

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки – Электроника и наноэлектроника  
Отделение электронной инженерии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка ультразвуковой системы контроля паллет</b>

УДК 620.179.16:621.869.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ61	Тулин Анатолий Сергеевич		

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
доцент	Данков А.Г.	К.И.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделения электронной инженерии	Солдатов А.И.	Д.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин ООП магистратуры; понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы их решения; демонстрировать навыки работы в научном коллективе, порождать новые идеи;
P2	Анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; определять цели, осуществлять постановку задач проектирования приборов наноэлектроники, схем и устройств различного функционального назначения с использованием современной электронной базы наноэлектроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ;
P3	Формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с перспективами развития электроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;
P4	Осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно -измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени; разрабатывать физические и математические модели элементов наноэлектроники, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере;
P5	Делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научно-технические отчеты, обзоры, рефераты, публикации по результатам выполненных исследований, доклады на научные конференции и семинары, научные публикации в центральных изданиях и заявки на изобретения;
P6	Работать в качестве преподавателя в образовательных учреждениях среднего профессионального и высшего профессионального образования по учебным дисциплинам предметной области данного направления под руководством профессора, доцента или старшего преподавателя.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;
P8	Использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов.
P9	Разрабатывать планы и программы инновационной деятельности в подразделении, проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности;
P10	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;
P11	Обладать способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки – Электроника и наноэлектроника  
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Солдатов А.И.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1АМ61	Тулину Анатолию Сергеевичу

Тема работы:

Разработка ультразвуковой системы контроля паллет	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<p>Объектом исследования является система контроля паллет;</p> <p>Режим работы – периодический;</p> <p>Требования – высокая скорость контроля, высокая точность выявления дефектов, малая стоимость.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы;</li> <li>2. проектирование схемы;</li> <li>3. экспериментальное исследование метода двухчастотного зондирования;</li> <li>4. финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>5. социальная ответственность;</li> <li>6. выводы по результатам работы.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>ФЮРА.05202.001. ЭЗ – Система контроля паллет;</p> <p>ФЮРА.05202.001. ПЭ – Спецификация элементов деталей;</p> <p>ФЮРА. 05202.002.ЭЗ – Усилитель входного сигнала;</p> <p>ФЮРА. 05202.002.ПЭ – Спецификация элементов деталей.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков А.Г.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Раздел 4 Проведение экспериментов</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.10.2016
--	------------

**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
1АМ61	Тулин Анатолий Сергеевич		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки – Электроника и наноэлектроника  
 Уровень образования магистратура  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.11.2017	Теоретическая часть	20
20.01.2018	Практическая часть	20
18.03.2018	Проведение экспериментальные исследования	20
22.04.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.04.2018	Социальная ответственность	10
10.05.2018	Написание раздела на иностранном языке	10
17.05.2018	Выводы по результатам работы.	5
28.05.2018	Оформление ВКР и представление работы рецензенту	5

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделения электронной инженерии	Солдатов А.И.	д.т.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1АМ61	Тулину Анатолию Сергеевичу

<b>Высшая школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	Электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление /специальность</b>	Электроника и наноэлектроника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ.

**Перечень графического материала**

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Данков А.Г.	к.и.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1АМ61	Тулин А.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>		
1АМ61	Тулину Анатолию Сергеевичу		
<b>Высшая школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	Электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление /специальность</b>	Электроника и наноэлектроника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является метод определения момента прихода эхо-сигнала. Данная система контроля геометрических параметров паллет обеспечивает сбор и обработку данных о целостности поддонов, используемых для транспортировки продукции.
--	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p><b>Вредные факторы:</b> Отклонение показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышение уровня электромагнитных излучений, монотонность труда, умственное перенапряжение, повышенный уровень ультразвука.</p> <p><b>Опасные факторы: электрический ток:</b> Электрический ток, движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</p>
<b>2. Экологическая безопасность</b>	Анализ воздействия системы контроля на литосферу (отходы).
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	Возможная ЧС при эксплуатации системы контроля: сильные морозы.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Правовые и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1АМ61	Тулин А.С.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 158 с., 42 рис., 36 табл., 49 источников, 2 прил.

Ключевые слова: паллет, эхо-сигнал, ультразвуковой метод контроля, метод двухчастотного зондирования.

Объектом исследования является система контроля паллет.

Цель работы – разработка, исследование и экспериментальная апробация системы контроля геометрических параметров поддонов с использованием ультразвуковых фазированных решеток.

В процессе исследования проводились: обзор литературы, математическое моделирование эхо-импульса, эксперимент по определению эхо-импульса после его отражения от контролируемого поддона, разработка и проектирование принципиальной схемы системы контроля, построение графика поверхности паллеты на реальных данных, определение социальной ответственности, расчет финансовой эффективности проекта.

В результате исследования проведена экспериментальная апробация ультразвуковой системы контроля паллет.

Степень внедрения: разработанную систему предлагается использовать на предприятии по производству пива и безалкогольных напитков ОАО «Томское пиво».

Область применения: система контроля может использоваться на любом предприятии, которое занимается производством малогабаритной продукции и транспортирует его, используя паллет.

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

В будущем планируется доработать программную часть прибора с целью построения полноценного трехмерного изображения контролируемого поддона.

## **Определения, обозначения и сокращения**

**Паллет** – это специальная тара плоской прямоугольной конструкции, предназначенная для упрощения и рационализации погрузочно-разгрузочных работ с помощью специализированной техники, также может применяться для хранения грузов.

**Пьезоэлектрический преобразователь** – устройства, использующие пьезоэлектрический эффект, преобразующие электрическую энергию в механическую и наоборот.

**Эхо-сигнал** – акустический импульс, отраженный от неоднородности в материале или границы объекта контроля.

**Компаратор** – это устройство, предназначенное для сравнения двух входных электрических сигналов.

**АРУ** – автоматическая регулировка усиления;

**АЦП** – аналого-цифровой преобразователь;

**ГЗИ** – генератор зондирующих импульсов;

**ИВИ** – измеритель временных интервалов;

**МК** – микроконтроллер;

**НК** – неразрушающий контроль;

**ОК** – объект контроля;

**ОУ** – операционный усилитель;

**ПК** – персональный компьютер;

**УЗК** – ультразвуковой контроль;

**ЧС** – чрезвычайная ситуация;

**ЭВМ** – Электронно-вычислительная машина;

**ЭМП** – электромагнитное поле;

**ЭСП** – электростатическое поле;

**SMD (Surface Mounted Device)** – элемент, монтируемый на поверхность;

**SPI (Serial Peripheral Interface)** – последовательный периферийный интерфейс;

**SRAM (Static Random Access Memory)** — полупроводниковая оперативная память;

**SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)** – метод стратегического планирования;

#### **Нормативные ссылки**

ГОСТ 9078-84. Система стандартов плоских поддонов. Общие технические условия;

ISO-6780. Международные требования к паллетам;

ГОСТ 7016-2013. Система стандартов изделий из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности;

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;

ГОСТ 12.1.038-82\*. Система стандартов безопасности труда. «ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»;

ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. «Пожарная безопасность»;

СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999). ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности»;

СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение»;

СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Санитарные правила и нормы. «Электромагнитные излучения. Радиочастотного диапазона»;

СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях»;

СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

ГОСТ Р 22.0.01-94. «Безопасность в ЧС. Основные положения»;

ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;

ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». «Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования».

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	16
1 ОБЗОР И АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ И ПАТЕНТНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, ПОСВЯЩЕННОЙ ТЕМАТИКЕ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАЛЛЕТ .....	17
1.1 Обзор уже существующих систем контроля паллет .....	17
1.1.1 Автоматическая система контроля качества поддонов ОСМЕ.....	17
1.1.2 Система проверки пустых поддонов (LEER PALETTEN KONTROLLE - LPK).....	21
1.1.3 Лазерный сканер повреждений.....	22
1.2 Описание паллета.....	23
1.2.1 Основные типы паллет .....	25
1.2.2 Характерные особенности стандартизованных паллет .....	26
1.2.3 Общие технические требования .....	26
1.3 Методы измерения времени распространения звука .....	30
1.4 Ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи.....	33
1.5 Преимущества и недостатки существующих методов контроля.....	35
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ И ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАЛЛЕТ .....	38
2.1 Выбор и обоснование функциональной схемы системы .....	38
2.2 Выбор и обоснование принципиальной схемы системы .....	40
2.2.1 Расчет и описание усилителя входного сигнала.....	40
2.2.2 Расчет и описание устройства связи с ПК.....	44
2.3 Описание алгоритма работы системы.....	48
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭХО-СИГНАЛА.....	57
3.1 Моделирование и исследование формы идеального эхо-сигнала .....	57
3.2 Моделирование и исследование формы реального эхо-сигнала.....	62
3.3 Метод вычисления момента прихода эхо-сигнала путем измерения временного отрезка его полупериода.....	66
4 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	71

4.1 Проведение измерений двухчастотным методом .	71
4.2 Контроль и обнаружение дефектов паллет .	76
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.	38
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .	38
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .	39
5.1.3 SWOT-анализ.	41
5.2. Инициация проекта .	46
5.2.1 Цель и результат проекта .	46
5.2.2. Организационная структура проекта .	47
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.	48
5.3.1 Контрольные события проекта .	48
5.3.2. План проекта .	49
5.3.3 Бюджет научного исследования .	51
5.3.3.1 Расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.	51
5.3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	53
5.3.3.3 Расчет основной заработной платы .	53
5.3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	55
5.3.3.5 Расчет накладных расходов .	56
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.	58
6.1 Производственная безопасность.	58
6.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации системы контроля .	60
6.2 Экологическая безопасность.	68
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	68
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .	72
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ .	125

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	152

**Графический материал:**

ФЮРА.05202.001. ЭЗ – Система контроля паллет; ФЮРА.

05202.001. ПЭ – Спецификация элементов деталей;

ФЮРА. 05202.002.ЭЗ – Усилитель входного сигнала;

ФЮРА. 05202.002.ПЭ – Спецификация элементов деталей.

