

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

Институт Неразрушающего Контроля
Направление подготовки – Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Ультразвуковая диагностика рака молочных желез с помощью многоэлементной антенной решетки

УДК 620.179.16:618.19-006.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Булгакова Ольга Владимировна		

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
Ассистент	Баннова К.А.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять глубокие специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в инновационной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной биомедицинской и экологической техники	Требования ФГОС (ОК-2, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа и синтеза с использованием специальных знаний, современных аналитических методов и моделей	Требования ФГОС (ОПК-1, 3; ПК-1 – 4), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Выбирать и использовать необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения инновационной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений	Требования ФГОС (ОК-9, ПК-10, 14, 18). Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники конкурентоспособной на мировом рынке	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ПК-5 – 11, 14), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением глубоких специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов в сложных и неопределенных условиях	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ОПК-5, ПК-1 – 4). Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.2, 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-14, 15). Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем активно осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делегированием ответственности и полномочий при решении инновационных инженерных задач	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-3; ПК-3, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности	Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Демонстрировать глубокие знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности	Критерий 5 АИОР (п. 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P12	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-2, 4; ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п.5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) -Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Ф.А.Губарев
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ51	Булгакова Ольга Владимировна

Тема работы:

Ультразвуковая диагностика рака молочных желез с помощью многоэлементной антенной решетки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 15.04.2016 г. № 2943/с

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>	Проработать теоретические основы для создания технического устройства предназначенного для диагностики молочной железы. Используемый метод должен базироваться на использовании фазированных антенных решеток. Устройство должно выстраивать диагностическое изображение. Разрабатываемое устройство должно отвечать всем санитарно техническим нормам и быть абсолютно безопасным для оператора и пациента.
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. Провести обзор литературы по тематике диссертации; 2. Рассмотреть существующие устройства для диагностики рака молочной железы; 3. Разработать структурную схему аппарата; 4. Разработать программу расчета изображения; 5. Провести симуляцию работы программы.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент	Баннова Кристина Алексеевна
Иностранный язык	Ермакова Янина Викторовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор технических средств и методов диагностики рака молочной железы	

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.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Булгакова Ольга Владимировна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ51	Булгаковой Ольге Владимировне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Промышленной и медицинской электроники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):</i>	<i>Затраты на выполнение НИР включает в себя затраты на необходимое оборудование для научных работ, основную и дополнительную заработные платы исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>НИР выполнялась в соответствии со стандартной системой налогообложения, отчислений</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Предпроектный анализ</i>	<i>Определение потенциальных потребителей результатов исследования и анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценка готовности проекта к коммерциализации</i>
2. <i>Инициация проекта</i>	<i>Информация о заинтересованных сторонах проекта, цели и ожидаемые результаты НИР, трудозатраты и функции исполнителей проекта</i>
3. <i>Планирование управления научно-техническим проектам</i>	<i>Составление перечня этапов и работ по выполнению НИР, составление калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов</i>
4. <i>Оценка сравнительной эффективности исследования</i>	<i>Расчёт интегрального показателя эффективности НИР, за счёт определения его основных составляющих: финансовой эффективности и ресурсоэффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка
2. Диаграмма Исикава
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Календарный план проекта
5. Длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе (диаграмма Ганта)
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова Кристина Алексеевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Булгакова Ольга Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1ДМ51	Булгаковой Ольге Владимировне

Институт	Институт неразрушающего контроля	Кафедра	Промышленной и медицинской электроники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	<i>Аппарат для ультразвуковой диагностики рака молочной железы на основе фазированных антенных решеток. Область применения - диагностика.</i>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность <i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</i> <i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</i>	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата производственных помещений; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – превышение уровня шума; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – психофизиологические факторы; – наличие вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – Электрический ток; – повышенная температура поверхностей оборудования.
1. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – анализ воздействия объекта на атмосферу (отходы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (отходы)
2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС на объекте: пожар
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<ul style="list-style-type: none"> – Специальные правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Булгакова Ольга Владимировна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 111 с., 46 рис., 28 табл., 35 источников, 3 прил.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, программируемые логические интегральные микросхемы, synthetic aperture focusing technique, sampling phased array, verilog HDL, диагностика рака молочной железы.

Объектом исследования является аппаратная обработка данных с фазированной антенной решетки.

Цель работы – разработка блока аппаратной обработки данных, полученных с помощью фазированных антенных решеток и построения изображения объекта исследования на основе программируемых интегральных схем для определения образований в молочной железе с высоким разрешением.

В процессе исследования проводились работы по изучению этиологии, а также аппаратуры и методов диагностики раковых заболеваний молочной железы. В ходе дальнейшей разработки проекта был составлен и протестирован в среде программного обеспечения MathCad алгоритм работы одного канала обработки данных. В рамках дальнейшей работы полученный алгоритм был переработан сначала в структурную, а затем цифровую схему обработки данных. Каждый блок полученной схемы был проверен на работоспособность в среде программы ModelSim. Помимо этого был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также рассмотрены вопросы безопасности в ходе разработки, производства и эксплуатации устройства.

В результате исследования разработана структурная и цифровая схема обработки данных на ПЛИС, позволяющая осуществлять одновременно обработку изображения с нескольких приемников в режиме реального времени.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты Национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ Р 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
3. ГОСТ Р 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
4. ГОСТ Р 7.05 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.

В данной работе применены следующие сокращения:

УЗ – ультразвук;

ПЛИС – программируемая логическая интегральная микросхема;

ФАР – фазированная антенная решетка;

ДН – диаграмма направленности;

АР – антенная решетка;

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;

ОЗУ – оперативное запоминающие устройство.

Оглавление

Введение.....	13
Глава 1. Обзор технических средств и методов диагностики рака молочной железы	14
1.1 Этиология рака молочной железы	14
1.2 Способы диагностики рака молочной железы.....	17
1.3 Ультразвуковые диагностические аппараты.....	21
1.4 Методы, применяемые для ультразвуковых исследований	24
1.5 Методы диагностики с помощью фазированных антенных решеток	26
Глава 2. Разработка алгоритма расчета изображения	31
2.1 Математическое моделирование программы расчета изображения	31
2.1.1 Разработка алгоритма работы математической модели	31
2.1.2 Результат аппаратной обработки данных.....	32
2.2 Разработка блок-схемы для реализации расчета изображения в ПЛИС....	34
2.3 Выбор метода реализации блоков памяти.....	35
2.3.1 Возможные виды памяти	35
2.3.2 Общие информационные выводы памяти.....	37
2.3.3 Виды оперативной памяти	37
Глава 3. Выбор схемотехнических решений и структурной схемы устройства	39
3.1 Структурная схема устройства	39
3.2 Расчет усилителя	40
3.3 Блок-схема и алгоритмы работы устройства	41
3.3.1 Блок счета точек.....	41
3.3.2 Блок-перемножитель	42
3.3.3 Блок расчета корня	43
3.3.4 Блок расчета временного интервала	45
3.3.5 Суммирующий блок	45
3.3.6 Блок памяти	45
3.3.7 Блок связи с компьютером.....	47
3.3.8 Тактирующий блок	49

3.4 Расчет диаграммы направленности антенной решетки.	50
Глава 4. Симуляция блоков в среде ModelSim.....	55
4.1 Блок счета точек.....	55
4.2 Блок-перемножитель	55
4.3 Блок расчета корня.....	55
4.4 Блок расчета временного интервала	56
4.5 Суммирующий блок	56
4.6 Блок памяти	57
4.7 Блок связи с компьютером.....	58
Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .	59
5.1. Предпроектный анализ.....	59
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	59
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	60
5.1.3 FAST-анализ	60
5.1.4. Диаграмма Исикава	65
5.1.5 SWOT-анализ	66
5.1.6 Оценка готовности проекта к коммерциализации	70
5.2 Инициация проекта.....	73
5.2.1 Цели и результаты проекта.....	73
5.2.2 Организационная структура проекта.....	74
5.2.3 Ограничения и допущения проекта	74
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	75
5.3.1 План проекта	75
5.3.2 Бюджет научного исследования.....	78
5.3.3. Расчет заработной платы.....	78
5.3.4. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	80
5.3.5 Отчисления на социальные нужды	80
5.3.6. Накладные расходы	81

5.3.7. Расчет общей себестоимости разработки.....	81
5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	82
5.5 Вывод.....	83
Глава 6. Социальная ответственность.....	85
6.1. Введение.....	85
6.2 Производственная безопасность	86
6.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации аппарата.....	87
6.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации аппарата.....	95
6.3 Экологическая безопасность.....	98
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	99
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	101
6.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	101
6.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	102
6.6 Список использованной литературы	105
Заключение	106
Список литературы	108
Приложение А	112
Приложение Б. Программа работы блоков обработки информации на языке Verilog HDL.....	126
Приложение В. Программа моделирования в среде MathLab.....	135

Введение

В современном мире достаточно остро стоит проблема диагностики рака молочной железы на ранней стадии. Наиболее точным для выявления злокачественных новообразований является метод рентгенографии, у которого существуют серьезные недостатки: дороговизна, стационарность оборудования, болезненность процедуры и вред рентгеновского излучения для организма, поэтому при обследовании молочной железы на злокачественные новообразования чаще всего применяется ультразвуковое исследование. По сравнению с иными способами диагностики (обследование маммологом, рентгенография, магнитно-резонансная томография, биопсия) ультразвук является сравнительно точным, дешевым и неинвазивным. У существующих диагностических приборов есть ряд недостатков: необходимость координатной привязки, нечеткость изображения в связи с неоднородностью тканей, малая скорость обработки принятых данных. В связи с этим существует необходимость разработки принципиально нового оборудования для поиска патологий.

Цель работы: разработка блока аппаратной обработки данных, полученных с помощью фазированных антенных решеток и построения изображения объекта исследования на основе программируемых интегральных схем для определения образований в молочной железе с высоким разрешением.

Исходя из поставленной цели, в текущем семестре были выполнены следующие задачи:

- изучение литературы по раковым заболеваниям;
- доработка блок-схемы устройства;
- симуляция блок-схемы обработки данных с ФАР в пакете ModelSim;

Глава 1. Обзор технических средств и методов диагностики рака молочной железы

1.1 Этиология рака молочной железы

Рак молочной железы является полиэтиологическим (заболевание, которое развивается по многим причинам) заболеванием. Данное заболевание не имеет ярко выраженных экзогенных причинных факторов, как например заболевания раком легких или желудка.

Главный предрасполагающий фактор при раке молочной железы – женский пол. Соотношение заболевших мужчин и женщин 1:100–150.

Вероятность заболеть раком молочной железы имеет выраженную возрастную зависимость. Случаи заболевания у лиц моложе 30 лет редки. Пик заболеваемости приходится на 45–65 лет.

Наследственный фактор является причиной рака молочной железы примерно у 5–10 % заболевших женщин. Речь идет о наследуемых мутациях некоторых генов, при которых опухоль развивается в несколько раз чаще, чем в среднем в популяции. Кроме того, по наследству передается предрасположенность к злокачественной трансформации. Женщины, чьи кровные родственницы (мать, бабушка, сестра, тетя) болели раком молочной железы, имеют более высокий риск возникновения опухоли.

Эстрогены (женские гормоны) не являются канцерогенами в классическом смысле этого слова – при присоединении этих гормонов к клеткам-мишеням опухоли происходит их активация и неконтролируемый рост. Более длительное и интенсивное воздействие эстрогенов на ткань желез происходит в следующих ситуациях: раннее менархе (до 13 лет), поздняя менопауза (более 55 лет), гинекологические заболевания (например поликистоз яичников), позднее наступление 1-й беременности (после 30 лет), отсутствие беременности, количество детей менее 2. Такие факторы, как прерывание беременности, искусственное родоразрешение, отказ от естественного вскармливания вызывают дезадаптацию регуляторных процессов и создают условия для реализации действия условных канцерогенов.

Другие внешние факторы влияют на риск развития рака молочной железы в менее значимой степени. Их эффект сложно учитывать, т. к. он зависит от дозы, интенсивности, частоты и периодичности воздействия, действия факторов-антагонистов и синергистов.

Употребление богатой жирами пищи, которая не метаболизируется, способствует увеличению синтеза эстрогенов. Прием алкоголя приводит к схожим изменениям обмена веществ и замедляет инактивацию (разрушение активных структур) эстрогенов в печени. Красное мясо содержит много токсинов и при употреблении чаще 1 раза в неделю может повышать риск рака молочной железы. Газированные напитки способствуют повышению уровня эстрогенных гормонов, которые могут вызывать опухолевую трансформацию клеток молочной железы. Курение оказывает опосредованный канцерогенный эффект за счет нарушения структуры субклеточных элементов продуктами метаболизма.

Заболевания, сопровождающиеся нарушением жирового обмена и трофики тканей (инсулин-зависимый сахарный диабет, артериальная гипертензия, атеросклероз, ожирение), также повышают риск развития рака молочной железы.

Включение в рацион продуктов с омега-3-полиненасыщенными жирными кислотами (льняное семя, орехи, рыба, ростки пшеницы, рапсовое масло и др.) способствует образованию продуктов, нейтрализующих токсины; профилактический эффект в отношении рака молочной железы доказан в опытах на животных. Овощи и фрукты содержат витамины и минералы, которые хорошо усваиваются, участвуют в метаболических процессах организма, выводят токсины.

Физическая активность – фактор профилактики опухолей молочной железы. При полноценной мышечной нагрузке жиры метаболизируются до конечных продуктов, купируется ожирение, нормализуется гормональный фон, улучшается микроциркуляция в тканях.

В проведенных исследованиях не получено доказательств канцерогенной роли оральных контрацептивов при правильном режиме приема, хотя среди специалистов нет единого мнения по данному вопросу.

Травмы молочной железы (спорт, особенно в детском и юношеском возрасте, операции при остром мастите) вызывают рубцовые изменения и неспецифическую пролиферацию тканей, что может быть фоном для реализации действия других канцерогенов. Ионизирующая радиация при лучевом лечении опухолей шеи и органов грудной клетки также способна спровоцировать злокачественную трансформацию ткани молочной железы.

Предрасполагающими факторами являются также доброкачественные опухоли, дисгормональные заболевания молочных желез, злокачественные новообразования яичников и эндометрия.

Основные эпидемиологические характеристики рака молочной железы:

- 1-е место среди онкопатологии у женщин;
- чаще заболевают женщины в возрасте 45–75 лет;
- рост заболеваемости повсеместно;
- более высокая заболеваемость в Европе и Северной Америке.

Рак молочной железы в настоящее время относится к наиболее распространенным опухолям. Рак молочной железы занимает 1-е место в структуре онкозаболеваемости женщин, 5-е место – в структуре онкозаболеваемости обоих полов. Наиболее высокие показатели заболеваемости (более 80–100 случаев в год на 100 тыс. населения) отмечены в экономически развитых странах: США, Канада, Великобритания, Израиль, Франция, Италия. Наименьшая заболеваемость (до 20 случаев в год на 100 тыс. населения) – в Японии, Китае, Индии, Конго, Турции, Таджикистане. Такое распределение обусловлено средней продолжительностью жизни населения и демографическими традициями (количество детей, распространенность абортов, средний возраст первых родов, отношение к естественному вскармливанию). В странах Восточной Европы заболеваемость раком молочной железы колеблется в пределах 40–60 случаев в год на 100 тыс. женщин. В русле

этих тенденций находится обстановка и в России. Средний возраст впервые заболевших женщин составляет 60–65 лет.

Рак молочной железы относится к злокачественным опухолям с довольно высоким уровнем летальности. Соотношение смертность/заболеваемость зависит от эффективности ранней диагностики заболевания и составляет 25–50 %. Применение более совершенных методов лечения, в большей степени, влияет на продолжительность жизни пациентки, чем на выживаемость.

Динамика эпидемиологических показателей в мире характеризуется следующими тенденциями: рост заболеваемости во всех регионах с прибавкой 10–20 % за 10 лет, средний возраст начала заболевания постепенно снижается, смертность от рака молочной железы уменьшается примерно на 1 % в год с 1991 г.

Причины роста заболеваемости: увеличение продолжительности жизни населения, отсутствие первичной профилактики, действие антропогенных факторов, увеличение возраста первых родов, уменьшение возраста начала менструаций у девочек, изменение характера питания.

Снижение смертности обусловлено улучшением ранней диагностики и совершенствованием методов лечения. [24]

1.2 Способы диагностики рака молочной железы

При обследовании молочной железы применяются следующие способы диагностики:

- пальпация желез
- рентгенография
- компьютерная томография
- цитологическое (гистологическое) исследование
- ультразвуковое исследование

Рассмотрим подробнее каждый метод:

- 1) пальпация желез

Клиническое исследование молочных желез (пальпация). Самоосмотр пациенткам рекомендуют проводить самостоятельно на пятый-шестой день цикла, ежемесячно, когда молочная железа не напряжена. В ходе менопаузы выбирается любой день в календарном месяце. С помощью самостоятельных осмотров выявляются изменения в молочной железе. Пальпация, проведенная специалистом, может показать необходимость в более серьезном обследовании.

Достоинства:

- скорость обследования
- возможность самостоятельного проведения процедуры
- крайняя дешевизна
- неинвазивность

Недостатки:

- обнаружение образований большого размера
- малая достоверность

2) рентгенография

Лучевую диагностику молочных желез в целях профилактики рекомендуют проходить раз в год, а в целях диагностики – при наличии симптомов заболевания. Для проведения процедуры специальная подготовка не требуется, но необходимо учитывать, что процедура должна проводиться в первой фазе менструального цикла. В период менопаузы у женщин процедуру можно проводить в любой день. Беременным и кормящим лучевая диагностика противопоказана.

При маммографии делаются снимки обеих молочных желез в прямой и косой проекциях. Требуется специальный рентгеновский аппарат – маммограф. Маммографию назначают при выявлении симптомов заболеваний или в профилактических целях.

Прицельные рентгенограммы используются для диагностики отдельных участков молочной железы, которые плохо видны на обзорных снимках. Делаются с прямым увеличением изображения в 1,5-2 раза.

Достоинства:

- высокая точность и четкость получаемого изображения
- неинвазивность

Недостатки:

- сложность обнаружения кист
- дороговизна и стационарность оборудования
- показан пациенткам после 40 лет
- имеет противопоказания при беременности и лактации
- умеренные болевые ощущения при маммографии
- сложность обследования при большом или маленьком размере груди при маммографии
- облучение организма пациента

3) компьютерная томография

Самая дорогая из всех приведенных методик. Назначается в случае необходимости определения природы найденного новообразования, если рентген и УЗИ не дали точного ответа. В случае, если рак молочной железы уже точно диагностирован и произошло метастазирование опухоли также назначается томография. Для проведения диагностической процедуры требуется компьютерный томограф, представляющий собой цилиндрическую камеру с рентгеновскими датчиками и излучателями, а также горизонтальную автоматическидвигающуюся платформу со специальными просветами, на которой располагается пациентка. Она ложится спиной вверх. Тело фиксируется, а исследуемая область сканируется рентгеном, после этого на компьютерный монитор передаются визуальные «срезы» под разным углом наклона. Недостатки процедуры – ее длительность (в редких случаях – до двух часов) и необходимость находиться все это время в малоподвижном состоянии. Возможно применение успокоительных средств.

Достоинства:

- чрезвычайная точность получаемого изображения
- облегчение диагностики для пациенток с силиконовыми имплантатами или со шрамами молочной железы

- возможность точного определения положения множественных новообразований в разных плоскостях

- неинвазивность

Недостатки:

- высокая цена покупки и обслуживания оборудования
- большое время обследования
- специальные требования к помещению, в котором располагается прибор
- невозможность обследования больных с клаустрофобией, некоторыми типами кардиостимуляторов, крупными металлическими имплантатами из немедицинских металлов

4) Цитологическое (гистологическое) исследование

Данное исследование больше известно под названием биопсия. Только биопсия позволяет абсолютно точно установить природу любых новообразований. Биопсия проводится следующим образом: из диагностированного новообразования с помощью особой иглы или разреза происходит забор образца ткани, который затем направляется на лабораторное исследование. Это уточняющая диагностика, необходимая для оценки доброкачественности / злокачественности образования. Если достаточно микрообразца, его берут при помощи шприца, без обезболивания. Это называется пункционной биопсией. В некоторых случаях требуется мини-операция под местным наркозом, при которой иссекается и отправляется на анализ часть опухоли.

Достоинства:

- позволяет получить образец тканей для точного определения природы новообразования

- сравнительно высокая скорость проведения процедуры

Недостатки:

- инвазивное вмешательство
- риск кровотечения и образования гематомы

– в некоторых случаях пункционная биопсия не позволяет получить необходимый для проведения анализа объем патологических тканей, и исследование приходится повторять

5) ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование применяется как основной (в основном у женщин моложе 35 лет) или дополнительный (в любом случае) метод диагностики заболеваний молочной железы. УЗИ молочных желез назначается врачом для профилактики и диагностики рака груди в тех случаях, когда необходимо уточнить диагноз или когда рентген противопоказан (например в период беременности и лактации). Под контролем ультразвука часто проводят биопсию, он также наглядно показывает кальцинаты и очаги уплотнения, с его помощью можно оценить кровоток в тканях груди.

Достоинства:

- неинвазивность
- отсутствие ионизирующего излучения
- высокая скорость обследования
- высокая разрешающая способность
- сравнительно малая стоимость оборудования
- не имеет ограничения по возрасту
- разрешено при беременности и лактации

Недостатки:

- имеет меньшую эффективность при диагностике фиброаденом
- имеет предел разрешающей способности

1.3 Ультразвуковые диагностические аппараты

Так как разрабатываемое устройство является портативным, в данной подборке рассматриваются только портативные модели диагностических аппаратов разных фирм.

Во всех изученных моделях излучателем и приемником служит сложносоставной датчик, выполненный из ряда пьезопреобразователей малых

габаритов, работающих в одном режиме. Для фокусировки такого датчика на исследуемой глубине в него вмонтирована фокусирующая линза.



Рис. 1.1. Внешний вид аппарата Mindray M5.

Рыночная стоимость нового аппарата с двумя датчиками составляет 853 860 рублей.

Области применения:

- абдоминальные исследования;
- кардиология;
- акушерство и гинекология;
- урология;
- исследования малых органов;
- педиатрия;
- ортопедия;
- исследования опорно-двигательного аппарата;
- интраоперационные исследования;
- исследование периферических сосудов;
- транскраниальные исследования;
- сонография при брюшных травмах.



Рис. 1.2. Внешний вид аппарата GE LOGIQ E.

Рыночная стоимость восстановленного аппарата с двумя датчиками составляет 1 117 200 рублей

Области применения:

- кардиология;
- акушерство и гинекология;
- урология;
- неврология;
- травматология и ортопедия;
- эндокринология;
- ангиология;
- педиатрия;
- неонатология;
- интраоперационные исследования.



Рис. 1.3. Внешний вид аппарата SONOSITE M-TURBO.

Рыночная стоимость восстановленного аппарата с двумя датчиками составляет 1 413 600 рублей.

Области применения:

- педиатрия;
- исследования в неонатальный период;
- кардиология;
- ангиология;

- транскраниальные исследования сосудов;
- чреспищеводные исследования;
- акушерство и гинекология;
- урология;
- интраоперационные исследования.

