, пористости, шлаковых включений и других подобных дефектов.[13] Ультразвуковые дефектоскопы используются не только для контроля качества стальных и

других металлических конструкций, но и для контроля изделий из пластиковых и композитных материалов, стекловолокна и керамики. Наиболее распространенные области применения:[14]

- Контроль сварных швов - основная область применения УЗК
- Первичные металлы -- балки, брусья, прутки, поковки, трубные заготовки
- Инфраструктура - мостовые балки, болтовые соединения, железнодорожные рельсы, металлические конструкции
- Нефтехимическая промышленность - трубопроводы, резервуары, несущие конструкции
- Эксплуатационный контроль - железнодорожные колеса и валы, шасси самолетов и подвески двигателя, крановые стрелы, ведущие валы, резервуары и сосуды под давлением
- Производство - точечные сварные швы, паяные швы, литые изделия, контроль прочности композитных материалов
- Композитные материалы - детали самолетов, ветряные турбины, двигатели из композитных материалов, стекловолокно

ГЛАВА 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В процессе поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием. При этом разработчики должны представить настоящее состояние и перспективы проводимых ими научных исследований.

Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурента способных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Ультразвуковые методы контроля позволяют получить информацию о дефектах, расположенных на значительной глубине в различных материалах, изделиях и сварных соединениях. Автоматизация ультразвукового контроля не только повышает производительность труда, но и позволяет получить объективную картину качества изделия или сварного соединения, подобную рентгенограмме.

Наибольшее развитие за последнее время получила ультразвуковая дефектоскопия. По сравнению с другими методами неразрушающего контроля она обладает важными преимуществами: высокой чувствительностью к наиболее опасным дефектам типа трещин и непроваров, большой производительностью, возможностью вести контроль непосредственно на рабочих местах без нарушения технологического процесса, низкой стоимостью контроля.

Ультразвуковой метод дефектоскопии. При этом методе используют звуковые волны высокой частоты (20 кГц — 25 МГц) [15]. Благодаря широкому диапазону частот используемых звуковых волн ультразвуковая дефектоскопия является одним из наиболее универсальных средств неразрушающего контроля. Различают два основных метода теневой (метод сквозного прозвучивания) и резонансный. Конкурирующие технологии будет эхо-метод. Эхо-метод широко используют для контроля сварных соединений. Чувствительность эхо-метода высокая: она достигает 0,5 мм² на глубине 100 мм. К преимуществам данного метода следует также отнести возможность одностороннего доступа к зоне шва, поскольку достаточно только одного преобразователя и для излучения и для приема УЗ-сигналов. Недостатки эхо-метода — это сравнительно низкая помехоустойчивость и резкое изменение амплитуды отраженного сигнала от ориентации дефекта (угла θ между УЗ-лучом и плоскостью отражателя). В отличие от эхо-метода теневой метод имеет высокую помехоустойчивость и слабую зависимость амплитуды от угла θ ориентации дефекта. Однако имеются

серьезные недостатки: необходимость двустороннего доступа и малая точность оценки координат дефектов.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [16].

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения [17]. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 2. Для этого

необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 2- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,09	80	100	0,8	7,2
2. Помехоустойчивость	0,18	80	100	0,8	14,4
3. Надежность	0,1	85	100	0,85	8,5
4.Уровень материалоемкости разработки	0,15	90	100	0,9	13,5
5.Простота эксплуатации	0,12	80	100	0,8	9,6
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6.Конкурентоспособность продукта	0,08	75	100	0,75	6
7.Уровень проникновения на рынок	0,07	70	100	0,7	4,9
8. Цена	0,09	75	100	0,75	6,75
9.Послепродажное обслуживание	0,02	70	100	0,7	1,4
10. Наличие сертификации разработки	0,1	85	100	0,85	8,5
Итого	1	79	100	0,79	80,75

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл.2, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5

– наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. [18]

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

Где: B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

4.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [19].

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа представлены в таблице 3

Таблица 3. Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экологическая безопасность. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С3. Ресурсоэкономичность. С4. Простота использования.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие продвижения в рынке. Сл4. Финансирование Сл5. Послепродажного обслуживания нет.
Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Появление новых источников.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Ложность в получении сертификации (большая стоимость) У5. Материальное обеспечение проекта (низкое.		

Второй этап заключается в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого строится интерактивная матрица проекта (таблица 4).