## **Введение**

В наше время трудно представить предприятие массового производства продукции, которое обходится без тары. Произведенную продукцию необходимо куда-то складировать, транспортировать непосредственно к потребителю или к месту торговой точки. Чтобы обеспечить сохранность транспортируемого товара от повреждений и потерь его необходимо правильно уложить, надежно закрепить и аккуратно донести до места назначения. Использование унифицированных поддонов для упаковки продукции, обеспечивает сохранность товара, увеличивает удобство погрузочно-разгрузочных работ, тем самым это позволяет сократить затрачиваемое на это время. Кроме того, компактное размещение продукции уменьшает занимаемую площадь складского помещения. Деревянные поддоны являются многооборотной тарой, т.е. могут использоваться неоднократно для перевозки, как тяжелых малогабаритных грузов, так и крупногабаритных. Во время перемещения груза паллет может быть поврежден в той или иной степени, что может привести к плачевным последствиям во время упаковки товара. Нарушение геометрических параметров паллет приводит к ошибке в работе автоматического устройства укладки продукции на поддон, при этом приходится тратить много времени на устранение аварийной ситуации, увеличиваются простои и издержки производства, что приводит к росту себестоимости продукции. [1]

Комплексная оценка качества паллет с целью выявления всех дефектов (целостность досок, отсутствие трещин, сколов до гвоздя, отсутствие торчащих гвоздей.) и оперативное принятие верного решения для их устранения представляют собой сложнейшую задачу для оператора.

В связи с этим встала задача разработать автоматизированную систему контроля, которая позволила бы с высокой скоростью выявлять разного рода дефекты, контролировать габариты паллет и осуществлять отбор поддонов без каких-либо повреждений и отклонений от нормы.

## **1 Обзор и анализ научно-технической и патентной литературы, посвященной тематике контроля геометрических параметров паллет**

### **1.1 Обзор уже существующих систем контроля паллет**

#### **1.1.1 Автоматическая система контроля качества поддонов ОСМЕ**

Одной из важнейших областей обеспечения эффективной упаковки является поставка качественных пустых поддонов в зону паллетирования. Это может быть трудоемким и сложным процессом из-за того, что некоторые дефекты не могут быть легко выявлены. Чтобы улучшить производительность конвейерной упаковки продукции на поддоны, итальянская компания ОСМЕ разработала систему контроля и проверки паллет. [2]

Данная система контроля поддонов предназначена для использования на открытых площадках с температурой не менее + 5 ° С или для использования в закрытых помещениях. Для автоматического контроля пустых поддонов функции контроля предлагает модульную систему. Каждый модуль системы на одном этапе контроля контролирует один параметр. Этапы контроля описаны ниже:

- **Проверка поперечных скрепляющих досок**



Рисунок 1.1 - Контроль поперечных скрепляющих досок с помощью фотодатчиков

После выравнивания пустого поддона в обоих направлениях оси, световые датчики проверяют наличие поперечных скрепляющих досок, и есть ли большие сломанные участки на них (рисунок 1.1).

- **Измерение размеров поддона**



Рисунок 1.2 - Контроль габаритных размеров паллет

Когда пустой поддон попадает на контролируемую станцию, любые свободно лежащие предметы сбрасываются, а размеры поддона (длина, ширина, высота) как показано на рисунке 1.2, проверяются оптическими датчиками на предмет соответствия.

- **Проверка цвета паллет и наличие темных пятен**



Рисунок 1.3 - Контроль цвета паллет

Специальные световые сканеры проверяют отдельно каждую рейку паллеты, это показано на рисунке 1.3. Результат оценивается с точки зрения светлых или темных поддонов. Это можно использовать для определения срока службы поддонов.

- **Выявление выпирающих предметов и торчащих гвоздей**

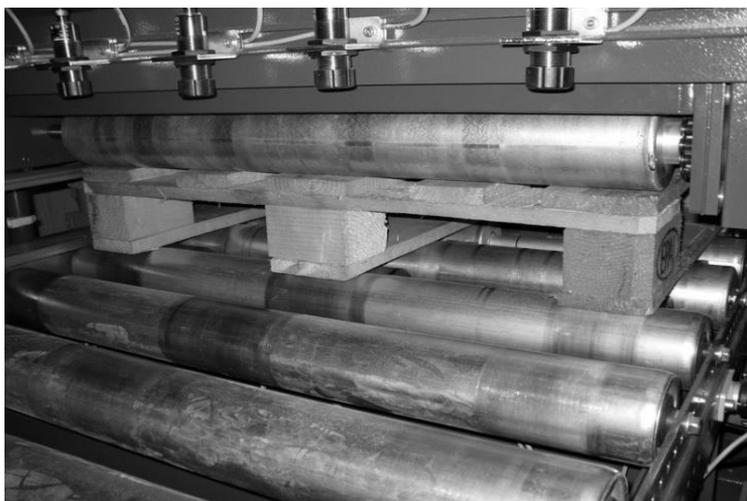


Рисунок 1.4 - Контроль выпирающих предметов на поверхности поддона

Пневматические или гидравлические прижимные ролики осуществляют выявление на поверхности поддона выпирающих предметов и торчащих гвоздей. Данный процесс изображен на рисунке 1.4.

- **Проверка зазоров между рейками**



Рисунок 1.5 - Проверка зазоров для вилок погрузчика

Сенсорные панели с бесступенчатым переключением проверяют зазоры между рейками поддона (рисунок 1.5). Бесконтактные датчики оценивают все блоки поддона на наличие больших сломанных участков. Этот участок системы также обнаруживает любые недостающие бруски.

- **Проверка нижних досок**

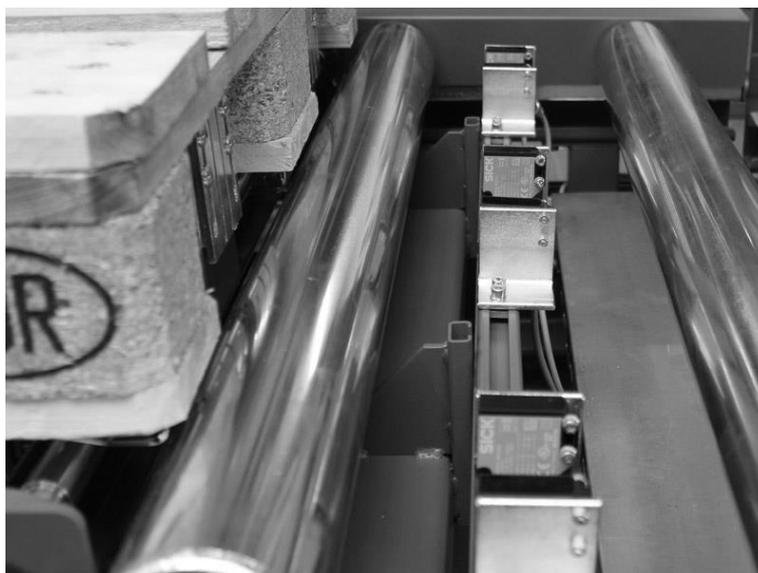


Рисунок 1.6 - Проверка нижних оснований поддона

Бесконтактные фото-датчики под поддонами осматривают донные рейки на присутствие поврежденных участков. На рисунке 1.6 изображен общий вид датчиков. Также тестируется поддон на прочность. С помощью пресса на каждую доску паллета оказывается давление. Если одна из досок не проходит этот тест, то поддон классифицируется как «дефектный». [3]

Система контроля поддонов ОСМЕ представляет собой систему с одним проходом, которая использует прижимные ролики для обнаружения трещин или сломанных досок и отбрасывает не стандартные поддоны. Типичная система ОСМЕ является высоко габаритной и включает в себя целый ряд дорогостоящих узлов: укладчик поддонов, подающие и выходные конвейеры, систему отбраковки и систему интеграции. [4]

### 1.1.2 Система проверки пустых поддонов (LEER PALETTEN KONTROLLE - LPK)

Немецкая компания KÖHL предлагает полностью автоматизированную систему контроля, которая превосходит текущие рыночные требования. Эта система проверяет евро поддоны на их прочностную способность, на наличие дефектов и отклонений от заданных размеров. Индивидуально настраиваемые критерии сортировки позволяют правильно оценивать и сортировать поддоны в соответствии с их предполагаемым использованием. Система может проверять до 365 евро поддонов на линии в час, в зависимости от конфигурации модуля.[5]

#### Технология управления

Установка имеет ручное управление, полуавтоматическое или полностью автоматическое. Параметры для проверки поддона изображены на экране визуализации. Любые отклонения от заданных параметров анализируются на ПК. Если отклонение превышает определенный диапазон допустимых отклонений, то система устанавливает код ошибки для соответствующего поддона и на экране отображается конкретная ошибка. Критерии проверки можно настроить индивидуально в любой момент времени, что обеспечивает высокую степень гибкости.



Рисунок 1.7 - Общий вид пневматических прижимных роликов

В данной установке для определения геометрических размеров поддонов используются пневматические или гидравлические прижимные ролики, как и в

системе контроля, разработанной итальянской компанией ОСМЕ (рисунок 1.7). Расстояния между досками определяются с помощью лазерных датчиков.

### **Основные характеристики:**

- Подходит для контроля всех промышленных типов поддонов, включая евро-поддоны, поддоны 600 x 400, 800 x 600;
- Полностью автоматическая система без вмешательства оператора;
- Может обнаружить недостающие доски, выступающие доски, гвозди.
- Может интегрироваться с другими системами конвейера.

### **1.1.3 Лазерный сканер повреждений**

Разработанная система Бельгийской компанией СНЕР позволяет за час проверить до 900 поддонов, размерами как 1200 x 800 мм, так и 1200 x 1000 мм. Благодаря перекрестному расположению датчиков возможен контроль двух габаритных размеров. Контроль происходит следующим образом: паллет движется по конвейеру между двух пар излучателей и приемников светового потока. Не поврежденный поддон с нормальными геометрическими размерами затмевает проходящий свет между излучателем и приемником тем самым не дает попасть свету на приемник. В случае, когда геометрия поддона нарушена, свет проходит от излучателя к приемнику и объект контроля считается бракованным.[6]



Рисунок 1.8 - Контроль габаритных параметров паллет лазерным сканером

Верхняя пара излучателя и приемника контролирует верхний ряд досок, нижняя пара соответственно нижние рейки.

В качестве излучателя используется небольшая световая решетка, состоящая из нескольких десятков лазеров, в качестве приемника используется решетка из фотодиодов. На рисунке 1.8 изображен контроль габаритных параметров паллет оптическим методом.

Основным преимуществом данной системы является малогабаритность, простота реализации, высокая скорость контролируемого процесса. Помимо преимуществ система обладает рядом недостатков.

Недостатком этой системы является то, что установка чувствительна к пыли, образующейся в процессе сортировки и ремонта поддонов. Условия окружающей среды не позволяют полноценно проверить поддоны на отклонения от заданных геометрических параметров. Также данная система не позволяет выявить дефекты в материале из которых изготовлены паллет.

## **1.2 Описание паллета**

Паллета или поддон (паллет) представляет собой подставку под груз прямоугольной формы. Она имеет полости для того, чтобы удобно было погрузчику захватывать поддон с грузом во время его перевозки. Общий вид паллета представлен на рисунке 1.9.