Все современные приборы для ультразвуковой диагностики являются широкопрофильными и имеют встроенный экран. При изучении рынка не было найдено аппарата, в сфере применения которого была бы указана маммология, что подтвердило необходимость разработки подобного аппарата. Так как в современных медицинских учреждениях большинство кабинетов оборудованы компьютерами, было решено, что разрабатываемое устройство будет передавать построенное изображение на компьютер. Такое решение позволит снизить себестоимость аппарата при сохранении относительной портативности.

1.4 Методы, применяемые для ультразвуковых исследований

В медицине для проведения обследований в основном применяются 2 метода: теневой и эхо-импульсный. Рассмотрим их подробнее.

Теневой метод.

В данном случае источник и приемник сигнала расположены друг напротив друга с 2 сторон объекта контроля.

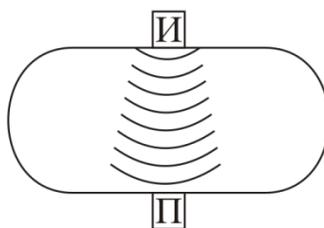


Рис.1.4. Теневой метод сканирования

Признаком наличия области с иной плотностью будет являться ясно различимое уменьшение значения амплитуды принятого сигнала, или его полное исчезновение (такие области порождают "акустическую тень")

Достоинства теневого метода:

- Простота интерпретации полученных сигналов
- Низкая зависимость значения амплитуды сигнала от ориентации области

– Высокая устойчивость к помехам

– Отсутствие мертвой зоны

Недостатки:

– Можно применять только при двустороннем доступе к объекту контроля

– Сложность ориентации пьезопреобразователей в пространстве для правильной состыковки их акустических осей.

– Ввиду отсутствия координатной привязки невозможно оценить точные координаты неоднородности.

– Малая чувствительность к неоднородностям (в 10-20 раз меньше чем у эхо-метода).

Эхо-метод.

Для данного метода в качестве источника и приемника используется 1 датчик. Метод заключается в приеме эхо-сигнала, отраженного от противоположного края объекта контроля или неоднородности.

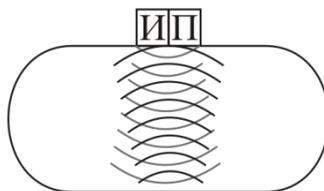


Рис.1.5. Эхо-импульсный метод сканирования

Достоинства:

– Односторонний доступ к пациенту

– Наибольшая чувствительность к выявлению патологий

– Высокая точность определения координат неоднородностей

Недостатки:

– Низкая помехоустойчивость

– Наличие мертвой зоны

Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод, что для проведения обследований намного рациональнее использовать эхо-метод.

1.5 Методы диагностики с помощью фазированных антенных решеток

Антенная решетка (АР) – это сложная направленная антенна, состоящая из совокупности отдельных излучающих элементов, расположенных в пространстве и возбуждаемых токами высокой частоты таким образом, чтобы получить требуемую диаграмму направленности (ДН). Иными словами АР – это совокупность из нескольких антенн, соединенных между собой фидерными линиями.

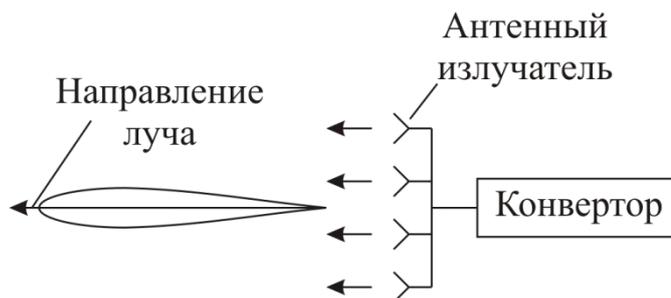


Рис. 1.6. Строение антенной решетки

Если фазы, в которые происходит возбуждение элементов равны на всех излучателях, то получающийся итоговый луч направлен строго под углом в 90 градусов к плоскости антенны. Такой вариант исполнения называется синфазной антенной решеткой. При добавлении фазовращателей между излучающим элементом и источником его возбуждения и таким образом менять фазу излучаемого сигнала на каждом элементе, то в определенном, заранее рассчитанном направлении произойдет интерференция ультразвука. в этом направлении и повернется суммарный луч излучения антенны.

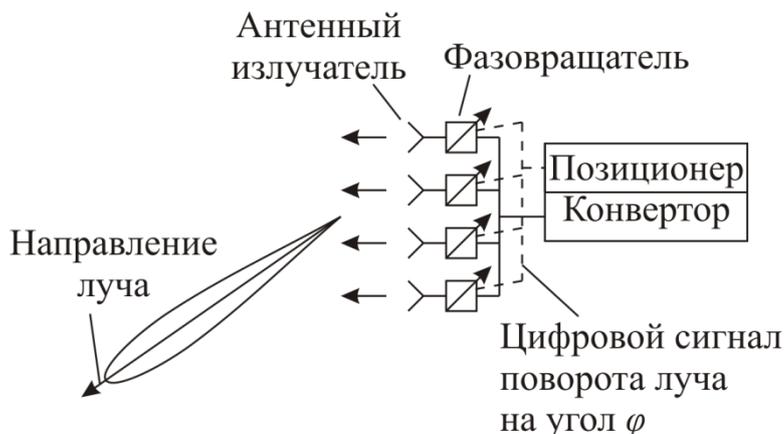


Рис. 1.7. Строение фазированной антенной решетки

Такая антенная решетка называется фазированной (ФАР). Диаграмма направленности (ДН) ФАР определяется из соотношения (см. формулу).

$$F = \frac{\sin[N \cdot \pi \cdot (s/\lambda) \cdot (\sin(\theta) - \sin(\varphi))]}{N \cdot \sin[\pi \cdot (s/\lambda) \cdot (\sin(\theta) - \sin(\varphi))]} \quad (1.1)$$

где s – расстояние между излучателями;

λ – длина волны излучаемого сигнала;

φ – желаемый угол поворота;

N – число излучателей.

Отклонение луча в ФАР на угол j можно обеспечить путем изменения фазы сигнала от излучателя к излучателю так, чтобы разность фаз в соседних излучателях составляла $2\pi(s/l) \sin(j)$.

Управление фазами (фазирование) позволяет: формировать необходимую диаграмму направленности (ДН) ФАР (например, остронаправленную ДН – луч); изменять направление луча неподвижной ФАР и, таким образом, осуществлять быстрое сканирование – качание луча; управлять в определённых пределах формой ДН – изменять ширину луча, интенсивность (уровни) боковых лепестков и т.п. Эти и некоторые другие свойства ФАР, а также возможность применять для управления ФАР современные средства автоматики и ЭВМ обусловили их перспективность и широкое использование в дефектоскопии, радиосвязи, радиолокации, радионавигации, радиоастрономии и т.д.

Применение ФАР значительно упрощает процесс исследования молочной железы, так как, в отличие от обычного ультразвукового исследования, не требует от оператора постоянного перемещения датчика для получения целостной картины. Всего сейчас существует 2 метода сканирования: метод фокусированной синтезированной апертуры SAFT (Synthetic aperture focusing technique) и метод тактированной фазированной решетки или SPA (Sampling phased array).

Метод SAFT

Процесс реконструкции изображения состоит в следующем. Для каждой точки формируемого изображения из пары приемник - излучатель производится выборка отсчетов, времена задержки которых равны временам распространения ультразвуковых импульсов от излучающего элемента антенной решетки к соответствующей визуализируемой точке в объекте контроля и обратно к приемному элементу. Обработка принятого сигнала производится для всех вариантов, т. е. для всех сочетаний излучающих и приемных элементов решетки. Сумма полученных амплитуд задает насыщенность цвета всех точек изображения. В результате величина сигнала в каждой точке изображения эквивалентна сигналу фокусирующего ультразвукового преобразователя, направленного в соответствующую точку сечения объекта. Общее количество точек фокусировки равно количеству пикселей изображения и достигает обычно десятков тысяч. Изображение реконструируется поточно (подобно телевизионному) и является прямоугольным. [3]

Недостатком является необходимость координатной привязки. Возможно неточное определение координат (из-за вариаций скорости ультразвука в материале), вследствие чего сложно получить четкое акустическое изображение. Также важно отметить сравнительную медлительность этого метода.

Метод SPA

Метод заключается в возбуждении одного за другим преобразователей решетки. При этом ультразвуковое излучение распространяется одновременно во всех направлениях. Прием эхо-сигналов производится всеми элементами решетки одновременно. Из принятого сигнала формируется матрица, в которой указывается значение амплитуды на приемнике в каждый момент времени. Полученная матрица используется в расчете изображения. Для получения полной картины при выполнении сканирования решетка движется по двум перпендикулярным осям с заданным шагом над объектом контроля.

Для дальнейшей работы рациональнее использовать метод SPA, так как он имеет более высокое быстродействие по сравнению с SAFT.

Рассмотрим метод SPA подробнее.

1. Пространство под антенной решеткой делится на области с заданным шагом.

2. Для всех областей подсчитывается акустическое изображение с учетом каждого положения антенной решетки.

3. Для каждой области производится суммирование рассчитанных результатов согласно формуле:

$$A_M(x, y, z) = \sum_{i=1}^n A_i(x, y, z) \quad (1.2)$$

где $x, y,$ и z – местоположение элемента, n – количество элементов, i – номер элемента, A_i – амплитуда i -того элемента.

4. Производится построение изображения.

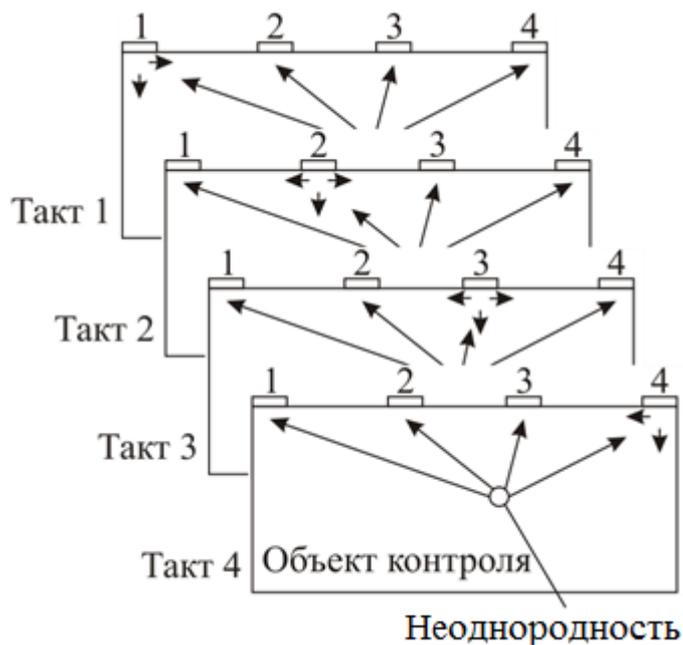


Рис. 1.8. Сканирование методом SPA, где 1–4 – излучатели и приемники сигнала.

Для облегчения понимания принципа работы метода SPA необходимо привести схематическое изображение.

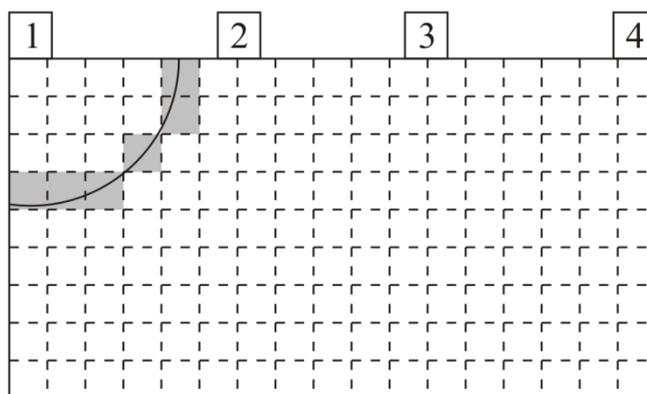


Рис. 1.9. Получение изображения дефекта при работе 1 канала.

В данном случае существует ошибка измерения, так как под одно и то же время распространения попадает несколько элементов, а так как в 1 из них присутствует дефект – все они отображаются на изображении как дефект. Для более точного определения местоположения дефекта необходимо использовать несколько приемников.

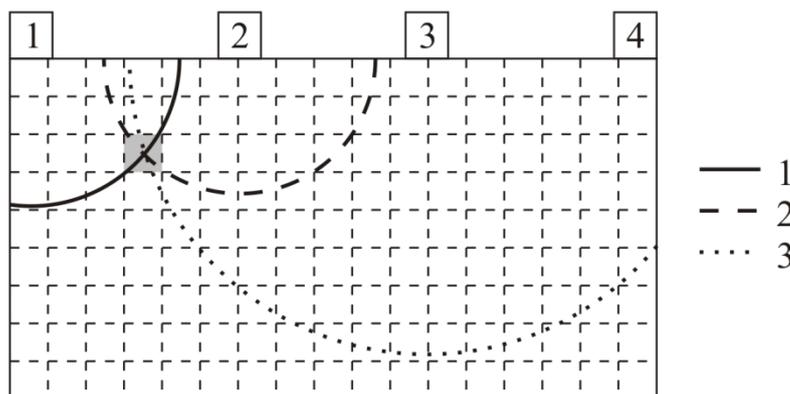


Рис. 1.10. Получение изображения дефекта при работе 3 каналов.

Для точного определения положения дефекта необходима общая обработка данных для всех пар приемник/излучатель. Для определения координаты неоднородности в частных случаях достаточно и двух датчиков, но для лучшей визуализации и исключения влияния шумов используются большие решетки, состоящие из 16, 32, 64 и более элементов. С увеличением количества приемников и излучателей увеличивается точность нахождения положения и формы дефекта.

Глава 2. Разработка алгоритма расчета изображения

2.1 Математическое моделирование программы расчета изображения

Прежде чем реализовывать аппарат, было решено проверить работоспособность методики обработки изображения путем моделирования программы обработки в среде программного обеспечения MathLab.

2.1.1 Разработка алгоритма работы математической модели

При рассмотрении алгоритма важно учитывать что размерность матрицы M1 равна размерности матрицы M3. В качестве матрицы M2 создана нулевая матрица размерности 200x200 и в ней задана область дефекта методом установки 1.

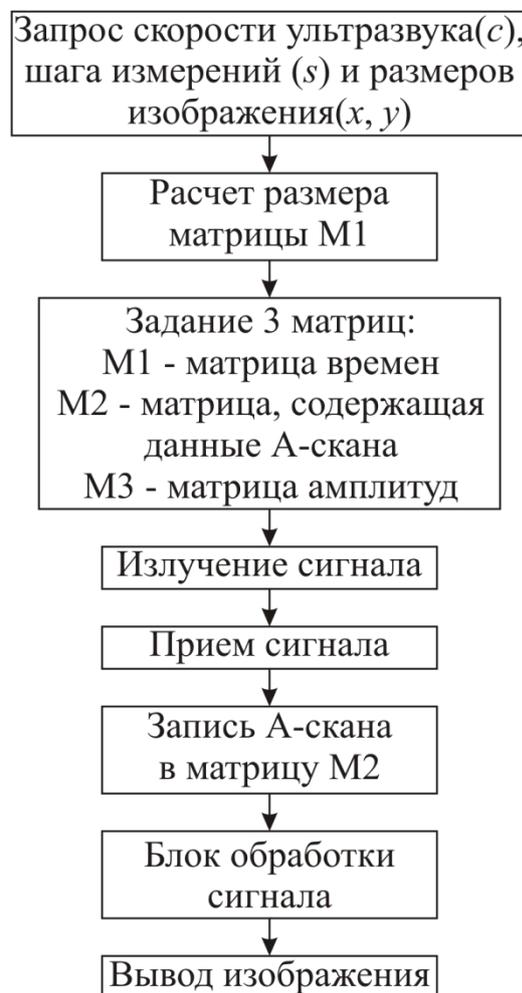


Рис. 2.1. Алгоритм работы 1 канала

Блок обработки представлен далее.

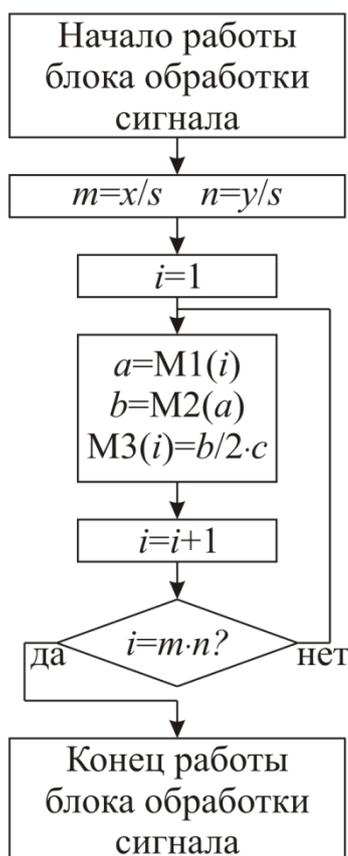


Рис. 2.2. Алгоритм работы блока обработки сигнала

Где m – номер строки, n – номер столбца матрицы.

2.1.2 Результат аппаратной обработки данных

Используя описанный выше алгоритм, была составлена программа для обработки данных в пакете MathLab с ФАР 5x1. Для обработки использовались реальные А-сканы, снятые заранее.

В результате моделирования было получено изображение, представленное на рис.10.

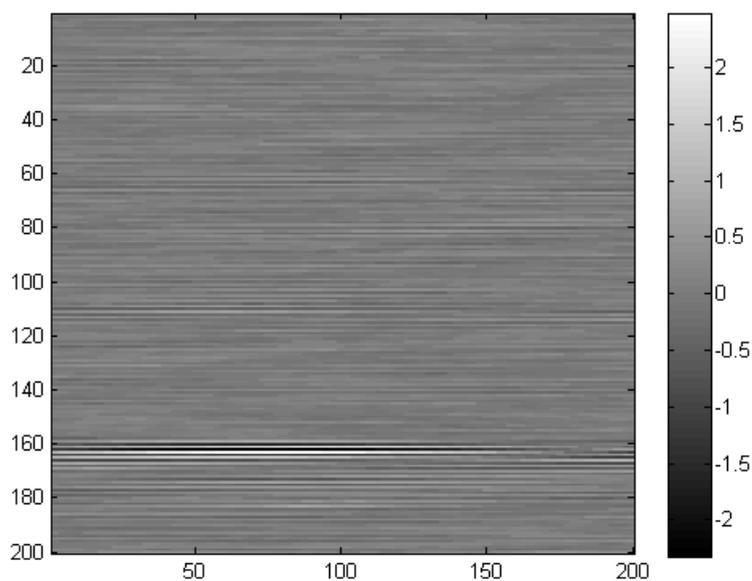


Рис. 2.3. Результат математического моделирования при наличии неоднородности в исследуемом объеме.

Очевидно, что положение и форма неоднородности малоразличимы, это связано с тем, что А-скан имеет как положительное, так и отрицательное значение амплитуды (малое количество датчиков в решетке). Для лучшей визуализации был взят модуль от полученного результата. Изображение представлено на рис. 2.4.

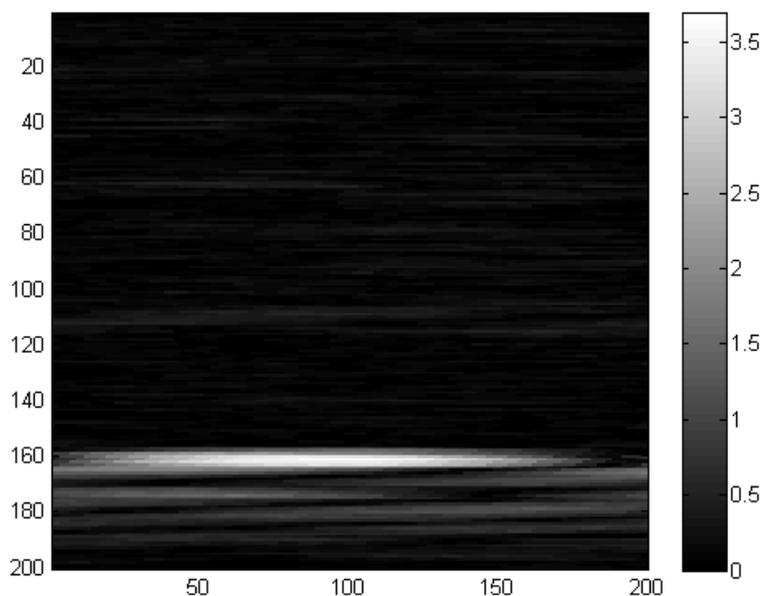


Рис. 2.4. Обработанный результат математического моделирования при наличии неоднородности в исследуемом объеме.

На изображении точно определяется неоднородность в нижней четверти, ее положение и форма хорошо различаются.

2.2 Разработка блок-схемы для реализации расчета изображения в ПЛИС

Так как математическое моделирование показало работоспособность метода обработки данных, была проведена разработка блок-схемы расчета изображения для реализации в ПЛИС с учетом блоков записи данных с датчика и блока передачи изображения на компьютер.

Эксперименты показали возможность избавиться от матрицы хранения времен прохода луча и проводить запись в матрицу хранения изображения непосредственно во время расчетов, что позволило значительно сократить число вентилях, занимаемых программой.

Для дальнейшей реализации была составлена блок-схема расчета изображения.



Рис. 2.5 Блок-схема расчета изображения, вариант 1.

Основным недостатком данного варианта является его абсолютная последовательность, что не дает реализовать основное преимущество ПЛИС – многопоточковую обработку данных. Тогда было решено разделить расчет расстояния на 2 составляющих:

- расчет расстояния от излучателя до точки;
- расчет расстояния от точки до приемника.



Рис. 2.6 Блок-схема расчета изображения, вариант 2.

В таком случае ускоряется процедура расчета времени прохода сигнала. Для дальнейшей реализации был выбран второй вариант структурной схемы. Более подробно работу блок-схемы рассмотрим далее.

2.3 Выбор метода реализации блоков памяти

2.3.1 Возможные виды памяти

Постоянная память (ПЗУ – постоянное запоминающее устройство, ROM – Read Only Memory – память только для чтения), запись информации в которую производится один раз на этапе изготовления микросхемы. Такая память называется ещё масочным ПЗУ. При выключении питания информация в памяти не пропадает и не меняется, поэтому её называют энергонезависимой памятью.

Программируемая постоянная память (ППЗУ – программируемое ПЗУ, PROM – Programmable ROM), запись информации в которую производится ограниченное число раз с помощью специальных методов. Информация в ППЗУ также не пропадает при включении её питания. Примером можно считать современные жесткие диски.

Оперативная память (ОЗУ – оперативное запоминающее устройство, RAM – Random Access Memory – память с произвольным доступом), запись

информации в которую не требует специальных методик работы и может производиться пользователем сколько угодно раз на протяжении срока службы микросхемы. Информация в памяти пропадает при выключении её питания.