Таблица 4 Интерактивная матрица

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	
	B1	-	0	+	0	
	B2	-	-	-	+	
	B3	-	0	+	-	
Угрозы проекта	У1	+	+	0	-	
	У2	-	-	-	+	
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	0	+	+	+	0
	B2	-	+	+	-	+
	B3	-	+	+	-	0
Угрозы проекта	У1	+	-	0	0	+
	У2	-	-	-	0	-

В таблице знак «+» означает сильное соответствие сильных сторон возможностям, знак «-» – слабое соответствие и «0» выражает сомнения в том, что поставить «+» или «-».

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 5).

Таблица 5 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экологическая безопасность. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С3. Ресурсоэкономичность. С4. Простота использования.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие продвижения в рынке. Сл4. Финансирование Сл5. Послепродажного обслуживания нет.
Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Появление новых источников.	Разработка тепловизионного комплекса, обладающего более высокими показателями качества, по сравнению с теми, что представлены на рынке (в частности, более высокая надежность и быстродействие) с целью получения готового продукта с конкурентными преимуществами с оптимальной себестоимостью, высоким качеством и инженеринговой услугой.	1. Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей 2. Создание инженеринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 3. Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 4. Сокращение поставок или смена поставщика
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Ложность в получении сертификации (большая стоимость) У5. Материальное обеспечение проекта (низкое).	1. Продвижение программы с целью создания спроса 2. Создание конкурентных преимуществ готового продукта 3. Сертификация и стандартизация продукта	1. Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей 2. Создание инженеринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 3. Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 4. Сокращение поставок или смена поставщика 5. Продвижение программы с целью создания спроса

		6.Создание конкурентных преимуществ готового продукта
		7.Сертификация и стандартизация продукта

Вывод:

Ультразвуковой дефектоскоп для контроля изделий тeneвым методом имеет высокую экологическую безопасности и низкую стоимости производства по сравнению с другими технологиями. Но поскольку у него отсутствие прототипа научной разработки и продвижения в рынке, ультразвуковой контроля изделий тeneвым методом применяется в граничной сфере. Поэтому, применяется решение разработка комплекса, обладающего более высокими показателями качества, по сравнению с теми, что представлены на рынке с целью получения готового продукта с конкурентными преимуществами с оптимальной себестоимостью, высоким качеством и инжиниринговой услугой.

4.4.Планирование научно-исследовательских работ.

4.4.1 Контрольные события проекта

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эту информацию необходимо свести в таблицу (табл. 6).

Таблица 6 Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Контрольная работа знакомства ультразвукового контроля.	27,02,2017	Методические указания «Проверка ультразвукового дефектоскопа общего назначения»
2	Проверка на теоретический исследование дефектометрических характеристик.	15,03,2017	Библиотека «Испытания и контроль качества продукции основные термины и определения»
3	Оценить результат моделирования.	18,04,2017	Вывод на программном обеспечении Mathcad
4	Проверка для принципиальной схемы.	25,05,2017	Имитирование на компьютере программного обеспечения Multisim 11.0

4.4.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 7).

Таблица 7 Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	знакомство с теневым методом ультразвукового контроля	9	03,03,2017	12,03,2017	Научный руководитель, студент
2	проведение теоретического исследования дефектометрических характеристик	7	15,03,2017	22,03,2017	Студент
3	исследование точности определения	18	25,03,2017	12,04,2017	Студент

	координат дефектов с различными длинами				
4	определение координат дефектов, расположенных в разных зонах контроля	13	22,04,2017	05,05,2017	Студент
5	определение разрешающей способности при различном количестве элементов антенной решетки.	10	08,05,2017	18,05,2017	Научный руководитель, студент
6	Разработка принципиальную схему	5	20,05,2017	25,05,2017	Научный руководитель, студент
Итого:		62	03,03,2017	25,05,2017	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 8 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу [20].