Используют их для перевозки грузов водным путем, железнодорожным и автомобильным транспортом. Поддоны удобно транспортировать, снимая или подавая их на транспорт различными видами грузоподъемных устройств. Их перемещают грузоподъемниками (электро-погрузчиками), оснащенными специальными вилами, при помощи которых они осуществляют захват поддона.



Рисунок 1.9 - Общий вид поддона

Использование паллет экономит время при погрузочно-разгрузочных работах. Поскольку мелкий груз (мешки, коробки) укладывается в несколько рядов на поддоны строго друг на друга, не допуская его свисания за контуры паллет. В результате на поддон помещается не один десяток перемещаемого товара. Благодаря такой укладке, товар не деформируется и не повреждается. Для большей сохранности от повреждений и падений товара с поддонов при транспортировке, груз (например, легкие по весу коробки) закрепляют, обвязывая его со всех сторон.

## 1.2.1 Основные типы паллет

В настоящее время распространение получили следующие типы поддонов:

- Европаллеты (EUR- поддон)

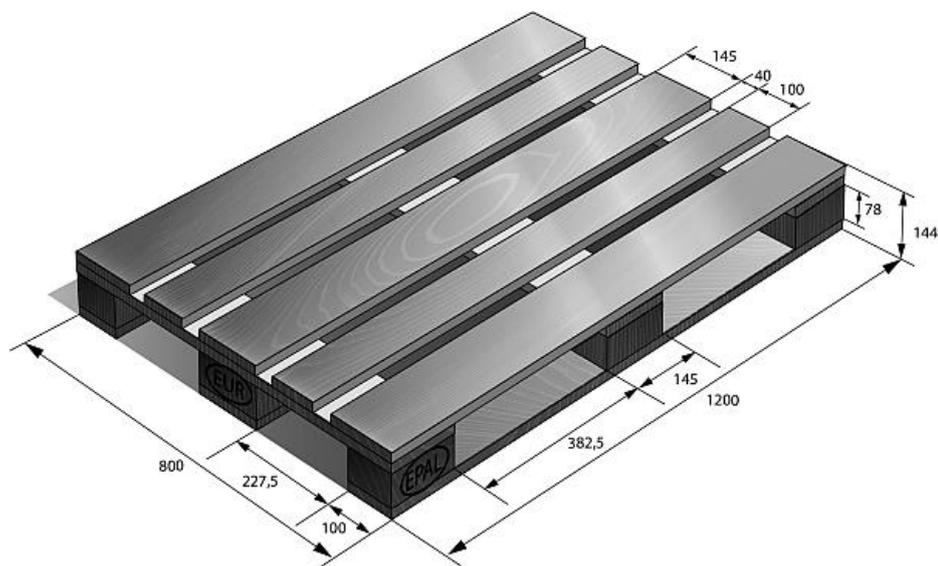


Рисунок 1.10 - Общий вид евро-паллеты

Эти поддоны имеют следующие размеры: 80x120x14,5 см. Сверху поддона набиты доски разной ширины. Чередуются доски по ширине в 10 и 14,5 см. Снизу паллета всего три доски: две из них узкие и одна – широкая (рисунок 1.10). На углах паллета делают фаски и ставят клеймо, где указан производитель и года выпуска.

- Финские поддоны (FIN-паллет)

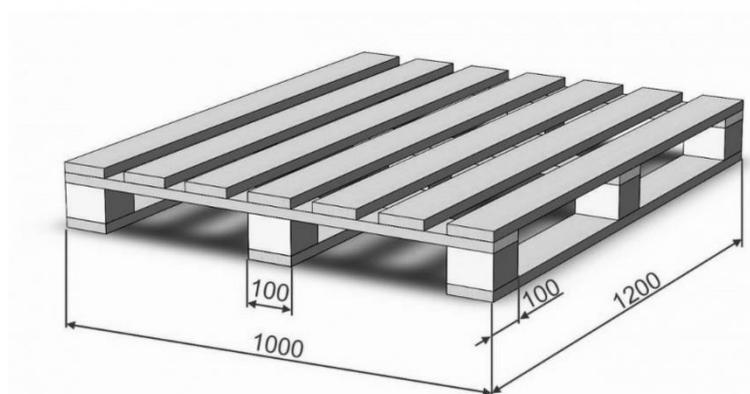


Рисунок 1.11 - Общий вид FIN -паллеты

Габаритные размеры этих поддонов — 100x120x14,5 см. Сверху поддона также набиваются доски различной ширины. Их всего семь. Три доски широкие, их ширина составляет 12 см, а четыре – узкие. Ширина узких досок равна 10 см. На основание поддона набивают три доски: две узких и одну широкую, чередующихся друг с другом (рисунок 1.11). Фаски расположены в районе угла фин-паллета, где и выжигается клеймо FIN, заключенное в прямоугольник. [7]

### **1.2.2 Характерные особенности стандартизованных паллет**

В России стандарты поддонов определяются ГОСТ 9078-84, в котором описаны основные типы, размеры, характеристики и требования к их изготовлению. Также предусмотрен ряд дополнительных ГОСТов, предъявляющих технические требования к конкретным типам поддонов. К примеру, ГОСТ 9557-87 определяет поддоны размером 800x1200 мм.

Международные требования к паллетам определяются Международной Организацией по Стандартизации (ISO, International Organization for Standardization). К примеру, стандарты вышеупомянутых "европаллет" определены в ISO-6780.

Все элементы паллеты имеют строго определенные размеры, соответствующие стандарту. Клеймо (EUR) на одной или нескольких ножках паллеты говорит о соблюдении всех требований, предъявляемых к процессу ее изготовления. На остальных ножках присутствует маркировка, содержащая информацию о производителе, дате изготовления и серийном номере. [8]

### **1.2.3 Общие технические требования**

Поддоны изготавливают в соответствии с требованиями настоящего стандарта по технической или технологической документации, рабочим чертежам на поддоны для конкретных видов продукции.

## **Характеристики:**

1) Конструкция поддонов должна обеспечивать: надежность и удобство в эксплуатации: сохранность груза при складировании, загрузке и выгрузке: возможность выполнения и безопасность погрузочно-разгрузочных работ с применением вилочных погрузчиков или других транспортных средств (иного оборудования).

2) Поверхность нижнего настила поддонов должна составлять не менее 40 % от поверхности верхнего настила.

3) Детали поддонов должны быть без пороков древесины: острого обзола, прорости, механических повреждений, гнили и инородных включений.

4) Тупой обзол допускается на двух кромках каждой детали при условии, что на них отсутствует кора и размер обзола в поперечном направлении не превышает 15 мм.

5) В каждой доске допускается одна глубокая трещина длиной не более толщины доски, если трещина образовалась не при сборке поддона. В шашках допускаются только трещины усушки.

6) Внутренняя заболонь допускается в древесине лиственных пород, если она не более  $1/4$  ширины доски и  $1/2$  толщины доски. В древесине хвойных и лиственных пород допускаются грибные заболонные окраски, не являющиеся результатом плохих условий сушки или хранения.

7) Сучки диаметром 10 мм не учитывают. Допускаются сросшиеся сучки. Диаметр одного сучка не должен превышать:

- $1/4$  ширины доски — для поперечных досок:
- $1/3$  ширины доски — для остальных досок. На каждом отрезке доски, соответствующем подлине, ширине доски, сумма диаметров нескольких сучков не должна превышать:

- 1/3 ширины доски — для поперечных досок:
- 1/2 ширины доски — для остальных досок.

8) Отверстия от сучков, выпавших при обработке досок, должны заделываться пробками из древесины той же породы, что и доски, с применением водостойкого клея по ГОСТ 12172 или другой технической документации.

9) Доски и шашки должны быть цельными. Допускается по согласованию с заказчиком применять шашки, состоящие из двух частей, соединенные водостойкими клеями по технической документации. Волокна древесины шашек должны располагаться вдоль поддона. В шашках не допускается сердцевина.

10) Все поверхности досок и шашек должны быть опилены, за исключением фасок на продольных кромках досок основания в местах ввода вил погрузчика. Фаски образуют строганием или фрезерованием. Углы поддона должны быть опилены.

11) Параметр шероховатости верхней поверхности деталей верхнего настила поддона — 500 мкм и остальных поверхностей — 1250 мкм по ГОСТ 7016.

12) Влажность древесины поддонов не должна превышать 22 %.

13) Поддоны изготовляют соединением продольных досок настила с поперечными досками, шашками и досками основания крепежными элементами. Типы и определения крепежных элементов — по ГОСТ ISO 445. В качестве крепежных элементов для соединения досок настила с поперечными досками применяют фосфатированные или оксидированные гвозди с кольцевой накаткой диаметром от 2,8 до 3,5 мм и длиной от 40 до 60 мм по технической документации. Доски настила соединяют с шашками винтовыми или ершенными гвоздями по технической документации диаметром от 2,8 до 4,2 мм и длиной от 80 до 90 мм. Доски основания соединяют с шашками винтовыми или ершенными гвоздями диаметром от 2,8 до 4,2 мм и длиной от 70 до 90 мм по технической

документации. Гвозди должны быть забиты со стороны продольных досок настила. Выступающие концы гвоздей должны быть подогнуты и утоплены в древесину на нижней стороне поперечных досок поперек волокон. Крайние доски настила и поперечные доски соединяют не менее чем одним гвоздем. Головки забитых гвоздей должны быть утоплены в древесину на 1.0—1.5 мм. Каждая шашка должна быть соединена как с настилом, так и с досками основания не менее чем тремя гвоздями, которые не должны входить в одно и то же волокно шашки и должны быть удалены на максимально возможное расстояние друг от друга. Допускается по согласованию с заказчиком для изготовления поддонов применять другие типы, размеры и количество гвоздей по технической документации. При сборке поддонов крепежные элементы устанавливаются вертикально на расстоянии не менее 25 мм от торца и кромки досок. После сборки в шашках и досках не должно быть трещин, образовавшихся при забивании гвоздей. Шашки и доски из твердых пород древесины предварительно надсверливаются. Диаметр отверстия должен быть на 1 мм меньше диаметра детали крепления. Глубина отверстия должна составлять 70 % длины детали крепления. [9]

14) При сборке поддонов не допускаются:

- отклонение габаритных размеров — более 5 мм:
- отклонение от параллельности поверхностей верхнего и нижнего настилов — более 3 мм:
- разность диагоналей верхней или нижней поверхности - более 2 мм:
- сквозные зазоры между соприкасающимися поверхностями деталей:
- несквозные зазоры между соприкасающимися поверхностями деталей — более 0.5 мм:
- сколы, сквозные трещины, трещины в местах установки крепежных деталей.

