

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки: 11.03.04 электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Аппаратная реализация обработки данных с фазированной антенной решетки в режиме реального времени

УДК 620.179.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Асочаков Арсений Степанович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПМЭ ИНК	Шульгина Ю.В			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заф. каф. менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ ИНК	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, 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 делением 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 образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1A21	Асочакову Арсению Степановичу

Тема работы:

Аппаратная реализация обработки данных с фазированной антенной решетки в режиме реального времени
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследований – данные с фазированной решётки; Режим работы – периодический; Требования – высокая скорость обработки, малый объём хранимой информации, малая стоимость.
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>	1) Обзор литературы; 2) Проектирование схемы.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1) Структурная схема; 2) Графический материал по результатам эксперимента.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л.
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	10.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ПМЭ	Шульгина Ю.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Асочаков А.С.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 с., 25 рис., 29 табл., 34 источников, 1 прил.

Ключевые слова: обработка данных, ультразвуковой сигнал, ПЛИС, фазированная антенная решётка, SAFT-метод.

Объектом исследования являются данные, полученные с фазированной антенной решётки.

Цель работы – реализовать аппаратную обработку данных с фазированной антенной решётки.

В процессе исследования проводились обзор литературы, проектирование, расчет, моделирование, схемы обработки данных на ПЛИС, расчет себестоимости, эффективности проекта.

В результате исследования был сделан вывод об эффективности работы данной схемы.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: малая стоимость, высокая скорость обработки данных, малый объём хранимой информации.

Степень внедрения: экспериментальный образец.

Область применения: дефектоскопия, контроль сварных соединений, контроль композитных материалов, УЗИ аппараты, сканеры, радиолокация.

Экономическая эффективность/значимость работы проект обладает средней экономической эффективностью, и может конкурировать на рынке.

В будущем планируется оптимизировать систему и увеличить разрешение получаемого изображения.

Содержание

Введение.....	7
Методы обработки данных с ФАР	8
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	14
Список публикаций студента.....	35

Введение

В настоящее время ультразвуковой неразрушающий контроль приобрел новый виток в своем развитии. Благодаря применению антенных решеток появилась возможность осуществлять визуализацию контролируемых материалов и объектов с высокой скоростью сканирования в реальном масштабе времени.

Фазированная решетка относится к ультразвуковым технологиям. Она хорошо применяется в области медицины. В акушерстве используется с начала 1980-х годов, но с середины 1990-х стала применяться и в неразрушающем контроле. Одной из причин такого временного различия является то, что скорость звука в металлах обычно в 3 раза больше скорости звука в воде или ткани человека, поэтому требования к быстродействию электроники значительно выше.

Метод ультразвуковой фазированной решетки основан на преобразовании и генерировании ультразвуковых волн. Преобразователь (кристалл) решетки представляет собой множество пьезоэлектрических элементов. Генератор контролирует все элементы для формирования лучей. Выходом генератора является обычный амплитудный сигнал в реальном времени, эквивалентный стандартному А-скану.

Метод фазированной решетки более информативный 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.

Применение фазированных решёток имеет следующие преимущества:

- различные углы ввода пучков могут быть сгенерированы с помощью одного преобразователя, охватывающего гораздо большую область (область, проверяемая на наличие дефекта);

- большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую способность контроля, или совмещать их;
- получение реальных изображений положения и размеров дефектов, а также их интерпретация происходит быстрее и проще;
- все данные, учитывающие последовательность контроля, могут быть записаны в реальном времени;
- отчеты представляются в виде изображения, что облегчает упрощение понимания результатов контроля для персонала.

На данный момент существующие приборы, основанные на ультразвуковых методах контроля, не совсем соответствуют желаемым результатам по разрешающей способности, скорости визуализации среза объекта контроля и объёмом хранимой об объекте информации.

Следовательно, для улучшения характеристик прибора, была поставлена задача: выбрать оптимальный метод обработки данных с фазированной антенной решётки, максимально сократить объём данных, хранимых для последующей визуализации среза объекта и увеличить скорость обработки данных.

