

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки Электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Ультразвуковой контроль качества паяных соединений элементов Пельтье к радиатору УДК 620.179.16

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM41	Путин Иван Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Солдатов А.И.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. менеджмента	Чистякова Н.О.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Губарев Ф.А.	к.ф.-м.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
	<i>Универсальные компетенции</i>
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делегированием ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки ___ Электроника и микроэлектроника _____

Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Ф.А.Губарев

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1АМ41	Путину Ивану Васильевичу

Тема работы:

Ультразвуковой контроль качества паяных соединений элементов Пельтье к радиатору.

Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Объектом исследования является процесс распространения ультразвуковых волн. Необходимо применить современную элементную базу и оптимальные по затратам (как временным, так и финансовым) техники изготовления макета.
Частота работы 20кГц
Число разрядов индикатора – 3
Время проведения измерения одного образца не более 5 секунд.

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, подлежащих разработке; заключение по работе.</i>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1) Структурная схема 2) Принципиальная схема
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Н.О.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Солдатов А.И.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ41	Путин И.В.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1AM41	Путину Ивану Васильевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	магистратура	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*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 Потенциальные потребители результатов исследования 2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 3 FAST – анализ 4 Оценка готовности проекта к коммерциализации 5 Инициация проекта 6 Планирование управления научно-техническим проектом 7 Бюджет научного исследования 8 Оценка сравнительной эффективности исследования | <ol style="list-style-type: none"> 1 Устав проекта 2 План проекта 3 Календарный план 4 Группировка затрат по статьям 5 Расчет затрат и зарплат 6 Сравнительная эффективность разработки |
|--|---|

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1 Иерархическая структура работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.04.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Чистякова Н.О.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM41	Путин И.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 104 _____ с., 24 рис.,
26 _____ табл., 26 _____ источника, 5 _____ прил.

Ключевые слова: _____ ультразвук, _____ неразрушающий контроль,
пьезоэлектропреобразователь, микроконтроллер _____

Объектом исследования является _____ процесс _____ распространения
ультразвука в паяных соединениях _____

Цель работы – _____ разработать алгоритм работы, структурную и
принципиальную схемы ультразвукового дефектоскопа _____

В процессе исследования проводились: _____ обзор литературы, создание
алгоритма поиска дефектов, выбор и обоснование структурной схемы
прибора, разработка принципиальной схемы, выбор элементной базы.

В результате исследования _____ был спроектирован _____ ультразвуковой
дефектоскоп _____

Основные конструктивные, технологические и технико-
эксплуатационные характеристики: _____ частота ультразвука до 20кГц, время
проведения измерения одного образца не более 5 сек, число разрядов
индикатора – 3. _____

Степень внедрения: _____ в процессе разработки _____

Область применения: _____ входной контроль качества паяных соединений
элементов Пельтье к радиатору на производствах, в исследовательских
лабораториях.

Экономическая эффективность/значимость работы: _____ работа _____ является
экономически эффективной из-за низкой стоимости прибора относительно
аналогов на рынке. _____

В будущем планируется _____ внедрение прибора на предприятиях. _____

Содержание

Введение	9
1. Обзор литературы.....	11
2. Объект и методы исследования	16
2.1. Элемент Пельтье и проблемы соединения с радиатором	16
2.2. Виды контроля и обоснование ультразвукового неразрушающего контроля.....	20
2.3. Метод ультразвуковой фазированной решетки.....	24
3. Расчеты и аналитика	Ошибка! Закладка не определена.
3.1. Разработка структурной схемы дефектоскопа.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Разработка принципиальной схемы дефектоскопа ...	Ошибка! Закладка не определена.
3.3. Выбор элементной базы.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4. Функционирование аналоговой части.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.5. Алгоритм определения дефектов и расстояния до них.....	Ошибка! Закладка не определена.
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	26
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	26
4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	26
4.3. FAST – анализ.....	27
4.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	30
4.5. Инициация проекта	31
4.6. Планирование управления научно-техническим проектом	32
4.7. Бюджет научного исследования	36
4.8. Оценка сравнительной эффективности исследования.	39
5. Социальная ответственность.	Ошибка! Закладка не определена.
5.1. Производственная безопасность.	Ошибка! Закладка не определена.
5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.	Ошибка! Закладка не определена.

5.2. Экологическая безопасность:	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.1. Защита атмосферы.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.2. Защита литосферы.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.1.Терроризм	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.2. Пожар	Ошибка! Закладка не определена.
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Ошибка! Закладка не определена.
5.4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	Ошибка! Закладка не определена.
5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Список использованных источников	Ошибка! Закладка не определена.
Список публикаций студента	42
Приложение А	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Б.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение В	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Г	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

Непрерывное повышение требований к надежности и безопасности работы оборудования предприятий различных отраслей промышленности предопределяет широкое применение физических методов и приборов неразрушающего контроля качества. Неразрушающий контроль является неотъемлемой частью технического диагностирования и используется для оценки технического состояния узлов оборудования без применения разрушающих операций, которые могут быть связаны с дополнительными затратами. Одним из основных методов неразрушающего контроля является ультразвуковой метод контроля (УЗК).

Над исследуемой проблемой определения дефектов в узлах оборудования работали ученые Проектно-конструкторско-технологического института г. Санкт-Петербурга [1]. Так же в статье Е.В.Сотниковой и Н.М.Цыганкова из Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, описана методика ультразвукового контроля сварных швов [2]. Однако до сих пор существуют нерешенные проблемы при ультразвуковом (УЗ) контроле. Так, например, в паяных соединениях - это определение местоположения дефекта и его размеры. Решение этих проблем привело бы к более легкому и простому их устранению и лучшему КПД элементов.

Ультразвуковой контроль отличается многообразием методов, типов применяемых волн, широким диапазоном частот. Методы позволяют выявлять внутренние и наружные дефекты типа трещин и расслоений. Применительно к техническому диагностированию в настоящее время ультразвук чаще всего используется для решения задач ультразвуковой дефектоскопии [3].