### 1.3 Методы измерения времени распространения звука

Экспериментально скорость звука может быть определена одним из нескольких методов. Различают основные методы ультразвукового контроля такие как: метод фиксации времени прихода сигнала, метод стоячих волн (или метод резонанса), метод аппроксимации огибающей сигнала и фазовый метод.

Для измерения времени распространения сигнала наиболее широко используется метод фиксации времени прихода сигнала. Для этого используют компаратор, который формирует прямоугольный импульс, момент прихода акустического сигнала регистрируется по переднему фронту. Данный метод можно считать достоверным, когда форма и амплитуда сигнала остаются постоянными, однако на практике амплитуда сигнала уменьшается за счет потерь в среде, поэтому погрешность измерения времени распространения сигнала в среде остается непостоянной и учесть ее невозможно. При использовании систем АРУ (автоматическая регулировка усиления) можно поддерживать амплитуду постоянной, но при изменении формы сигнала АРУ и компаратор не решают проблему точности определения момента прихода сигнала. [10]

Существенно повысить точность измерений можно с помощью метода двух компараторов с отличающимся порогом срабатывания [11]. Срабатывание первого и второго компараторов происходит в разные моменты времени. Построение прямой по координатам этих точек позволяет найти время начала эхо-импульса и с помощью математических расчетов определить относительную ошибку [12]. Чем круче огибающая переднего фронта, тем меньше ошибка в определении эхо-импульса. С увеличением разницы в установлении порогов компараторов уменьшается ошибка в определении эхо-импульса. Максимальная ошибка получается при срабатывании компараторов в один момент времени.

Метод аппроксимации огибающей сигнала позволяет повысить точность измерений. Способ базируется на аппроксимации нарастающей части огибающей акустического импульса двумя полиномами второй степени – для

положительных и отрицательных экстремумов в разных периодах несущей частоты акустического импульса [10]. В отличие от метода определения момента прихода импульса с помощью компаратора с фиксированным порогом срабатывания, предлагаемый метод теоретически обеспечивает нулевую ошибку при любых линейных вариациях амплитуды сигнала. Данный метод позволил уменьшить погрешность измерения в четыре раза по сравнению с традиционным способом [11].

Для прецизионных измерений скорости ультразвука в режиме бегущей волны большое распространение получил фазовый метод, сущность которого состоит в сравнении фаз двух сигналов: прошедшего через исследуемую среду и опорного [13]. Для реализации фазового метода используются как непрерывные, так и импульсные колебания. Сравнение фаз производится в электрическом тракте. Регистрация разности фаз осуществляется с помощью осциллографа или фазометра.

Для точного определения момента прихода эхо-сигнала известен метода двухчастотного зондирования. Вычисление момента возврата эхо-импульса на приемник системы контроля методом двухчастотного зондирования состоит в следующем. Объект контроля зондируется двумя сигналами с разной частотой, а затем фиксируются временные координаты для каждого сигнала по моменту срабатывания компаратора (точки  $t_1$  и  $t_2$  рисунка 1.12).

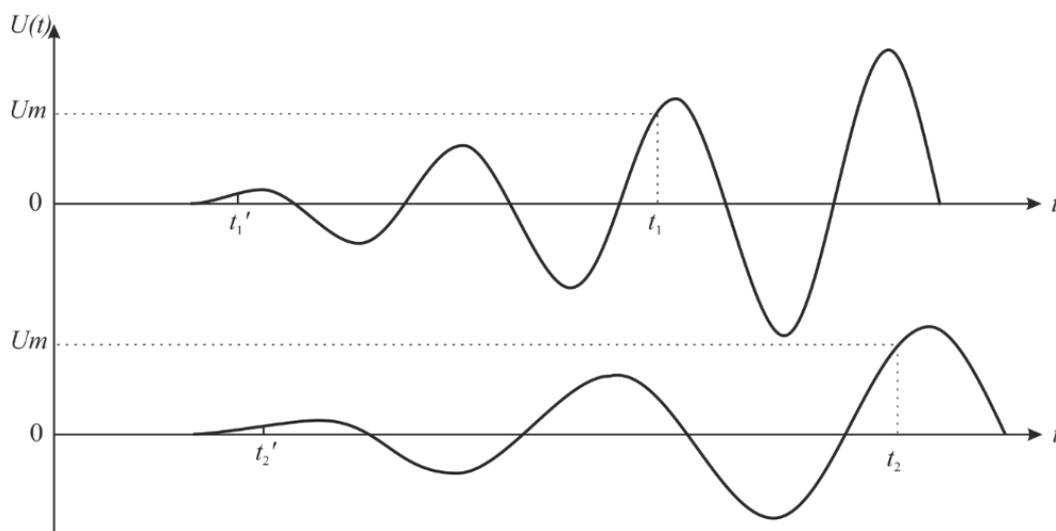


Рисунок 1.12 - Принцип определения момента прихода акустического импульса методом двухчастотного зондирования.

По формуле (1.1) определяется разность между моментами срабатывания компаратора при ряде значений  $i$ .

$$(\Delta t_1 - (i - 1) \cdot T_1) - (\Delta t_2 - (i - 1) \cdot T_2) = \min \quad (1.1)$$

где:

$T_1$  – период колебаний первой ультразвуковой волны;

$T_2$  – период колебаний второй ультразвуковой волны;

$i$  – номер коррекции;

$\Delta t_1$  – первый измеренный временной интервал;

$\Delta t_2$  – второй измеренный временной интервал, полученное значение временного интервала  $\Delta t_1 - (i - 1) \cdot T_1$  используют при определении расстояния до отражающей поверхности.

Минимальное значение разности будет получено при таком значении  $i$ , которое будет соответствовать номеру периода сигнала, в котором сработал компаратор. Далее для дальнейших вычислений выбирается более высокочастотный сигнал (для уменьшения максимальной ошибки метода), в данном случае это сигнал с периодом  $T_1$  (верхний сигнал рисунка 1.12). В

выражение  $\Delta t_1 - (i-1) \cdot T_1$  подставляется вычисленное значение  $i$ , временная координата сигнала перемещается в начало приема эхо-сигнала (перемещение временной координаты из точки  $t_1$  в точку  $t_1'$ , рисунок 1.12). [14]

Данный метод позволяет определить момент прихода эхо-сигнала с максимальной ошибкой, которая будет равняться четверти периода эхо-сигнала.

#### **1.4 Ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи**

Пьезо-электрические преобразователи — это устройства, использующие пьезо-электрический эффект в кристаллах, керамике или пленках и преобразующие механическую энергию в электрическую и наоборот.

Исходя из физического принципа действия пьезо-электрические преобразователи делятся на три группы:

1. Преобразователи, использующие прямой пьезо-эффект (измерение параметров механических процессов);
2. Преобразователи, использующие обратный пьезо-эффект (излучатели ультразвука);
3. Преобразователи параметрического типа, использующие прямой и обратный пьезо-эффект (пьезо-электрические резонаторы). [15]

На рисунке 1.13 представлена конструкция преобразователя, наиболее часто встречающаяся для излучения ультразвуковых волн. Между демпфером и согласующим слоем находится пьезо-элемент (пьезо-керамическая пластина). На верхней и нижней поверхностях находятся электроды, которые соединяются с генератором сигналов. Согласно обратному пьезо-электрическому эффекту, при подаче напряжения на электроды пьезо-электрического диска будут происходить колебания, которые будут зависеть от частоты сигнала и размера диска [16].

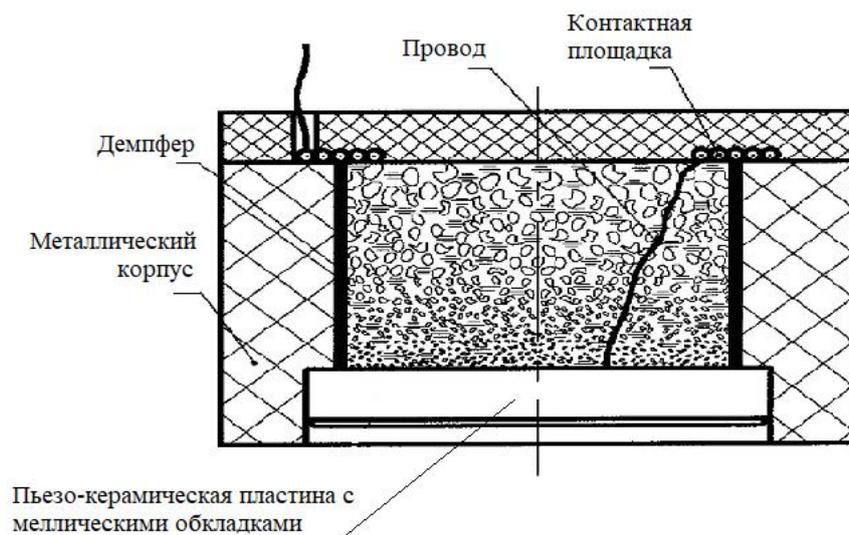


Рисунок 1.13 - Конструкция пьезо-электрического преобразователя

Пьезо-электрический материал с высоким коэффициентом электромеханической связи имеет большое волновое сопротивление по сравнению с воздухом. Поэтому, полоса пропускания частотной характеристики диска ниже. Неподходящее волновое сопротивление можно преодолеть, используя демпфер и согласующий слой между пьезо-электрическим диском и средой распространения акустических волн. Демпфер имеет высокую плотность материала, которая требуется для того чтобы контролировать колебания преобразователя путем поглощения энергии излучаемой пьезо-элементом назад, а также большой коэффициент затухания. Если акустическое сопротивление задней части совпадает с волновым сопротивлением пьезо-керамики, то получится преобразователь с широкой полосой частот обеспечиваемой передатчиком, но при этом он может иметь меньшую амплитуду сигнала. В обратном случае, когда акустический импеданс пьезо-элемента и демпфера не совпадает, преобразователь будет иметь меньшее разрешение, но может иметь значительно высокую амплитуду сигнала и чувствительность. Основная цель согласующего слоя преобразователя заключается в том, чтобы защитить пьезо-элемент от исследуемого объекта. Согласующий слой должен быть прочным и коррозионностойким. Достоинствами пьезо-электрического преобразователя

является широкие динамические и частотные диапазоны, высокая линейность характеристик, простота конструкции и высокая надежность. [16]

### 1.5 Преимущества и недостатки существующих методов контроля

Большое количество используемых методов НК, основанных на различных физических законах, позволяет расширить границы из применимости для обнаружения скрытых дефектов внутренней структуры материала из которого изготавливаются поддоны.