Существует множество промежуточных типов памяти, а также множество подтипов, но указанные типы самые главные, принципиально отличающиеся друг от друга. Хотя разница между ПЗУ и ППЗУ с точки зрения разработчика цифровых устройств, как правило, не так уж велика, но в отдельных случаях, например, при использовании так называемой флеш – памяти (flash-memory), представляющей собой ППЗУ с многократным электрическим стиранием и перезаписью информации, эта разница действительно чрезвычайно важна. Можно считать, что флеш – память занимает промежуточное положение между ОЗУ и ПЗУ.

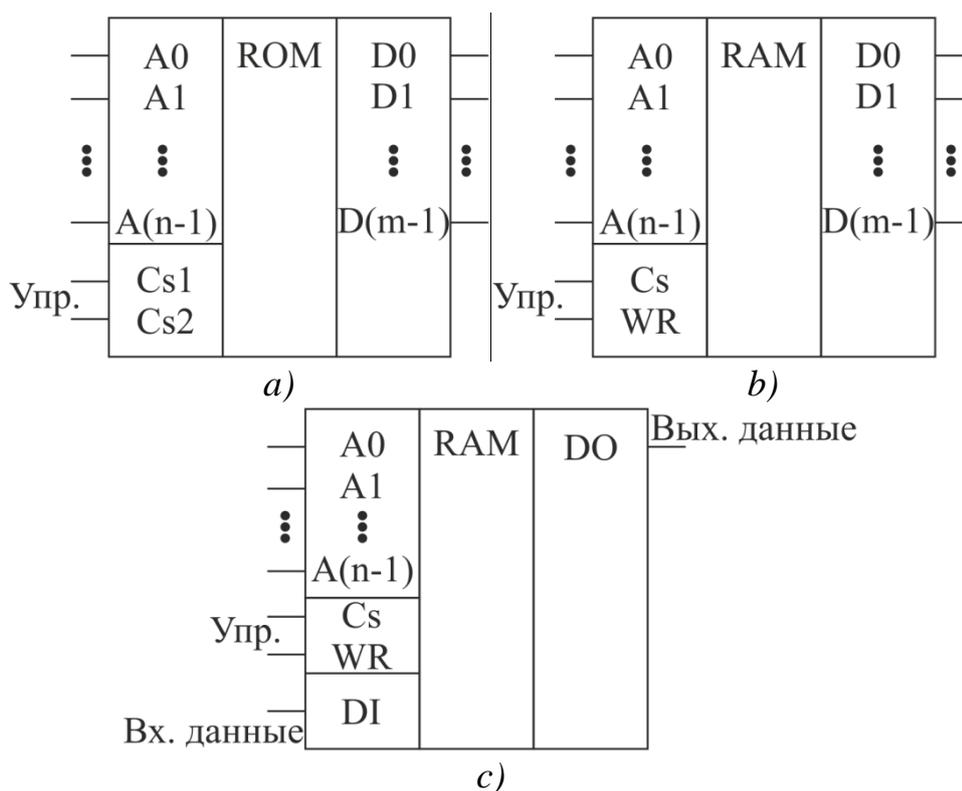


Рис. 2.7. Виды памяти

a – ПЗУ,

b – ОЗУ с двунаправленной шиной данных,

c – ОЗУ с отдельными шинами входных и выходных данных.

2.3.2 Общие информационные выводы памяти

Адресные выводы (входные), образующие шину адреса памяти. На адресные входы поступает двоичный код, который является двоичным номером ячейки памяти, к которой необходимо получить доступ в ходе выполнения текущих операций. Количество разрядов адресного входа влияет на количество ячеек памяти – при количестве адресных разрядов n количество ячеек памяти равно 2^n .

Вывод данных (выходные), образующие шину данных памяти. На выходные ножки вывода данных поступает содержимое ячейки, чей адрес указан на адресных входах микросхемы. Количество разрядов данных определяет количество разрядов всех ячеек памяти (в большинстве случаев количество разрядов соответствует степеням 2). Как правило, выходы данных имеют тип выходного каскада ОК или ЗС.

Для двупортовой оперативной памяти кроме выходной шины данных есть еще и отдельная входная шина данных, на которую подаётся значение, записываемое в выбранную с помощью входов адреса ячейку памяти. Для однопортовой оперативной памяти входная и выходная шины данных совмещены (так называемая двунаправленная шина данных), направление передачи данных по которой определяется управляющими сигналами CS, WR.

Управляющие выводы (входные), установкой которых выбирается режим работы микросхемы. В большинстве случаев у памяти имеется вход выбора микросхемы CS (их может быть несколько, объединенных по функции И). У оперативной памяти также обязательно есть вход записи WR, активный уровень сигнала на котором переводит микросхему в режиме записи.

Для использования в данном проекте лучше всего подходит ОЗУ (RAM).

2.3.3 Виды оперативной памяти

ОЗУ (RAM) бывают двух видов – статические и динамические. Все ячейки оперативной памяти являются, по сути, регистром заданной размерности из триггерных элементов, в котором возможна запись и чтение информации. Обращение к конкретному регистру (ячейке памяти) выполняется

путем задания кода адреса памяти. Так как триггерная ячейка сохраняет записанное положение (0 или 1) только при наличии питания, то при выключении питания вся информация из оперативной памяти стирается.

Главное применение микросхем оперативной памяти, непосредственно следующее из её названия, – это временное хранение цифровой информации, всевозможных массивов кодов, таблиц данных, одиночных чисел и т. д.

Цель такого хранения информации состоит в том, чтобы в любой момент иметь возможность быстро её прочитать для дальнейшей обработки, записи в энергонезависимую память (в ПЗУ, на различные носители) или для другого исполнения.

Глава 3. Выбор схемотехнических решений и структурной схемы устройства

3.1 Структурная схема устройства

Анализируя поставленные задачи, был сделан вывод о том, что для разработки данного устройства рационально использовать смесь цифровой и аналоговой электроники, так как расчеты удобно производить с помощью процессоров, а обрабатывать синусоидальный звуковой сигнал – с помощью аналоговых устройств.

Так как отраженный звуковой сигнал очень мал, необходимо его усилить прежде, чем сигнал поступит на блок обработки. Также необходимо визуализировать полученную картину, что рациональнее реализовать на ЖК-дисплее, который обладает достаточной разрешающей способностью.

Исходя из приведенных выше аргументов, были созданы следующие структурные схемы:



Рис.3.1. Структурная схема, вариант 1



Рис.3.2. Структурная схема, вариант 2

Первая структурная схема строится на базе мощных процессоров, так как визуализация с ФАР достаточно ресурсоемкий процесс. Их использование сильно увеличивает итоговую стоимость оборудования.

Вторая структурная схема при обработке сигнала использует программируемые логические интегральные микросхемы (ПЛИС).

Достоинства ПЛИС:

- Быстродействие

- Возможность обработки информации на нескольких каналах одновременно
- Низкая стоимость (по сравнению с мощными процессорами)
- Большое количество портов ввода и вывода
- Возможность отладки устройства без демонтажа отдельных элементов
- Меньшие массогабаритные параметры, по сравнению с устройствами на процессорах
- Минимизация ручного труда инженера-разработчика
- Высокая надежность
- Возможность провести весь цикл проектирования и конфигурирования на одном рабочем месте.

В связи с этим для дальнейшей разработки была выбрана 2 схема.

3.2 Расчет усилителя

В качестве усилителя было решено использовать неинвертирующий усилитель на основе операционного усилителя. В неинвертирующем усилителе выходное напряжение совпадает по фазе с входным.

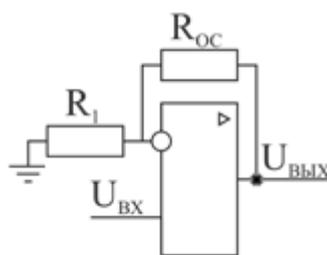


Рис. 3.3 Принципиальная схема неинвертирующего усилителя на операционном усилителе.

Расчет выходного напряжения ведется по формуле:

$$U_{ВЫХ} = U_{ВХ} \cdot \left(1 + \frac{R_{OC}}{R_1} \right) \quad (3.1)$$

При этом коэффициент усиления будет равен:

$$k_U = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} = 1 + \frac{R_{OC}}{R_1} \quad (3.2)$$

На выходе усилителя необходимо получить 5 В. На вход поступает 100 мкВ. Примем $R_{OC}=1$ кОм, тогда R_1 будет равно [23]:

$$R_1 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} - 1}{R_{\text{OC}}} = 49,999 \text{ Ом}$$

В соответствии с наиболее распространенным рядом номиналов резисторов E24 $R_{\text{OC}}=1\text{кОм}$, R_1 составлен из последовательно соединенных резисторов номиналом 20 и 30 Ом.

3.3 Блок-схема и алгоритмы работы устройства

Для работы представленной ранее блок-схемы на базе ПЛИС будет использоваться схема расчетов, представленная на рис.

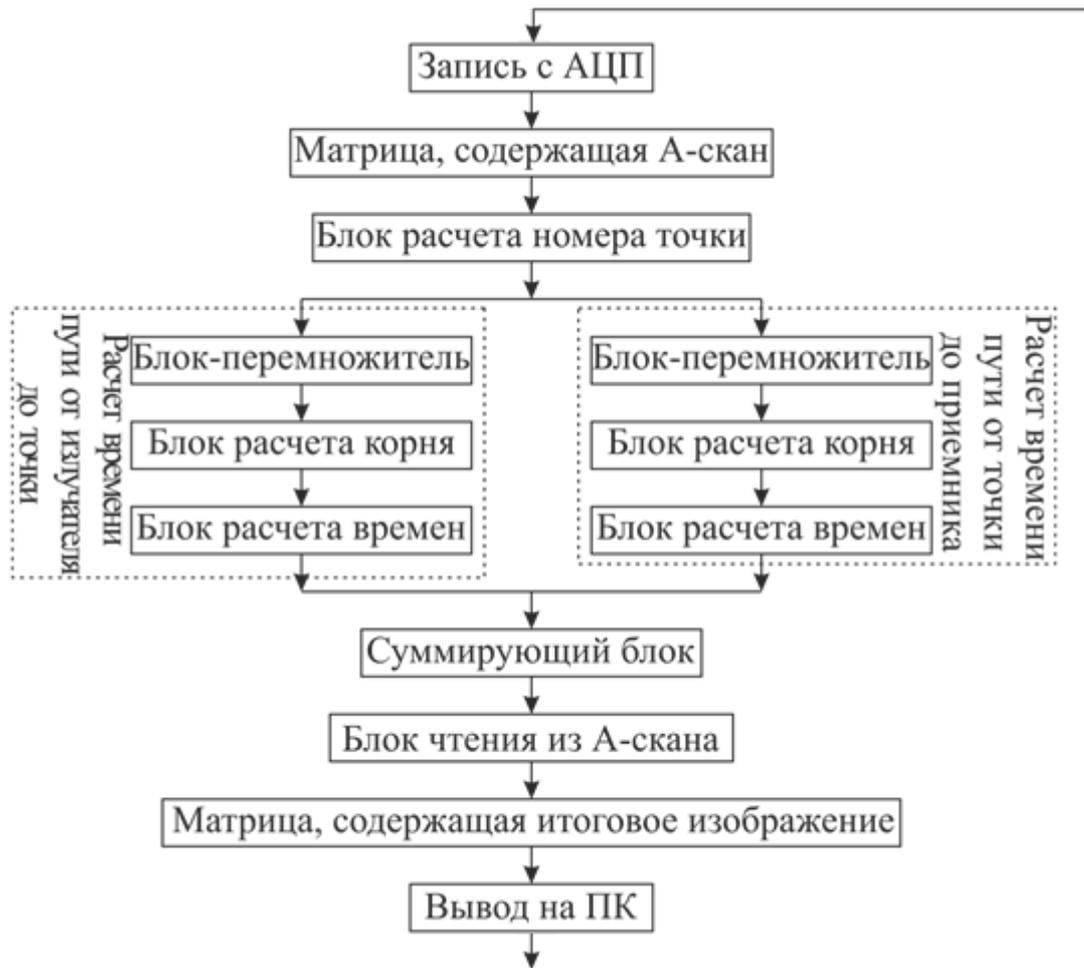


Рис. 3.4. Блок-схема работы одного канала устройства.

Подробное описание работы каждого блока будет приведено далее.

3.3.1 Блок счета точек

Блок счета точек необходим в первую очередь для адресации блока памяти. На основе данных блока счета точек рассчитывается расстояние,

которое проходит по тканям ультразвуковой сигнал. Алгоритм работы данного блока выглядит следующим образом:

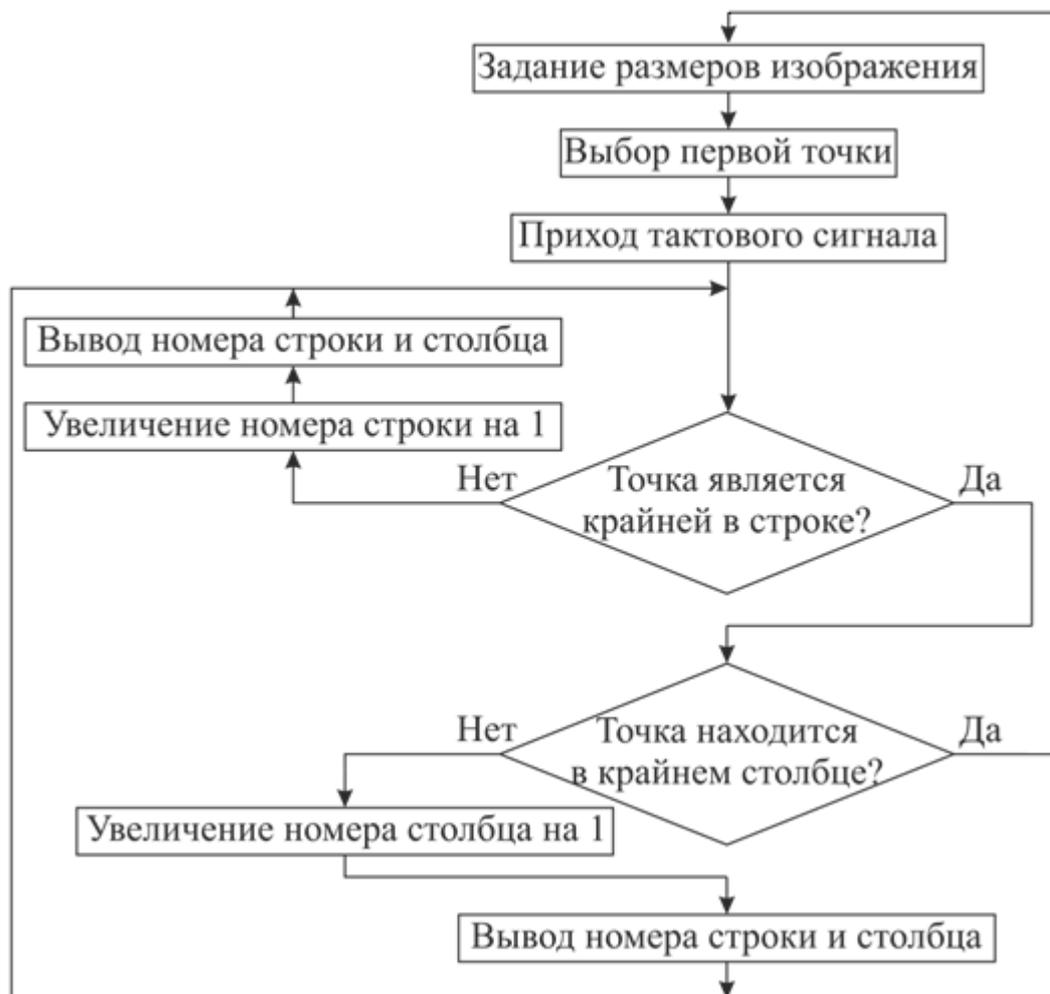


Рис. 3.5 Алгоритм работы блока счета точек.

После завершения алгоритма работы данный блок необходимо запускать заново. Номер точки считается слева направо и снизу вверх.

3.3.2 Блок-перемножитель

Расчет времени прохода луча происходит по следующей формуле:

$$L = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Где L – путь луча;

a – номер столбца;

b – номер строки.

В языке Verilog HDL нет функции, способной изъять квадратный корень числа. Поэтому процедуру расчета данной формулы было решено разбить на два блока:

- блок-перемножитель, который обеспечивает расчет значения под корнем;
- блок расчета корня, который производит изъятие квадратного корня из получившегося ранее числа.

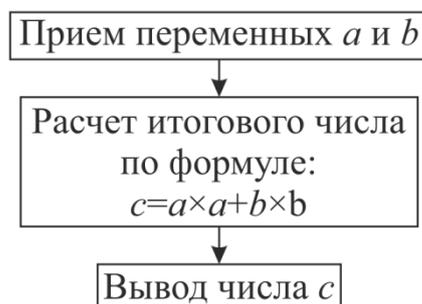


Рис. 3.6 Алгоритм работы блока-перемножителя.

Данный блок не является тактируемым, он постоянно поддерживает на выходе рассчитанное значение и при смене входных данных фактически мгновенно (с учетом времени задержки распространения сигналов внутри платы ПЛИС) выдает новое выходное значение.

3.3.3 Блок расчета корня

В языке Verilog HDL нет функции, способной изъять квадратный корень числа. Для выполнения этой операции был составлен алгоритм, представленный на рис. 3.7.

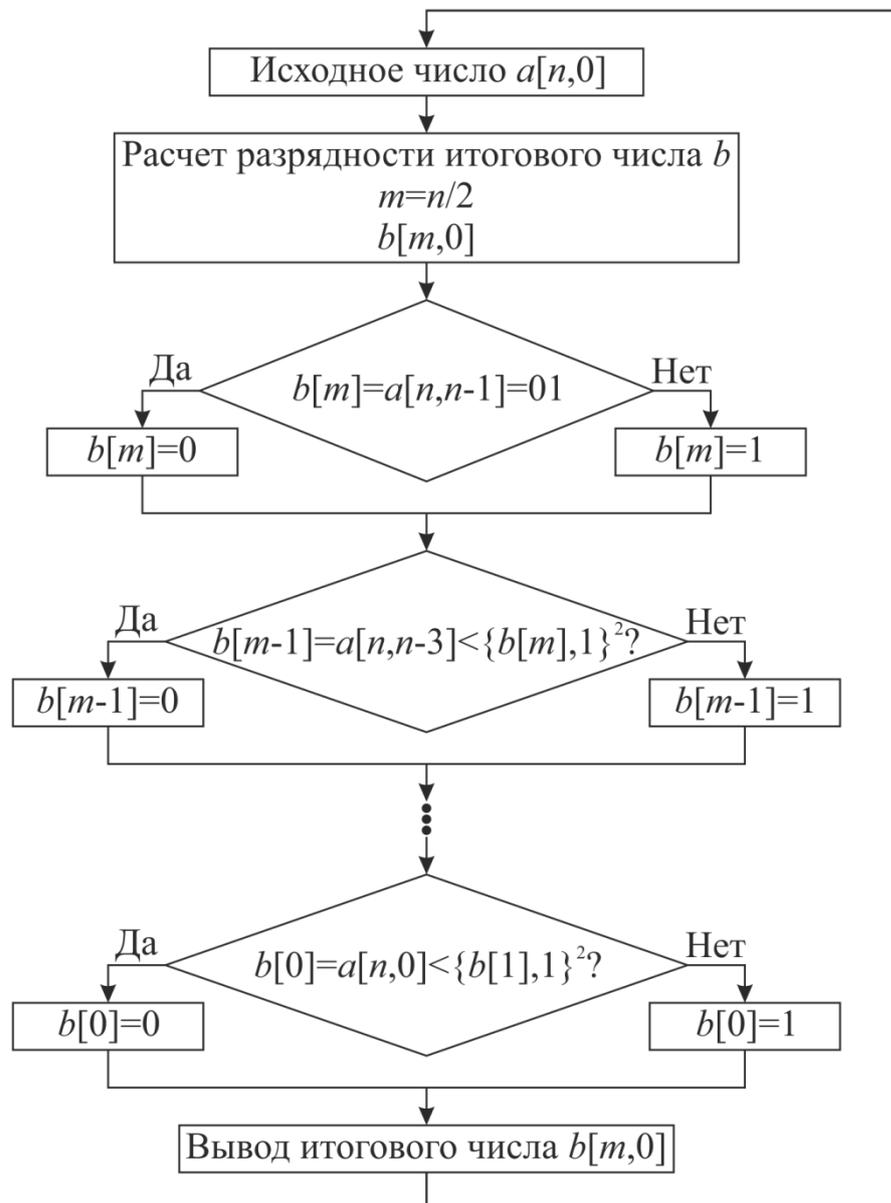


Рис. 3.7. Алгоритм реализации расчета корня на языке Verilog HDL.

где n – разрядность исходного числа;

m – разрядность итогового числа.

Извлечение корня происходит по следующим этапам:

- Два младших бита исходного числа сравниваются с двоичным числом 01. Если 01 меньше двух младших битов исходного числа запишем в младший бит искомого числа 1, иначе 0.
- Четыре младших бита исходного числа сравниваются с младшим битом искомого числа, к которому приписали 1, в квадрате. Если получившееся число меньше четырех младших битов исходного числа запишем в младший бит искомого числа 1, иначе 0. Дальнейший расчет происходит по аналогии.

3.3.4 Блок расчета временного интервала

Блок расчета временного интервала необходим для того чтобы считать значение амплитуды из А-скана в каждой рассчитываемой точке.



Рис.3.8 Алгоритм работы блока расчета временного интервала.

Блок расчета временного интервала необходим для того чтобы считать значение амплитуды из А-скана в каждой рассчитываемой точке.

3.3.5 Суммирующий блок

Так как расчет времени прохода луча до этого момента проходил по двум линиям, для получения правильного времени распространения необходимо просуммировать полученное время.

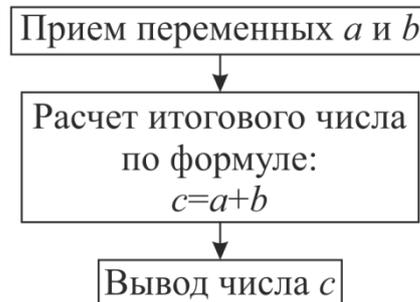


Рис.3.9 Алгоритм работы суммирующего блока.

Суммирующий блок необходим для того чтобы найти суммарное время прохода ультразвукового луча от излучателя через точку к приемнику.

3.3.6 Блок памяти

В данном проекте присутствует 2 блока памяти:

- блок памяти для записи и хранения А-сканов;
- блок памяти для хранения итогового изображения.

Реализовать память для ПЛИС возможно несколькими способами:

1) Использовать специальную микросхему, подключив ее к свободным портам отладочной платы.

Достоинства: Сравнительная простота исполнения.

Недостатки:

- Требуются свободные порты в устройстве;
- Нерациональность использования одной микросхемы для хранения обозначенного массива данных.

2) Создать MIF-файл в среде пакета Quartus II

Достоинства: Простота исполнения.

Недостатки:

- Сложность взаимодействия с файлом средствами языка Verilog HDL;
- Сложность объединения языков Verilog HDL и VHDL в одном проекте.

3) Создать память средствами языка Verilog HDL.

Достоинства: Простота использования

Недостатки: Сравнительная сложность реализации.

Для выполнения поставленной задачи использовался последний вариант реализации памяти.