Методы обработки данных с ФАР

В настоящее время всё чаще стали применяться ультразвуковые фазированные антенные решётки, использующиеся для проверки твердых структур. Существующие процедуры проверки, которые используют одноэлементные преобразователи могут быть заменены системами с использованием решёток, состоящих из нескольких преобразователей. Используя различные законы задержки (возбуждение элементов решётки в определенной последовательности), решётка может генерировать ряд различных типов изображения, таких как плоскости и сфокусированные изображения В-сканов, а также изображения сектора сканирования.

Поочерёдное возбуждение элементов решётки позволяет формировать, плоские лучи, сфокусированные лучи и управляемые лучи, для построения изображения в реальном времени, как показано на рисунке 1.

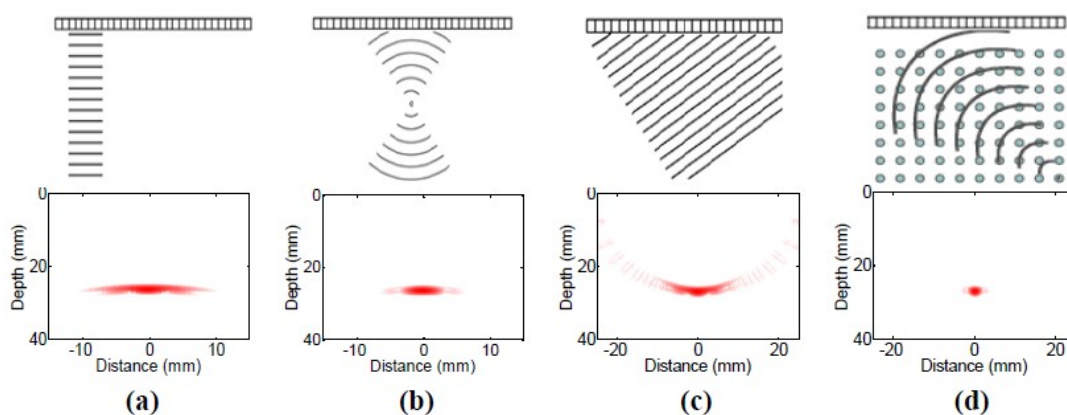


Рисунок 1 - Принципиальные схемы обычных методов контроля, а также изображения, полученные для одной точки объекта контроля (А) плоскости сканирования, (б) сфокусированного сканирования, (с) сканирования сектора, (d) метода общей фокусировки.

Во всех упомянутых выше ультразвуковых методах визуализации, управление лучом и фокусировка достигается с запаздыванием и суммированием операций, где сигналы, полученные элементами решётки, задерживаются, чтобы компенсировать время распространения ультразвука до каждого элемента решётки (фокусные законы), а затем складываются вместе. Тем не менее, разрешение изображения, контрастность и динамический диапазон, достигаемый с этими методами, сильно ограничен. Многие научно-исследовательские работы были посвящены, нахождению методов, которые повышают качество изображения, но одни характеристики часто улучшаются за счет других характеристик изображения.

Один из вариантов обработки: полная матрица данных, полученных от решётки (то есть интервалы времени передачи-приема сигналов от всех комбинаций элементов решётки) может быть сохранена и обработана для формирования изображения. Этот метод пост-обработки означает, что данный луч физически никогда не проходит в тестовой структуре, но, что его эффект синтезируется задержкой и операцией суммы на полном наборе

данных, или какой-то его части. В методе фокусирования синтезированной апертуры (synthetic aperture focussing technique - SAFT) интенсивность каждой точки изображения является суммой амплитуд каждого импульса эхо-сигнала за время необходимое пройти волной от элемента решётки и обратно. Эта постобработка может быть выполнена в любой момент или с определённой частотой. Общий метод фокусировки (Total focusing method - TFM) основан на одинаковых принципах с SAFT-методом за исключением того, что используются данные от каждой комбинации передатчик-приемник в процессе формирования изображения.[13]

Учёный Уилкоккс доработал TFM-метод для обеспечения возможности определения характеристик дефектов. Этот метод был назван Vector TFM (или VTFM), и он извлекает векторную информацию из каждого объекта контроля, который описывает его угловое распределение рассеяния. VTFM-метод, таким образом, извлекает информацию из матрицы А-сканов дефекта.

Дефектоскопы, в которых применяются фазированные антенные решётки, имеют ряд недостатков, из которых самый существенный — заключается в расфокусировке и смещении бликов отражателей от их реального места залегания при удалении от линии фокусировки. Увеличение апертуры антенной решетки или матрицы приводит, с одной стороны, к повышению качества изображения в области фокусировки, а с другой стороны, к уменьшению размеров этой области. Эта проблема особенно актуальна при контроле толстостенных изделий антенной решеткой, имеющей более чем 32 элемента.