Большинству традиционно применяющихся методов НК присущи определенные недостатки, не позволяющие зачастую получить качественную и наиболее полную информацию об имеющихся дефектах поддона. Ввиду наличия в структуре поддона как макро-, так и микродефектов внутренней структуры, к методам НК предъявляются всё более жесткие требования по разрешающей способности для определения и позиционирования дефектов в досках из которых сколачивают паллет.

Перечисленные ранее методы контроля использующиеся и зачастую дополняющие друг друга методы контроля паллет имеют положительные и отрицательные стороны, что показано в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Достоинства и недостатки методов контроля

Метод	Преимущества	Недостатки
Оптический	Простота оборудования, широкое применение, низкие временные затраты на проведение контроля	Очень малая глубина выявляемых дефектов и точность их размеров.
Акустический	Простые и недорогие приборы, возможность обнаружения более глубоко находящихся дефектов.	Большая зависимость от температуры, влажности среды распространения акустических волн.

Тепловые	Возможность контроля состояния протяженных поверхностей в ходе технологического процесса.	Специфические помехи, по природе связанные с неоднородностями излучения тепловой волны, малая точность определения размеров и формы дефектных зон.
Радиационные	Возможность контроля состояния внутренней структуры паллет, достаточно высокая четкость 2D изображения, малые размеры установки для контроля.	Необходимость подхода к ОК с обеих сторон, относительно малая производительность, высокая стоимость компонентов (серебро).

Как видно из представленной таблицы, рассмотренные методы НК дают возможность выявления основных видов дефектов внутренней структуры материала, поверхностных повреждений, сколов, плохого скрепления досок, наличие посторонних предметов на контролируемых поддонах, что реализуется путем получения 2D-картин и сканов. [17]

Таким образом, анализ научной литературы и источников позволил определить текущий уровень применения ультразвукового контроля в качестве метода контроля геометрических параметров деревянных паллет применяемых в различных отраслях промышленности.

## **Выводы:**

1) Представлен аналитический обзор уже существующих систем контроля паллет, рассмотрены стандартные методы неразрушающего контроля поддонов, а также описаны основные типы дефектов и отклонений геометрических параметров от нормы, возникающие в процессе эксплуатации паллет.

2) Анализ методов контроля геометрических параметров паллет показал, что наиболее перспективным из них является ультразвуковой метод, обладающий наибольшей чувствительностью к характерным технологическим и эксплуатационным дефектам в деревянных поддонах.

3) Предложен метод НК с использованием ультразвуковых фазированных решеток для решения поставленной задачи.

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов [40].

Целью данной научно-исследовательской работы является разработка, системы контроля геометрических параметров поддонов с использованием ультразвуковых фазированных решеток.

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

### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга) [40].

Главным потребителем станет любое предприятие, которое занимается производством малогабаритной продукции и транспортирует его, используя паллет. Потребность в приборах одного предприятия от 1 до 10 в зависимости от масштаба предприятия.

Таблица 5.1- Карта сегментирования рынка спроса на систему контроля

Форма выпуска систем управления	Единичный выпуск	Партия
Потребитель		
Мелкое предприятие/физическое лицо		
Крупное предприятие		

- существует спрос;  - спрос отсутствует.

Анализ карты сегментирования рынка показал, что спрос на акустическую систему контроля паллет обеспечивают, как и физические лица (маркшейдеры), так и мелкие и крупные предприятия по производству малогабаритной продукции. Спрос на партию приборов показывают только крупные предприятия, тогда как спрос на единичный экземпляр показывают все выделенные сегменты потребителей. Ориентация на единичный выпуск прибора способствует занятию всех выделенных сегментов рынка, а также возможности настройки конечного продукта индивидуально под цели каждого заказчика, что так же увеличит конкурентоспособность продукта.

### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, в таблице 5.2.

Для сравнения системы была взята «Система проверки пустых поддонов (LEER PALETTEN KONTROLLE - LPK)» немецкой компании KÖHL.

Сравнению параметров двух систем подлежат:

- надежность – разрабатываемая система более надежна в эксплуатации;
- точность измерения – определение величину размера наименьшего выявляемого дефекта;
- энергопотребление – новое устройство экономичнее;
- скорость измерений – определяет количество контролируемых паллет в единицу времени;
- простота обслуживания для технического персонала.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособности	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Надежность	0,3	4	3	1,2	0,9
Точность измерения	0,2	4	4	0,8	0,8
Энергоэкономичность	0,1	5	3	0,5	0,3
Скорость измерений	0,2	4	3	0,8	0,6
Простота обслуживания для технического персонала	0,1	5	2	0,5	0,2
Цена	0,1	5	3	0,5	0,3
Итого	1			4,3	3,1

Расчет конкурентоспособности выполняется по следующей формуле:

$$K = \sum ( B_i \times B_i ), \quad (5.1)$$

где:

$K$  – конкурентоспособность научно-технической продукции;

$B_i$  – весомость  $i$ -го показателя, проставляемая в долях единицы, при этом

$$\sum B_i = 1,0;$$

$B_i$  – баллы  $i$ -го фактора конкурентоспособности от 1 до 5 (1 – самая слабая позиция, 5 – самая сильная);

$i = 1, \dots, n$  – количество рассматриваемых факторов.

Как видно из таблицы 5.2 конкурентоспособность разрабатываемого устройства выше по сравнению с продуктом-аналогом. Устройство лучше по комплексу параметров устройства-аналога и его разработка считается целесообразной и экономически выгодной.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – анализ метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие SWOT-Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Все факторы делятся на четыре категорий, Поскольку SWOT анализ в общем виде не содержит экономических категорий его можно применять к любым организациям, отдельным людям и странам для построения стратегий в самых различных областях деятельности [40].

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. К сильным сторонам можно отнести в первую очередь точность измерения и безопасность также энергоэффективность. Сами сейсмодатчики не имеют негативного влияния на окружающую среду. Все результаты отображены в матрице SWOT (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Высокая надежность	

<p>С2. Стабильность в получении результатов измерения</p> <p>С3. Простота эксплуатации.</p> <p>С4. Малая потребляемая мощность</p> <p>С5. Получение реальных изображений, положения и размеров дефектов.</p>	<p>Сл1. Сильно зависит от температуры, влажности окружающей среды</p> <p>Сл2. Низкая помехозащищённость</p> <p>Сл3. Необходимость при измерении фиксировать фазированную решетку максимально перпендикулярно к поверхности поддоны</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Изменение параметров устройства, сигнала и метода обработки его обработки для конкретного заказчика</p> <p>В2. Увеличение спроса на систему</p> <p>В3. Повышение стоимости проекта</p> <p>В4. Низкая конкуренция на рынке среди подобных устройств (устройство, реализующее данный метод измерения будет высоко конкурентоспособным)</p>	<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Возможное повышение себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала, вследствие экономической политики</p> <p>У2. Консерватизм предприятий, нежелание внедрения новых технологий на производство взамен старым</p> <p>У3. Несвоевременное финансирование проекта</p>

Далее перейдем ко второму этапу SWOT-анализа это выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого построим интерактивную матрицу проекта. Интерактивные матрицы строятся для всех сочетаний: Сильные стороны – Возможности; Сильные стороны – Угрозы; Слабые стороны – Возможности; Слабые стороны – Угрозы. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в

том, что поставить «+» или «-». Результаты второго этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта

		<b>Сильные стороны</b>				
		C1	C2	C3	C4	C5
<b>Возможност и проекта</b>	B1	+	+	-	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	-	+
	B4	+	+	+	+	+
<b>Угрозы проекта</b>	У1	+	+	-	+	+
	У2	0	0	0	0	+
	У3	0	0	0	0	0
		<b>Слабые стороны</b>				
		Сл1	Сл2	Сл3		
<b>Возможност и проекта</b>	B1	+	+	+		
	B2	-	-	-		
	B3	-	-	-		
	B4	-	-	-		
<b>Угрозы проекта</b>	У1	-	-	-		
	У2	0	0	+		
	У3	0	0	0		

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

Таблица 5.5 – SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
	<p>1) Высокая надежность</p> <p>2) Стабильность в получении результатов измерения</p> <p>3) Простота эксплуатации.</p> <p>4) Малая потребляемая мощность</p> <p>5) Получение реальных изображений, положения и размеров дефектов.</p>	<p>1) Сильно зависит от температуры, влажности окружающей среды</p> <p>2) Низкая помехозащищённость</p> <p>3) Необходимость при измерении фиксировать фазированную решетку максимально перпендикулярно к поверхности поддоны</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>1) Изменение параметров устройства, сигнала и метода обработки его обработки для конкретного заказчика</p> <p>2) Увеличение спроса на систему</p> <p>3) Повышение стоимости проекта</p> <p>4) Низкая конкуренция на рынке среди подобных устройств (устройство,</p>	<p>Хорошие технические характеристики, индивидуальный подбор регулируемых параметров измерительного прибора позволяют занять свою рыночную нишу, особенно в условиях низкой конкуренции на рынке.</p>	<p>Данные проблемы присущи всем типам подобных устройств. Низкая конкуренция на рынке позволит прибору найти свое место на рынке.</p>
<p>реализующее данный метод измерения будет</p>		

ВЫСОКО конкурентоспособным)		
<b>Угрозы</b> 1) Возможное повышение себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала, вследствие экономической политики 2) Консерватизм предприятий, нежелание внедрения новых технологий на производство взамен старым 3) Несвоевременное финансирование проекта	<b>Особенности</b> устройства: высокая точность измерения и стабильность получения результата, позволят даже при повышении стоимости прибора сохранить на него спрос. Использование данного прибора способно заметно повысить эффективность выявления дефекта в поддонах.	<b>Улучшение</b> помехозащищенности может привести к повышению себестоимости прибора, реализующего данный метод обработки сигнала.

Был проведен SWOT-анализ научно-исследовательского проекта с выявлением слабых и сильных сторон их возможностей и угроз. Малая потребляемая мощность является сильной стороной проекта, что повлияет на повышение конкурентоспособности и спроса. Технические характеристики разрабатываемого прибора лучше, чем у аналога, что играет важную роль.

## 5.2. Инициация проекта

Инициализация проекта – один из наиболее сложных этапов. Для грамотного и профессионального представления будущего проекта необходимо подробно изложить его суть и указать задачи, которые ставит перед командой инициатор.

### 5.2.1 Цель и результат проекта

Главным потребителем станет любое предприятие, которое занимается производством малогабаритной продукции и транспортирует его, используя паллет, так как система позволяет достаточно точно определить наличие и расположение дефектов, что в свою очередь необходимо для повышения эффективности. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 5.6.

Таблица 5.6 - Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Отделение электронной инженерии НИ ТПУ	Высокая надежность, простота эксплуатации, малая потребляемая мощность, проникновение на рынок
Предприятия, использующие поддоны для транспортировки произведенной продукции	Высокая надежность, простота эксплуатации, малая потребляемая мощность

В таблице 5.7 представлена информация об иерархии целей проекта и критерии их достижения.