Алгоритм работы данного блока представлен ниже.



Рис. 3.10 Алгоритм работы блока памяти.

Количество ячеек и разрядность шины адреса в проекте были заданы параметрически, что позволило упростить использование блоков памяти.

3.3.7 Блок связи с компьютером

Связь с компьютером в данном проекте осуществляется посредством *com*-порта. Данные в данном блоке передаются по одному каналу побитово.

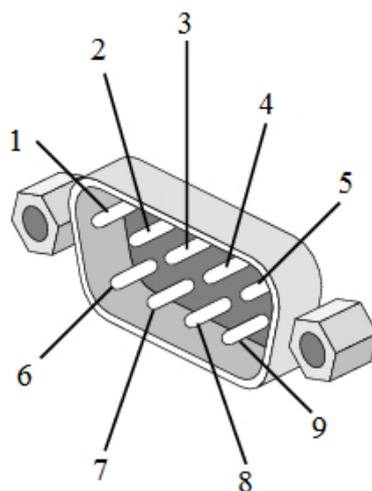


Рис.3.11 Обозначение контактов com-порта компьютера.

Таблица 3. 1 – Обозначение контактов com-порта компьютера.

№	Обозначение	Направление сигнала	Название сигнала	Описание сигнала
1	<i>DCD</i>	Input	Data Carrier Detect	Показывает, что присоединяемым устройством обнаружена несущая частота.
2	<i>RxD</i>	Input	Receive Data	Вход последовательных данных.
3	<i>TxD</i>	Output	Transmit Data	Выход последовательных данных.
4	<i>DTR</i>	Output	Data Terminal Ready	Показывает подключаемому устройству готовность последовательного порта к установке соединения.
5	<i>GND</i>	Power	Ground	Общий провод.
6	<i>DSR</i>	Input	Data Set Ready	Сигнал показывает готовность устройства к установке соединения с модулем последовательного порта.
7	<i>RTS</i>	Output	Request To Send	Показывает подключаемому устройству готовность последовательного порта к обмену данными.
8	<i>CTS</i>	Input	Clear To Send	Установленный сигнал показывает, что подключаемое устройство готово к обмену данными.

Таблица 3.1 – Продолжение.

№	Обозначение	Направление сигнала	Название сигнала	Описание сигнала
9	<i>RI</i>	Input	Ring Indicator	Установленный сигнал в стандарте для rs232 показывает, что модемом или другим устройством принят телефонный звонок.

Для передачи данных планируется использовать контакт № 2 (RxD).

Данные в этом блоке передаются от младшего бита к старшему.

На вход поступают параллельные данные. Внутри блока происходит преобразование данных в последовательный формат для передачи в com-порт.[7]



Рис. 3.12 Алгоритм работы блока связи с компьютером.

3.3.8 Тактирующий блок

Блок тактирования служит для синхронизации работы всей схемы.

Тактирование элементов схемы осуществляется согласно алгоритму:

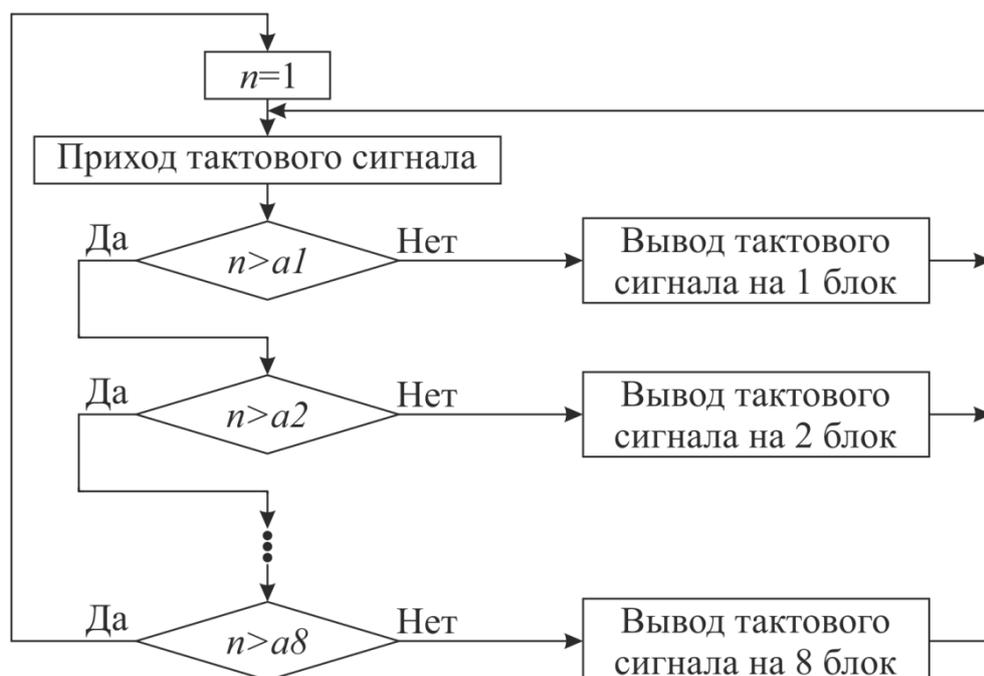


Рис. 3.13 Алгоритм работы тактирующего блока

Здесь N – номер такта, a_1, a_2, \dots, a_8 – количество тактов, необходимых для работы соответствующему блоку.

Программы на языке Verilog HDL реализующие указанный алгоритм приведены в Приложении Б.

3.4 Расчет диаграммы направленности антенной решетки.

В данной работе используется антенная решетка фирмы Olympus 2L16-A1. Это линейная фазированная антенная решетка, состоящая из 16 элементов, работающих на частоте 2,25 МГц.

Плотность молочной железы прием равной 950 кг/м^2 . [26]

Вид АР представлен на рис. 3.14.

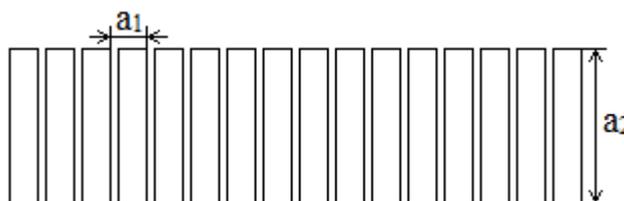


Рис. 3.14. Конструкция датчика

Акустическая ось – это линия, которая строится между акустическим центром и точкой максимальной интенсивности поля в дальней зоне, она проходит сквозь продолжение в ближней зоне. В реальности диаграмма

направленности является объемной фигурой, однако изображается она плоской (пример на рис. 3.15).

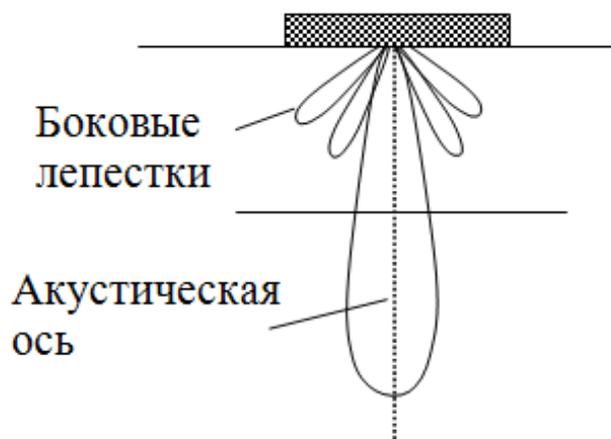


Рис. 3.15. Пример диаграммы направленности

Угол раскрытия – это угол, между акустической осью ультразвукового излучения и прямой, проходящей через акустический центр излучателя и точку диаграммы на уровне 0,5.

Поле излучения пьезоэлектрического преобразователя принято представлять в условных координатах (полярных). Такое представление называется диаграммой направленности.

Максимальная интенсивность излученного сигнала попадает на центральную акустическую ось строго перпендикулярно плоскости излучателя (при изменении угла в любую сторону интенсивность излучения уменьшается). Диаграмма направленности представляет собой кривую линию, соединяющую точки под разными углами с одинаковой интенсивностью.

Направление распространения УЗ-волн описывается следующей формулой:

$$\sin \theta_p = \frac{\lambda}{d} (t\nu + p) \quad (3.3)$$

где θ_p – угол, отсчитываемый от оси z , характеризующий направление волны с индексом p ;

d – период решетки;

ψ – фазовый сдвиг сигнала на соседних излучателях;

λ – длина волны;

t – время задержки УЗ сигналов;

p – индекс излученной волны.

Правая часть формулы 3.3 не должна превышать 1, поэтому в излучаемом решеткой поле присутствуют только волны с индексами p , удовлетворяющими неравенству:

$$-\frac{d}{\lambda} - tv \leq p \leq \frac{d}{\lambda} - tv \quad (3.4)$$

здесь ν – частота работы излучателя.

Для практики основной интерес представляет режим однолучевого сканирования, соответствующий распространению волны с нулевым индексом. Тогда формула (3.3) выглядит следующим образом:

$$\sin \theta_p = \sin \theta_0 + p \frac{\lambda}{d} \quad (3.5)$$

Из условия отсутствия волн с индексом 1, получим условие однолучевого сканирования.

$$\frac{d}{\lambda} \leq \frac{1}{1 + |\sin \theta_{\max}|}$$

Отсюда выведем максимальный угол отклонения распространяющейся волны:

$$\theta_{\max} \geq \arcsin \sqrt{\left(1 + \frac{\lambda}{d}\right)^2} = \arcsin \sqrt{\left(1 + \frac{0.648}{0.75}\right)^2}$$

Диаграмма направленности прямоугольного пьезопреобразователя рассчитывается согласно формуле:

$$\Phi(X) = \left| \frac{\sin X_Y}{X_Y} \cdot \frac{\sin X_Z}{X_Z} \right|$$

где:

$X_Y = a_Y k \sin \theta_Y$, $X_Z = a_Z k \sin \theta_Z$, a_Y – полуширина излучателя по оси Y , a_Z соответственно – по оси Z , k – корректирующий фактор, применяемый для расчета размеров ближней зоны прямоугольного излучателя, его значения

находится согласно рис. 3.16, θ – угол, характеризующий направление излучения.

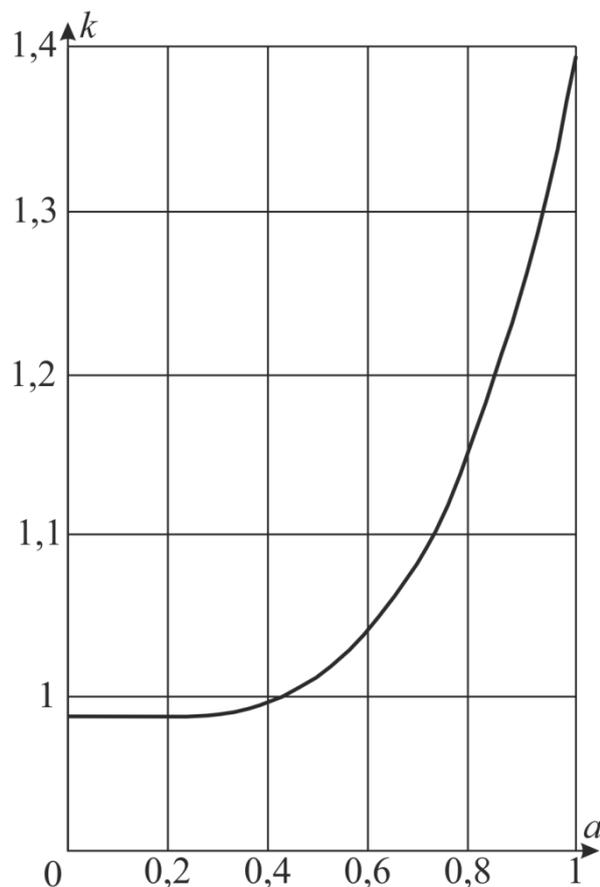
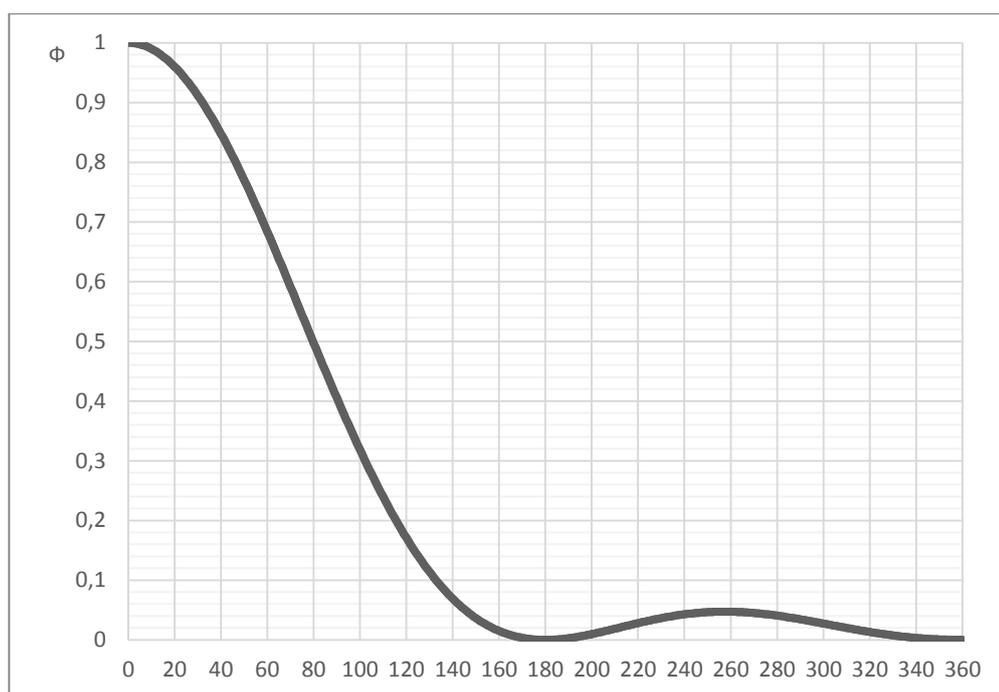


Рис. 3.16. График, служащий для определения корректирующего фактора k /

Согласно приведенной выше формуле был произведен расчет диаграммы направленности 1 излучателя.



*Рис. 3.17 Диаграмма направленности излучения – приема
прямоугольного датчика*

Глава 4. Симуляция блоков в среде ModelSim

Работа каждого блока была промоделирована с помощью программного обеспечения ModelSim.

4.1 Блок счета точек

Для проверки работоспособности блока было принято, что глубина изображения h равна 8.

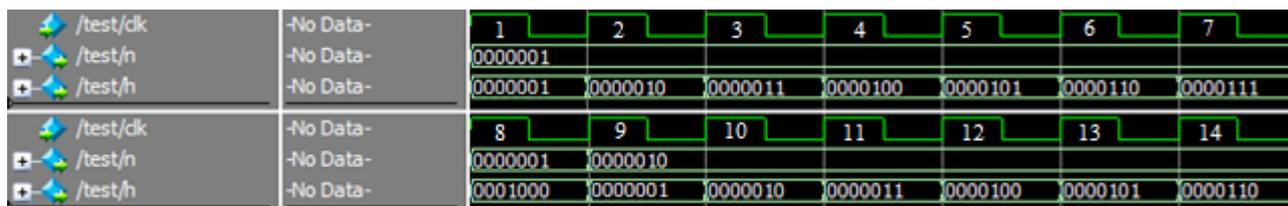


Рис. 4.1 Результат симуляции блока счета точек.

Каждый раз, когда на входе тактового сигнала clk происходит положительный перепад напряжения, глубина h увеличивается на 1. По достижению конца столбца (9 такт) номер столбца n увеличивается на 1, глубина сбрасывается до 1. Далее блок работает аналогично.

4.2 Блок-перемножитель

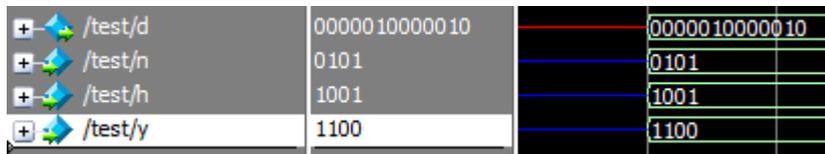


Рис. 4.2 Результат симуляции блока-перемножителя.

Здесь n – номер столбца, h – глубина рассчитываемой точки, y – количество столбцов.

Расчет производится по формуле:

$$d = (n - y)^2 + h^2$$

В данном случае $n=5$, $h=9$, $y=12$. Тогда $d=130$, в двоичном формате это число равно 10000010.

4.3 Блок расчета корня



Рис. 4.3 Результат симуляции блока расчета корня.

Здесь *clk* – тактовый сигнал, *din* – исходное число, *sqrt* – число, изъятые из под корня.

Изъятие числа из под квадратного корня произведено дважды для проверки корректности работы программы.

Первое число было равно 102 в десятичном формате и 1100110 в двоичном. Квадратный корень из 102 равен 10,099. Данный блок считает только целые числа, так что знаки после запятой откидываются. С учетом этого итоговое число равно 10 в десятичном формате и 1010 в двоичном.

Второе число было равно 98 в десятичном формате и 1100010 в двоичном. Квадратный корень из 98 равен 9,899. Убрав знаки после запятой получаем, что итоговое число равно 9 в десятичном формате и 1001 в двоичном.

4.4 Блок расчета временного интервала

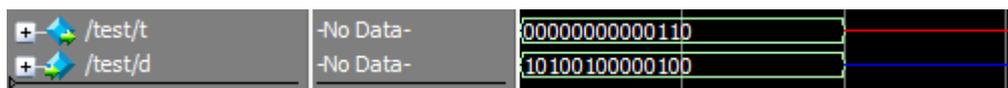


Рис. 4.4 Результат симуляции блока расчета временного интервала.

Здесь *t* – номер столбца, *d* – глубина рассчитываемой точки.

Временной интервал рассчитывался с учетом того, что скорость ультразвука в тканях составляет $c=1550$ м/с.

Расчет производится по формуле:

$$t = \frac{d}{c}$$

На данном графике число $d=10500$.

4.5 Суммирующий блок



Рис. 4.5 Результат симуляции суммирующего блока.

Здесь *a* – первое число, *b* – второе число, *d* – результат сложения.

На изображении очевидно что блок работает корректно.

4.6 Блок памяти

Для правильной работы блока памяти необходимо, для записи или чтения 1 ячейки, подавать на него 2 такта, так как во время первого такта определяется что чтение или запись данных разрешены, а во время 2 такта происходит чтение/запись.

Это хорошо видно на графиках моделирования работы блока.

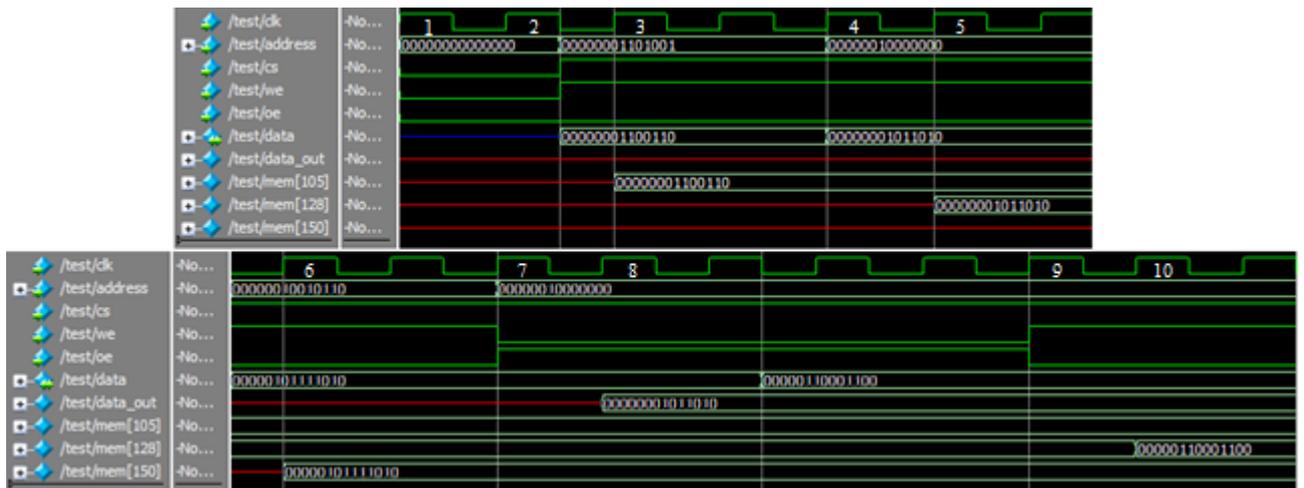


Рис. 4.6 Результат симуляции блока памяти.

Здесь *clk* – тактовый сигнал;

- *address* – адрес ячейки, к которой происходит обращение;
- *cs* – бит, разрешающий работу блока;
- *we* – бит, разрешающий запись данных в ячейку;
- *oe* – бит, разрешающий чтение данных из ячейки;
- *data* – данные, поступающие на вход блока;
- *data_out* – данные, поступающие на выход блока;
- *mem* – матрица памяти;
- *mem[105]*, *mem[128]*, *mem[150]* – ячейки в матрице памяти под номерами 105, 128 и 150 соответственно.

В первом такте выставлен адрес нулевой ячейки. После второго такта устанавливается адрес ячейки № 105, на вход поступает число 102. Также биты разрешения работы и разрешения записи устанавливаются в 1. По приходу переднего фронта тактового сигнала 3 происходит запись пришедшего

числа в ячейку *mem*[105]. Аналогичным образом происходит запись в ячейку *mem*[128] числа 90 в 5 такте и в *mem*[150] – 378 в 6 такте.

В 7 такте устанавливается адрес ячейки № 128, биты разрешения работы и разрешения чтения устанавливаются в 1, бит разрешения записи сбрасывается в 0. В 8 такте на выходе появляется число, содержащееся в *mem*[128].

В тактах 9 и 10 проверяется процедура перезаписи числа в уже заполненную ячейку.

4.7 Блок связи с компьютером

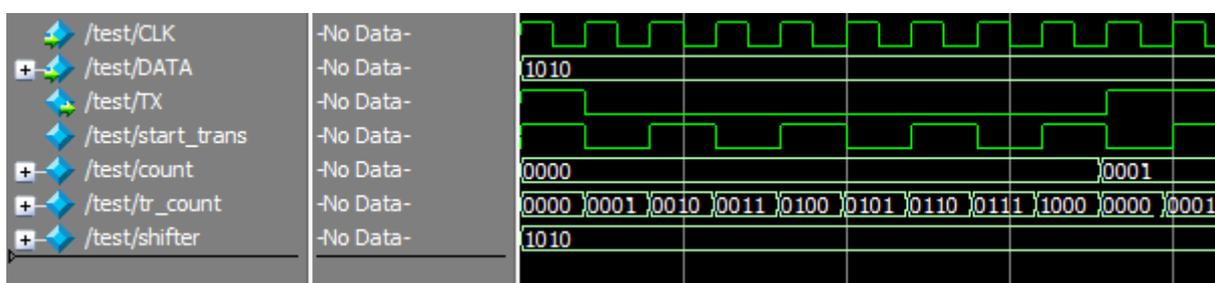


Рис. 4.1 Результат симуляции блока связи с компьютером.

Здесь *clk* – тактовый сигнал;

- *count* – число тактов сом-порта;
- *tr_count* – счет тактов ПЛИС;
- *TX* – выходные данные;
- *DATA* – входные данные;
- *shifter* – хранилище изначального значения входных данных до завершения передачи.

На вход блока поступают параллельные данные. Для того, чтобы избежать ошибок в работе, при начале цикла передачи данные сохраняются в регистр *shifter*. Далее данные превращаются в последовательные и передаются на сом-порт компьютера. Для согласования частот компьютера и ПЛИС в блоке производится деление частоты.

Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

5.1. Предпроектный анализ

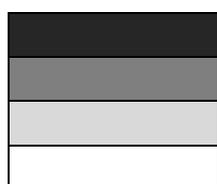
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемое устройство предназначено для использования в медицинской диагностике.

Исходя из вышеописанного карта сегментирования рынка выглядит следующим образом:

Таблица 5.1.1-Карта сегментирования рынка

		Сфера применения	
		Диагностика	Исследования
Физические лица			
Научно – исследовательские центры	Онкологические центры		
	Прочие учреждения		
Медицинские учреждения	Онкологические центры		
	Прочие учреждения		



- Сегмент освоен
- Сегмент освоен слабо
- Сегмент возможно освоить в будущем
- Сегмент не освоен или информация не найдена

Независимо от того, что прибор на данный момент является узкоспециализированным, при минимальных доработках возможно его превращение в аппарат широкого профиля. Исходя из вышеизложенного, устройство имеет большой потенциал для внедрения на рынке, так как позволит ускорить процесс диагностики из-за высоких скоростей обработки данных.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В мире нет коммерческих аналогов разрабатываемого аппарата (данный вывод был сделан на основе того, что патентный поиск в российских и зарубежных системах не дал результата). Схожие системы обработки изображения используются в основном в производственной дефектоскопии. На данный момент в диагностике онкологии обработка данных на базе ПЛИС (программируемых логических интегральных микросхем) не используется.

Разрабатываемый аппарат имеет хорошие перспективы, поскольку, имея небольшую себестоимость, позволяет специалистам построить качественную картинку исследуемой области.

5.1.3 FAST-анализ

Проведение FAST-анализа предполагает шесть стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Рассмотрим выполнение каждой стадии подробно.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В качестве объекта FAST-анализа выступает объект исследования – ультразвуковое устройство для диагностики рака груди на основе фазированных антенных решеток.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Главная функция: Построение диагностического изображения молочной железы.

Основная функция: пересчет данных, приходящих с антенной решетки в итоговое изображение.

Вспомогательная функция: обеспечение связи проекта с компьютером.

Вся информация, полученная при выполнении данной стадии, представлена в табличной форме (табл. 5.1.2).

Таблица 5.1.2 Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование аппарата	Кол-во	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Компьютер	1	Служит приемником и выводящим устройством итогового изображения.	X		
ПЛИС	1	Производит прием, преобразование и вывод диагностической информации	X	X	X
ФАР	1	Служит источником и приемником диагностирующего излучения	X		

В таблице приведены все детали, узлы, процессы, используемые внутри предмета с описанием функций и их рангов. В дальнейшем данная классификация будет использоваться при оптимизации объекта исследования. Так как для повышения эффективности этого процесса путем снижения стоимости объекта и сохранения требуемого от него пользователем качества, необходимо, в первую очередь, обращать внимание на вспомогательные функции, экономия на которых не сильно отразится на функционале объекта научного исследования.

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций используется метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В. А. и Глущенко В. Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

На первом этапе необходимо построить матрицу смежности функции (табл. 5.1.3).

Таблица 5.1.3 Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3
Функция 1	=	>	=
Функция 2	<	=	<
Функция 3	=	>	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Матрица смежности отражает, что все функция 2 является наиболее значимой.

Второй этап связан в преобразованием матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций (табл. 5.1.4).

Таблица 5.1.4 Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	ИТОГО
Функция 1	1	0,5	1	2,5
Функция 2	1,5	1	1,5	4
Функция 3	1	0,5	1	2,5
				9

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

В рамках третьего этапа происходит определение значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Так, для функции 1 относительная значимость равна $2,5/9 = 0,28$; для функции 2 – $4/9 = 0,44$; для функции 3 – $0,28$. Обязательным условием является то, что сумма коэффициентов значимости всех функций должна равняться 1.

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в табл. 5.1.5.

Таблица 5.1.5 Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Стоимость материала, руб.	Себестоимость, руб.
Компьютер	1	Служит приемником и выводящим устройством итогового изображения.	34999	34999
ПЛИС	1	Производит прием, преобразование и вывод диагностической информации	20748	20748
ФАР	1	Служит источником и приемником диагностирующего излучения	10950	10950
Итого:				66697

Путем суммирования затрат по каждой функции определяется общая стоимость каждой из них. Данная информация используется для построения функционально-стоимостной диаграммы на следующей стадии.

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД) (рис. 5.1).

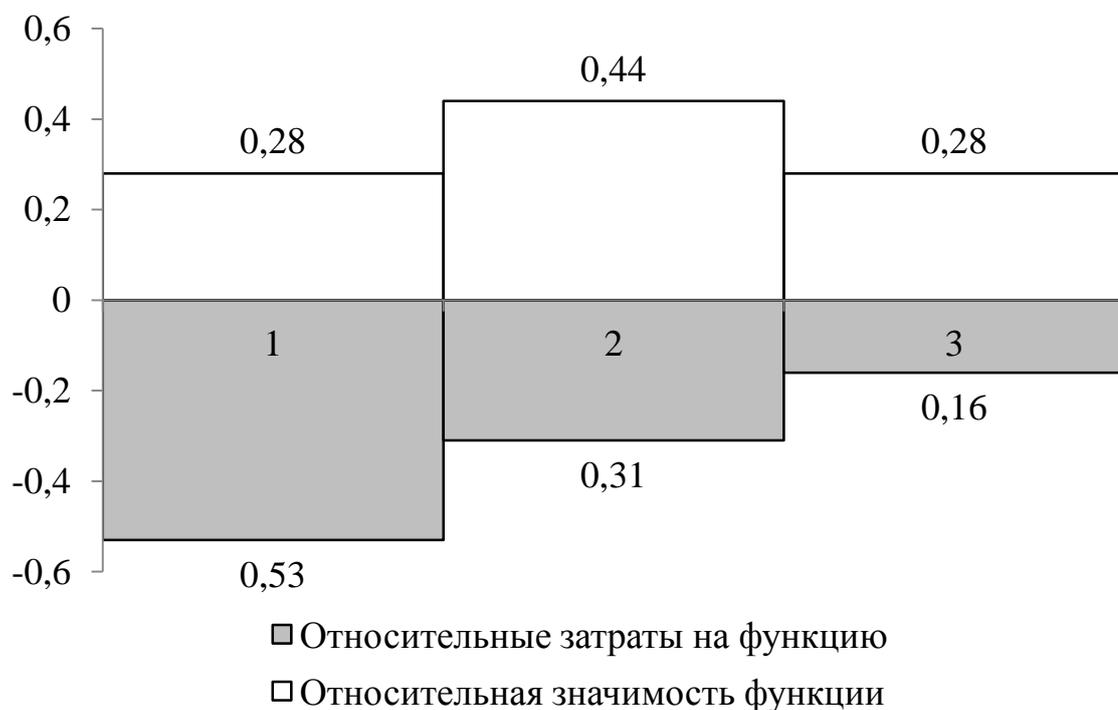


Рис. 5.1. Функционально-стоимостная диаграмма

Построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью (полезностью) функций и затратами на них. Анализ приведенной выше ФСД показывает наличие рассогласования по всем функциям. Наибольшее рассогласование имеется по 1 функции. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

В качестве конкретных шагов, которые необходимо предложить на данном этапе, должны выступать предложения связанные с экономией за счет:

- применения иных антенных решеток, имеющих более низкую себестоимость при схожих характеристиках;
- оптимизации технических параметров;
- оптимизации параметров надежности;
- повышения ремонтпригодности.

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологичной и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

5.1.4. Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Построение диаграммы начинают с формулировки проблемной области/темы, которая является объектом анализа и наносится на центральную горизонтальную стрелку диаграммы.

Затем выявляются факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа. Часто, для выявления таких факторов используется прием 6 М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы, комплектующие (Material);
- технология проведения работ (Method);
- средства измерения и методы контроля (Measurement);
- производственная среда (Media).

Выявленные факторы подводят к стрелкам диаграммы первого уровня.

Далее к каждой стрелке подводят стрелки второго уровня, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего уровня и т. д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа. Каждый фактор более низкого уровня будет являться следствием по отношению к причине более высокого уровня.

Степень детализации диаграммы (количество факторов и причинно-следственных уровней) определяет разработчик диаграммы. Наклон и размер стрелок не имеют значения.

Диаграмма Исикавы для разрабатываемого аппарата представлена на рис. 5.2.

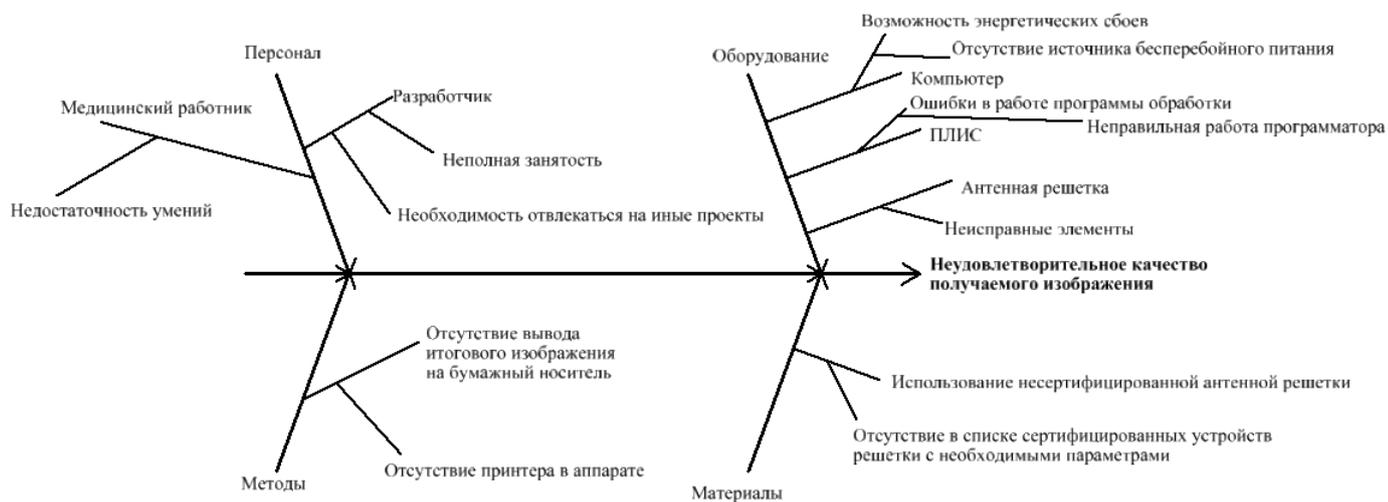


Рис. 5.2. Диаграмма Исикава

На рис. 5.2 отображены возможные причины получения диагностического изображения неудовлетворительного качества.

5.1.5 SWOT-анализ

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

Он проводится в несколько этапов.

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

1. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения

конкуренции. Важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.

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

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

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

Рекомендуется результаты первого этапа SWOT-анализа представлять в табличной форме (табл. 5.1.6).

Таблица 5.1.6 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Портативность прибора; С2. Сравнительно малая стоимость производства; С3. Высокая скорость обработки данных.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Сложность получения сертификата на медицинское применение аппарата; Сл 2. Недоверие медицинского персонала к новым разработкам; Сл 3. Отсутствие лаборатории для работы над конкретным устройством.</p>
<p>Возможности: В1. Появление повышенного спроса на продукт; В2. Выход научного изобретения на рынок; 3. Диагностика иных органов.</p>		
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии; У2. Усложнение государственных требований к сертификации продукции.</p>		

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз произведено на основе результатов анализа в предыдущих разделах работы.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 5.1.7 Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта		
	C1	C2	C3
B1	+	+	+
B2	0	+	+
B3	+	+	+

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 5.1.8).

Таблица 5.1.8 - SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: 1. Портативность прибора; 2. Сравнительно малая стоимость производства; 3. Высокая скорость обработки данных.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: 1. Сложность получения сертификата на медицинское применение аппарата; 2. Недоверие медицинского персонала к новым разработкам; 3. Отсутствие лаборатории для работы над конкретным устройством.
Возможности: 1. Появление повышенного спроса на продукт; 2. Выход научного изобретения на рынок; 3. Диагностика иных органов.	За счет развитой научной инфраструктуры возможна диагностика других органов	Активная рекламная и исследовательская деятельность позволит быстрее ввести устройство в эксплуатацию
Угрозы: 1. Отсутствие спроса на новые технологии; 2. Усложнение государственных требований к сертификации продукции.	Продвижение разрабатываемой технологии с акцентированием на достоинствах	Активная научная деятельность по данному направлению поможет найти спонсоров для дальнейшей реализации аппарата

Таким образом, на основе матрицы были обозначены проблемы, стоящие перед разработкой. Эти проблемы обусловлены имеющимися сильными и

слабыми сторонами проекта, а также имеющимися внешними угрозами и возможностями. Согласно этому мы можем обозначить основные стратегические направления по улучшению положения нашей работы в ближайшем будущем:

- 1) Ведение активной научной и рекламной деятельности с целью привлечения денежных ресурсов для продвижения аппарата на рынок.
- 2) Доработка устройства для возможности выполнения диагностики иных органов.

5.1.6 Оценка готовности проекта к коммерциализации

При разработке оборудования полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации и выявить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. В таблице 5.1.9 представлен перечень вопросов, по которым необходимо произвести оценку.

Таблица 5.1.9 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1. Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2. Определены перспективные направления коммерциализации	3	3
3. Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	2
4. Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1
5. Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3

Таблица 5.1.9 – Продолжение.

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
6. Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
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	1	1
10. Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
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
15. Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ	26	24

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (5.1)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$B_{\text{сум}} = 26$ баллов

$B_{\text{сум}} = 24$ баллов

На основе данных, представленных в таблице 5.1.9, можно говорить о том, что проект не готов к коммерциализации, так как имеет ряд недоработок, устраняемых научной группой.

5.2 Инициация проекта

5.2.1 Цели и результаты проекта

В таблице 5.2.1 представлена информация о заинтересованных сторонах проекта.

Таблица 5.2.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель проекта	Использование результатов проекта в дальнейших исследованиях.
Исполнитель по проекту	Повышения уровня квалификации благодаря работе в научной сфере.
Организация-заказчик	Использование результатов интеллектуальной деятельности для повышения конкурентоспособности организации.
Спонсор проекта	Развитие российских научных исследований и программ. Повышение уровня качества научных исследований в стране.

В таблице 5.2.2 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 5.2.2– Цели и результаты проекта

Цель проекта:	Разработка аппарата для ультразвуковой диагностики рака молочной железы на базе ПЛИС
Ожидаемые результаты проекта:	Получение готового и рабочего прототипа аппарата
Критерии приемки результата проекта:	Высокая точность, скорость работы и работоспособность системы
Требования к результату проекта:	Высокая точность построения изображений
	Высокая скорость обработки данных
	Работоспособность системы

Главным требованием к работе является высокая точность построения изображений.

5.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить кто будет входить в рабочую группу проекта, определить роль каждого участника в проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 5.2.3

Таблица 5.2.3 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Солдатов Алексей Иванович, ФГАОУ ВО НИ ТПУ, каф. ПМЭ, профессор	Научный руководитель	Постановка задачи и целей проекта, консультирование исполнителей проекта, помощь при освоении новых технологий, участие в обсуждениях по результатам работы	20
2	Булгакова Ольга Владимировна, ФГАОУ ВО НИ ТПУ, каф. ПМЭ, студент	Студент	Обзор литературы о существующих методах маммографии, обработки изображений, освоение особенностей программирования на базе ПЛИС, реализация ряда алгоритмов на базе ПЛИС, участие в обсуждениях результатов работы	75
Итого:				95

В данном проекте рабочая группа состоит из 2 человек: исполнителя и научного руководителя.

5.2.3 Ограничения и допущения проекта

Данные об ограничениях и допущениях проекта представлены в таблице 5.2.4.

Таблица 5.2.4 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1. Бюджет проекта	70032 р.
1.1. Источник финансирования	Кафедра промышленной и медицинской техники, ТПУ
2. Сроки проекта	01.03.2016-15.06.2017
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.03.2017
2.2. Дата завершения проекта	17.06.2017
3. Прочие ограничения и допущения	Ограниченное время работы за ПК, связанное с вредным влиянием ЭМ излучения

Ограничением может быть «Материалы на склад, с которого производятся закупки поступают в срок не менее месяца», например из за того, что материалы закупаются в стране, с которой у Российской Федерации нет таможенных соглашений. Зная это на старте проекта, будет возможно выставлять сроки сдачи и реализации отталкиваясь от подобных ограничений. Поэтому необходимо учесть все ограничения и допущения.

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 План проекта

Планирование управления научно-техническим проектом заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной цели, определение сроков их выполнения.

Планирование этапов работ по выполнению НИР включает в себя составление перечня этапов и работ, а также распределение исполнителей по всем видам работ. В таблице 5.3.1 приведены основные этапы и содержание работ с распределением ответственных исполнителей.

Целесообразно применять линейное планирование с построением диаграммы Ганта, представленной в таблице 5.3.2. График строится с разбивкой по месяцам (30 календарных дней) за период времени выполнения научного проекта.

В таблице 5.3.2, которая представляет собой диаграмму Ганта, приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 5.3.1 – Календарный план работы

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнители	Период работы научного руководителя		Период работы инженера	
			Начало, дата	Длительность, дни	Начало, дата	Длительность, дни
1	Постановка задачи	НР	09.01.2017	1	-	-
2	Анализ технического задания (ТЗ)	НР, С	27.02.2017	1	27.02.2017	3
3	Подбор и изучение литературы по теме исследования	С	-	-	05.03.2017	10
4	Изучение принципов работы фазированной антенной решетки	С	-	-	15.03.2017	3
5	Разработка алгоритма построения изображения на основе данных, полученных с фазированной антенной решетки.	С	-	-	18.03.2017	8
6	Проверка работоспособности разработанного алгоритма в среде MatLab	С	-	-	25.03.2017	3
7	Доработка алгоритма для реализации на базе ПЛИС	С	10.04.2017	3	28.03.2017	12
8	Реализация алгоритма обработки данных с фазированных антенных решеток на базе ПЛИС	НР, С	13.04.2017	8	13.04.2017	40
9	Испытание полученных результатов	НР, С	24.05.2017	5	24.05.2017	5
10	Оформление расчетно-пояснительной записки	С	-	-	29.05.2017	6
11	Сдача разработки и отчета о работе	НР, С	04.06.2017	12	04.06.2017	12

5.3.2 Бюджет научного исследования

Планирование бюджета научного исследования производится путем составления калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов.

Сырье, материалы.

Стоимость всех видов и материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ формируется исходя из стоимости приобретения и платы за транспортировку. Транспортно – заготовительные расходы принимаются в пределах от 3 до 5 % от цены материалов (в данной работе 3%). В том случае, если расходы, связанные с доставкой материальных ресурсов незначительны, то их можно опустить. Стоимость сырья и материалов приведена в таблице 5.3.3.

Таблица 5.3.3– Сырье, материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
ПЛИС Altera Cyclone V 5CSEMA5F31C6	20748	1 шт	20748
Элементы для фазированной антенной решетки	2190	5 шт	10950
Компьютер	34999	1 шт	34999
Всего за материалы:			66697
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			3335
Итого по статье C_m			70032

Итоговая сумма затрат на материальную часть проекта составляет 70032 рубля.

5.3.3. Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада (МО) исполнителя.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.2)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (5.3)$$

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

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дней.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{мес}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.4)$$

Где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Таблица 5.3.4 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	110	110
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	20	32
- праздничные дни	3	3
Потери рабочего времени		
- отпуск	0	0
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	87	75

Для правильного расчета заработной платы необходимо учитывать районный коэффициент, который для Томской области составляет 1,3.

Расчеты затрат на заработную плату приведены в таблице 5.3.5.

Таблица 5.3.5 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Средняя дневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/п, руб.
Научный руководитель	33162,87	1300,5	20	1,3	33813
Инженер	9 893,56	387,98	75	1,3	37828,05
Итого:					71641,05

Данные по окладам были взяты из приказа ректора № 10609 от 01.10.2013 г.

5.3.4. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде. Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении проекта:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (5.5)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 5.3.6 приведен расчет основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.3.6– Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Научный руководитель	Инженер
Основная зарплата	33813	37828,05
Дополнительная зарплата	3381,3	3782,8
Зарплата исполнителей	37194,3	41610,85
Итого по статье $C_{\text{зп}}$		78805,15

Итоговые затраты на заработную плату составляют 78805 рублей 15 копеек.

5.3.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.6)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Итого 30,2% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР:

$$C_{\text{ВНЕБ}} = 0,302 \cdot 78805,15 = 23799,15 \text{ рублей.}$$

Итоговые затраты на отчисления на социальные составляют 23799 рублей 15 копеек.

5.3.6. Накладные расходы

В данную статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, содержание, эксплуатацию, ремонт оборудования, производственного инструмента и инвентаря.

Коэффициент накладных расходов составляет 80-100% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении проекта.

Накладные расходы рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{НАКЛ}} = k_{\text{НАКЛ}} \cdot (Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}), \quad (5.7)$$

где $k_{\text{НАКЛ}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{НАКЛ}} = 0,8 \cdot 102032,03 = 63044,12 \text{ рублей} \quad (5.8)$$

В данном случае использовался коэффициент накладных расходов равный 80 %, т. к. проект находится в стадии научной разработки и имеет минимальные затраты на управление процессом.

5.3.7. Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 5.3.7 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма,руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{МАТ}}$	70032
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	71641,05
Дополнительная заработная плата	$C_{\text{ДОП}}$	7164,1
Отчисления на социальные нужды	$C_{\text{СОЦ}}$	23799,15
Накладные расходы	$C_{\text{НАКЛ}}$	63044,12
Итого:		235680,42

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 235680$ рублей 42 копейки.

5.4 Оценка сравнительной 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 финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (5.9)$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

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:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (5.10)$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведен в форме таблицы 5.3.8.

Таблица 5.3.8– Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5
3. Помехоустойчивость	0,2	4
4. Энергосбережение	0,15	4
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,1	5
ИТОГО	1	28

Исходя из таблицы 5.3.8 видно, что интегральный показатель равен 4,65. Вследствие того, что коммерческих аналогов нет, этот показатель является наилучшим.

5.5 Вывод

В рамках данного раздела ВКР была проведена оценка направленности и конкурентоспособности аппарата для ультразвуковой диагностики рака молочной железы.

В самом начале раздела было проведено сегментирование рынка, которое показало нацеленность разработки на 1 сегмент рынка, с возможностью дальнейшего расширения. После сегментирования рынка был произведен анализ конкурентных технических решений, который показал, что в мире нет коммерческих аналогов разрабатываемого аппарата. Схожие системы обработки изображения используются в основном в производственной дефектоскопии.