Таблица 8 - Календарный план-график проведения НИОКР

Этап	Вид работы	Исполнители	t _к	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Постановка задачи	Руководитель	4				
2	Разработка и утверждение технического	Руководитель, инженер	3				

	задания (ТЗ)																			
3	Подбор и изучение материалов по тематике	Руководитель, инженер	18																	
4	Разработка календарного плана	Руководитель, инженер	3																	
5	Выбор структурной схемы устройства	Руководитель, инженер	6																	
6	Выбор принципиальной схемы устройства	Руководитель, инженер	13																	
7	Расчет принципиальной схемы устройства	И	6																	
8	Разработка макета устройства	И	31																	
9	Проведение экспериментальных исследований	Руководитель, инженер	10																	
10	Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	И	5																	
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	12																	
12	Оформление графического материала	И	5																	
13	Подведение итогов	Руководитель, инженер	4																	



-научный руководитель;



-инженер.

4.5 Бюджет научно-технического исследования

4.5.1 Расчет затрат на материалы

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 9 - Материальный затраты

Наименование	Ед. изменения	Количество	Цена за единицу, руб	Затраты на материалы, (з _м), руб
Бумага	лист	100	2	230
Картридж для принтера	шт.	1	650	650
Интернет	М/бит (пакет)	1	350	402,5
Ручка	шт.	1	20	23

Дополнительная литература	шт.	2	350	402,5
Тетрадь	шт.	1	10	11,5
Транспортно-заготовительные расходы	-	-	-	500
Итого				2219,5

4.5.2 Расчет основной заработной платы

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 оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная_плата} = \frac{\text{Месячный_оклад}}{25,17 \text{ дней}} = 1.19.$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 8. При расчете учитывалось, что в году 302 рабочих дня и, следовательно, в месяце 25,17 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 10. Также был принят во внимание

коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{\text{пр}} = 0,1$ и районный коэффициент $K_{\text{рк}} = 0,3$ ($K = 1.19 * 1.1 * 1.3 = 1.7$).

Таблица 10 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23265	924.3	10	1,7	15713,1
И	7864	312.4	50	1,7	26554
Итого:	31129	1236,7	60	1,7	42267,1

Таким образом, затраты на полную заработную плату составили

$$C_{\text{полн}} = 42267,1 \text{ руб.}$$

4.5.3. Расчет отчислений от заработной платы

Затраты по этой статье составляют отчисления по единому социальному налогу (ЕСН). Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$C_{\text{соц}} = K_{\text{соц осн}},$$

где $K_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы. Данный коэффициент составляет 27,1% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование.

Итак, отчисления из заработной платы составили:

$$C_{\text{соц}} = 0,271 * 42267,1 = 11454,4 \text{руб.}$$

4.5.4. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования а также затраты на электроэнергию, потраченную на освещение. Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей рассчитываются по формуле [21]:

$$\mathcal{E}_{\text{ОБ}} = P_{\text{ОБ}} \Pi_{\mathcal{E}} t_{\text{ОБ}}$$

где $\mathcal{E}_{\text{ОБ}}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб.;

$P_{\text{ОБ}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\Pi_{\mathcal{E}}$ – тарифная цена за 1 кВт·час, $\Pi_{\mathcal{E}} = 5.27$ руб/кВт·час;

$t_{\text{ОБ}}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе данных для $T_{\text{РД}}$ для инженера из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{УСТ.ОБ}} K_C$$

где $P_{\text{УСТ.ОБ}}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

K_C – коэффициент спроса, зависящий от количества, загрузки групп электроприемников.

Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на электроэнергию для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер	160	0,3	252.96
Паяльная станция	35	0,05	9.22
Источник питания	5	0,4	10.54
Итого:	200	0,75	272.72

В итоге: $\text{Э}=272.72$ руб

4.5.5 Расчет накладных расходов

В статье «Накладные расходы» отражены расходы на разработку проекта, которые не учтены в предыдущих статьях.

$$C_{\text{ПРОЧ}} = (C_{\text{ПОЛН}} + C_{\text{СОЦ}})^{0,5}$$

$$C_{\text{Н}} = (42267,1 + 11454,4) * 0,5 = 26860,75 \text{ руб.}$$

4.5.6 Формирование бюджет затрат НТИ

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{МАТ}}$	2219,5
Основная заработная плата	$C_{\text{ПОЛН}}$	42267,1
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{СОЦ}}$	11454,4
Расходы на электроэнергию	Э	272.72
Накладные расходы	$C_{\text{Н}}$	26860,75
Итого:		83074,47

Вывод:

Согласно проведенному анализу видно, что задача, реализованная в бакалаврской работе является эффективной как с финансовой. Общий бюджет затрат НТИ разработки проекта равен 83074,47 рублей.