Таблица 5.7 - Цели и результат проекта

<b>Цель проекта:</b>	Разработать систему контроля геометрических параметров поддонов с использованием ультразвуковых фазированных решеток
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	После рассмотрения природы ультразвуковых колебаний будет представлен ряд требований к разрабатываемой системе
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Расчет математической модели и подтверждение экспериментальными данными
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Рассчитанная математическая модель
	Экспериментальные данные
	Выявление требований к системе, основанных на анализе математической модели и экспериментальных данных

### 5.2.2. Организационная структура проекта

Определим рабочую группу данного проекта, определим роль каждого участника в данном проекте, функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Данная информация представлена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Солдатов Алексей Иванович отделение электронной инженерии, ИШНКБ ТПУ,	Руководитель проекта	Координирует деятельность магистра, отвечает за реализацию проекта	68

	Профессор			
2	Тулин Анатолий Сергеевич, магистрант, отделение электронной инженерии, ИШНКБ ТПУ группа 1АМ61	Исполнитель по проекту	Выполнение работ по проекту: компьютерное моделирование, постановка экспериментов анализ результатов.	176
ИТОГО:				244

### 5.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 5.3.1 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Выбор темы научно-исследовательской работы и знакомства с литературой по теме	01.10.2016	Приказ и рефераты
2	Проведение экспериментальных исследований	01.04.2018	Отчет

3	Подготовка статей, составление докладов по материалам работы	01.03.2018	Представление рукописей статей и докладов, проектов документов, списка публикаций
	Подготовка демонстрационных материалов и текста диссертации	15.05.2018	Диссертация
4	Оформления результатов	06.06.2018	Оформление отчета

### 5.3.2. План проекта

Для планирования выполнения ВКР необходимо составить календарный план проекта. Для этого построим диаграмму Ганта. Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [40].

График строится в виде таблицы 5.10 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 5.10 – Календарный план-график проведения исследования

Вид работ	Исп	Ткi, кал дн	Продолжительность выполнения работ														
			Фев.		Март			Апрель			Май			Июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Составление и утверждение технического задания	Р	3															

Подбор и изучение материалов по теме	М	10																
Проведение консультаций	Р	7																
Выбор датчика и изучение конструкции, принцип работы	М	7																
Календарное планирование работ по теме	Р	4																
Подготовка материалов для экспериментов	М	10																
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	М	16																
Оценка эффективности полученных результатов	М	10																
Анализ и расчеты производственной социальной ответственности,	М	21																



Таблица 5.11 – Сырье, материалы необходимые для выполнения ВКР

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для оргтехники (А4)	1 шт.	230	230
Канцелярские товары	1 шт.	150	150
USB Flash накопитель	1шт.	600	600
Краска для принтера	1 шт.	900	900
Всего за материалы			1880
Итого по статье $C_M$			1880

Кроме приведенных выше материалов, для выполнения ВКР необходима электроэнергия, потребляемая компьютером.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = T_{эл} \cdot P \cdot t, \quad (5.2)$$

где  $n$  – тариф на электроэнергию (2.28 р. за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования (0.2 кВт·ч);

$t$ –время использования оборудования (из расчета работы 4 часов в сутки).

Таким образом, суммарные расходы на материалы составляют:

$$C_{эл} = 2.28 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 476 = 868,22 \text{ руб.}$$

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями, включает в себя:

- Услуги Internet 350р в месяц. За 22 месяца – 7700руб;
- Затраты на электроэнергию– 868,22 руб
- Распечатка 157 стр. – 240 руб., переплет – 30 руб.

Суммарные расходы на оплату работ, выполняемых сторонними организациями: 8838 руб.

### 5.3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Специальное оборудование, необходимое для проведения ВКР – компьютер (ПК, монитор, клавиатура, компьютерная мышь, либо ноутбук и компьютерная мышь) общей стоимостью 40000 руб. [41]

Таблица 5.12 – Перечень затрат на специальное оборудование

Наименование	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Приемник / передатчик ультразвуковой MCUST16A25S12RO	2	370	740
Приемник / передатчик ультразвуковой MA40MF14-5B	16	770	12320
Компьютер	1	40000	40000
Блок питания PS-05-5	1	420	420
Всего за материалы			53480

### 5.3.3.3 Расчет основной заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Данные для расчета:

1) Оклад: научного руководителя – 23100 руб. (рк), научно-технического работника – 2400 руб. (рк). [42]

- 2) Плановый фонд рабочего времени за месяц – 176 часов (22 дня);
- 3) Дополнительная заработная плата.
- 4) Районный коэффициент (1,3).

Часовая тарифная ставка ( $C_{\text{ч}}$ ) определяется:

$$C_{\text{ч}} = \frac{\text{Оклад}}{\Phi_{\text{рв}}} \quad (5.3)$$

где:

$\Phi_{\text{рв}}$  – плановый фонд рабочего времени за месяц у научно-технического работника, из расчета 22 рабочих дня по 8 часов.

Определяем заработную плату за час для научно-технического работника:

$$C_{\text{ч}} = \frac{2400}{176} = 13,63 \text{ руб. в час}$$

Основная заработная плата научно-технического работника за месяц составит:

$$ЗП_{\text{осн}} = C_{\text{ч}} * t \quad (5.4)$$

$$ЗП_{\text{осн}} = 13,63 \cdot (22 \cdot 8) = 12,5 \cdot 176 = 2400 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата:

$$ЗП_{\text{доп}} = \frac{ЗП_{\text{осн}} * 15}{100} \quad (5.5)$$

$$ЗП_{\text{доп}} = \frac{2400 * 15}{100} = 360 \text{ руб}$$

Итого затраты на оплату труда:

$$З_{\text{общ}} = ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}} \quad (5.6)$$

$$З_{\text{общ}} = 2400 + 360 = 2760 \text{ руб}$$

Теперь рассчитаем заработную плату научного руководителя:

Часовая тарифная ставка ( $C_{\text{ч}}$ ):

$$C_{\text{ч}} = \frac{23100}{176} = 131,25 \text{ руб. в час}$$

где:

$\Phi_{\text{рв}}$  – плановый фонд рабочего времени за месяц у руководителя, из расчета 22 рабочих дня по 8 часов.

Основная заработная плата за проект у руководителя составит:

$$Z_{\text{осн}} = 131,25 \cdot (22 \cdot 8) = 23100 \text{ руб.};$$

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{23100 \cdot 15}{100} = 3465 \text{ руб.}$$

Итого затраты на оплату труда:

$$Z_{\text{общ1}} = 23100 + 3465 = 26565 \text{ руб.}$$

Тогда, общая сумма заработных плат составит (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**):

$$Z_{\text{общ}} = 26565 + 2760 = 29325 \text{ руб.}$$

Таблица 5.13 - Расчета заработной платы участников проекта

Исполнитель	Оклад (руб.)	Часовая тарифная ставка (руб./час.)	Основная заработная плата (руб.)	Дополнительная заработная плата (руб.)
Руководитель	23100	131,25	23100	3465
Студен – дипломник	2400	13,63	2400	360
Итого				29325

#### 5.3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (5.7)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы. Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

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

3) на медицинское страхование.

Итак, отчисления из заработной платы составили:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 29325 = 8797,5 \text{ руб.}$$

### 5.3.3.5 Расчет накладных расходов

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [40].

Примем коэффициент накладных расходов  $k_{\text{накл}}$  равным 90%,

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.8)$$

$$C_{\text{накл}} = 0,7 \cdot 29325 = 20527,5 \text{ руб}$$

Группировка затрат по статьям приведена в таблице 5.14. Плановая себестоимость составила 20527,5 руб.

Таблица 5.14 - Группировка затрат по статьям

Статьи затрат	Стоимость, руб.
Материалы	1 880
Специальное оборудование	53480
Заработная плата	29325
Отчисления на социальные нужды	8797,5
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	8838
Накладные расходы	20527,5
<b>Итого плановая себестоимость</b>	<b>122848</b>

Для реализации данной разработки системы потребуется **122848** рублей.

**Выводы:**

1) По результатам выполненного задания для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» было достигнуто следующее:

- были определены потенциальные потребители результатов исследования;
- проведен SWOT-анализ, по результатам которого можно сделать вывод, что данная система контроля имеет преимущества по сравнению с имеющимися разработками. Данная разработка и имеет низкую стоимость, по сравнению с существующими технологиями. Для повышения спроса необходима активная рекламная компания;
- составлен план проекта, в соответствии с которым определяются объем работ и время, затрачиваемое на ее выполнение;
- рассчитан бюджет научного исследования. Общий бюджет для реализации исследования потребует **122848** рублей.

2) Также, следует отметить, что данная работа удовлетворяет всем потребностям и выполняет все конкретно поставленные цели. К внутренним и внешним заинтересованным сторонам проекта, которые будут взаимодействовать, относятся научные сотрудники и предприятия, использующие поддоны для транспортировки произведенной продукции.

## **6 Социальная ответственность**

В настоящей работе предложены разработка и исследование системы ультразвукового контроля геометрических параметров паллет. Объектом исследования является метод определения момента прихода эхо-сигнала. Полученная информация с системы УЗ контроля визуализируется на компьютере. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

Основным применением устройства является контроль геометрических параметров паллет и выявление в них различного рода дефектов. Возможными пользователями системы контроля в будущем могут являться любые предприятия, которые занимаются производством малогабаритной продукции и транспортирует ее, используя поддоны.

В данной главе будут описаны условия, в которых необходимо производить эксплуатацию системы контроля наиболее комфортно и безопасно - параметры микроклимата, освещенность, уровень ультразвука, какие мероприятия необходимо провести, чтобы создать такие условия.

### **6.1 Производственная безопасность**

Вредные проявления факторов в рассматриваемой рабочей зоне обусловлены электромагнитными, электростатическими излучениями от ПК. Поэтому с точки зрения безопасности важно научиться пользоваться компьютером и правильно организовать работу. Отрицательное влияние компьютера на человека является комплексным, во время работы за компьютером на организм влияет целый ряд негативных физических и психологических факторов, а именно:

- длительное пребывание в одном и том же (сидячем) положении и повторение однотипных движений, монотонность труда;
- утомление глаз, повышенная нагрузка на зрение;

- умственное перенапряжение, обусловленное характером решаемых задач;
- повышенная пульсация светового потока;
- повышенный уровень электромагнитных излучений различных частот от монитора и системного блока;
- повышенный уровень статического электричества при неправильно спроектированной рабочей зоне;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

Далее более подробно рассмотрим опасные и вредные факторы, возникающие в процессе разработки и использования данной системы.