Для определения перспективности разработки был произведен ряд анализов:

- в ходе FAST-анализа была построена функционально-стоимостная диаграмма, по результатам которой были обнаружены диспропорции между полезностью функций и затратами на них, а также предложены пути их нивелирования;

– при построении диаграммы Исикава были отображены возможные причины получения диагностического изображения неудовлетворительного качества;

– SWOT-анализ позволил определить проблемы, мешающие реализации проекта. Согласно этому были обозначены основные стратегические направления по улучшению положения проекта в ближайшем будущем.

Далее было определено значение оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации, что позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, можно видеть, что степень проработанности научного проекта получила 24 балла, это означает, что проект не готов к коммерциализации, так как имеет ряд недоработок, устраняемых научной группой.

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации. Интегральный показатель ресурсоэффективности проекта равен 4,65. Вследствие того, что коммерческих аналогов нет, этот показатель является наилучшим.

Данная система находит свое применение в области медицины, а конкретнее в диагностике новообразований в молочной железе. Сама разработка несет в себе в основном социальную эффективность. Аппарат, за счет меньшей стоимости, позволяет укомплектовать им малобюджетные здравоохранительные организации, что, в свою очередь, позволяет производить своевременную диагностику рака молочной железы у более широкого пласта населения.

В экономической части данной дипломного проекта были определены основные и требуемые технико-экономические показатели, такие как количество исполнителей, сроки исполнения, себестоимость проектировочной и исследовательской работы и эффективность проекта в целом. По предварительным расчетам себестоимость ВКР составила 235680 рублей 42 копейки. Полученные показатели свидетельствуют о готовности к коммерциализации ниже среднего.

Глава 6. Социальная ответственность.

6.1. Введение

Объектом исследования является аппарат для ультразвуковой диагностики рака молочной железы на основе фазированных антенных решеток. В ходе выполнения данной работы была разработана программа обработки изображения, поступающего с приемников антенной решетки.

В будущем планируется, что разрабатываемый аппарат будет использоваться при диагностике. Данная разработка позволит медицинскому персоналу быстро получать высокоточные изображения диагностируемого органа.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, по энергозатратам работа в лаборатории относится к 1 б категории – это легкая физическая работа, которая не требует поднятия и переноса тяжестей, производится сидя или связана с ходьбой.

6.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке информационной системы. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 [1]. Все факторы приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ с компьютером и ПЛИС

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Проведение работ за компьютером и контроллерами во время разработки 2) Выполнение пайки с использованием флюса и припоя 3) Проведение работ за компьютером во время эксплуатации разработанного аппарата	1) Отклонение показателей микроклимата производственных помещений; 2) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3) Превышение уровня шума; 4) Повышенный уровень электромагнитных излучений; 5) Наличие вредных веществ в воздухе рабочей зоны; 6) Психофизиологические факторы	1) Повышенная температура поверхностей оборудования; 2) Электрический ток	•СанПиН 2.2.4.548-96; •СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; •ГОСТ 12.1.003-83 •ГОСТ 12.1.006-84;

6.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации аппарата

В помещении, где располагается исполнитель проекта, находятся компьютер, паяльник, осциллограф и прочая диагностическая техника. Из вредных факторов присутствуют – повышенный уровень электромагнитного излучения и психофизиологический фактор. В работе выполнялась пайка с использованием флюса и припоя. При операциях пайки, обжога изоляции и лужения выделяются вредные вещества в зависимости от типа используемого флюса и припоя, следовательно, присутствуют вредные факторы химического происхождения. К химическим факторам относится наличие вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Разработка программ проводится за компьютером, следовательно, основным вредным фактором при разработке являются психофизиологические факторы.

В ходе эксплуатации основным вредным фактором также будет являться психофизиологический фактор, так как работа с аппаратом предполагает работу с датчиком устройства и компьютером.

К опасным и вредным психофизиологическим производственным факторам относятся физические (статические, динамические и гиподинамические) и нервно-психические перегрузки (умственные, зрительные, эмоциональные).

Рабочее положение "сидя" сопровождается статической нагрузкой значительного количества мышц ног, плеч, шеи и рук, что очень утомляет мышцы находящиеся долгое время в сокращенном состоянии, что ухудшает кровообращение. В результате возникают болевые ощущения в руках, шее, верхней части ног, спине и плечевых суставах.

В результате динамической нагрузки на костно-мышечный аппарат кистей рук возникают болевые ощущения различной силы в суставах и мышцах кистей рук, онемение и замедленная подвижность пальцев, судороги мышц кисти, ноющая боль в области запястья.

В результате возникают локальные мышечные перенапряжения, хронические растяжения мышц травматического характера, которые могут вызвать профессиональные заболевания: диссоциативные моторные расстройства, заболевания периферийной нервной и костно-мышечной систем.

Кроме того, работа "сидя" приводит к снижению мышечной активности – гиподинамии. При отсутствии движений происходит снижение потребления кислорода тканями организма, замедляется обмен веществ. Это способствует развитию атеросклероза, ожирения, может стать причиной дистрофии миокарда, хронической головной боли, головокружения, бессонницы, раздражительности.

Выполнением гимнастических упражнений можно вызвать активизацию обмена веществ в организме.

Длительная работа на компьютеризированном рабочем месте приводит к значительной нагрузке на все элементы зрительной системы и приводит к усталости и переутомлению зрения. Напряженная зрительная работа может послужить причиной боли, рези в глазах, покраснения век и глаз, ломоты в надбровной части, головной боли, усиления нервно-психического напряжения, снижения трудоспособности и т.д., а также быть причиной зрительных искажений – пелена перед глазами, двоение предметов, мерцание, быстрая утомляемость при зрительной работе.

Для нивелирования негативного влияния указанных факторов необходимо соблюдать режим работы за компьютером, который предусматривает 15-минутный перерыв каждые два часа. Во время данного перерыва рекомендуется выполнять легкую гимнастику, а также комплекс упражнений для глаз, которые предназначены для сброса напряжения.

В результате, длительного воздействия излучения электромагнитных волн собственное поле человека искажается, провоцируя развитие различных заболеваний, преимущественно в наиболее ослабленных частях организма.

Проблема воздействия компьютера на организм человека встает достаточно остро ввиду нескольких причин [2]:

- компьютер имеет два источника электромагнитного излучения, которыми являются монитор и системный блок;

- чаще всего пользователь ПК лишен возможности работать на безопасном расстоянии (50см при диагонали монитора 15-ти дюймового и 80см для 17-ти дюймового монитора);

- работа за компьютером занимает продолжительное время.

Наибольшее влияние электромагнитное излучение оказывает на:

- иммунную (ослабление клеточного иммунитета);

- нервную (раздражительность, быстрая утомляемость, ослабление памяти, нарушения сна, общая напряженность);

- эндокринную (возрастает нагрузка на сердечно-сосудистую систему организма, происходит сгущение крови);

- половую систему.

Считается, что уровень электромагнитного излучения у жидкокристаллических мониторов намного меньше, чем у мониторов с электронно-лучевой трубкой, но все равно значительно превышают экологические нормативы [3]. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, допустимые нормы облучения не должны превышать следующих значений: по электрической составляющей – 5 В/м; по магнитной – 0,3 А/м [4]. Для того, чтобы уменьшить негативное воздействие на организм человека, обычно в конструкции компьютера предусмотрено экранирование токоведущих частей и всего корпуса, тем самым уменьшая уровень электромагнитного излучения до нормы. Также следует не забывать устраивать перерывы на обед и проводить различные кратковременные тренировки для учащихся, чтобы работа за компьютером не была длительной и не утомляла.

Для комфортной работы необходимо учитывать освещение в помещении. Основной задачей производственного освещения, является обеспечение рациональной освещенности рабочего места, а также нормативных условий работы [5].

Так как прибор является портативным устройством, проанализировать соответствие нормативам показателей освещенности и микроклимата не представляется возможным, так как данное устройство может использоваться в разных помещениях.

Плохое освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма. Плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее (общее и местное).

Данные виды освещения освещению нормируется СП 52.13330.2011. В данной лаборатории проводятся работы средней точности с наименьшим размером объекта различения более 0,5мм. Разряд зрительной работы 3, подразряд В. Освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения составляет 200 лк. На рис. 1 показано размещение светильников.

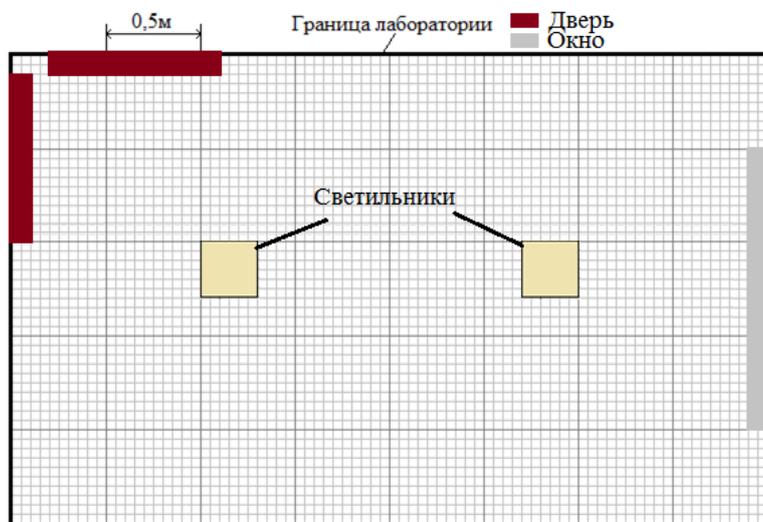


Рис.1 – Размещение светильников

В качестве источника света используются газоразрядные лампы низкого давления белой цветности. В таблицах 2.2 и 2.3 представлены нормативные значения Кп для газоразрядных ламп и коэффициента естественной освещенности (КЕО) помещения для научно-технических лабораторий (кроме медицинских учреждений).

Таблица 2.2 - Нормативные значения Кп для газоразрядных ламп

Система освещения	Коэффициент пульсации освещенности, % при разрядах зрительной памяти		
	1- 2	3	4-5
Общее освещение	10	15	20

Таблица 2.3 - Нормативные значения КЕО

Помещение	КЕО, %	
	При верхнем освещении	При боковом освещении
Лаборатории научно-технические	2.1	0.7

Коэффициент пульсации ламп Кп на рабочем кабинете не превышает 15%. Коэффициент естественной освещенности при боковом освещении составляет 3,5%. Видно, что показатели освещенности соответствуют нормам.

Обеспечение нормальных производственных метеоусловий играет немаловажную роль в организации работы. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Исследователи работают, сидя за компьютером, и физические напряжения незначительны, поэтому данный вид работы относится к категории Ia. К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат

до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением [7].

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на самочувствие, состояние здоровья и работоспособность человека. Отклонение параметров микроклимата приводит к нарушению теплового баланса. Например, понижение температуры окружающего воздуха приводит к увеличению теплоотдачи от организма за счет теплопроводности, конвекции и излучения. Слишком сильное понижение температуры может привести к чрезмерному переохлаждению организма. Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха также увеличивает теплоотдачу от организма и может привести к переохлаждению организма за счет возрастания отдачи теплоты конвекцией и при испарении пота.

При переохлаждении организма уменьшается функциональная деятельность органов человека, скорость биохимических процессов, снижается внимание, затормаживается умственная деятельность и, в конечном счете, снижается активность и работоспособность. При повышении температуры тепловыделения человека начинают превышать теплоотдачу, может возникать перегрев организма. Ухудшается самочувствие и падает работоспособность. Действие высокой температуры воздуха на организм нередко вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, наблюдаются изменения со стороны дыхания, снижается секреция желудочного и поджелудочного сока, желчи, угнетается моторика желудка, снижается сила условных рефлексов, ослабляется внимание, ухудшается координация движения, что может быть причиной роста травматизма, снижение работоспособности и производительности труда.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-ми часовой рабочей смены при минимальном напряжении

механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. В таблице 2.4 приведены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, согласно СанПиН 2.2.4.548–96 [7].

Таблица 2.4 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	60-40	0,1

Таблица 2.5 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон выше оптимальных величин	Диапазон ниже оптимальных величин		Диапазон выше оптимальных величин	Диапазон ниже оптимальных величин
Холодный	Ia	24,1-25,0	20,0-21,9	15-75	0,1	0,1
Теплый	Ia	21,0-22,9	21-22,9	15-75	0,2	0,1

Лаборатория и корпус имеет центральное отопление. Для работы с выделением горючих и поддерживающих горение паров и газов, лаборатория оборудована системой вентиляции и вытяжек. Измеренные показатели микроклимата лаборатории соответствуют оптимальным показателям.

В исследуемой лаборатории источником шума являются системные блоки компьютеров.

В ходе эксплуатации источником шумов в устройстве также будет являться системный блок компьютера.

Избавление от шума достигается при правильной планировке помещения и рациональном размещении мебели и персональных компьютеров. Данный вредный фактор негативно влияет на организм человека, вызывают заболевание периферической нервной системы, служит

причиной повышения давления крови, учащения или замедления ритма сердечных сокращений, а также отрицательно влияет на производительности труда. Поэтому необходимо сразу же избавляться от источников различного шума. Для этого нужно принять следующие меры:

- замена шумных процессоров на менее шумные или бесшумные;
- рациональное размещение шумящих устройств в помещении с использованием взаимного шумоподавления;
- укрытие источников шума;
- своевременное техническое обслуживание оборудования;
- своевременная замена деталей.

В ГОСТ 12.1.003-83 указано, что уровень шума в лабораториях не должен превышать 50 дБ при выполнении основной работы на ПК [8].

В работе выполнялась пайка с использованием флюса и припоя. При операциях пайки, обжога изоляции и лужения выделяются вредные вещества в зависимости от типа используемого флюса и припоя. В таблице 2.6 представлены выделяемые вредные вещества и их ПДК.

Таблица 2.6- ПДК вредных веществ

	Вещество (составы)	Класс опасности	ПДК в воздухе, мг/м ³
Припои	ПОС 40; ПОС 61	1	0,01 (по свинцу)
	ПОЦ 10; ПОЦ 55	3	10 (по олову)
	ПИНОК 44	1	0,1 (по кадмию)
	ПрМЦН 49	2	1 (по меди)
	АлЧ-ГМ	3	2 (по алюминию)
Компоненты флюсов	бензин	4	300
	триэтаноламин	3	5
	этилацетат	4	200
Газы	окись углерода	4	20
	окислы азота	2	5
	углеводороды	4	300

По классу опасности видно, что самые опасные вещества это свинец, кадмий, медь и окислы азота. Рассмотрим их действие на человека.

Свинец относится к кумулятивным ядам, т.е. накапливается в теле человека. Он поражает внутренние органы, сердечно-сосудистую систему, центральную и периферическую нервную систему, систему крови. Отравления свинцом могут происходить бессимптомно и обнаруживаются только при анализе крови. Кадмий является промышленным ядом, который не благоприятно влияет на обоняние, и вызывает носовые кровотечения и желтизну зубов. Окислы азота нарушают функциональность дыхательной системы и может вызвать пневмонию, отек легких, бронхит. Медь приводит к раздражению кожи, поражает зубы и слизистую оболочку, вызывает появление язвы желудка.

Поскольку помещение лаборатории хорошо проветривается и есть вытяжная система, влияние испарений вредных веществ на человека незначительно.

6.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации аппарата

Проанализируем факторы рабочей зоны на предмет их опасных проявлений. Большая часть работы выполняется на компьютере, малая часть работ производится с помощью паяльника, следовательно, опасными проявлениями являются электрический ток и возможность термического ожога жалом паяльника или иными горячими элементами (например не остывшими после пайки элементами на плате или соединителями). В ходе эксплуатации, так как работа аппарата предполагает ручное управление датчиком, существует возможность поражения электрическим током.

Наиболее частыми причинами электротравм являются прикосновение или приближение на недопустимое расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением, прикосновение к металлическому корпусу электроприбора, если он оказался под напряжением вследствие повреждения изоляции. Необходимо отразить требования безопасности, предъявляемые к электротехническим установкам, являющимися источниками опасных

факторов. Чтобы исключить опасность поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением электроприборов в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить электроприбор от электрической сети и устранить неисправность;

- запрещается при включенном электрическом приборе одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.).

Согласно ГОСТ 12.1.019-79, для обеспечения электробезопасности необходимо применять к токоведущим частям защитные оболочки, безопасное расположение токоведущих частей, также использовать изоляцию для токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная), изоляцию рабочего места [9]. Также регулярно следует проводить контроль токоведущих частей. В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 приводятся следующие требования при эксплуатации компьютеров:

- применяемое электрооборудование должно быть заводского изготовления и соответствовать требованиям государственных стандартов и технических условий (что подтверждается в документах завода-изготовителя);

- при эксплуатации и обслуживании электрооборудования необходимо соблюдать требования:

- паспорта и руководства (инструкции) по эксплуатации электрооборудования, разработанных заводом-изготовителем электрооборудования (при их наличии).

Также, в качестве организационно-технических мер обеспечения электробезопасности, используются методы ориентации: маркировка частей

электрооборудования, предупредительные сигналы, надписи и таблички, предупреждающие знаки, окраска токоведущих частей, расцветка изоляции и органов управления и световая сигнализация.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, при работе компьютерами необходимо соблюдать следующие меры безопасности и охраны труда:

- эксплуатация персональных компьютеров должна осуществляться в помещениях с естественным и искусственным освещением;

- оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа жалюзи, занавесей, внешних козырьков, позволяющих исключить прямую блескость, создаваемую солнечными лучами;

- светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов;

- расстояние от глаз до экрана монитора должно находиться в пределах 500-800 мм, но не ближе 400 мм; - продолжительность непрерывной работы с монитором без регламентированного перерыва не должна превышать 1 час.

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 данная лаборатория относится к первому классу опасности, так как в ней учтены все необходимые правила по электробезопасности, это сухое помещение без повышенного запыления, температура воздуха нормальная, пол покрыт изоляционным материалом. Все электрооборудование и приборы находятся на своих местах и имеют защитное заземление (ГОСТ 12.1.030-81.) Все сотрудники и студенты проходят первичный инструктаж по электробезопасности.

Для монтажа электрорадиокомпонентов на плату осуществлялся с помощью паяльника. Рабочая температура паяльника 120-300°C, следовательно можно получить ожог при прикосновении к паяльнику или брызгами горячего металла (припоя). Также паяльник может стать источником возгорания. Во избежание несчастных случаев необходимо соблюдать технику безопасности работы с паяльником:

- Подготовить и проверить исправность инструмента и его кабеля;

- Проверить заземление рабочего стола;
- Обеспечить отсутствие вблизи рабочего стола горючих и легковоспламеняющихся материалов;
- Держать паяльник только за ручку;
- Не наклоняться к паяльнику ближе чем на 20 см, во избежание попадания брызг припоя;
- Работать только в проветриваемом помещении или помещении, оборудованном вытяжкой;
- При кратковременных перерывах класть горячий паяльник на специальную подставку
- После окончания работы выключить паяльник из сети и после выключения не прикасаться к жалу не менее 15 минут.

6.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия разрабатываемого аппарата на окружающую среду. Аппарат для диагностики рака молочной железы не наносит вреда окружающей среде ввиду того, что звуковое воздействие на нее мало по длительности и амплитуде. Разрабатываемый аппарат не имеет твердых промышленных и бытовых отходов, которые подразумевают под собой - отходы металлов, дерева, пластмасс и других материалов, а также промышленный мусор, состоящий из различных органических и минеральных веществ (резина, бумага, ткань, песок, шлак и т.п.). Также при использовании данного устройства не наносится вред атмосфере и гидросфере, так как не происходит выбросов вредных веществ в воздух и воду. В случае неисправности устройства, данный аппарат также проходит утилизацию. Перед тем как утилизировать технику, нужно произвести списание, для подтверждения неисправности оборудования, произвести разборку у специалистов, определить, что пойдет на переработку и на аффинаж. Переработка таких материалов, как пластик,

металл, осуществляется на специальном оборудовании, и превращает в сырье для изготовления новой техники.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94, чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [10]. Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера. При возникновении аварийной ситуации необходимо немедленно прекратить работу, принять меры по эвакуации людей из опасной зоны. При необходимости отключить технологическое оборудование от электросети. Стихийные бедствия возникают внезапно и носят чрезвычайный характер. Они могут разрушать здания и сооружения, уничтожать ценности, нарушать процессы производства, вызывать гибель людей и животных. К чрезвычайным ситуациям социального характера относятся:

- войны;
- локальные и региональные конфликты (межнациональные, межконфессиональные и др.)
- голод;
- крупные забастовки;
- массовые беспорядки, погромы, поджоги и др.
- Необходимо разработать перечень мероприятий:
- повышение прочности конструкций;
- резервирование запасов сырья, систем электро-, газо-, водоснабжения;
- содержание в удобном месте документов, денег, карманного фонарика и запасных батареек.

При разработке и эксплуатации разрабатываемого аппарата возможно возникновение такой чрезвычайной ситуации техногенного характера, как пожар, вследствие короткого замыкания. Пожары представляют чрезмерную опасность, они могут причинить огромный материальный ущерб, а также вред здоровью человека. Факторами, вызывающие короткое замыкание, могут быть: износ компонентов и материалов, из которых состоит прибор, некорректное обслуживание и эксплуатация, пренебрежение правилами безопасности, халатность.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности рабочих и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла (научная разработка, проектирование, строительство и эксплуатация) [11].

Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно – технические мероприятия.

Для предупреждения возникновения чрезвычайной ситуации необходимо проводить инструктаж по работе с электрооборудованием с обслуживающим персоналом, иметь быстрый доступ к системам пожаротушения.

В случае внезапного возгорания нужно действовать по инструкции, которую должны знать все сотрудники. При возгорании необходимо обесточить лабораторию или отключить персональный компьютер, контроллеры или сетевой фильтр, вынув шнур из розетки, не подвергая свою жизнь опасности. Если возгорание только началось, небольшой очаг возгорания можно попытаться потушить первичными средствами пожаротушения, а именно, огнетушителем для тушения электроприборов. Не допускается тушение пожара водой.

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Среди работ, выполняемых на производстве, значительная часть сопряжена с наличием вредных или опасных производственных факторов. О вредных и опасных условиях труда на предприятии, компенсациях и льготах за такую работу должно сообщаться каждому поступающему на работу. Также об этом указывается в трудовом договоре. При этом работодатель обязан ознакомить лиц, устраивающихся на работу, с такими условиями труда, обучить безопасным методам и приемам выполнения работ, обеспечить стажировку на рабочем месте, сдачу экзаменов и проведение периодического обучения по охране труда, а также проверку знаний требований охраны труда в период работы. Согласно ст. ст. 221 – 225 ТК РФ работники в таких условиях труда должны быть обеспечены работодателем спецодеждой, средствами индивидуальной защиты, смывающими или обеззараживающими средствами, медицинскими препаратами для оказания первой помощи и так далее [12]. Работодатель за счет своих средств обязан в соответствии с установленными нормами обеспечивать своевременную выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену (ч. 3 ст. 221 ТК РФ). Работникам, выполняющим работу во вредных и (или) опасных условиях труда необходимо проходить медосмотр, что предусмотрено ст. 213 ТК РФ, как при трудоустройстве, так и периодически в процессе работы [13]. Порядок медосмотра зафиксирован приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12.04.2011 № 302н. Согласно требованиям данного документа, медосмотр проводится раз в год либо раз в 2 года в зависимости от профессии и вредных факторов (от этого зависит и перечень врачей-специалистов).

Работники, труд которых связан с источниками повышенной опасности (влиянием вредных веществ и неблагоприятных

производственных факторов), а также работающие в условиях повышенной опасности, проходят обязательное психиатрическое освидетельствование не реже раза в 5 лет (ч. 6 ст. 213 ТК РФ). Помимо медосмотра работник обязан проходить проверку знаний в области охраны труда и обучение оказанию первой помощи пострадавшим не реже чем раз в 3 года (согласно Постановлению Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» [14]).

6.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочая зона – первичное и основное место производства, рациональная организация которой, имеет важнейшее значение во всем комплексе вопросов научной организации труда. Именно на рабочем месте происходит соединение элементов производственного процесса – средств труда, предметов труда и самого труда. На рабочем месте достигается главная цель труда – качественное, экономичное и своевременное изготовление продукции или выполнение установленного объема работы.

Организация рабочего места – это система мероприятий по его оснащению средствами и предметами труда и размещению их в определенном порядке. Расположение средств и предметов труда определяет трудовые движения, их количественные и качественные характеристики, площадь рабочего места. Совершенствование планировки рабочего места должно быть направлено на устранение лишних и нерациональных трудовых движений, максимальное сокращение перемещения рабочего и материальных элементов трудового процесса, а, следовательно, на повышение эффективности труда и снижение утомляемости рабочего.

Лаборатория имеет два рабочих места, находится в цокольном этаже учебного корпуса. Необходимо обеспечить в лаборатории правильное расположение и компоновку рабочего места. Согласно ГОСТ 12.2.032-78, конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и

психологическим требованиям, а также характеру работы [15]. Высота рабочей поверхности при таких работах, как печатание на компьютере, должна достигать 655 (мм) для женщин и мужчин. Работа производится на компьютере и с помощью паяльника. Рабочая поверхность компьютерного стола имеет прямоугольную форму. Мониторы допускается располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от сагиттальной плоскости (рисунок 1-2). Рабочая поверхность электромонтажного стола также имеет прямоугольную форму.

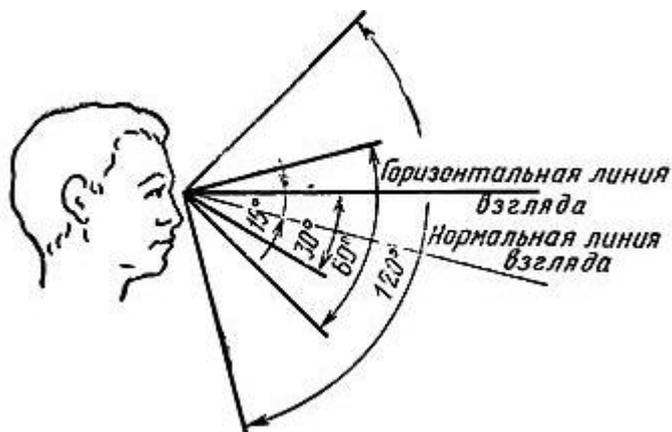


Рис. 2. - Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

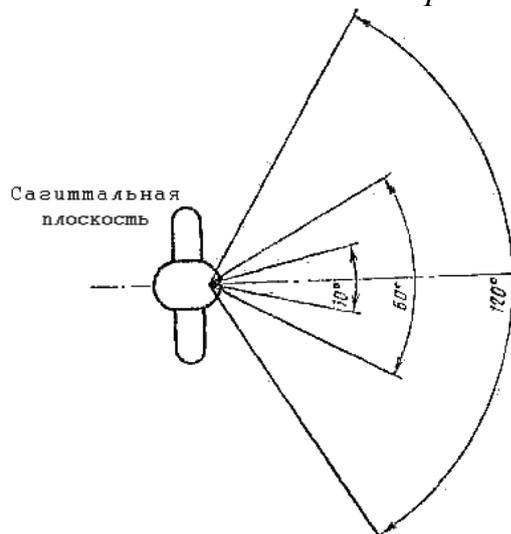


Рис. 3.- Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

Трудовая деятельность в лаборатории относится к категории В – творческая работа в режиме диалога с ПК, третья категория тяжести.

Количество и длительность регламентированных перерывов, их распределение в течение рабочей смены устанавливается в зависимости от категории работ на ПК и продолжительности рабочей смены. Так как рабочая

смена составляет около 8 часов, то перерывы происходят через 1,5- 2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый.

В самой лаборатории комната психологической разгрузки отсутствует, но в учебном корпусе она расположена на третьем этаже. Следует ввести график технологических перерывов и осуществлять проветривание комнат.

6.6 Список использованной литературы

1. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пос. для вузов //П. П. Кукин, В.Л. Лапшин, Е. А. Подгорных и др. – М.: Высш. шк. 1999. – 318 с.
3. Грачев Н. Н. Защита человека от опасных излучений. – БИНОМ, 2005. – 317с.
4. СанПиН 2.2.2/2.4.1240-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
5. Деточкин Н. И. Инженерные расчеты по охране труда. – Красноярск: Изд. КГЦ, 1987. – 152 с.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий"
7. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
8. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»
9. ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
10. ГОСТ Р 22.0.02-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях термины и определения основных понятий»
11. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 3 июля 2016 года)
12. Статья 221-225 ТК РФ «Обеспечение прав работников на охрану труда»
13. Статья 213 ТК РФ «Медицинские осмотры некоторых категорий работников»
14. Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».
15. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»

Заключение

Во время работы над данным проектом был проведен обзор технических средств и методов диагностики рака молочной железы. Были получены следующие практические результаты:

- разработан алгоритм обработки данных поступающих с фазированной антенной решетки;

- на основе разработанного алгоритма была реализована блок-схема процесса обработки данных на базе программируемых логических интегральных микросхем;

- для подтверждения применимости данной блок-схемы для диагностики был произведен расчет диаграммы направленности, который показал, что с использованием фазированной антенной решетки фирмы Olympus 2L16-A1 разработанная методика аппаратной обработки данных подходит для назначенной цели;

- для подтверждения работоспособности цифровой блок-схемы было проведено моделирование каждого блока в среде программного обеспечения ModelSim. По результатам моделирования очевидно, что все блоки работают безошибочно.

Полученная в результате ряда шагов разработка позволяет реализовать аппаратную обработку данных с фазированной антенной решетки.

Используемый метод обработки позволит объединить в себе 2 положительных качества иных способов обработки – быструю обработку данных и сравнительно малую стоимость.

Основными особенностями проекта можно назвать то, что данные, получаемые от фазированной антенной решетки хранятся непосредственно в ПЛИС, а на компьютер передается уже рассчитанное изображение. В таком случае объем данных, которые необходимо передавать падает на порядки, что позволяет использовать для передачи данных низкоскоростные шины передачи данных. Второй особенностью является то что весь цикл расчета изображения происходит на ПЛИС, следовательно на компьютере не производится расчетов

что, в свою очередь, позволяет использовать для диагностики маломощные компьютеры.

Список литературы

1. М. Парнес Фазированные антенные решетки [Текст] /М. Парнес// Теле-Спутник [Электронный журнал] - 8(22) Август 1997 г.
2. Большая Российская Энциклопедия. [Текст] / Главный редактор Г.П. Свищев. 1994 г.
3. Самокрутов А.А. Сканирование в ультразвуковой томографии.[Текст] /Самокрутов А.А , Шевалдыкин В.Г. // В мире НК, 2010, №3(49), с.7-10
4. Буй Ван Донг. Применение линейной фазированной решетки для трехмерной реконструкции объектов контроля методом SAFT во временной области [Электронный ресурс] / Буй Ван Донг; науч. рук. А. И. Солдатов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов : сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 23-25 апреля 2014 г. в 3 т. / Ассоциация иностранных студентов в России (АИС); Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт международного образования и языковой коммуникации (ИМОЯК) . – 2014 . – Т. 1 . – [С. 97-103]
5. Носков Н.Н. Реализация SAFT-алгоритма для ультразвуковой томографии [Текст]/ Носков Н.Н., Шестаков В.В. ; науч. рук. Капранов Б.И.// XVII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии»: сборник трудов, Томск 2011, [с. 229-230].
6. 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].
7. Техническая документация на интерфейс RS-232 (COM-порт)
8. Губарев Ф.А. Лекционные материалы по курсу цифровые устройства.

9. Акчурин А.Д., Юсупов К.М. Программирование на языке Verilog. Учебное пособие. [Текст] / Акчурин А.Д., Юсупов К.М. // Казань, 2016. – 90 с.
10. Бейсембаев Е.А. Verilog как образ жизни. изучаем языки описания железа на примере Verilog [Текст] / Бейсембаев Е.А. // ХАКЕР [Электронный журнал] - 123 март 2009 г.
11. Комолов Д. А. Системы автоматизированного проектирования фирмы Altera MAX+ plus II и Quartus II. Краткое описание и самоучитель. / Комолов Д. А., Мяльк Р. А., Зобенко А. А., Филиппов А. С. – М.: ИП РадиоСофт, 2002 г. – 352 с.
12. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника: Полный курс: Учебник / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А. И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина.– М.: Горячая Линия-Телеком, 2002.– 768 с.: ил.
13. Altera Corporation. Quartus ii introduction for Verilog users [Электронный ресурс] / Altera Corporation // September 2005.
14. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание / Черных И.В. –М.: ДМК Пресс , 2007, 288 с.
15. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Гонсалес Р., Вудс Р., С. Эддинс – Москва: Техносфера, 2006. - 616 с., цв. ил.
16. Поршнева С.В. MATLAB 7. Основы работы и программирования. Учебник. / Поршнева С.В. – Издательство "Бином. Лаборатория знаний" 2006г. 320 с.
17. Стешенко В.Б. Особенности проектирования аппаратуры цифровой обработки сигналов на ПЛИС с использованием языков описания аппаратуры // Сборник докладов 2-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применения» 21.09-24.09.1999, Москва, МЦНТИ, том 2, с. 307 – 314.
18. Стешенко В. ПЛИС фирмы ALTERA: проектирование устройств обработки сигналов / Стешенко В. – М.: «Додека», 2000
19. Давыдова М.И. Рак молочной железы (атлас) / под ред. Давыдова М.И. и Летягина В.П. – М.: АБВ-пресс, 2006. - 136 с., ил.
20. Каталог продукции компании «Радиомед Центр».

21. Диксон А. М. Ультразвуковое исследование молочной железы / под ред. Диксон А. М.; пер. с англ. под ред. Н. И. Рожковой. – М.: Практическая медицина, 2011. - 288 с.: ил.
22. Куликов Е.П. Рак молочной железы – Учебное пособие / Куликов Е.П – М.: «Рязань», 2002, 75 стр. ил.
23. Опадчий Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника: Полный курс: Учебник / Опадчий Ю. Ф., Глудкин О.П., Гуров А. И.; Под ред. Глудкина О.П.– М.: Горячая Линия-Телеком, 2002.– 768 с.: ил.
24. Иванов С. А. Рак молочной железы : учебно-методическое пособие / Иванов С. А., Кривенчук И. К., Кривенчук В. А.. – Гомель, 2012
25. Воскресенский Д.И. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток [Уч. пос. для вузов] – Под ред. Воскресенского Д.И. (1994)
26. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и дополн. -М.: Дрофа, 2003. – 560 с.
27. Зацепин А.Ф. Физические основы ультразвуковой дефектометрии: учебное пособие. В 2 ч. Ч.2 / Зацепин А.Ф. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2006. – 117 с.
28. Ермолов И.Н. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Т. 3: Ультразвуковой контроль / Ермолов И.Н., Ланге Ю.В.; под общ. ред. Клюева Ю.В.. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.: ил
29. Фалькевич С. А. Фазированные решетки в ультразвуковой дефектоскопии//Дефектоскопия. 1984. № 3. С. 3–16.
30. Квасников, К.Г. Диаграмма направленности антенной решетки при сканировании по методу SAFT / К.Г. Квасников, В.С. Макаров, А.И. Солдатов и др. // Контроль. Диагностика. – 2012. – N 13. – С. 62–66.
31. Определение типа дефекта по изображениям, полученным методом C-SAFT с учетом трансформации типов волн при отражении ультразвуковых импульсов от неровных границ объекта контроля / Базулин Е.Г. // Дефектоскопия – 2011. – №1. – с. 39-56.

32. Получение изображения дефектов методом SAFT с учётом переменной скорости звука в объекте контроля / Базулин Е.Г. // Дефектоскопия – 2011. – №11. – с. 3-13.

33. 2. Nondestructive testing of pallets defects by multichannel ultrasound system. / Soldatov A.I., Sorokin P.V., Makarov V.S., Soldatov A.A., Kvasnikov K.G., Bolotina I.O. // В сборнике: 52nd Annual Conference of the British Institute of NDT. – 2013. – с. 466-472.

34. Bernus L. von, Bulavinov A., Dalichow M., Joneit D., Kröning M., Reddy K.M.: Sampling Phased Array: A New Technique for Signal Processing and Ultrasonic Imaging, In: Insight. Volume 48, Issue 9, Pages 545-549, September 2006.

35. Pudovikov S., Bulavinov A., Pinchuk R. Innovative Ultrasonic Testing (UT) of Nuclear Components by Sampling Phased Array with 3D Visualization of Inspection Results // FraunhoferPublica. 2011.

Приложение А

Глава 1

«Overview of the technical means and methods of diagnosis of breast cancer»

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ДМ51	Булгакова Ольга Владимировна		

Консультант кафедры ПМЭ:

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

Консультант кафедры ИЯНК ИНК ТПУ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ермакова Я.В.			

Chapter 1. Overview of the technical means and methods of diagnosis of breast cancer

1.1 Etiology of breast cancer

Breast cancer is a polyethic (a disease that develops for many reasons) a disease. There is no such significant exogenous causative factor as, for example, in lung or stomach cancer.

The main predisposing factor in breast cancer is the female sex. The ratio of the ill men and women is 100-150: 1.

The likelihood of developing breast cancer has a pronounced age-related dependence. Cases of the disease in persons under 30 years of age are rare. The peak incidence falls on 45-65 years.

The hereditary factor is the cause of breast cancer in about 5-10% of the affected women. It is about the inherited mutations of some genes, in which the tumor develops several times more often than the average in the population. In addition, heredity is predisposed to malignant transformation. Women, whose blood relatives (mother, grandmother, sister, aunt) have had breast cancer, have a higher risk of developing a tumor.

Estrogens (female hormones) are not carcinogens in the classical sense of the word – when these hormones are attached to the target cells of the tumor, their activation and uncontrolled growth take place. A longer and more intensive effect of estrogen on the gland tissue occurs in the following situations: early menarche (up to 13 years), late menopause (more than 55 years), gynecological diseases (eg polycystic ovaries), later onset of 1st pregnancy (after 30 years), Absence of pregnancy, the number of children less than 2. Factors such as abortion, artificial delivery, the rejection of natural feeding cause disadaptation of regulatory processes and create conditions for the implementation of the action of conditioned carcinogens.

Other external factors affect the risk of developing breast cancer to a lesser extent. Their effect is difficult to take into account, because it depends on the dose,

intensity, frequency and periodicity of the effect, the action of antagonist factors and synergists.

The use of high-fat foods, which is not metabolized, contributes to an increase in the synthesis of estrogens. Alcohol intake leads to similar changes in metabolism and slows inactivation (destruction of active structures) of estrogens in the liver. Red meat contains many toxins and, if taken more than once a week, can increase the risk of breast cancer. Carbonated drinks contribute to an increase in the level of estrogen hormones that can cause a malignant transformation of breast cells. Smoking has an indirect carcinogenic effect due to disruption of the structure of subcellular elements by metabolic products.

Diseases accompanied by a violation of fat metabolism and tissue trophism (insulin-dependent diabetes mellitus, arterial hypertension, atherosclerosis, obesity) also increase the risk of developing breast cancer.

The inclusion in the diet of products with omega-3-polyunsaturated fatty acids (flaxseed, nuts, fish, wheat germ, rapeseed oil, etc.) promotes the formation of products that neutralize toxins; The preventive effect against breast cancer is proven in animal experiments. Vegetables and fruits contain vitamins and minerals that are well absorbed, participate in the metabolic processes of the body, and remove toxins. Physical activity is a factor in the prevention of breast tumors. With a full muscular load, fats are metabolized to final products, obesity is stopped, the hormonal background normalizes, microcirculation improves in tissues.

In the studies conducted, no evidence of the carcinogenic role of oral contraceptives has been obtained with the correct regimen, although there is no consensus among specialists on this issue.

Injuries of the mammary gland (sports, especially in childhood and adolescence, surgery for acute mastitis) cause cicatricial changes and nonspecific proliferation of tissues, which can be a background for the realization of the action of other carcinogens. Ionizing radiation in radiation treatment of tumors of the neck and chest organs is also capable of provoking a malignant transformation of breast tissue.

Predisposing factors are also benign tumors, dyshormonal diseases of the mammary glands, malignant neoplasms of the ovaries and endometrium.

The main epidemiological characteristics of breast cancer:

- 1st place among oncopathology in women;
- Women are more often ill at the age of 45-75 years;
- Increase in the incidence of ubiquity;
- higher incidence in Europe and North America.

Breast cancer currently belongs to the most common tumors. Breast cancer takes the first place in the structure of women's cancer, the 5th place – in the structure of cancer morbidity of both sexes. The highest incidence rates (more than 80-100 cases per year per 100 thousand population) are noted in economically developed countries: USA, Canada, Great Britain, Israel, France, Italy. The lowest incidence (up to 20 cases per year per 100 thousand population) – in Japan, China, India, Congo, Turkey, Tajikistan. This distribution is due to the average life expectancy of the population and demographic traditions (the number of children, the prevalence of abortions, the average age of the first birth, the relation to natural feeding). In Eastern Europe, the incidence of breast cancer varies between 40-60 cases per year per 100,000 women. In line with these trends, the situation is also in Russia. The average age of first-time ill women is 60-65 years.

Breast cancer refers to malignant tumors with a fairly high level of mortality. The mortality / morbidity ratio depends on the effectiveness of early diagnosis of the disease and is 25-50%. The use of better methods of treatment, to a greater extent, affects the life expectancy of the patient than on survival. The dynamics of epidemiological indicators in the world is characterized by the following trends: an increase in the incidence in all regions with an increase of 10-20% over 10 years, the average age of onset of the disease is gradually decreasing, the mortality from breast cancer is reduced by approximately 1% per year since 1991.

The causes of the increase in morbidity: an increase in the life expectancy of the population, the absence of primary prevention, the effect of anthropogenic

factors, an increase in the age of the first birth, a decrease in the age of menstrual periods in girls, a change in the nature of nutrition.

Reduced mortality is due to improved early diagnosis and improved treatment. [1]

1.2 Methods of diagnosis of breast cancer

When examining the breast, the following diagnostic methods are used:

- palpation of the glands
- radiography
- computer tomography
- cytological (histological) examination
- ultrasonography

Let's consider each method in more detail:

1) palpation of the glands

Clinical examination of mammary glands (palpation). Women are recommended to perform self-examination monthly on the fifth-sixth day of the cycle, when the mammary gland is not tense. During menopause, one day is selected in a calendar month. With the help of palpation, the need for a more serious examination is revealed.

Pluses:

- speed of examination
- the possibility of independent procedure
- extreme cheapness
- non-invasiveness
- disadvantages:
- detection of large formations
- low reliability

2) radiography

Radiation diagnosis of mammary glands is recommended to be carried out for preventive purposes once a year, for the purpose of diagnosis – in the presence of symptoms of the disease. Special training is not required, but the procedure should be

carried out in the first phase of the menstrual cycle. For women during the menopause, the study can be scheduled any day. Pregnant and lactating radiodiagnosis is not prescribed.

During mammography procedure pictures of both mammary glands in straight and oblique projections are taken. It requires mammograph which is a special X-ray machine. Mammography is prescribed for the detection of symptoms of the disease or for prophylactic purposes.

Sighting radiographs are used to diagnose individual areas of the breast, which are poorly visible in the survey images. Are made with a direct magnification of the image in 1,5-2 times.

Pluses:

- high accuracy and sharpness of the resulting image
- non-invasiveness

Disadvantages:

- difficulty in detecting cysts
- expensiveness and stationarity of equipment
- shown to patients after 40 years
- has contraindications in pregnancy and lactation
- moderate pain at mammography
- complexity of examination with large or small size of breast with mammography
- irradiation of the patient's body

3) computed tomography

An expensive diagnostic technique is used in cases where there is no certainty about the nature of the neoplasm already found (X-rays and ultrasound did not give an exact answer). It is also used if breast cancer is confirmed, and the tumor has metastasized. The procedure requires a computer tomograph, which is a cylindrical chamber with X-ray sensors and radiators, as well as a horizontal automatically moving platform with special lumens on which the patient is located. She lies with her back to the top. The body is fixed, and the area under investigation is scanned by

the X-ray, then visual "slices" are transmitted to the computer monitor at different angles of inclination. Disadvantages of the procedure – its duration (in rare cases – up to two hours) and the need to be in this condition for a long time in a sedentary state. Possible use of sedatives.

Pluses:

- extreme accuracy of the resulting image
- facilitating diagnosis for patients with silicone implants or with scars of the breast
- the ability to accurately determine the position of multiple neoplasms in different planes
- non-invasiveness

Disadvantages:

- High price of purchasing and maintenance of equipment
- a long survey time
- special requirements for the room in which the device is located
- impossibility of examination of patients with claustrophobia, some types of pacemakers, large metal implants of non-medical metals

4) Cytological (histological) examination

This type of study is commonly known as biopsy. Only a biopsy can accurately determine the presence of breast cancer. There is it so: from the formation diagnosed in a mammary gland take the sample of a tissue and send on laboratory research. This is a clarifying diagnosis, necessary for assessing the quality / malignancy of education. If enough of a micro sample, it is taken with a syringe, without anesthesia. This is called a puncture biopsy. In some cases, a mini-operation is required under local anesthesia, in which a part of the tumor is excised and sent to the analysis.

Pluses:

- allows you to get a sample of tissues to accurately determine the nature of the neoplasm
- relatively high speed of procedure

Disadvantages:

- invasive intervention
- risk of bleeding and hematoma formation
- in some cases, puncture biopsy does not allow obtaining sufficient for the analysis of the number of tissues, and the study must be repeated

5) ultrasound examination

Ultrasound is used as a primary or additional method for diagnosing breast diseases. Ultrasound of the breast is prescribed by a doctor for the prevention and diagnosis of breast cancer in those cases when it is necessary to clarify the diagnosis or when the X-ray is contraindicated. Under the control of ultrasound, a biopsy is often performed, it also clearly shows calcifications and foci of compaction, with its help it is possible to evaluate the blood flow in the tissues of the breast.

Pluses:

- non-invasiveness
- Absence of ionizing radiation
- high speed of examination
- high resolution
- relatively low cost of equipment
- has no age limit
- allowed during pregnancy and lactation

Disadvantages:

- is less effective in diagnosing fibroadenomas
- has a resolution limit

1.3 Methods used for ultrasound research

In medicine, for conducting surveys, two methods are mainly used: shadow and echo-pulse. Let us consider them in more detail.

Shadow method.

In this case, the signal source and receiver are located opposite each other from the 2 sides of the monitoring object.

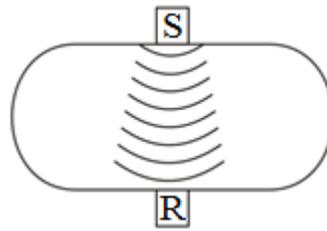


Fig.1. Shadow Scanning Method

A sign of the presence of heterogeneity will be a significant decrease in the amplitude of the received signal, or its disappearance (pathology creates an acoustic shadow)

Advantages of the shadow method:

- Ease of interpretation of received signals
- Low dependence of the signal amplitude on the orientation of the pathology
- High noise immunity
- Absence of a dead zone

Disadvantages:

- Can only be used with two-way access to the monitoring object
- Complexity of orientation of the piezoelectric transducer with respect to the central beams of the radiation pattern
- Impossibility of an exact estimation of coordinates of inhomogeneities
- Low sensitivity (10 ... 20 times less) compared with the echo method.

Echo method.

For this method, 1 sensor is used as the source and receiver. The method is based on recording the echo signal reflected from the inhomogeneity.

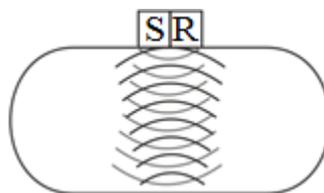


Fig.2. Echo-pulse scanning method

Pluses:

- Unilateral access to the patient
- The greatest sensitivity to the detection of pathologies
- High accuracy in determining the coordinates of inhomogeneities

Disadvantages:

- Low noise immunity
- The presence of a dead zone

Proceeding from the given data, it is possible to draw a conclusion, that for carrying out of inspections it is much more rational to use an echo-method.

1.4 Phased array antennas

Antenna array (AA) is a complex directional antenna consisting of a set of separate low-directional antennas (radiating elements) located in space and excited by high-frequency currents in such a way as to obtain the required directional pattern (DP). In other words, the AA is a set of several antennas connected by feeder lines.

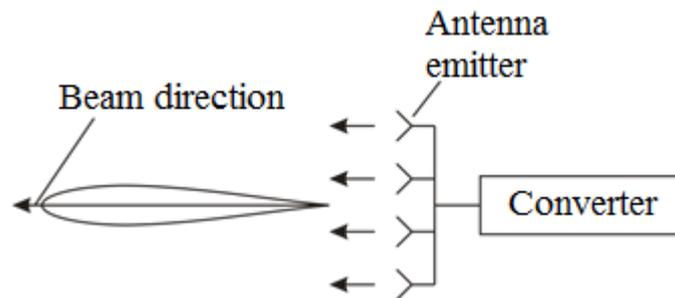


Fig. 3. Structure of the antenna array

If the phases of all the radiators are equal, then the total beam is directed perpendicular to the plane of the antenna. Such a device is called an in-phase antenna array. If you introduce phase shifters into the feeder lines and change the phase of the signal in each radiator, then in a certain direction the signals will come in phase and amplify each other. Thus, in this direction, where all the radiators are in phase, the total beam will turn.

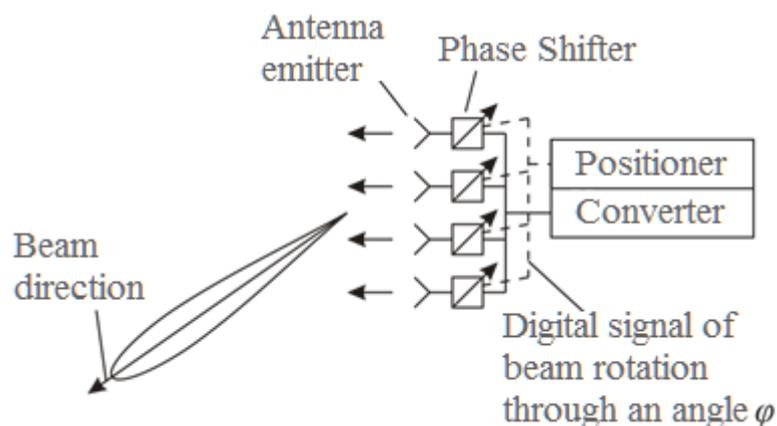


Fig. 4. Structure of phased array antenna

Such an antenna array is called phased array (PAA). The directional pattern (DP) of a phased array is determined from the relationship (see the formula).

$$F = \frac{\sin[N \cdot \pi \cdot (s/\lambda) \cdot (\sin(\theta) - \sin(\varphi))]}{N \cdot \sin[\pi \cdot (s/\lambda) \cdot (\sin(\theta) - \sin(\varphi))]}$$

Where s – the distance between the emitters;

λ – the wavelength of the emitted signal;

φ – the desired angle of rotation;

N – the number of radiators.

The beam deflection in the phased array by an angle θ can be achieved by changing the phase of the signal from the emitter to the radiator so that the phase difference in the neighboring radiators is $2\pi(s/\lambda) \sin(\theta)$

Phase control (phasing) allows: to generate the necessary directional pattern (DP) of the phased array (for example, a highly directional beam – ray); To change the direction of the beam of a stationary phased array and, thus, to carry out a fast scan-beam swing; To control within certain limits the shape of the DP – to change the beam width, the intensity (levels) of the side lobes, and so on. These and some other properties of phased arrays, as well as the possibility to use modern means of automation and computers for PAA control have made them promising and widely used in flaw detection, radio communication, radiolocation, radio navigation, radio astronomy, etc.

1.5 Diagnostic methods using phased antenna arrays

The use of PAA greatly simplifies the process of breast examination, since, unlike conventional ultrasound, does not require the operator to constantly move the sensor to obtain a complete picture. In total, there are now 2 scanning methods: the SAFT Synthetic aperture focused technique and the tactile phased array method or the Sampling phased array.

SAFT Method

The process of image reconstruction is as follows. For each point of the image being formed, a sample is sampled from the receiver-emitter pair, whose delay times are equal to the propagation times of the ultrasonic pulses from the radiating element

of the antenna array to the corresponding visualized point in the monitoring object and back to the receiving element. The received signal is processed for all variants, i.e. for all combinations of radiating and receiving elements of the array. The sum of the amplitudes obtained determines the brightness (or color) of each image point. As a result, the magnitude of the signal at each point of the image is equivalent to the signal of a focusing ultrasonic transducer directed to the corresponding point of the section of the object. The total number of focus points is equal to the number of pixels of the image and usually reaches tens of thousands. The image is reconstructed point-wise (like television) and is rectangular. [3]

The disadvantage is the need for a coordinate reference. Perhaps inaccurate determination of coordinates (due to variations in ultrasound velocity in the material), which makes it difficult to obtain a clear acoustic image. It is also important to note the comparative slowness of this method.

SPA Method

The method is based on the alternate excitation of each lattice converter. Ultrasound is spreading in all directions. Reception of reflected signals is carried out by all converters simultaneously. A matrix of temporary data is formed, which is then used to obtain the image. When scanning, the grating moves along two perpendicular axes with a specified step above the object of inspection.

For further work, it is more rational to use the SPA method, since it has a higher speed compared to SAFT.

Let's consider the SPA method in more detail.

- 1) The space under the antenna array is divided into finite elements with a given step.
- 2) For each element, an acoustic image is calculated for all positions of the antenna array.
- 3) All the results are summarized:

$$A_M(x, y, z) = \sum_{i=1}^n A_i(x, y, z)$$

Where x , y , and z are the location of the element, n is the number of elements, i is the element number, and A_i is the amplitude of the i -th element.

4) The image is being built.

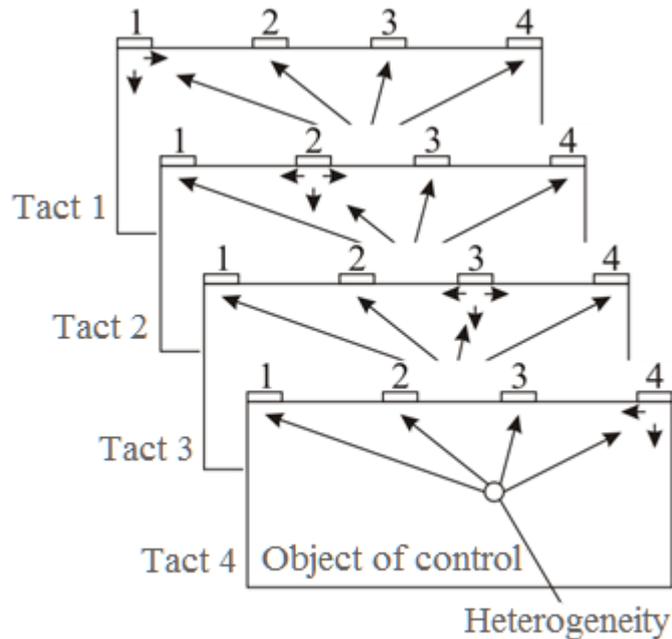


Fig. 5. SPA scanning, where 1-4 – emitters and signal receivers.

To facilitate understanding of the principle of operation of the SPA method, a schematic image is necessary.

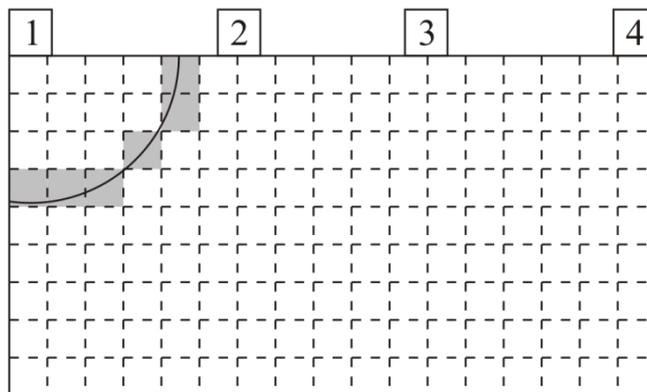


Fig. 6. Obtaining an image of a defect in the operation of 1 channel.

In this case, there is a measurement error, since several elements fall under the same propagation time, and since in 1 of them there is a defect – they are all displayed on the image as a defect. To more accurately determine the location of a defect, several receivers must be used.

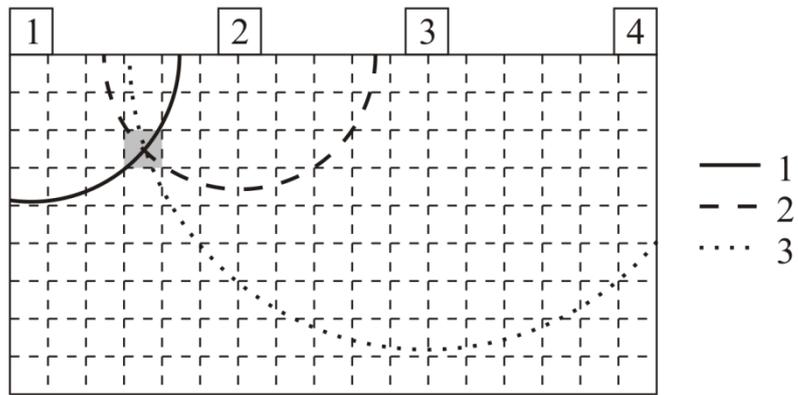


Fig. 7. Obtaining an image of a defect in 3 channels.

To accurately determine the position of the defect, general data processing is required for all receiver / emitter pairs. To determine the coordinate of the inhomogeneity in special cases, two sensors are sufficient, but larger grids, consisting of 16, 32, 64 or more elements, are used to better visualize and eliminate the effect of noise. As the number of receivers and radiators increases, the accuracy of finding the position and shape of the defect increases.

**Приложение Б. Программа работы блоков обработки информации
на языке Verilog HDL**

Программа реализации блока памяти

```
module pamjat (  
    clk      , /*taktovii signal*/  
    address  , /*adresnii vhod*/  
    data     , /*ob'javlenie dvunapravlenного porta*/  
    cs       , /*signal razrechenija raboti*/  
    we       , /*razrechenie chtenija/zapisi*/  
    oe       /*razrechenie vivoda*/  
);  
/*parametricheskoe zadanie rszrjadnosti massiva pamjati*/  
parameter DATA_WIDTH = 14 ; /*max kolichestvo bit v chisle*/  
parameter ADDR_WIDTH = 14 ; /*chislo bit adresa*/  
parameter RAM_DEPTH = 1 << ADDR_WIDTH; /*zadaet max adres matrici*/  
  
/*Vhodnie porti*/  
input      clk      ;  
input [ADDR_WIDTH-1:0] address  ;  
input      cs       ;  
input      we       ;  
input      oe       ;  
  
/*Dvunapravlennoi port*/  
inout [DATA_WIDTH-1:0] data     ;  
  
/*Rasschetnie peremennie*/  
reg [DATA_WIDTH-1:0] data_out; /*registr vihodnich dannich*/  
reg [DATA_WIDTH-1:0] mem [0:RAM_DEPTH-1]; /*blok registrov pamjati*/  
reg      oe_r;
```

```

/*ustanovka vihoda v z-sostojanie*/
/*esli we = 0, oe = 1, cs = 1, to do momenta chtenija dannich na vihode
ustanavlivaetsja z*/
assign data = (cs && oe && ! we) ? data_out : 14'bz;

/*zapis v pamjat, proischodit esli we = 1, cs = 1*/

always @ (posedge clk)
begin : MEM_WRITE
    if ( cs && we ) begin
        mem[address] = data;
    end
end

/*chtenie iz pamjati, proischodit esli we = 0, oe = 1, cs = 1*/

always @ (posedge clk)
begin : MEM_READ
    if (cs && ! we && oe) begin
        data_out = mem[address];
        oe_r = 1;
    end else begin
        oe_r = 0;
    end
end

endmodule

```

Программа реализации блока-перемножителя

```
module put, ( d, n, h, y); /*помирить с тактирование не удалось*/
output [12:0] d;
input n, h, y;
wire [12:0] d;
wire [3:0] y;
wire [3:0] n;
wire [3:0] h;
assign d= (((n-y)*(n-y))+(h*h));
endmodule
```

Программа реализации блока расчета времени

```
module vremja ( t, d );

parameter WIDTH_T = 14 ;
parameter WIDTH_D = 14 ;
parameter v = 2;
output wire [WIDTH_T-1:0] t ;
input wire [WIDTH_D-1:0] d ;

assign t= d/v;

endmodule
```

Программа реализации суммирующего блока

```
module summ ( a, b, d );

parameter WIDTH_A = 13 ;
parameter WIDTH_B = 13 ;
parameter WIDTH_D = 14;
```

```

output wire [WIDTH_D-1:0] d ;
input wire [WIDTH_A-1:0] a ;
input wire [WIDTH_B-1:0] b ;

assign d= a+b;

endmodule

```

Программа реализации блока счета точек

```

module schet toчек (
clk, /*taktovii signal*/
addr, /*adresnii vihod*/
n, h, e
);
/*parametricheskoe zadanie rszrjadnosti massiva pamjati*/

parameter ADDR_WIDTH = 14 ; /*chislo bit adresa*/
parameter N_WIDTH = 7;
parameter H_WIDTH = 7;

/*Vhodnie porti*/
input  clk ;
input      e      ;

/*Vichodnie porti*/
output reg [ADDR_WIDTH-1:0] addr  ;
output reg [N_WIDTH-1:0]    n = 1  ;
output reg [H_WIDTH-1:0]   h = 1  ;

reg [N_WIDTH-1:0] N;
reg [H_WIDTH-1:0] H;

```

```

always @ (posedge clk)
begin
    if ( n!=N ) begin

        if ( h!=H ) begin
            h=h+1;
        end

        n=n+1;
    end
end

endmodule

```

Программа реализации блока передачи данных на компьютер

```

module peredatchik(
    input [3:0] DATA,
    input CLK,
    input Rdy,
    output reg TX =1
);

    reg start_trans=1'd0;
    reg [3:0] count = 4'd0;
    reg [3:0] tr_count = 4'd0;
    reg [3:0] shifter;

    always @ (posedge CLK)
    begin
        if (Rdy)
            begin

```

```

    start_trans<=1'd1;
    shifter<=DATA;
end
if (start_trans)
begin
    tr_count<=tr_count+1;

    if (count==0)
    begin
        if (tr_count<8)
        begin
            TX<=0;
        end
    else
    begin
        count<=1;
        tr_count<=0;
    end
end
end
else
begin
    if (tr_count==0)
    begin
        TX<=shifter[3];
    end
else begin
    if (tr_count==1)
    begin
        TX<=shifter[2];
    end
end
end

```

```

else begin
    if (tr_count==2)
    begin
        TX<=shifter[1];
    end
else begin
    if (tr_count==3)
    begin
        TX<=shifter[0];
    end

    else
        begin
            shifter[3:1]<=shifter[2:0];
            tr_count<=0;
            count<=count+1;
        end
    end
end
end
end
end
end
if (count==9)
    TX<=1;
    start_trans<=1'd0;
    count<=0;
    shifter<=8'd0;
end
end

endmodule

```

Программа реализации блока тактирования

```
module clock(  
    input wire reset,  
    input wire clock,  
    output wire out_clk1, out_clk2, out_clk3, out_clk4, out_clk5, out_clk6, out_clk7,  
    output wren  
);  
reg [4:0] count, y;  
  
dc dc1 (clock, y, out_clk1, out_clk2, out_clk3, out_clk4, out_clk5, out_clk6,  
out_clk7,wren);  
  
always @(posedge clock)  
begin  
    if(!reset)  
        count <= 4'b0000;  
    else  
        begin  
            if(count+1==11)  
                count <= 4'b0000;  
            else  
                count <= count + 1'b1;  
        end  
    end  
end  
  
always @(negedge clock)  
y = count;  
endmodule  
  
module dc (  
    input wire clock,  
    input wire y,  
    output wire out_clk1, out_clk2, out_clk3, out_clk4, out_clk5, out_clk6, out_clk7,  
    output wren  
);  
reg [4:0] count;  
reg [4:0] y;  
reg [4:0] out_clk1, out_clk2, out_clk3, out_clk4, out_clk5, out_clk6, out_clk7;  
reg wren;  
always @(posedge clock)  
begin  
    count <= count + 1'b1;  
    if(count==11)  
        count <= 4'b0000;  
end  
always @(negedge clock)  
y <= y + 1'b1;  
if(y==11)  
    y <= 4'b0000;  
if(y==11 && count==11)  
    wren <= 1'b1;  
else  
    wren <= 1'b0;  
end  
out_clk1 <= count[0];  
out_clk2 <= count[1];  
out_clk3 <= count[2];  
out_clk4 <= count[3];  
out_clk5 <= count[4];  
out_clk6 <= y[0];  
out_clk7 <= y[1];  
endmodule
```

```

input wire clock,
input wire [4:0] cnt,
output wire out_clk1, out_clk2, out_clk3, out_clk4, out_clk5, out_clk6, out_clk7,
output wire wren
);
    assign out_clk1 = (clock & ~cnt[0]& cnt[1]& ~cnt[2]& cnt[3]&
~cnt[4])/*(~clock & cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& ~cnt[3]& ~cnt[4])+(clock &
~cnt[0]& cnt[1]& ~cnt[2]& ~cnt[3]& ~cnt[4])*/;
    assign out_clk2 = (clock & cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& ~cnt[3]&
~cnt[4])/*(clock & ~cnt[0]& ~cnt[1]& cnt[2]& ~cnt[3]& ~cnt[4])*/;
    assign out_clk3 = (clock & ~cnt[0]& cnt[1]& ~cnt[2]& ~cnt[3]&
~cnt[4])+(clock & cnt[0]& cnt[1]& ~cnt[2]& ~cnt[3]& ~cnt[4]);
    assign out_clk4 = (clock & ~cnt[0]& ~cnt[1]& cnt[2]& ~cnt[3]&
~cnt[4])/*(clock & ~cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& cnt[3]& ~cnt[4])*/;
    assign out_clk5 = (clock & cnt[0]& ~cnt[1]& cnt[2]& ~cnt[3]&
~cnt[4])+(clock & ~cnt[0]& cnt[1]& cnt[2]& ~cnt[3]& ~cnt[4]);
    assign out_clk6 = (clock & cnt[0]& cnt[1]& cnt[2]& ~cnt[3]&
~cnt[4])/*(clock & ~cnt[0]& ~cnt[1]& cnt[2]& cnt[3]& ~cnt[4])*/;
    assign out_clk7 = (clock & ~cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& cnt[3]&
~cnt[4])+(clock & cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& cnt[3]& ~cnt[4]);
    assign wren = /*(~clock & cnt[0]& cnt[1]& cnt[2]& ~cnt[3]&
~cnt[4])*/(clock & ~cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& cnt[3]& ~cnt[4])+(~clock &
~cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& cnt[3]& ~cnt[4])+(~clock & cnt[0]& ~cnt[1]&
~cnt[2]& cnt[3]& ~cnt[4])+(clock & cnt[0]& ~cnt[1]& ~cnt[2]& cnt[3]& ~cnt[4]);

endmodule

```

Приложение В. Программа моделирования в среде MathLab

```
c = input(' Введите скорость ультразвука в материале:') %просби wwesti dannie
H = input(' Введите длину изображения(в пикселях):') %просби wwesti dannie
B = input(' Введите глубину изображения(в пикселях):') %просби wwesti dannie
NomTochStr=1
NomIzl=1
NomPriem=1
KolTochMezIzl=H/4
MaxGlub=B
MaxNomTochStr=H
colormap gray

M1(1:H,1:B) = 0
M2=A51
M3(1:H,1:B) = 0
D=1
for NomTochStr=1:1:MaxNomTochStr
    for Glub=1:1:MaxGlub
        L1=abs(NomIzl*KolTochMezIzl-NomTochStr)+Glub*MaxNomTochStr
        L2=abs(NomPriem*KolTochMezIzl-NomTochStr)+Glub*MaxNomTochStr
        L=L1+L2
        G=L/c
        M1(D)= round(((G)*100)+1000)
        E=M1(D)
        F=A51(E)
        M3(D)=F
        D=D+1
    end
end
end
```

NomTochStr=1

NomIzl=5

NomPriem=5

KolTochMezIzl=H/4

MaxGlub=B

MaxNomTochStr=H

M1(1:H,1:B) = 0

M2=A75

M3(1:H,1:B) = 0

Z=1

for NomTochStr=1:1:MaxNomTochStr

for Glub=1:1:MaxGlub

L1=abs(NomIzl*KolTochMezIzl-NomTochStr)+Glub*MaxNomTochStr

L2=abs(NomPriem*KolTochMezIzl-NomTochStr)+Glub*MaxNomTochStr

L=L1+L2

G=L/c

M1(Z)= round(((G)*100)+1000)

E=M1(Z)

F=A75(E)

M3(Z)=M3(Z)+F

Z=Z+1

end

end

M3=abs(M3)

imagesc (M3)

colorbar