В настоящее время ультразвуковая дефектоскопия не широко применяется для оценки качества паяных соединений. При этом паяные соединения имеют очень широкое применение в приборостроении.

Примерами таких соединений в приборостроении могут служить радиаторы микроконтроллеров и других элементов электронной базы. И для корректного и бесперебойного функционирования электроники необходимо чтобы все соединения были пропаяны без дефектов. В магистерской диссертации следует определить и найти решения проблем, с которыми мы столкнемся при ультразвуковой проверке качества паяных соединений элементов Пельтье к радиатору. А также улучшить качество контроля УЗ методом и достоверность полученных данных.

Цель: исследовать принцип действия ультразвукового контроля паяных соединений.

Актуальность работы состоит в том, что ультразвуковые методы контроля позволяют получить информацию о дефектах, расположенных на значительной глубине в различных материалах, изделиях и паяных соединениях. Ультразвуковой контроль не только повышает производительность труда, но и позволяет получить объективную картину качества изделия или паяного соединения, подобную рентгенограмме.

Задачи:

- Исследовать сущность и методы ультразвукового контроля
- Выделить преимущества и недостатки ультразвукового контроля.
- Рассмотреть элемент Пельтье и проблемы соединения с радиатором.
- Спроектировать схему прибора.
- Создать алгоритм по определению дефектов и расстояния до них.
- Написать программу для микроконтроллера.
- Сделать выводы по работе

1. Обзор литературы

Среди методов неразрушающего контроля ведущее положение занимает ультразвуковой контроль. Он основан на способности звуковых волн отражаться от границы раздела двух упругих сред, обладающих разными акустическими свойствами. Принцип работы приборов для ультразвуковой диагностики состоит в излучении и приеме ультразвуковых колебаний.

УЗК отличается многообразием методов, типов применяемых волн, широким диапазоном частот. Методы позволяют выявлять внутренние и наружные дефекты типа трещин, расслоений и других без расшифровки типа, формы и характера обнаруженных дефектов с указанием их количества.

На данный момент на рынке существует большое количество дефектоскопов, выполняющих различные функции. Приведем несколько приборов на рассмотрение.

Ультразвуковой дефектоскоп А1214 ЭКСПЕРТ

Дефектоскоп ультразвуковой EXPERT А 1214 (Рисунок - 1.) является малогабаритным и полностью цифровым дефектоскопом имеющим общее назначение. Данный аппарат реализует специализированные и типовые методики точного ультразвукового контроля, точность измерений и высокую производительность. Дефектоскоп ультразвуковой EXPERT А 1214 контролирует качество паяных и сварных швов, ищет дефекты разного типа и места коррозии, дает оценку типа нарушений и параметров дефектов (сплошность, однородность). Время непрерывной работы прибора составляет 12 часов. Масса дефектоскопа ультразвукового EXPERT А 1214 составляет 1,9 кг [4].



Рисунок - 1. Ультразвуковой дефектоскоп А1214 ЭКСПЕРТ.

Ультразвуковой дефектоскоп MasterScan 350M/380M

MasterScan 350M/380M (Рисунок - 2.) - производится на новейшей платформе с внедрением современных технологий.

Данный прибор оснащен функциями, такими как:

1. Разработана новейшая и превосходная разрешающая способность в подповерхностной зоне;
2. Оснащен мощным генератором 450В для проведения контроля материалов, которые имеют высокую степень затухания (для 380M);
3. Имеет самый минимальный диапазон контроля 0,1 мм, и самый максимальный – 20 метров
4. Ультразвуковой дефектоскоп оборудован программируемым генератором с функцией ActiveEdge™ регулировки фронтов импульса;
5. Триггер интерфейса для старта развертки от поверхности объекта при иммерсионном контроле (для 380M);
6. Разработан с максимальной частотой следования импульсов до 5000 Гц для проведения сканирования с высокой скоростью [5].



Рисунок - 2. Ультразвуковой дефектоскоп MasterScan 350M/380M.

Ультразвуковой дефектоскоп А1212 МАСТЕР

Дефектоскоп МАСТЕР ПРОФИ А1212 (Рисунок - 3.) является качественным малогабаритным цифровым прибором, предназначенным для диагностики разнообразных сварных и паяных изделий, расслоений, а также локализации трещин и зон которые подверглись воздействию коррозии. Кроме этого данный прибор легко измеряет толщину изделий. Именно Дефектоскоп МАСТЕР ПРОФИ А1212 способен продуктивно работать в стеснённых и сложных условиях, благодаря своим небольшим габаритам и маленькой 650г массе. Время работы прибора составляет 15 часов. Аппарат МАСТЕР ПРОФИ А1212 имеет ударопрочный корпус, связь с ПК через высокоскоростной USB-портал, диапазон рабочих температур аппарата составляет от -20 до +50С, широкий диапазон настроек, совместимость со многими преобразователями [6].



Рисунок - 3. Ультразвуковой дефектоскоп А1212 МАСТЕР.

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70

Дефектоскоп ультразвуковой УД2-70 (Рисунок - 4.) является прибором проверяющим материалы на наличие дефектов. Прибор имеет интерфейс. С помощью интерфейса выявляются дефекты в металлических соединениях, в деталях. Данный прибор удобный и компактный, имеет цветной дисплей с хорошей контрастностью и высоким разрешением. Запоминает настройки программ и включает программы контроля над различными деталями. Корпус прибора алюминиевый [7].



Рисунок - 4. Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70.

Проанализировав рынок, можно сделать вывод о том, что вышеприведенные дефектоскопы не в состоянии определять расстояние до дефекта и его размеры, что является одним из главных недостатков. А так же на данный момент не существует дефектоскопов, определяющих дефекты теневым методом с использованием фазированных решеток. Данное сочетание обладает явными преимуществами по сравнению с другими существующими дефектоскопами. Цены данных приборов достигают до 1 000 000 рублей.

2. Объект и методы исследования

2.1. Элемент Пельтье и проблемы соединения с радиатором

Среди нестандартных систем охлаждения можно отметить одну очень эффективную систему – на основе элементов Пельтье. Жан Шарль Атаназ — французский физик, открывший и изучивший явление выделения или поглощения тепла при прохождении электрического тока через контакт двух разнородных проводников. Устройства, принцип работы которых использует данный эффект, называются элементы Пельтье (Рисунок - 5.) О термоэлектрических модулях (ТЭМ) на эффекте Пельтье написано много: от охлаждения процессоров до холодильников. Но почему-то они, не смотря на все их возможности пока не нашли широкого применения в компьютерной технике [8].

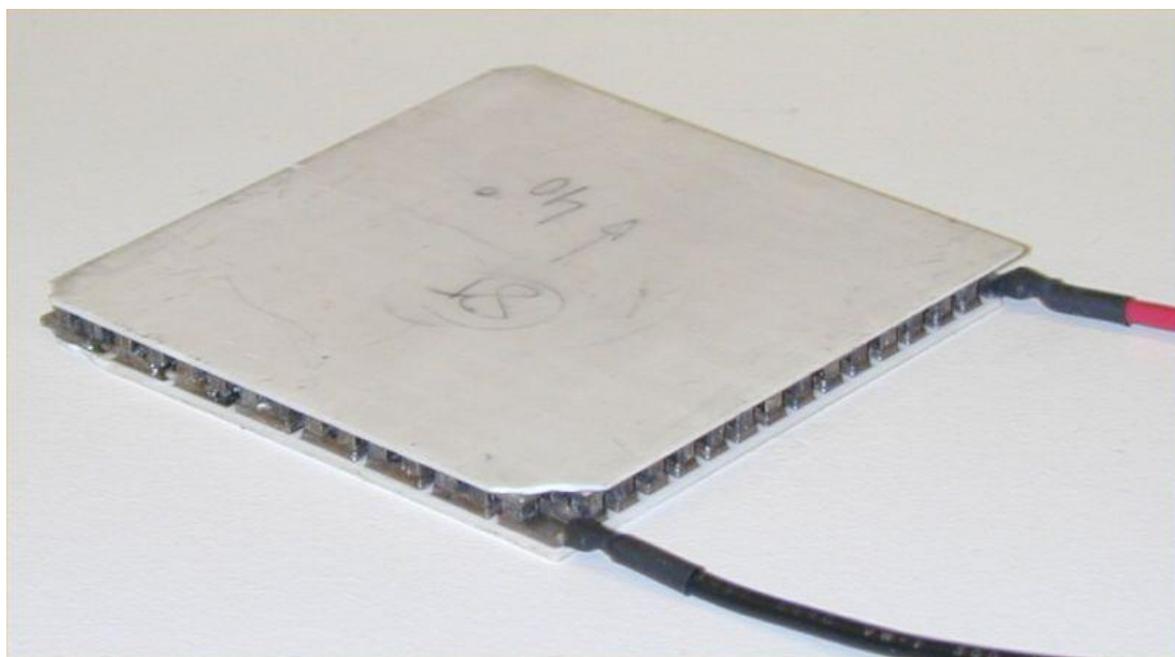


Рисунок - 5. Внешний вид элемента Пельтье.

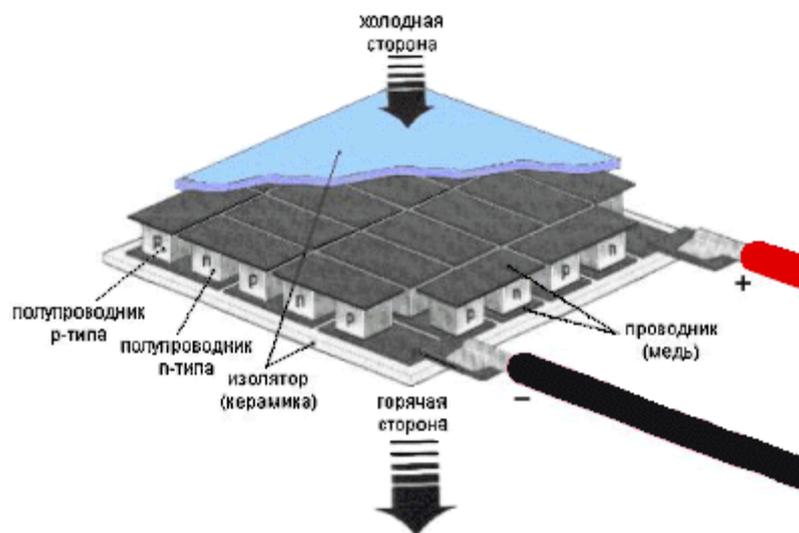


Рисунок - 6. Элемент Пельтье.

В основе работы таких элементов лежит контакт двух проводников с разными уровнями энергии электронов в зоне проводимости (рисунок - 6.). При протекании тока через контакт этих материалов, электрону необходимо приобрести энергию, чтобы он мог перейти в зону с большей энергией проводимости другого полупроводника. Охлаждение места контакта полупроводников происходит при поглощении этой энергии. Нагревание же места контакта происходит при протекании тока в обратном направлении.

Элемент Пельтье содержит одну или несколько пар небольших (не больше 60x60 мм) полупроводниковых параллелепипедов (Рисунок - 6.)— одного n-типа и одного p-типа в паре [обычно теллурида висмута (Bi_2Te_3) и германида кремния (SiGe)]. Они попарно соединены металлическими переключками, которые служат термическими контактами и изолированы не проводящей плёнкой или керамической пластинкой. Пары параллелепипедов соединены так, что образуется последовательное соединение многих пар полупроводников с разным типом проводимости — протекающий электрический ток протекает последовательно через всю цепь. В зависимости от того, в каком направлении течет электрический ток, верхние контакты охлаждаются, а нижние нагреваются — или наоборот. Таким образом,

переносится тепло с одной стороны элемента Пельтье на противоположную и создаётся разность температур [9].

По сути ТЭМ есть тепловой насос, который, затрачивая энергию внешнего источника питания, перекачивает выделяемое источником тепло к теплообменнику - радиатору, добавляя свою долю тепла. (Рисунок - 7.)

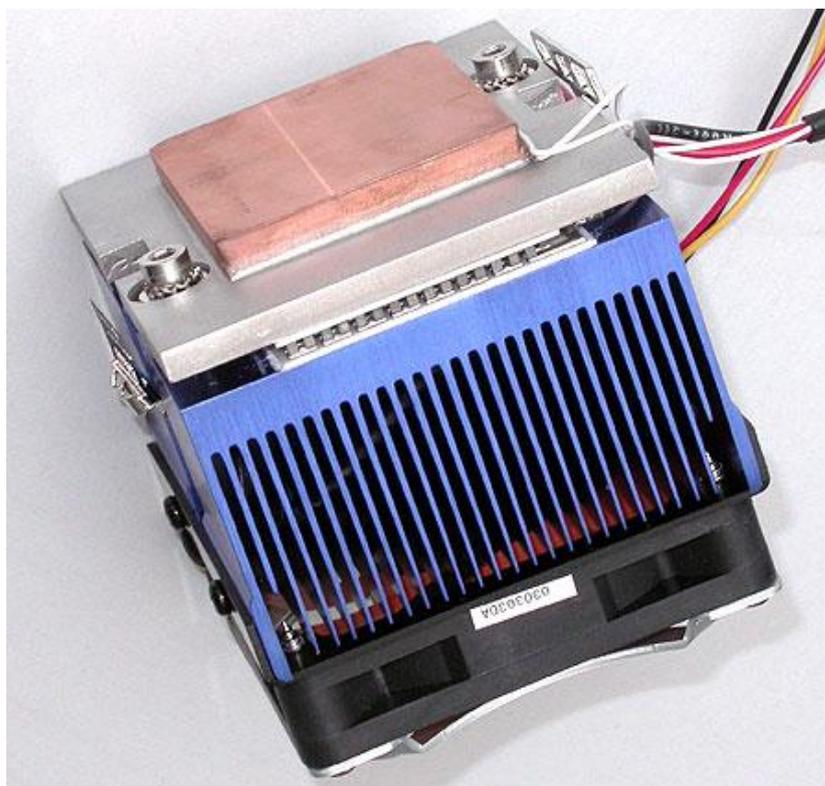


Рисунок - 7. Конструкция кулера на ТЭМ.

При охлаждении нагревающейся стороны элемента Пельтье (радиатором или вентилятором) температура холодной стороны становится ещё ниже.



Рисунок - 8. Типовая конструкция кулера на ТЭМ.

Конструкция (Рисунок - 8.) предусматривает дополнительный слой теплопроводящей пасты между медным вкладышем и процессором. В случае использования термопасты вместо паяного соединения мы бы имели тепловое сопротивление порядка 0,69 град/Вт, так как тепловое сопротивление одного слоя термопасты КПТ-8 составляет более 0,23 град/Вт. Применяя пайку вместо термопасты, можно многократно сократить тепловые потери на стыкуемых поверхностях. А так же при помощи пайки максимально приблизится температура контактной поверхности процессора к температуре холодной стороны ТЭМ и повысит эффективность ТЭМ, и его надежности за счет повышения прочности. Это все полезно не только процессорам, но и любым охлаждаемым устройствам [10].

Итог по элементам Пельтье

К достоинствам такой системы охлаждения можно отнести небольшие размеры и отсутствие каких-либо подвижных частей, а также газов и жидкостей.

Недостатком является очень низкий коэффициент полезного действия, что приводит к большой потребляемой мощности для достижения заметной разности температур. Если включить термоэлектрическую пластинку без нагрузки (процессор не будет греться), то Вы рискуете стать свидетелем

интересной картины – на элементе Пельтье, при охлаждении до точки росы, появится иней, который закоротит контакты. Так же, если элемент Пельтье выйдет из строя, то из-за отсутствия контакта между радиатором (или кулером) и процессора, последний моментально нагреется и может выйти из строя. Использование элементов Пельтье припаянных к радиатору снижает тепловое сопротивление кулера до 3-х раз и одновременно снижает затраты энергии.

Элементы Пельтье еще обязательно найдут широкое применение, так как без каких-либо дополнительных устройств они легко позволяют получить температуры ниже 0°C.

2.2. Виды контроля и обоснование ультразвукового неразрушающего контроля.

Суть ультразвукового метода заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа и пьезоэлектропреобразователя.

Для проведения ультразвукового контроля в зависимости от конкретных условий (марки материала, его толщины, геометрических особенностей поверхностей контроля, минимально выявляемых размеров дефектов и др.) имеется достаточно широкий ассортимент средств контроля.

Ультразвук получают с помощью аппаратов, основанных на использовании явлений магнитострикции (при низких частотах) или обратного пьезоэлектрического эффекта (при высоких). Магнитострикция заключается в изменении длины (удлинение и укорочение) ферромагнитного стержня, помещенного в высокочастотное магнитное поле, с частотой изменения направления поля [11].

Наиболее распространенным является последний способ, основанный на пьезоэлектрическом эффекте некоторых кристаллов (кварца, сегнетовой соли, титаната бария), при котором происходит преобразование естественными или искусственными пьезокристаллам механических колебаний, так называемый прямой пьезоэффект, и электрических в механические - обратный пьезоэффект. Если противоположные грани пластинки, вырезанной из кристалла, заряжать разноименным электричеством с частотой выше 20 000 Гц, то в такт изменениям знаков зарядов пластинка будет вибрировать, передавая механические колебания в окружающую среду в виде ультразвуковой волны. Таким образом, электрические колебания преобразовываются в механические [12][13].

В различных системах ультразвуковых дефектоскопов применяют генераторы высокой частоты, задающие на пьезоэлектрические пластинки электрические колебания от сотен тысяч до нескольких миллионов герц.

Пьезоэлектрические пластинки могут служить не только излучателями, но и приемниками ультразвука. В этом случае под действием ультразвуковых волн на гранях кристаллов-приемников возникают электрические заряды малой величины, которые регистрируются специальными усилительными устройствами.

На сегодняшний день существует пять основных методов УЗК: теневой, зеркально-теневой, зеркальный, дельта-метод и эхо-метод. В промышленности ультразвуковой контроль металла проводят, как правило, в диапазоне ультразвуковых волн от 0,5 МГц до 10 МГц [14].

В моей работе используется теневой метод УЗК.

Теневой — используются два преобразователя, которые находятся по две стороны от исследуемой детали на одной акустической оси (Рисунок - 9.). В данном случае один из преобразователей генерирует колебания (генератор), а второй принимает их (приёмник) [15]. Признаком наличия дефекта будет

являться значительное уменьшение амплитуды принятого сигнала, или его пропадание (дефект создает акустическую тень). Чем больше размер дефекта, тем меньше амплитуда прошедшего сигнала. Излучатель и приемник ультразвука располагают при этом соосно на противоположных поверхностях изделия. Теневым методом можно применять только при двустороннем доступе к изделию. При ручном контроле этим методом можно контролировать паяные соединения ограниченного сечения небольшой толщины. Недостатками метода являются сложность ориентации ПЭП относительно центральных лучей диаграммы направленности, невозможность точной оценки координат дефектов. К преимуществам следует отнести низкую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта, высокую помехоустойчивость и отсутствие мертвой зоны. Благодаря первому преимуществу этим методом уверенно обнаруживаются наклонные дефекты, не дающие прямого отражения при эхо-методе.

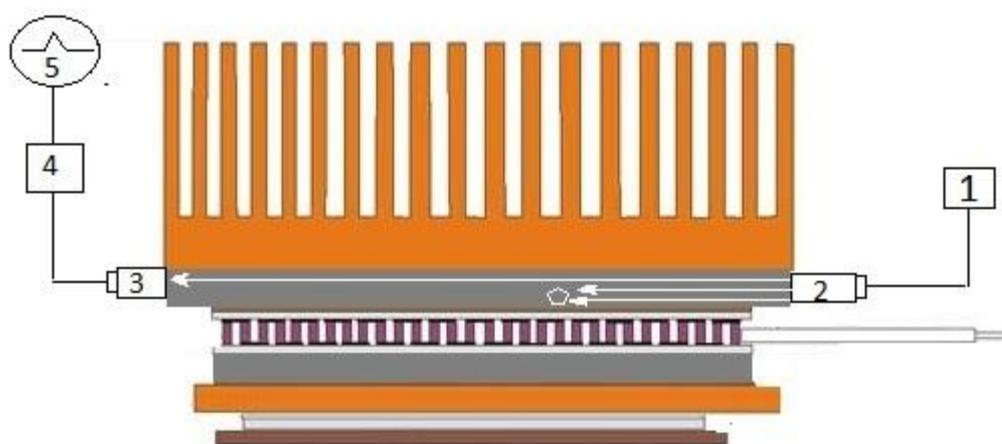


Рисунок - 9. Контроль теневым методом:

1 - генератор; 2,3- ПЭП; 4 – усилитель; 5 - Индикатор;

К главным преимуществам ультразвукового контроля качества металлов и паяных соединений относятся:

- высокая точность и скорость исследования;
- сравнительно небольшие затраты на контроль. Кроме контактной жидкости и довольно долговечных преобразователей никаких расходных материалов не требуется.
- безопасность для человека (в отличие, к примеру, от рентгеновской дефектоскопии);
- высокая мобильность вследствие применения портативных ультразвуковых дефектоскопов;
- возможность проведения ультразвукового контроля (в отдельных случаях) на действующем объекте, т.е. на время проведения УЗК не требуется выведения контролируемой детали/объекта из эксплуатации.
- при проведении УЗК исследуемый объект не повреждается;

К основным недостаткам УЗК относятся:

- при проведении ультразвукового контроля в отличие от радиографического, как правило, невозможно однозначно охарактеризовать дефект (шлаковое включение, пора, вольфрамовое включение и др.);
- трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука.
- невозможность получения информации о глубине залегания дефекта, при его нахождении.
- подготовка поверхности контроля к контролю, для ввода ультразвуковых волн в металл, а именно: очистка поверхности контроля от загрязнений, отслаивающейся окалины, ржавчины, брызг расплавленного металла и др. и создание необходимой шероховатости

поверхности не хуже $Rz\ 40$ и волнистости не более $0,015$, т.к. даже небольшой воздушный зазор между пьезоэлектропреобразователем (ПЭП) и изделием может стать непреодолимой преградой для распространения ультразвуковых волн;

- необходимость нанесения на контролируемый участок изделия после его зачистки непосредственно перед выполнением контроля контактных жидкостей (специальные гели, глицерин, машинное масло, и др.) для обеспечения стабильного акустического контакта;

Для исключения этих недостатков в качестве генератора ультразвуковых волн мы будем использовать фазированные решетки.

2.3. Метод ультразвуковой фазированной решетки.

Одноэлементные пьезоэлектропреобразователи являются основными источниками ультразвуковых волн. Однако существует еще один метод контроля, использующий в качестве генератора ультразвуковых волн фазированные решетки. Преобразователь (кристалл) решетки представляет собой множество пьезоэлектрических элементов. Генератор контролирует все элементы для формирования лучей. Выходом генератора является обычный амплитудный сигнал. **Метод фазированной решетки** усовершенствованный и сложный по сравнению с традиционным ультразвуковым контролем, в котором используется одноэлементный преобразователь. Многие прикладные задачи дефектоскопии используют фазированные решетки, благодаря которым контроль осуществляется гораздо быстрее и проще [16].

Преимущества многочисленны:

- Различные углы ввода пучков могут быть сгенерированы с помощью одного преобразователя, охватывающего большую интересующую нас область (область, проверяемая на наличие дефекта).
- Большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую способность контроля, или совмещать их.
- Большие возможности для контроля изделий сложной формы.
- Получение реальных изображений положения и размеров дефектов, а также их интерпретация происходит быстрее и проще.
- Все данные могут быть записаны в реальном времени.
- Отсутствие необходимости подготовки контролируемого участка изделия перед выполнением контроля.

Контроль фазированными решетками

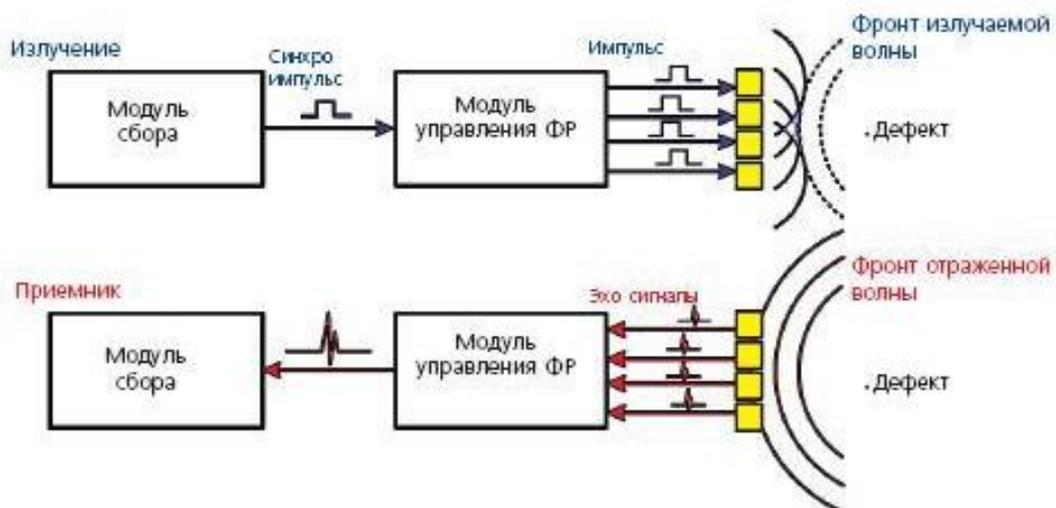


Рисунок – 10. Контроль фазированными решетками.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является макет узкоспециализированного прибора, необходимого для проведения ультразвукового контроля качества паяных соединений элементов Пельтье к радиатору.

В России существуют компании производящие подобные приборы, однако на рынке нет аналогов, использующих фазированные решетки в качестве источников и приемников ультразвуковых волн. Неразрушающий контроль любого технологического процесса, в том числе паяных соединений является неотъемлемой частью общего технологического процесса изготовления объектов ответственного назначения. Именно поэтому в России и в мире немало организаций и компаний, которые нуждаются в подобных исследованиях.

4.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящее время существует множество аналогов ультразвуковых дефектоскопов (УД), в основном зарубежных. Рассмотрим два основных варианта технического решения:

1. УД А1214 ЭКСПЕРТ (к1);
2. УД MasterScan 350М/380М (к2);

С помощью оценочной карты по таблице - 3 проведем анализ технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица - 3.

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Возможность встраивания	0.2	5	2	3	1	0.4	0.6
2. Габаритные размеры	0.2	5	4	4	1	0.8	0.8
3. Точность	0.1	4	2	4	0.4	0.2	0.4
4. Сложность эксплуатации	0.02	5	3	4	0.1	0.06	0.08
5. Обработка данных	0.1	3	5	5	0.3	0.5	0.5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Стоимость изготовления	0.05	5	2	1	0.25	0.1	0.05
2. Конкурентоспособность	0.2	5	3	4	1	0.6	0.8
3. Послепродажное обслуживание	0.1	5	4	5	0.5	0.4	0.5
3. стоимость эксплуатации	0.13	5	3	3	0.65	0.39	0.39
Итого	1	42	28	33	5,2	3,45	4.12

Анализ технических решений определяется по формуле:

$$K_i = \sum B_i \cdot B_i$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Анализ технических решений показал, что данная разработка имеет более высокую конкурентоспособность, по сравнению с уже существующими техническими решениями.

4.3. FAST – анализ

Объектом исследования является прибор ультразвукового контроля качества паяных соединений элементов Пельтье к радиатору. Главной функцией (1) объекта является нахождение дефектов, их глубину залегания и размеры в паяном соединении. К основной функции (2) относится генерация и прием ультразвуковых волн. Вспомогательные функции (3) – обработка данных, питание прибора. Приведем в таблице - 4 классификацию функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица - 4.

Наименование детали (узла, процесса)	Кол-во деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			1	2	3
1. Пьезоэлемент (фазированные решетки)	2	Преобразование электроэнергии в ультразвуковые волны и наоборот.		X	
2. Микроконтроллер	1	Главный элемент прибора, выполняющий обработку полученных данных, инициализирующий работу датчика.	X		
3. Индикатор	1	Индицирует полученные значения			X
4. Усилитель	1	Усиливает полученный сигнал.			X
5. Система питания	1	Осуществляет питание прибора.			X
6. Плата	1	Является основой для крепления и связи элементов			X

Далее определим значимость выполняемых функций объектом. Для этого необходимо построить матрицу смежности функций (таблица - 5).

Таблица - 5.

Функ.	1	2	3	4	5	6	Итого
1	1	0,5	1	1	0,5	1	5
2	1,5	1	1,5	0,5	1,5	0,5	6,5
3	1	0,5	1	1	1,5	1	6
4	1	1,5	1	1	1	1,5	7
5	1,5	0,5	0,5	1	1	0,5	5
6	1	1,5	1	0,5	1,5	1	6,5
							$\Sigma=36$

Определим значимости функций делением частного итога по функции на общую сумму. Результаты в таблице - 6.

Таблица - 6.

Функция	Значимость
1	0.139
2	0.181
3	0.167
4	0.194
5	0.139
6	0.181

Проведем анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования в таблице - 7. Оклад работника за месяц составляет 14 584.32 руб. За час с учетом РК 30% 112.9 руб.

Таблица 7.

Наименование детали	K_d	N_p , шт	T_p , нормо-ч	C_m , руб.
1. Пьезоэлемент (фазированные решетки)	2	2	1	900
2. Микроконтроллер	1	1	0.3	300
3. Индикатор	1	1	1.5	100
4. Усилитель	1	1	0.3	60
5. Система питания	1	1	1	650
6. Плата	1	1	2	20
				$\Sigma=2030$

Где:

K_d – количество деталей на узел;

N_p – норма расхода;

T_p – трудоемкость детали, нормо-ч;

C_m – стоимость материала;

Z_n – заработная плата;

C_c – себестоимость;

4.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица - 8.

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1. Определен имеющийся научно-технический задел	3	2
2. Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	3
3. Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	4
4. Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	3
5. Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6. Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7. Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8. Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9. Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
10. Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11. Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12. Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13. Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14. Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
Итого	26	29

По данным в таблице - 8 можно сделать выводы, что перспективность данной разработки к коммерциализации ниже среднего. Необходима большая проработка теоретических вопросов и привлечение специалистов в области ультразвукового контроля.

4.5. Инициация проекта

Устав проекта

Устав проекта отображен в таблицах 9, 10.

Заинтересованные стороны проекта

Таблица - 9.

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
ГК «Роскосмос»	Изготовление макета устройства, частично реализующего необходимые функции
НПП СТЕЛС	Изготовление макета устройства, частично реализующего необходимые функции

Цели и результат проекта

Таблица - 10.

Цели проекта	Освоение новых методов ультразвукового контроля и определения глубины залегания дефектов при помощи пьезоэлементов. Изготовление макета устройства.
Ожидаемые результаты	Создание макета устройства меньших размеров, чем аналоги, с малым потреблением питания и большей достоверностью информации.
Критерии приемки результатов	Выдача данных макетом устройства, длительный срок работы без подзаряда, возможность и простота обработки данных
Требования к результату проекта	Работоспособность макета
	Финансовая экономия
	Безвредность для окружающих и персонала
	Простота настройки и использования
	Высокая достоверность контроля

Рабочая группа проекта

Таблица - 11.

ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, норма-ч.
Путин Иван Васильевич, НИ ТПУ, студент.	Исполнитель проекта	Обзор литературы и существующих аналогов, проектирование и изготовление макета	180
Солдатов Алексей Иванович, НИ ТПУ, преподаватель, профессор.	Руководитель проекта	Обеспечение необходимыми материальными средствами и рабочим местом, консультации по возникающим вопросам	150
Итого:			330

Ограничения и допущения проекта

Таблица - 12.

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет	До 3500 руб.
Знания разработчика	Последующая обработка данных совершается пользователем вручную, настройка через специальные программы
Дата завершения проекта	До 1.06.2016

4.6. Планирование управления научно-техническим проектом

Приведем иерархическую структуру работ на рисунке - 24

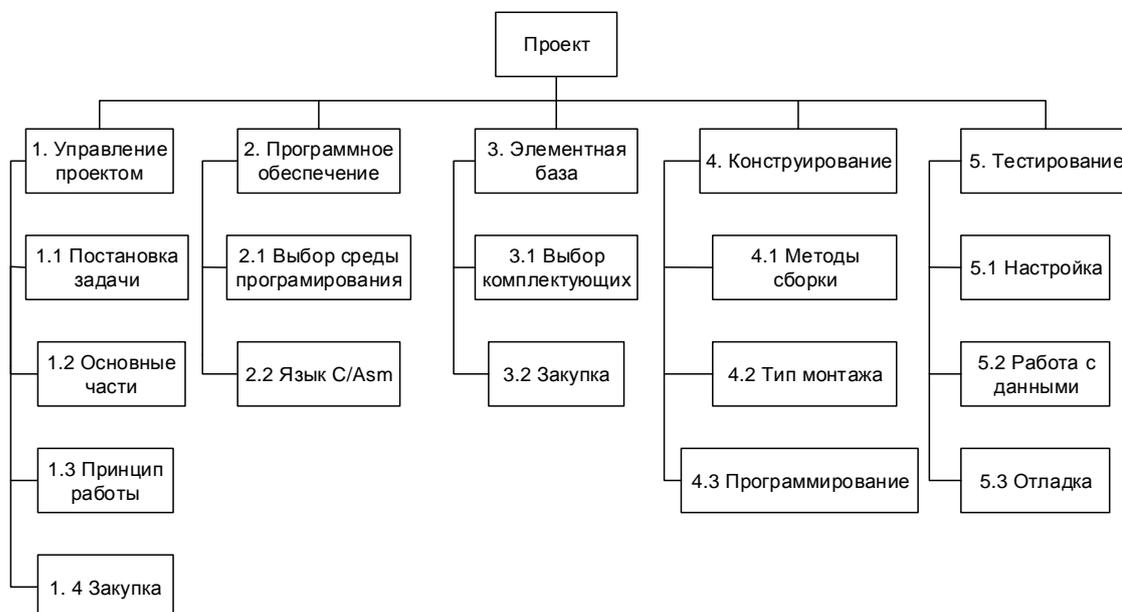


Рисунок - 24

Контрольные события проекта

Таблица - 13.

Контрольное событие	Дата	Результат (документ)
Определить принцип действия устройства	1.12.15	Отчет
Определить основные части устройства	1.02.16	Структурная схема
Полный состав устройства	25.02.16	Принципиальная схема

План проекта

Календарный план проекта

Таблица - 14.

№	Название	Длительность, дни	Начало работ	Окончание работ	Участники
1.1	Постановка задачи	16	15.09.15	1.10.15	Путин И.В. Солдатов А.И.
1.2	Определение основных частей устройства	39	1.10.15	9.11.15	Путин И.В.
1.4	Закупка элементов	14	10.11.15	24.11.15	Путин И.В. Солдатов А.И.
2.	Написание программы	84	25.11.15	28.02.16	Путин И.В.
4.	Сборка и программирование	23	25.02.16	20.03.16	Путин И.В. Солдатов А.И.
5.	Тестирование, настройка, отладка	56	20.03.16	15.05.16	Путин И.В. Солдатов А.И.
	Итого:	232			

Группировка затрат по статьям

Таблица - 16.

Вид раб.	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты, руб	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, руб	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления на социальные нужды, руб	Научные и производственные командировки, руб	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями, руб	Прочие прямые расходы, руб	Накладные расходы, руб	Итого плановая себестоимость, руб
1	2030	1300	31434	3772	0	0	0		25147	63683

4.7. Бюджет научного исследования

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ будет произведен в виде амортизационных отчислений по формуле (1)

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования оборудования по формуле:

$$C_{AM} = \sum_{i=1}^N \frac{H_a C_{об}}{F_d} \cdot t_{BT} \cdot n \quad (1)$$

Где:

H_a – годовая норма амортизации (25%)

$C_{об}$ – цена оборудования,

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени (2070 ч.) [<http://delta-grup.ru/bibliot/5k/148.htm>]

t_{BT} – время работы техники при создании программного продукта

n – число задействованных приборов.

В ходе исследования использовали:

1. ЭВМ - $C_{об}=30$ т.р., $t_{BT} = 200$ ч.;
2. Мультиметр - $C_{об}=1500$ р., $t_{BT} = 30$ ч.;
3. Паяльная станция - $C_{об}=2600$ р., $t_{BT} = 20$ ч.;
4. Фен для пайки - $C_{об}=3000$ р., $t_{BT} = 5$ ч.;

$C_{AM} = 738.16$ руб.

Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Таблица - 17.

Наименование детали	Название	К _д	Цена за единицу, руб
1. Пьезоэлемент (фазированные решетки)	PPA 2L32W-3210	2	900
2. Микроконтроллер	ATmega32A	1	300
3. Индикатор	MT-10T11-3TLA	1	100
4. Усилитель	TDA2030	1	60
5. Система питания		1	650
6. Плата	текстолит двусторонний	1	20
Итого:	2030 руб.		

Основная заработная плата

Рассчитывается по следующим формулам:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (2)$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (3)$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_{мм}}{F_d} \quad (4)$$

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{np} + k_d) \cdot k_p \quad (5)$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (6)$$

Где:

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ - дополнительная заработная плата;

$T_{раб}$ - продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$Z_б$ – базовый оклад (Путин И.В. – 0 руб., Солдатов А.И. – 31434 руб);

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент (1);

$k_д$ – добавочный коэффициент (1);

k_p – районный коэффициент (1.3);

$k_{доп}$ – дополнительный коэффициент (0.1);

Баланс рабочего времени

Таблица - 18.

Показатели рабочего времени	Путин И.В.	Солдатов А.И.
Количество календарных дней	156	134
Нерабочие дни	36	28
Рабочие дни	120	106

Расчёт основной заработной платы

Таблица - 19.

Исполнители	$Z_б$, руб.	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Путин И.В.	14874.5	19336.8	773.5	118	91273
Солдатов А.И.	31434	81728,4	394,82	106	41850,92

Заработная плата исполнителей НТИ

Таблица - 20.

Заработная плата	Путин И.В.	Солдатов А.И.
Основная, руб	91273	31434
Дополнительная, руб	9126.96	9430
Общая, руб	100399.96	40864,2

Отчисления на социальные нужды

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot C_{зн} \quad (7)$$

$k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (0.3)

Накладные расходы

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot C_{зн} \quad (8)$$

$k_{внеб}$ - коэффициент накладных расходов (1)

4.8. Оценка сравнительной эффективности исследования.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Таблица - 21.

Критерии	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0.15	4	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.25	4	4	4
3. Помехоустойчивость	0.20	4	3	3
4. Энергосбережение	0.15	5	3	3
5. Надежность	0.15	4	2	3
6. Материалоемкость	0.1	5	3	4

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (9)$$

Где Φ_{pi} стоимость i -го варианта исполнения

Φ_{max} максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (10)$$

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a \quad (11)$$

Где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания

n – число параметров сравнения

$$I_m^p = 3.94$$

$$I_m^{a1} = 3.15$$

$$I_m^{a2} = 3.5$$

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам:

$$I_{финир}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} \quad (12)$$

$$I_{финир}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (13)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финир}^p}{I_{финир}^a} \quad (14)$$

Сравнительная эффективность разработки

Таблица - 22.

Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0.75	0.37	0.2
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3.94	3.15	3.5
Интегральный показатель эффективности	5.25	8.51	17.5
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1.62	3.33

По результатам анализа текущий проект эффективнее аналога 1 в 1.62 раза, а по сравнению с аналогом 2 в 3.33 раза.

Список публикаций студента

1. Putin I.V., Krasnotsvetov V.E., TPU, «To Ebonics Debate: is it a Dialect or a language?». // Коммуникативные аспекты языка и культуры: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Ч.3. / под ред. С.А.Песоцкой; Национальный исследовательский Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.-273с.
2. Вежливость как особая стратегия речевого поведения. Коммуникативные аспекты языка и культуры: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, Томск, 18-20 мая 2011. –Томск: Изд-во ТПУ, 2011 – Т.3 – С. 199-203
3. Электронный блок для контроля термоЭДС. Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т., Томск, 26-30 мая 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – Т. 1 – С. 359-361