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при проектировании и изготовлении системы контроля [46-49]

Источник фактора, наименование видов работ	Производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Монтаж печатного узла	Повышенный уровень электромагнитных излучений	Электрический ток,	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ; ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10 ГОСТ 12.1.006-84 СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96
Изготовление корпуса	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Движущиеся машины и механизмы	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ;

		производственного оборудования	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. СП 52.13330.2011
Разработка программного обеспечения	Монотонность труда, умственное перенапряжение	-	ГОСТ 12.2.032-78
Проведение экспериментов	Повышенный уровень ультразвука	-	ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ

### **6.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации системы контроля**

#### **Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [43] показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддерживание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателям характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

температура воздуха;

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

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают уровня отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и является предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенные в таблице 6.2 и 6.3.

В таблице 6.2 и 6.3 показаны оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96) [43].

Таблица 6.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 6.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон	диапазон			для диапазон	для диапазо

	энергоза трат, Вт	ниже оптим альны х величи н	выше оптим альны х величи н		возду ха, %	а температ ур воздуха ниже оптимал ьных величин, не более	на темпера тур воздуха выше оптима льных величи н, не более
Холод- ный	Ia (до 139)	20,0- 21,9	24,1- 25,0	19,0- 26,0	15-75	0,1	0,1
Теплы й	Ia (до 139)	21,0- 22,9	25,1- 28,0	20,0- 29,0	15-75	0,1	0,2

### Повышение уровня электромагнитных излучений

Электромагнитные волны – это взаимосвязанное распространение в пространстве изменяющихся электрического и магнитного полей. Совокупность этих полей, неразрывно связанных друг с другом, называется электромагнитным полем (ЭМП). Источниками электромагнитных полей являются в частности мониторы компьютеров.

Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ЭВМ на рабочих местах пользователей представлены в таблице 6.4

Таблица 6.4 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ на рабочих местах (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) [44]

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл

Электростатический потенциал экрана видеомонитора	500 В
---	-------

Обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП осуществляется согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 [45] путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Организационные мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ЭВМ или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают: в целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, должны проходить при поступлении и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством (лечебно-профилактические мероприятия).

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Различают следующие виды производственного освещения: Естественное, искусственное и совмещенное.

Основная часть работы при эксплуатации системы контроля будет проводиться за персональным компьютером. Помещения, в которых будет проводиться контроль паллет должны иметь естественное и искусственное освещение. Освещенность на поверхности стола в зоне работы должна быть 300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%. (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). [44]

### **Умственное перенапряжение. Статические перегрузки.**

Работы, связанные с проектированием, разработкой программного обеспечения связаны с большой нагрузкой на нервную систему.

Симптомами умственного переутомления являются: усталость, частые головные боли, нарушения сна, покраснение глаз, изменение артериального давления.

Статическая работа связана с физической нагрузкой не требующей перемещения тела. К таким нагрузкам можно отнести длительно пребывание в сидячем положении, связанным с работой за ЭВМ. Последствиями таких перегрузок могут стать как физические, так и психологические заболевания.

Длительность работы с ЭВМ, а также длительность перерывов регламентируется (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Для предупреждения негативных последствий, рекомендуется чередовать работы с применением ЭВМ и без него. При возникновении неприятных ощущений, необходимо сделать внеплановый перерыв в работе. Поскольку работа относится к категории 3, группа В (творческая работа в режиме диалога с ЭВМ) суммарное время регламентированных перерывов должно составлять 110 минут. Поскольку характер работ, на начальном этапе, требует практически постоянного взаимодействия с ЭВМ, рекомендуется организация перерывов длительностью 10-15 мин, каждый час. Также во время перерывов необходимо применять комплексы упражнений, предотвращающий нервное утомление, утомление зрительного анализатора и опорно-двигательного аппарата.

### **Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования**

При изготовлении корпуса разрабатываемого прибора необходимо учесть изоляционные свойства, вентилируемые отверстия на корпусах составных частей, располагающихся внутри корпуса, экранирование корпуса. Для решения поставленной задачи необходимо использование слесарного станка, металлообрабатывающего станка, шлифовального станка и т.п.

Подвижными частями оборудования являются:

- подвижные столы и стойки станков;

- вращающиеся шпиндели с закрепленными в них заготовкой или инструментом;
- ходовые винты;
- передачи (ременные, цепные и др.) расположенные вне корпусов станков.

Основной величиной, характеризующей опасность подвижных частей, является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

Движущиеся части оборудования представляют опасность и могут нанести рабочему персоналу травму в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-74 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Одним из важных условий безопасного труда является недоступность подвижных частей оборудования, для рабочего, в ходе технологического процесса.

Для этого проводят следующие мероприятия:

- Устанавливают защитные устройства (местные ограждения, крышки, кожуха и др.).
- Крупногабаритные перемещающиеся части оборудования и транспортные устройства окрашивают чередующимися под углом 45° полосами желтого и черного цветов.
- На наружной стороне ограждений наносят предупреждающий знак опасности по ГОСТ 12.4.026-2015 [48]

- Устанавливают предохранительные и блокирующие устройства, предотвращающие поломку деталей станков, самопроизвольное опускание шпинделей, головок, бабок, поперечен и др. частей.
- Устанавливают тормозные устройства, обеспечивающие остановку шпинделя в течение не более 5 с. Для этого применяются колодочные тормозные устройства.
- При установке заготовок и снятии деталей применяются автоматические устройства (механические руки, револьверные приспособления и др.) для исключения соприкосновения рук работников с движущимися приспособлениями и инструментом.

Контроль на станках размеров обрабатываемых заготовок и снятие деталей для контроля проводится лишь при отключенных механизмах вращения или перемещения заготовок, инструмента и приспособлений.

### **Повышенный уровень ультразвука**

Ультразвук — область акустических колебаний в диапазоне от 18 кГц до 100 МГц и выше.

Источником ультразвука является оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологических процессов, технического контроля и измерений, а также оборудования, при эксплуатации которого ультразвук возникает как сопутствующий фактор. В разрабатываемом приборе источником ультразвука служат ультразвуковые датчики.

По способу распространения ультразвуковых колебаний выделяют:

- Контактный способ - ультразвук распространяется при соприкосновении рук или других частей тела человека с источником ультразвука. Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости или ее логарифмические уровни в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000; 31500 кГц.

- Воздушный способ - ультразвук распространяется по воздуху. Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в децибелах в треть октавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц.

Требования по ограничению неблагоприятного влияния ультразвука на работающих:

- Запрещается непосредственный контакт человека с рабочей поверхностью источника ультразвука и с контактной средой.
- Для защиты рук от неблагоприятного воздействия контактного ультразвука в твердых, жидких, газообразных средах необходимо применять нарукавники, рукавицы или перчатки (наружные резиновые и внутренние хлопчатобумажные).
- При систематической работе с источниками контактного ультразвука в течение более 50% рабочего времени необходимо устраивать два регламентированных перерыва – десятиминутный перерыв за 1-1,5 часа до и пятнадцатиминутный перерыв через 1,5-2 часа после обеденного перерыва для проведения физиопрофилактических процедур (тепловых гидропроцедур, массажа, ультрафиолетового облучения), а также лечебной гимнастики, витаминизации и т.п.
- Для защиты работающих от неблагоприятного влияния воздушного ультразвука следует применять антифоны.
- Оборудование должно быть сертифицировано и пройти гигиеническую оценку.

Защита от ультразвука включает в себя использование изолирующих корпусов и экранов, изоляцию излучающих установок, оборудование дистанционного управления, применение средств индивидуальной защиты.

## **6.2 Экологическая безопасность**

Главным загрязнителем поверхностных слоев литосферы являются твердые отходы, в компактных массах получающиеся в быту и на производстве. Твердые отходы необходимо удалять, складировать, утилизировать. Утилизация представляет собой переработку отходов, имеющую целью использование полезных свойств отходов или их компонентов.

Согласно ГОСТ 17.2.1.01-76, изготовление и использование прибора не наносит вред окружающей среде. На этапе монтажа печатного узла используется свинец, содержащий в припое. Однако, количество вещества, попадающего в атмосферу, пренебрежимо мало. В случае необходимости конструктивные узлы устройства могут быть использованы повторно, а устаревшее или пришедшее в негодность оборудование списывается и утилизируется, как бытовые отходы.

## **6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятным ЧС техногенного характера при разработке прибора может быть пожар.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- неисправность электросетей
- незнание или небрежность обслуживающего персонала;
- курение в неположенных местах.

В связи с этим в лаборатории необходимо выполнять следующие нормы пожарной безопасности:

- для предохранения сети от перегрузок запрещается включать дополнительные не предусмотренные потребители;
- работы в лаборатории проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;
- иметь средства для тушения пожара (огнетушитель);
- иметь в наличии план эвакуации людей, который должен висеть на видном месте;

- оборудование размещать так, чтобы был достаточный проход к выходу.

При разработке и исследовании прибора может возникнуть возгорание в электроустановке, находящейся под напряжением (пожар класса Е). В связи с этим в помещении должны находиться воздушно-пенные или порошковые огнетушители (А, В), а также углекислотные или хладоновые огнетушители.

В случае возникновения пожара необходимо применить все меры по ликвидации чрезвычайной ситуации. Прежде всего, с помощью электрического щита необходимо обесточить помещение. Активная борьба с пожаром производится огнетушителями различного наполнения, песком и другими негорючими материалами, мешающими огню распространяться и гореть. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение.

Так же в помещении на потолках должны располагаться датчики системы пожарной сигнализации, которая, в случае повышения дымовой завесы до определенного порога, должна включать сигнал об эвакуации рабочего персонала из здания.

#### **6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

В соответствии с требованиями трудового законодательства к работе с ультразвуковыми источниками допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующий курс обучения и инструктаж.

Лица, подвергающиеся в процессе трудовой деятельности воздействию контактного ультразвука, подлежат предварительным, при приеме на работу, и периодическим медицинским осмотрам в соответствии с Приказом Минздрава России № 90 от 14.03.96.

## **Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.**

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

Работа в лаборатории обычно отличается малой двигательной активностью, монотонностью, длительным нахождением в закрытом помещении. Всё это вызывает быструю утомляемость и естественно отражается на результатах труда.

Рабочее место разработчика при проектировании устройства должно удовлетворять следующим требованиям (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

- Площадь одного рабочего места должна составлять не менее 4,5м<sup>2</sup>.
- Уровень шума на рабочих местах не должен превышать предельно допустимые значения.
- Освещенность рабочего стола должна составлять не менее 300-500лк.
- Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600 - 700мм.
- Поверхность стола должна иметь площадь не менее 1,5м<sup>2</sup>.
- Рабочее кресло должно быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки
- Поверхность сиденья, спинки и других элементов кресла должна быть полумягкой, с нескользящим и воздухопроницаемым покрытием.