Один из способов получения более качественных изображений состоит в регистрации эхо-сигналов антенной решеткой в режиме двойного сканирования называемого Full Matrix Capture (FMC).(Рис. 2.)[13]

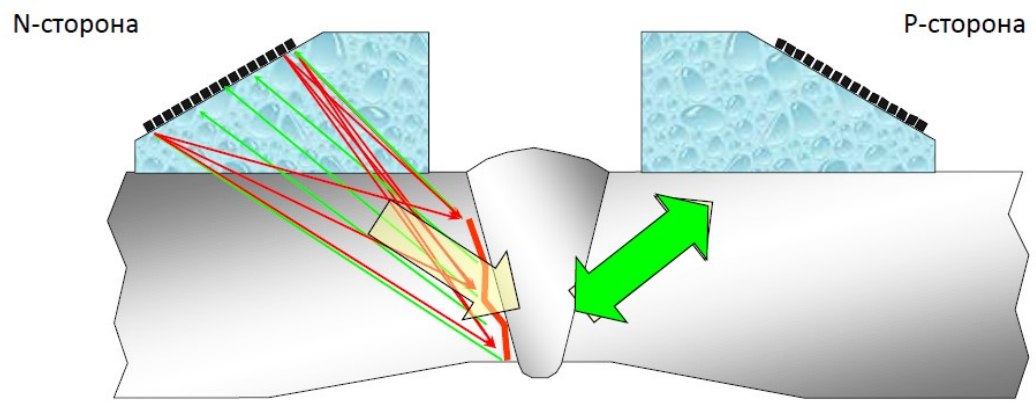


Рисунок 2 - Режим двойного сканирования

На первом этапе регистрируются эхо-сигналы, излученные и принятые всеми парами элементов антенной решетки или матрицы. Так как размеры элементов антенной решетки соизмеримы с длиной волны, то каждый из них формирует широкую диаграмму направленности, что позволяет регистрировать множество импульсов на продольных и поперечных волнах от отражателя на прямом луче и после отражения импульсов от границ объекта контроля.

На втором этапе изображения отражателей восстанавливаются методом комбинированного C-SAFT по эхо-сигналам, измеренным в режиме двойного сканирования. Этот метод обобщен на случай многократных отражений от неровных границ объекта контроля с учетом трансформации типа волны для режима тройного сканирования и сокращенно назван TS-M-C-SAFT[14]. (Рис. 3)

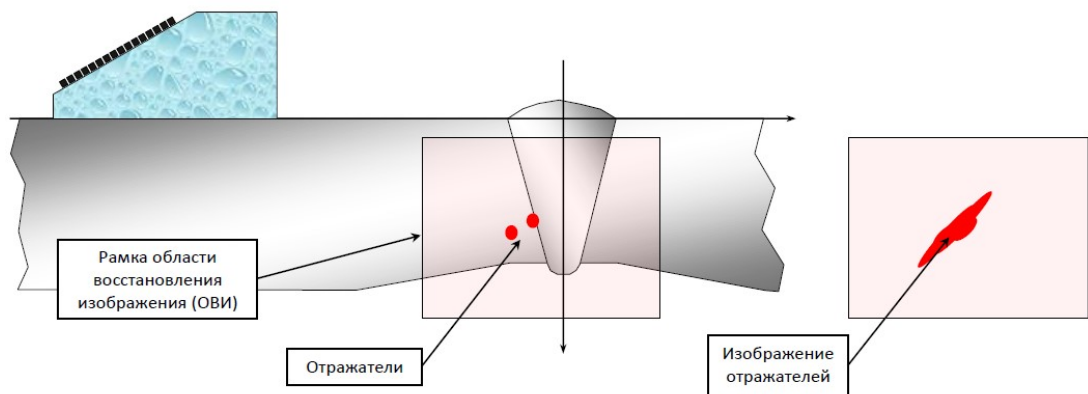


Рисунок 3 - Режим тройного сканирования

Недостаток используемых алгоритмов состоит в том, что изображения рассеивателей получаются не всегда высокого качества. В них велик уровень ложных бликов, сформированных перерассеянными импульсами и импульсами, возникшими в результате трансформации типов волн при перерассеивании на неоднородностях. Кроме того, не всегда однозначно можно судить о форме отражателя, так как восстанавливается изображение только той части его границы, отраженные импульсы от которой регистрируются в области приема. Поэтому следует, не претендуя на полноту охвата, упомянуть методы получения изображений рассеивателей, основанные на более точном решении обратной задачи рассеивания. К таким алгоритмам можно отнести следующие методы: Multiple Signal Classification (MUSIC)[14], итерационный алгоритм решения обратной граничной задачи рассеяния ультразвука на полости в изотропном твердом теле, методы, основанные на регистрации эхо-сигналов, возникших из-за нелинейных эффектов второго и третьего порядков. Данные алгоритмы достаточно сложны для практической реализации, но по мере повышения вычислительной мощности компьютеров, они, вполне возможно, будут активно использоваться в системах массового ультразвукового контроля.

После рассмотрения различных методов обработки сигналов с фазированной антенной решётки, получения и обработки эхо-сигналов, было принято решение воспользоваться методом SAFT, в котором используют простое качание луча антенной решеткой (без фокусировки), сканирующей по поверхности объекта контроля без призмы. Такой подход приводит к увеличению количества углов ввода в сравнении с применением режима фокусировки и, следовательно, к увеличению времени на обработку эхо-сигналов. Кроме того, не рассматривается трехмерная обработка эхо-сигналов и не решается проблема калибровки антенных решеток.

Суть этого метода заключается в поочередном возбуждении элементов антенной решетки и параллельном приеме всеми элементами отраженных сигналов. Принятые ультразвуковые сигналы для каждого преобразователя

решетки с каждой позиции сохраняются и служат исходными данными для 2D визуализации объекта контроля. Таким образом, даже после однократного цикла приема-передачи могут быть реализованы все углы распространения ультразвуковых сигналов на всю глубину прозвучивания. Поскольку управление звуковым лучом в каждой точке объема, т.е. для всех углов падения и глубины фокусировки, осуществляется не физически, а виртуально с помощью компьютера, то путем реализации принципа SAFT можно достичь значительного увеличения скорости контроля.[3]

Для сканирования области под датчиками необходимо всего лишь четыре такта «передачи–приема» ультразвука (для фазированной решетки состоящей из четырех элементов) (рис.4).

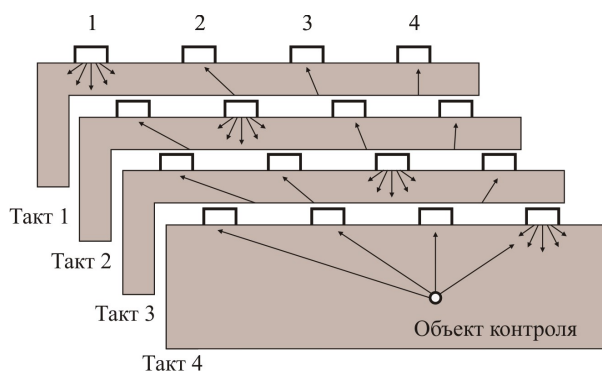


Рисунок 4 - Сканирование методом SAFT

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода. В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др. Для физических лиц критериями сегментирования могут быть: возраст; пол;

национальность; образование; уровень дохода; социальная принадлежность; профессия и др. Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка

Форма выпуска систем управления Потребитель	Единичный выпуск	Партия
Мелкое предприятия		
Крупное предприятия		

Рисунок 1 Карта сегментирования рынка спроса на систему управления

■ - существует спрос; □ - спрос отсутствует.

Из карты сегментирования рынка видно, что при производстве единичного экземпляра системы управления спрос может быть как от мелких так и крупных предприятия что увеличивает конкуренцию предприятий на получения продукта.

1.2 SWOT-анализ

Для представления общей картины бакалаврской выпускной работы в данном разделе представлен SWOT-анализ, данное исследование направлено в первую очередь на выявления конкурентно способных преимуществ и детальное понимание недостатков данной специфики работы.

Таблица 1 Матрица SWOT.

Сильные стороны 1. Высокая точность. 2. Интегральность системы. 3. Получение реальных изображений положения и размеров дефектов. 4. Большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую способность контроля, или совмещать их. 5. Малая конкуренция.	Слабые стороны 1. Большие объемы передаваемых данных. 2. Высокая стоимость программируемой логической схемы (ПЛИС) 3. Работа системы гарантирована только в лабораторных условиях 4. Зависимость от иностранного производителя элементной базы
Возможности 1. Использование проекта в смежных	Угрозы 1. Подорожание элементов

целях.	вследствие экономической
2. При использовании информационных ресурсов ТПУ выход на нескольких конечных потребителей.	политики.
3. Повышение стоимости проекта	2. Несвоевременное финансирование проекта.
4. Увеличение спроса на систему	3. Большой срок транспортировки элементной базы.
	4. Изменение в таможенной политике.

Таблица 2 Интерактивная матрица проекта.

Сильные стороны						
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	+	-
	B2	-	-	+	-	-
	B3	+	+	-	+	-
	B4	+	-	+	+	+

Из интерактивной матрицы наиболее весомые сильные стороны проекта это «Высокая точность» и «Большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую способность контроля, или совмещать их».

Таблица 3 SWOT-анализ.

	Сильные стороны	Слабые стороны
	1. Высокая точность. 2. Интегральность системы. 3. Получение реальных изображений положения и размеров дефектов. 4. Большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую	1. Большие объемы передаваемых данных. 2. Высокая стоимость программируемой логической схемы (ПЛИС) 3. Работа системы гарантирована только в лабораторных условиях 4. Зависимость от иностранного производителя элементной базы

	способность контроля, или совмещать их. 5. Малая конкуренция.	
Возможности 1. Использование проекта в смежных целях. 2. При использовании информационных ресурсов ТПУ выход на нескольких конечных потребителей. 3. Повышение стоимости проекта 4. Увеличение спроса на систему	Хорошие технические характеристики, индивидуальный подбор регулируемых параметров измерительного прибора и информационные ресурсы ТПУ позволяют занять свою рыночную нишу, особенно в условиях низкой конкуренции на рынке.	Данные проблемы присущи всем типам подобных устройств. Низкая конкуренция на рынке и использование информационных ресурсов ТПУ позволит прибору найти свою рыночную нишу.
Угрозы 1. Подорожание элементов вследствие экономической политики. 2. Несвоевременное финансирование проекта. 3. Большой срок транспортировки элементной базы. 4. Изменение в таможенной политике.	Особенности устройства: высокая точность измерения и стабильность получения результата, позволят даже при повышении стоимости прибора сохранить на него спрос. Использование данного прибора способно заметно повысить эффективность выявления дефекта в материале.	Необходимость в программируемой логической схеме (ПЛИС) делает прибор зависимым от курса валют, что может сказаться на его стоимости и конкурентоспособности. Из-за особенностей работы понадобится обучающий материал по работе с прибором.

2. Планирование научно-исследовательских работ

2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Таблица 4 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель
	2	Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель, инженер
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Теоретическое обоснование работы	6	Выбор структурной схемы устройства	Научный руководитель, инженер
	7	Выбор принципиальной схемы устройства	Научный руководитель, Инженер
	8	Расчет принципиальной схемы устройства	Инженер
Практическая работа над проектом	9	Разработка макета устройства	Инженер
	10	Написание программы	Инженер
	11	Проведение экспериментальных исследований	Инженер
Оформление отчета по НИР	12	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер
	13	Оформление материала	Инженер
	14	Подведение итогов	Научный руководитель, инженер

2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определим продолжительность работ на каждом этапе проектирования. Продолжительность работ определяется по следующей формуле.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (1)$$

где

$t_{ожі}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.

$t_{\min i}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

В данном дипломном проекте трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют студент, инженер и научный руководитель. Исходя из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (2)$$

Где T_{pi} — продолжительность одной работы, раб.дн.

$t_{ожі}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. дн.

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

2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{Ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы в календарных днях.

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (4)$$

где $T_{кал}$ – календарных дней году (366).

$T_{вых}$ – выходных дней в году (104).

$T_{пр}$ – праздничных дней в году (15).

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1.48 \quad (5)$$

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу.

Используя таблицу можно построить календарный план-график выполнения работ.

Таблица 5 Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители			Длитель ность работ в рабочих днях, T_{ri}			Длительность ь работ в календарных днях, T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{\text{ож}}$, чел-дни											
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3			
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель			3,2	3,2	3,2	4,7	4,7	4,7
Составление и утверждение ТЗ	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель, инженер			1,6	1,6	1,6	2,4	2,4	2,4
Подбор и изучение материалов по теме	10	10	10	17	17	17	12,8	12,8	12,8	Руководитель, инженер			6,4	6,4	6,4	9,5	9,5	9,5
Выбор направления исследований	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Руководитель, инженер			0,7	0,7	0,7	1	1	1
Календарное планирование работ по теме	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель, инженер			0,9	0,9	0,9	1,3	1,3	1,3
Выбор структурной схемы устройства	2	2	2	6	6	6	3,6	3,6	3,6	Руководитель, студент			1,8	1,8	1,8	2,7	2,7	2,7
Выбор принципиальн ой схемы устройства	4	4	4	10	10	10	6,4	6,4	6,4	Руководитель, инженер			3,2	3,2	3,2	4,7	4,7	4,7
Расчет принципиальн ой схемы устройства	7	7	7	12	12	12	9	9	9	Инженер			9	9	9	13,3	13,3	13,3
Разработка макета устройства	4	4	4	10	10	10	6,4	6,4	6,4	Инженер			6,4	6,4	6,4	9,5	9,5	9,5

Написание программ	3	3	3	7	7	7	4,6	4,6	4,6	Инженер	4,6	4,6	4,6	6,8	6,8	6,8
Проведение экспериментальных исследований	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель, инженер	1,6	1,6	1,6	2,4	2,4	2,4
Оформление расчетно-пояснительной записки	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	Инженер	2,8	2,8	2,8	4,1	4,1	4,1
Оформление материала	10	10	10	20	20	20	14	14	14	Инженер	14,0	14,0	14,0	20,7	20,7	20,7
Подведение итогов	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель, инженер	0,9	0,9	0,9	1,3	1,3	1,3

Таблица 6 Календарный план-график проведения НИОКР по теме.

№	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апр.			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Руководитель	4,7	■											
2	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель, студент	2,4	■	■										
3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, студент	9,5		■	■									
4	Выбор направления исследований	Руководитель, студент	1,1			■									
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент	1,3			■									
6	Выбор структурной схемы устройства	Руководитель, студент	2,7			■	■								
7	Выбор принципиальной схемы устройства	Руководитель, инженер	4,7			■	■								
8	Расчет принципиальной схемы устройства	Инженер	13,3				■	■							
9	Разработка макета устройства	Инженер	9,5					■	■						
10	Написание программ	Студент	6,8						■	■					
11	Проведение экспериментальных исследований	Руководитель, студент	2,4						■	■					
12	Оформление расчетно-пояснительной записки	Студент	4,1							■	■				
13	Оформление материала	Студент	20,7								■	■	■		
14	Подведение итогов	Руководитель, инженер	1,3										■	■	

■ - руководитель, □ - Инженер

2.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не

относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i + N_{pacxi} \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

N_{pacxi} – 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.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 7.

Таблица 7 Материальные затраты.

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага	лист	150	150	150	2	2	2	345	345	345
ПЛИС (Cyclone 5)	шт.	1	1	1	25000	25000	25000	26000	26000	26000
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	2	2	2	20	20	20	46	46	46
Тетрадь	шт.	3	3	3	50	50	50	172,5	172,5	172,5
Итого								26966	26966	26966

2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 8. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 8 Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования.

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Персональный компьютер	1	1	1	30	30	30	30	30	30
Итого:								30	30	30

2.7 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (7)$$

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

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p , \quad (8)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 6);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_{\phi}}, \quad (9)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M=10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 48 раб.дня);

F_{ϕ} – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн (таблица 9).

Таблица 9 Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней – выходные дни - праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезням	30	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	217	217

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{тс} (1 + k_{пр} + k_{д}) k_{р}, \quad (10)$$

где $З_{тс}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб ();

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

$k_{д}$ - коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{тс}$);

$k_{р}$ - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице

Исполнители	Разряд	$З_{тс}$, руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$З_{м}$, руб	$З_{дн}$, руб	$T_{р}$, раб.дн	$З_{осн}$, руб
Руководитель	Ассистент, преподаватель	14584,32	0,3	0,2	1,3	28439,4	1363	27,7	37755,1
Инженер	1	6595,7	0,3	0,2	1,3	12961,6	621,2	27,5	17207,24
Итого, руб									54962,34

2.8 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (11)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

2.9 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (12)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 10).

Таблица 10 Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	37755,1	40890	38459	4530,61	4906,8	4615,08
Инженер	17207,24	49509,64	35625,15	2064,87	5941,16	4275,02
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	16682,17					
Исполнение 2	27438,1					
Исполнение 3	22486,02					

2.10 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который

при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.11.

Таблица 11 Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	26966	26966	26966	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	30000	30000	30000	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	54962,34	90399,64	74084,15	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6595,48	10847,96	8890,1	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	16682,17	27438,1	22486,02	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	21632,96	29704,27	25988,2	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	156838,95	215355,97	188414,47	Сумма ст. 1- 6

3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 12 Расчет интегрального финансового показателя.

№ исполнения	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	156838,95	215355,97	0,73
2	215355,97		1
3	188414,47		0,87

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

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

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 13).

Таблица 13 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4	5
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
4. Энергосбережение	0,25	4	3	5
5. Надежность	0,15	4	3	5
6. Материалоемкость	0,20	5	5	5
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 4*0,1 + 4*0,15 + 4*0,15 + 4*0,25 + 4*0,15 + 5*0,20 = 4,2;$$

$$I_{p-исп2} = 4*0,1 + 4*0,15 + 4*0,15 + 3*0,25 + 3*0,15 + 5*0,20 = 3,8;$$

$$I_{p-исп3} = 5*0,1 + 5*0,15 + 5*0,15 + 5*0,25 + 5*0,15 + 5*0,20 = 4,85.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (17)$$

Таблица 14 Сравнительная эффективность разработки.

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,73	1	0,87
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	3,8	4,85
3	Интегральный показатель эффективности	5,75	3,8	5,57
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,5	0,68	0,97

Исходя из таблицы 14, наиболее предпочтительным является исполнение под номером 1.

Список публикаций студента

1. Асочаков, А. С. Аппаратная обработка данных с фазированной решетки [Электронный ресурс] = Hardware processing of data of phased array / А. С. Асочаков, Ю. В. Шульгина, Е. М. Шульгин; науч. рук. П. В. Сорокин // Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного форума с международным участием, г. Томск, 12-14 апреля 2016 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 229-232]. — Заглавие с экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/23238>

2. Булгакова, О. В. Использование фазированных антенных решеток при обследовании внутренних органов [Электронный ресурс] = Using of phased arrays to study of internal organs / О. В. Булгакова, А. С. Асочаков, Ю. В. Шульгина; науч. рук. Ю. В. Шульгина // Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного форума с международным участием, г. Томск, 12-14 апреля 2016 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 236-239]. — Заглавие с экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/23241>

3. Асочаков, А. С. Метод обработки ультразвукового сигнала фазированной антенной решетки [Электронный ресурс] / А. С. Асочаков, Ю. В. Шульгина; науч. рук. А. И. Солдатов // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность : сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 1. — [230-233]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C36/V1/061.pdf>

4. Method of Processing of Ultrasonic Signal of Phased Array [Electronic resources] / A. S. Asochakov [et al.] // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS) : proceedings of the International Conference, Tomsk, 1-4 December, 2015 / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU) ; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). — [S. l.]: IEEE, 2015. — [7 p.]. — Title screen. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1109/MEACS.2015.7414874>

5. Старостин А. Л. , Асочаков А. С. Определение момента прихода эхо-импульса для метода двухчастотного зондирования [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 5-9 Октября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 292-294. - Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/files/conferences/ctt/proceeding>

6. Асочаков А. С. , Старостин А. Л. Обработка данных с фазированной антенной решётки с использованием MatLab [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 5-9 Октября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 240-242. - Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/files/conferences/ctt/proceeding>

7. Асочаков А. С. , Шульгина (Чиглинцева) Ю. В. Метод обработки ультразвукового сигнала фазированной антенной решетки // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 230-233

8. Асочаков А.С., Шульгин Е.М. Обработка данных с фазированной антенной решётки методом построения эллипсов // Научная сессия ТУСУР–2016: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–27 мая 2016 г. – Томск: В-Спектр, 2015 – ч.1 – С. 75-78.