При этом ширина прохода в помещении должна составлять не менее 2 м. Габариты мебели должны соответствовать размерам помещения. Помещение не должно быть загромождено (ГОСТ 12.2.032-78).

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности. 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 (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

**Выводы:**

1) Рассмотрена социальная ответственность при проектировании и изготовлении системы контроля.

2) Описаны условия, в которых необходимо производить эксплуатацию системы контроля наиболее комфортно и безопасно.

## **Заключение**

1. Изучены основные типы нарушений геометрических параметров паллет, которые приводит к ошибке в работе автоматического устройства укладки продукции на поддон. Обоснована актуальность разработки систем.

2. На основе оценки уже существующих способов измерений параметров была создана структурная схема автоматизированной системы.

3. Учитывая особенности работы измерительной установки, была разработана принципиальная схема системы контроля. Применение ультразвукового метода неразрушающего контроля является большим преимуществом и дает возможность автоматизации процесса контроля.

4. Предложен и обоснован новый метод вычисления момента прихода эхо-сигнала путем измерения длительности полупериода.

5. Произведена экспериментальная апробация разработанной системы контроля. Результаты подтвердили ее пригодность.

6. Был проведен анализ разрабатываемой системы с экономической точки зрения. В результате полученных данных был сделан вывод о том, что разработка устройства целесообразна из-за малого количества аналогов на рынке, а также из-за высоких показателей точности и надежности.

7. В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены требования к рабочей зоне, а также влияние разрабатываемого устройства на окружающую среду. В связи с тем, что работа системы основана на ультразвуковых колебаниях, негативное влияние на экологию минимально.

## Список использованных источников

1. Контроль геометрических параметров паллет ультразвуковым методом./ Тулин А.С. // Сборник трудов X Молодежной научной конференции "Современные техника и технологии в научных исследованиях" – с. 2018–92–97
2. Системы наполнения, упаковки и обработки – [Электронный ресурс] / Автоматическая система контроля и контроля качества поддонов ОСМЕ – Режим доступа: [http://www.ocme.co.uk/pallet\\_inspection.htm](http://www.ocme.co.uk/pallet_inspection.htm) – Заглавие с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 11.12.2017)
3. The world of conveyor technology – [Электронный ресурс] / Automatic pallet inspection station – Режим доступа: [http://www.wtt-foerdertechnik.de/produkte\\_en/automatic-conveyors-for-pallets-automatic-pallet-inspection-station.php](http://www.wtt-foerdertechnik.de/produkte_en/automatic-conveyors-for-pallets-automatic-pallet-inspection-station.php) – Заглавие с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.12.2017)
4. Industry search – [Электронный ресурс] / ОСМЕ Pallet Checker – Режим доступа: <https://www.industrysearch.com.au/ocme-pallet-checker/p/98767> – Заглавие с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 11.12.2017)
5. Сайт компании КÖНЛ [офиц. сайт] – [Электронный ресурс] / Empty pallet checking system (LPK) – Режим доступа: <http://www.koehl.eu/en/products/intralogistics/intralogistiq/empty-pallet-checking-system-lpk/#prettyPhoto> – Заглавие с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 13.12.2017)
6. Packaging revolution – [Электронный ресурс] / CHER Improves Damage Inspection Scanning with Reflex Array Sensor – Режим доступа: <https://packagingrevolution.net/sick/> – Заглавие с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 18.12.2017)
7. Сайт компании SkladPRO [офиц. сайт] – [Электронный ресурс] / Обзор стандартных паллет – Режим доступа: <http://skladpro.com/oborudovanie/stellazhy/pallets/standartnyj.html#derevyannye> – Заглавие с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 11.12.2017)
8. Сайт транспортной компании «Чароит» [офиц. сайт] – [Электронный ресурс] / Паллеты – Режим доступа:

<http://www.charoit.net/index.php?page=articles/palleti> – Заглавие с экрана. – яз. рус.  
(Дата обращения 21.12.2017)

9. ГОСТ 33757-2016. Поддоны плоские деревянные. Технические условия.

10. Солдатов А.И. Определение временного положения акустического импульса методом аппроксимации огибающей сигнала. / Солдатов А.И., Сорокин П.В., Макаров В.С.// Известия Южного федерального университета. – Технические науки, 2009. – № 10. – с. 178-184.

11. Шульгина, Ю.В. Повышение точности ультразвуковых измерений методом двух компараторов [Электронный ресурс] / Ю. В. Шульгина, А. И. Солдатов // Известия Южного федерального университета. Технические науки : научно-технический и прикладной журнал. – 2010. – Т. 110, № 9. – [С. 102-106].

12. Солдатов А.И. Ультразвуковая аппаратура с волноводным акустическим трактом : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : спец. 05.11.13 / А.И. Солдатов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; науч. конс. Г. С. Евтушенко. – Томск, 2011. – 40 с.

13. Zhang D., Gong X.-F., Liu J.-H., Shao L.-Zh., Li X.-R., Zhang Q. – L. The experimental investigation of ultrasonic properties for a sonicated contrast agent and its application in biomedicine // Ultrasound in Med. & Biol. 2000. Vol. 26. № 2, P. 347–351.

14. Определение момента прихода эхо-импульса для метода двухчастотного зондирования. / Старостин А.Л., Асочаков А.С., Шульгина Ю.В. // Сборник трудов XXI Международной научной конференции "Современные техника и технологии" – 2015 –. С. 292–294.

15. Богущ М.В. Проектирование пьезоэлектрических датчиков на основе пространственных электротермоупругих моделей / Богущ М.В., Панич А.Е. (ред.). – М. : Техносфера, 2014. – 311 с.

16. Jan Kocbach. Finite element modeling of ultrasonic piezoelectric transducers. – University of Bergen Department of Physics.: September 2000. p.147–161

17. Преимущества и недостатки существующих методов НК / Ларин А.А. – диссертация на соискание ученой степени к.т.н. "Способы оценки работоспособности изделий из композиционных материалов методом компьютерной томографии" – Москва, 2013. – 45 с.

18. AD8033datasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8033\\_8034.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8033_8034.pdf), свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 11.01.2018)

19. Справочник по резисторам / В. В. Дубровский, Д. М. Иванов, Н. Я. Пратусевич и др.; Под ред. И. И. Четвертакова и В. М. Терехова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1991. – 528с.

20. Фильтры на микросхемах оу – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nauchebe.net/2014/05/filtry-na-mikroskhemax-ou/> , свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 11.01.2018)

21. Детектирование – [Электронный ресурс] / Амплитудные детекторы – Режим доступа: [http://mart7157.narod.ru/voise\\_10.html](http://mart7157.narod.ru/voise_10.html), свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 11.01.2018)

22. Заряд и разряд конденсатора – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ingsvd.ru/main/polza/1147-zaryad-i-razryad-kondensatora.html>, свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 11.01.2018)

23. BAS16datasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.vishay.com/docs/85539/bas16.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.01.2018)

24. Микросхема переходника USB - COM FTDI FT232R (FT232RL и FT232RQ) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://oscope.narod.ru/usb\\_ft232r.html?opr=1](http://oscope.narod.ru/usb_ft232r.html?opr=1) – Заглавие с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 15.01.2018)

25. Преобразователь интерфейсов – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://we.easyelectronics.ru/electro-and-pc/preobrazovatel-interfeysov-perehodnik-usbrs485-pi-5.html>– Заглавие с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 15.01.2018)

26. Свойства интерфейса стандарта RS-485 – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.softelectro.ru/rs485.html> – Заглавие с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 15.03.2018)

27. IRU1205datasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://radiocom.dn.ua/image/data/pdf/IRU1205-33\\_IR.pdf](http://radiocom.dn.ua/image/data/pdf/IRU1205-33_IR.pdf). – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.01.2018)

28. ATmega64datasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.mouser.com/ds/2/268/atmel-2490-8-bit-avr-microcontroller-atmega64-1\\_da-1065502.pdf](https://www.mouser.com/ds/2/268/atmel-2490-8-bit-avr-microcontroller-atmega64-1_da-1065502.pdf), свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.01.2018)

29. PS-05-5datasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/2105543.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.01.2018)

30. Справочник по электрическим конденсаторам / М.Н. Дьяконов, В.И. Карабанов, В.И. Присняков и др.; Под общ. Ред. И.И.Четвертакова и В.Ф. Смирнова. – М.: радио и связь, 1983. – 576с.

31. Справочник по кварцевым резонаторам / Андросова В. Г., Банков В, Н., Дикиджи А. Н. и др.; Под ред. П. Г. Позднякова. - Москва: Связь, 1978.

32. DS18B20datasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.03.2018)

33. MAX481Edatasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487E-MAX491E.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.03.2018)

34. ADuM1301datasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADuM1300\\_1301.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADuM1300_1301.pdf), свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.03.2018)
35. AOT101ACdatasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kontest.ru/datasheet/unkn0wn/aot101as.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.03.2018)
36. MA40MF14-5Bdatasheet – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.alldatasheet.com/view\\_datasheet.jsp?Searchword=MA40MF14-5B](http://www.alldatasheet.com/view_datasheet.jsp?Searchword=MA40MF14-5B), свободный. – Загл. с экрана. – яз. англ. (Дата обращения 15.03.2018)
37. Определение момента прихода эхо-импульса для метода двухчастотного зондирования. / Старостин А.Л., Асочаков А.С., Шульгина Ю.В. // Сборник трудов XXI Международной научной конференции "Современные техника и технологии" – 2015 –. С. 292–294.
38. Специальные устройства– [Электронный ресурс] / Компараторы на ОУ – Режим доступа: <http://poznayka.org/s76724t1.html> – Заглавие с экрана. – яз. рус. (Дата обращения 11.04.2018)
39. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Варгафтик Н.Б. - М.: Наука, 1972. - 721 с.
40. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
41. Прейскурант цен на электронные компоненты и приборы магазина «Чип и Дип» [Электронный ресурс <http://chipdip.ru>] – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 3.04.2018)
42. Регламентирующие документы планово-финансового отдела ТПУ - [Электронный ресурс <http://portal.tpu.ru>] – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/departments/otdel/peo/documents> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 3.04.2018)

43. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». М. Информационно издательский центр Минздрава России, 1997.

44. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

45. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.

46. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. «Пожарная безопасность».

47. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

48. ГОСТ 12.4.026-2015 ССБТ. «Цвета сигнальные и знаки безопасности».

49. ГОСТ 17.2.1.01-76 «Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу»