

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Разработка системы управления электроприводом датчика профилометра</b>

УДК 62-83-52:681.586.322

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Кустов Михаил Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Качин Олег Сергеевич	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гарганеев Александр Георгиевич	д.т.н		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

### 13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ПК(У)-1	Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности, с использованием средств автоматизации
ПК(У)-2	Способен применять методы создания и анализа математических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.
ПК(У)-3	Способен разрабатывать, реализовывать и осуществлять контроль выполнения технических и организационных мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности.
ПК(У)-4	Способен формулировать технические задания, анализировать различные варианты и искать компромиссные решения.
ПК(У)-5	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
 Уровень образования Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники  
 Период выполнения (весенний семестр 2020 /2021 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:	31.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.03.2021	Календарное планирование работ по теме	6
15.03.2021	Описание объекта исследования	6
22.03.2021	Подбор и изучение материалов по теме	8
25.03.2021	Составление и утверждение технического задания	6
05.04.2021	Обзор разновидностей систем управления	6
11.04.2021	Выбор комплектующих	8
25.04.2021	Реализация системы управления	8
05.05.2021	Оценка полученных результатов	6
11.05.2021	Технико-экономические расчёты	20
18.05.2021	Вопросы экологической безопасности	20
25.05.2021	Составление пояснительной записки	6
29.05.2021	Итог	100

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Качин Олег Сергеевич	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**  
**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гарганеев Александр Георгиевич	д.т.н		



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетика  
Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Гарганеев А. Г.  
(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
5AM98	Кустов Михаил Александрович

Тема работы:

Разработка системы управления электроприводом датчика профилометра	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.11.2020 № 335-12/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2021 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – Разработка системы управления электроприводом датчика профилометра. Цель исследования – сокращение времени и повышение качества рабочего процесса измерений.
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературы с целью исследования способов управления шаговыми двигателями, их достоинства и недостатки;  Аналитический обзор литературы с целью определения оптимального контроллера и драйвера для управления шаговым двигателем;  Проектирование управления ШД в Proteus;  Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;  Социальная ответственность;  Заключение.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>-Блок-схемы драйверов и контроллеров;  -Принципиальные схемы управления</p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Авдеева Ирина Ивановна</p>
<p>«Раздел на английском языке»</p>	<p>Евсеева Арина Михайловна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Введение; обзор литературы; способы управления ШД, контроллеры ШД, драйвер управления ШД; схема управления электроприводом.</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>10.09.2020</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кустов Михаил Александрович	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Кустов Михаил Александрович		

## «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM98	Кустов Михаил Александрович

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.02 «Электроэнергетика и Электротехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов	В исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель. Бюджет проекта – не более 170384 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	НР 34-70-32-83, РД 34.10.301, РД 34.10.102-91, ГОСТ Р 51387-99, МУ 34-00-094-85, ГОСТ Р 53905-2010
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные фонды – 24,2 % от ФОТ.

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Описание потенциального потребителя, SWOT анализ
2. Планирование этапов и выполнения работ по НИР (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности и трудоемкости работы)	Планирование научно-исследовательских работ, определение действующих лиц, длительности и трудоемкости работ.
3. Расчет бюджета для научно-технического исследования	Определение материальных затрат НТИ, затрат на специальное оборудование, расчет основной заработной платы и накладных расходов
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка целесообразности и эффективности научного исследования. Анализ и оценка научно-технического уровня исследования. Оценка рисков.

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. SWOT-анализ
4. Иерархическая структура работ проекта
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.03.2021
--	------------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	Кандидат технических наук, доцент		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Кустов Михаил Александрович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ98	Кустов Михаил Александрович

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 «Электроэнергетика и Электротехника»

Тема ВКР:

Разработка системы управления электроприводом датчика профилометра	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – Создание системы управления электроприводом датчика профилометра с использованием микроконтроллеров</p> <p>Рабочая зона – лаборатория площадью 57 м<sup>2</sup> с искусственным освещением, вытяжной вентиляцией, кондиционером. Оборудование в электролаборатории: осциллограф, паяльная станция, вольтметр, персональный компьютер, блок питания, настольная лампа, электродвигатель.</p> <p>Профилومتر – прибор, предназначенный для измерения неровностей поверхности. Область применения разнообразна. Одной из сферы применения является регистрация профиля поверхности рельса и будет применяться на железнодорожных путях.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>ТК РФ от 30.12.2001 ФЗ - №197. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ «Термины и определения». СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». ГОСТ 24389-89. Системы кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления судов. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.012 - 2004 «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования». СанПиН 2.2.4/2.1.8.566-96 «2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8 Физические факторы окружающей природной среды». ГОСТ 12.1.038-82. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 26522–85. Короткие замыкания в электроустановках. ГОСТ 28249–93. Короткие замыкания в электроустановках. ГОСТ ИЕС 61340–5–1–2019. Защита электронных устройств от электростатических явлений. СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.</p>

	ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение, обращение с отходами. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. ГОСТ 12.1.009-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения». ГОСТ 12.0.004-2015 «Организация обучения безопасности труда». ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отклонение параметров микроклимата;</li> <li>- Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- Вредные вещества в воздухе рабочей зоны;</li> <li>- Повышенный уровень электромагнитных излучений;</li> <li>- Шум???</li> <li>- Напряжение зрения и внимания;</li> <li>- Интеллектуальные, эмоциональные и длительные статические нагрузки.</li> </ul> Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Опасность поражения электрическим током;</li> <li>- Движущиеся части машин и механизмов;</li> <li>- Термическая опасность.</li> <li>- Короткое замыкание</li> <li>- Статическое электричество.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействия на атмосферу: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Выбросы в атмосферу составляющих флюсов и припоев: свинец, кадмий, цинк, олово, углеводороды.</li> </ul> Воздействие на гидросферу: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Слив в водоемы отходов травления.</li> </ul> Пути обеспечения экологической безопасности: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Химическое осаждение металлов из отработанных растворов в процессе травления;</li> <li>- Адсорбция вредных веществ из аэрозолей, полученных в ходе пайки.</li> </ul> Утилизация люминесцентных ламп и макулатуры, а также микросхем ПК и периферийного оборудования.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Наиболее возможные ЧС при работе: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Пожар;</li> </ul> Работники обучены действовать в подобных ЧС. Помещения оборудованы специальными средствами для обеспечения безопасности в ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.02.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Кустов Михаил Александрович		

## Реферат

Магистерская работа по теме «Разработка системы управления электроприводом датчика профилометра» содержит 82 страниц печатного текста, 23 рисунка, 21 таблиц, 25 источников литературы, 2 приложения

Ключевые слова: шаговый двигатель, система управления шаговыми двигателями, контроллер, драйвер управления шаговым двигателем.

Объект исследования: система управления электроприводом датчика профилометра.

Цель исследования – разработать систему управления шаговым двигателем датчика профилометра.

В ходе исследования были выполнены: Выбор системы управления, контроллера и драйвера управления для шагового двигателя, разработка системы управления шаговым двигателем, написание программы для контроллера управления шаговым двигателем.

Область применения: Разработанная система управления шаговым электродвигателем применяется для управления датчика профилометра.

Экономическая эффективность / значение исследования: Разработка системы управления электропривода датчика профилометра, позволит более быстро и более точно проводить измерения различных параметров рабочей поверхности рельсов для точного контроля и своевременного обнаружения дефектов.

Исследования проводились с использованием программных сред Proteus, Arduino, MathType 6.0 и CodeVision.

Перспектива дальнейшего развития – расширение функциональных возможностей системы.

## Содержание

Введение.....	14
1. Теоретическая часть .....	16
1.1 Общие принципы шаговых двигателей.....	16
1.2 Виды шаговых двигателей .....	17
1.2.1 Двигатели с переменным магнитным сопротивлением.....	19
1.2.2 Двигатели с постоянными магнитами .....	20
1.2.3 Гибридные двигатели .....	21
1.2.4 Биполярные и униполярные шаговые двигатели .....	25
1.3 Способы управления фазами ШД .....	26
1.4 Управление шаговым двигателем с помощью автономного контроллера .....	28
1.5 Конструкция датчика профилометра .....	30
2 Практическая часть .....	31
2.1 Выбор шагового электродвигателя .....	31
2.2 Выбор концевых датчиков .....	33
2.3 Микроконтроллер Arduino UNO .....	35
2.4 Драйвер управления шаговым двигателем .....	37
2.5 Реализация управления ШД в программе Proteusю .....	41
2.6 Управление ШД с компьютера .....	43
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ....	45
Введение .....	45
3.1 Управление проектом .....	45
3.2 Планирование разработки научно-технического проекта .....	48

3.3 Расчет трудоемкости по этапам разработки НТП .....	49
3.4 Расчет материальных затрат на создание прототипа .....	53
3.5 Расчет затрат на электроэнергию .....	55
3.6 Расчет затрат на заработную плату .....	56
3.7 Расчет отчислений во внебюджетные фонды .....	58
3.8 Формирование бюджета затрат проекта .....	58
3.9 Оценка эффективности проекта .....	59
Выводы по разделу финансовый менеджмент .....	61
4 Социальная ответственность .....	62
Введение .....	62
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	62
4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства .....	62
4.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	63
4.3 Анализ опасных, вредных факторов и мероприятия по снижению уровней воздействия .....	65
4.3.1 Микроклимат рабочей зоны .....	65
4.3.2 Освещение .....	66
4.3.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	68
4.3.4 Электрический ток, короткое замыкание .....	69
4.3.5 Зрительное напряжение и нервно-психические перегрузки .....	71
4.3.6 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны .....	71
4.3.7 Движущиеся части машин и механизмов .....	72
4.3.8 Термическая опасность .....	73
4.4 Экологическая безопасность .....	73
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	76

Вывод по разделу социальная ответственность .....	77
Заключение.....	79

## Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ШД – шаговый двигатель;

ОС – обратная связь;

ЭДС – электродвижущая сила;

CNC – computer numerical control (компьютерное числовое управление);

ШИМ – широтно-импульсная модуляция;

USB – universal serial bus (универсальная последовательная шина);

ICSP – In circuit serial programming (последовательное программирование в цепи);

АС – alternating current (переменный ток);

DC – direct current (постоянный ток);

SRAM – static random access memory (статическая память с произвольным доступом);

EEROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (электрически стираемое перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство);

ОС – операционная система;

ПК – персональный компьютер;

ДПТ – двигатель постоянного тока.

ПО – программное обеспечение;

НТП – научно-технический проект;

РД – рабочая документация;

ТЗ – техническое задание;

НИР – научно исследовательская работа;

## **Введение**

Контроль за степенью износа железнодорожных путей является одной из основных задач в обслуживании железнодорожного транспорта.

В современных условиях на железных дорогах России из-за контактно-усталостных повреждений и износа головки рельсов происходит 95% отказов. Практика эксплуатации современной рельсовой колеи подтверждает, что свыше 90% разрушений происходит из-за усталости материалов, которые как правило, работают в сложных климатических условиях и под постоянным воздействием динамических и статических нагрузок.

В последнее время наблюдается тенденция увеличения использования железнодорожного транспорта, как правило, увеличиваются скоростные показатели движения пассажирских и грузовых поездов, а также возрастает плотность их движения. Исходя из этого, можно отметить, что при современных условиях эксплуатации требуется более тщательный контроль состояния рельсового пути. Своевременное обнаружение и устранение неполадок позволяют обеспечить безопасность, а также возможность скоростного движения поездов.

Знание физико-механических характеристик материалов рельсов, их природы, предельных пластических показателей, закономерностей изменения этих значений от напряженного состояния рельсов, а также изменение параметров выносливости, надежности их конструкции, выбранной технологии изготовления и условий эксплуатации, не позволяют с высокой достоверностью гарантировать исключение отказов в работе рельсов и нарушение геометрии их взаимного расположения.

Таким образом, создание устройств, для обнаружения нарушения установленных показателей геометрии рельсовой колеи и излома рельсов является современной проблемой и требует своего ускоренного решения.

Применение современных технологий позволит значительно повысить качество процесса контроля рельс.

Принцип действия профилометра основан на измерении расстояния до рельса при фиксированном угле изменения. Применение профилометра не требует предварительной подготовки рельса к процессу измерения, а полученный в процессе измерения профиль поступает на планшет пользователя, где происходит расчет параметров износа.

Целью данной работы является разработка системы управления электропривода датчика профилометра, которая позволит более быстро и более точно проводить измерения различных параметров рабочей поверхности рельсов для точного контроля и своевременного обнаружения дефектов.

Профилометр должен выполнять следующие основные функции:

- получение информации о параметрах поперечного профиля рабочей поверхности головки рельса;
- снятие и анализ полного профиля рабочей поверхности головки рельса;
- визуализация на дисплее совмещенных графических изображений фактического и нового поперечных профилей головки рельса.

В данной работе линейное перемещение датчика профилометра реализован:

- при помощи шагового двигателя и его системы управления;

## 2. Практическая часть

### 2.1 Выбор шагового электродвигателя

В качестве электродвигателя, был выбран шаговый электродвигатель 17HS4401.

Это самый популярный биполярный мотор стандарта nema 17. Благодаря высокому крутящему моменту и низкой стоимости, его используют в 70% всех 3D принтеров и настольных CNC станков. Двигатель 17HS4401 поворачивается на 200 шагов за один полный оборот, один шаг которого равен  $1,8^\circ$ . При токе 1,7 А шаговый мотор развивает крутящий момент 4000 Н.см.



Рисунок 13 – Шаговый электродвигатель 17HS4401.

Характеристики 17HS4401:

- Модель: NEMA17-4401;
- Угол одного шага:  $1,8^\circ$ ;
- Число обмоток: 2;
- Число фаз: 2;
- Номинальный рабочий ток: 1700 мА;
- Сопротивление обмоток: 1.5 Ом;

- Индуктивность обмоток: 2.8 мГн;
- Момент инерции: 54г x см<sup>2</sup>;
- Крутящий момент 4000 Н.см;
- Момент удержания: 4кг x см;
- Диаметр оси: 5 мм;
- Рабочая температура: -20° + 50°;
- Масса: 280 грамм.

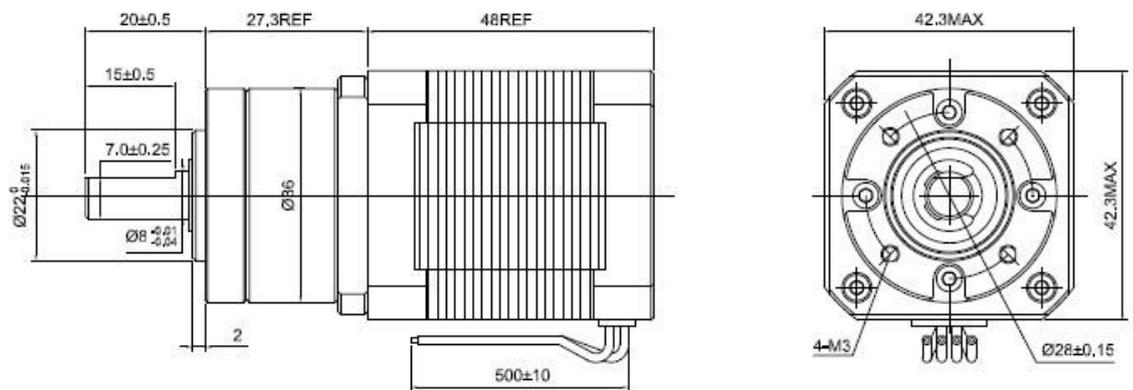


Рисунок 14 – Размеры шагового двигателя 17HS4401

Способ управления двигателем осуществляется в полушаговом режиме. Угловое перемещение ротора составляет половину угла шага. Кроме уменьшения размера шага этот способ управления позволяет частично избавиться от явления резонанса.

## 2.2 Выбор концевых датчиков

Основным источником информации для определения положения механических узлов оборудования в промышленной автоматике можно назвать датчики положения.

Для измерения положения и перемещения объектов самыми распространенными являются оптические датчики, после концевых

выключателей. Оптические датчики имеют возможность проводить бесконтактное измерение, а также определять физическое положение объектов, которые перемещаются с большой скоростью. Расстояние обнаружения составляет сотни метров, при этом точность определения положения объекта может достигать десятых долей микрона.

Конструктивно оптические датчики положения состоят из оптического излучателя и фотоприемника. Фотоприемник регистрирует световой поток от излучателя, тем самым вызывая определенное состояние датчика. Если на пути светового луча возникает непрозрачный объект, это приводит к изменению на фотоприемнике светового потока, и соответственно к другому состоянию датчика.

Оптические датчики положения выпускаются в унифицированных и специальных корпусах и имеют стандартные выходные сигналы. Это позволяет заменять ими индуктивные или емкостные датчики, если на производстве происходит изменение и перестроение автоматической линии.

При выборе оптических датчиков следует рассматривать объект измерения и отталкиваться от его свойств. Так, например, блестящие или прозрачные объекты могут детектироваться оптическими сенсорами одного типа, но для датчиков другого типа детектировать подобные объекты будет тяжело.

В данной работе выбран оптический датчик положения фирмы Kingbright серии KTIR0411S. Этот датчик сочетает в себе высокие технические характеристики, приемлемую конструкцию и низкую цену. Внешний вид датчика показан на рисунке 15.

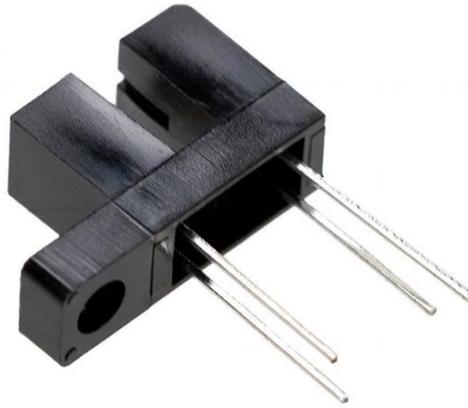


Рисунок 15 - Оптический датчик KTIR0411S

Датчик выполнен в пластиковом литом корпусе, в котором находятся оптический излучатель и оптический приемник. Между излучателем и приемником находится щель шириной 3 мм. Датчик показывает наличие или отсутствие в этой щели светонепроницаемого предмета.

Технические характеристики оптического датчика KTIR0411S:

для входного светодиода:

- прямое напряжение на светодиоде 1,2 – 1,5 В;
- обратный ток светодиода 10 мкА;

для выходного транзистора:

- напряжение насыщения коллектор-эмиттер 0,4 В;
- ток закрытого транзистора 100 нА;

для передаточной характеристики:

- коэффициент передачи тока (напряжение коллектор-эмиттер 5 В, ток светодиода 20 мА) 38 %;
- время отклика на положительный фронт (напряжение коллектор-эмиттер 2 В, ток коллектора 2 мА) 5 – 25 мкс;
- время отклика на отрицательный фронт (напряжение коллектор-эмиттер 2 В, ток коллектора 2 мА) 4 – 20 мкс.

### **2.3 Микроконтроллер Arduino UNO.**

В качестве микроконтроллера для управления шаговым двигателем был выбран Arduino uno программируемый контроллер на базе ATmega328.

Arduino Uno построена на базе микроконтроллера ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вводов/ выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC, или аккумуляторной батареей.

Спецификация:

- микроконтроллер ATmega328
- Напряжение питания 5В
- Входное напряжение (рекомендуемое) – 7-12В
- Входное напряжение (предельное) – 6-20В
- Цифровой ввод – вывод 14 линии (6 из них ШИМ)
- Аналоговый ввод 6 линий
- Постоянный ток на линиях ввода и вывода 40мА
- Постоянный тока на линии 3.3В 50мА
- Тактовая частота 16МГц
- SRAM память 2кб
- EEPROM память 1кб

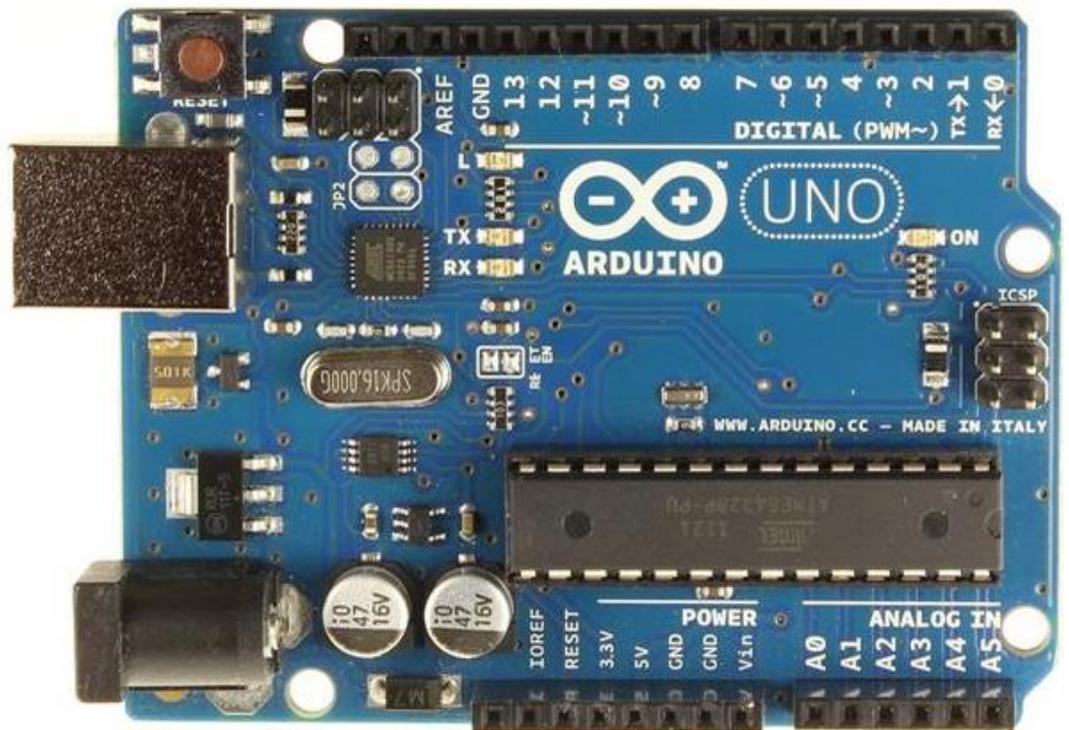


Рисунок 16 - Внешний вид платы Arduino UNO

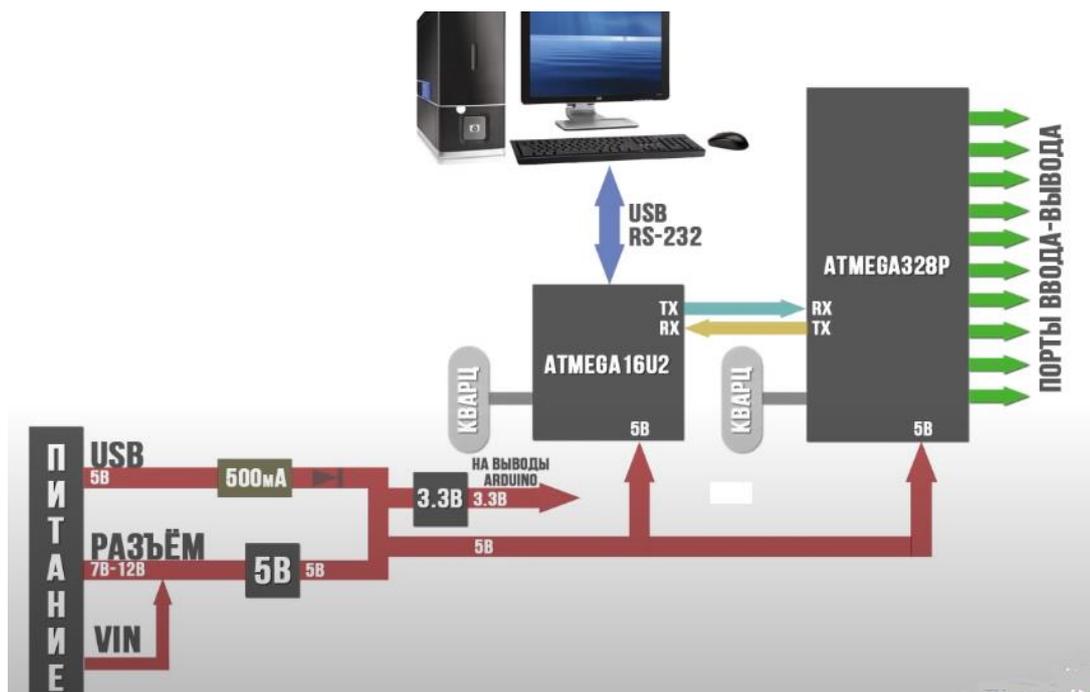


Рисунок 17 – Функциональная схема Arduino UNO

## 2.4 Драйвер управления шаговым двигателем

Для управления двигателями робота необходимо устройство, которое бы преобразовывало управляющие сигналы малой мощности в

токи, достаточные для управления моторами. Такое устройство называют драйвером двигателей.

Существует достаточно много самых различных схем для управления электродвигателями. Они различаются как мощностью, так и элементной базой, на основе которой они выполнены.

Мы остановимся на самом простом драйвере управления двигателями, выполненном в виде полностью готовой к работе микросхемы. Эта микросхема называется L293D и является одной из самых распространенных микросхем, предназначенных для этой цели.

L293D содержит сразу два драйвера для управления электродвигателями небольшой мощности (четыре независимых канала, объединенных в две пары). Имеет две пары входов для управляющих сигналов и две пары выходов для подключения электромоторов. Кроме того, у L293D есть два входа для включения каждого из драйверов. Эти входы используются для управления скоростью вращения электромоторов с помощью широтно модулированного сигнала (ШИМ).

L293D обеспечивает разделение электропитания для микросхемы и для управляемых ею двигателей, что позволяет подключить электродвигатели с большим напряжением питания, чем у микросхемы. Разделение электропитания микросхем и электродвигателей может быть также необходимо для уменьшения помех, вызванных бросками напряжения, связанными с работой моторов.

Принцип работы каждого из драйверов, входящих в состав микросхемы, идентичен, поэтому рассмотрим принцип работы одного из них.

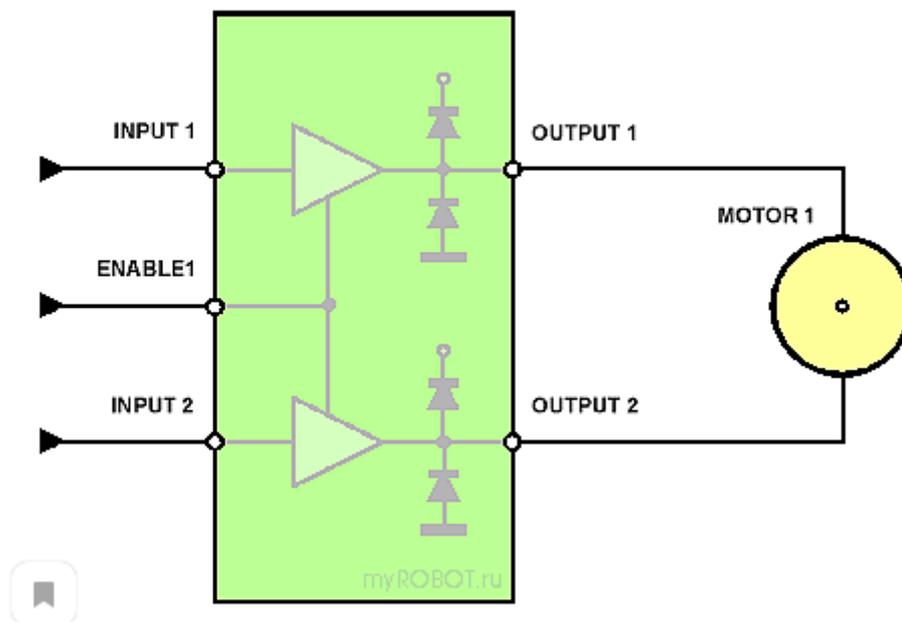


Рисунок 18 – Драйвер управления электродвигателем L293D

К выходам OUTPUT1 и OUTPUT2 подключим электромотор MOTOR1.

На вход ENABLE1, включающий драйвер, подадим сигнал (соединим с положительным полюсом источника питания +5V). Если при этом на входы INPUT1 и INPUT2 не подаются сигналы, то мотор вращаться не будет.

Если вход INPUT1 соединить с положительным полюсом источника питания, а вход INPUT2 - с отрицательным, то мотор начнет вращаться.

Теперь попробуем соединить вход INPUT1 с отрицательным полюсом источника питания, а вход INPUT2 - с положительным. Мотор начнет вращаться в другую сторону.

Попробуем подать сигналы одного уровня сразу на оба управляющих входа INPUT1 и INPUT2 (соединить оба входа с положительным полюсом источника питания или с отрицательным) - мотор вращаться не будет.

Если мы уберем сигнал с входа ENABLE1, то при любых вариантах

наличия сигналов на входах INPUT1 и INPUT2 мотор вращаться не будет.

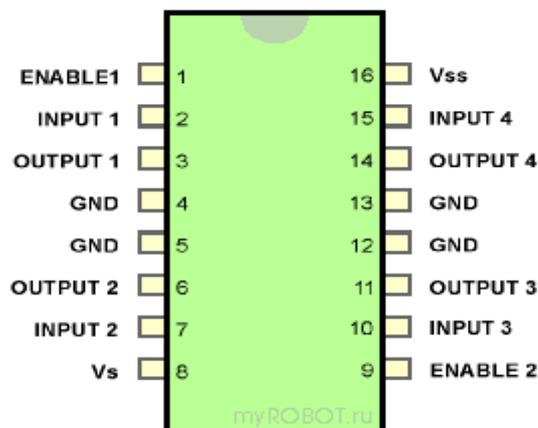


Рисунок 19 – Выводы драйвера управления L293D

- Входы ENABLE1 и ENABLE2 отвечают за включение каждого из драйверов, входящих в состав микросхемы.
- Входы INPUT1 и INPUT2 управляют двигателем, подключенным к выходам OUTPUT1 и OUTPUT2.
- Входы INPUT3 и INPUT4 управляют двигателем, подключенным к выходам OUTPUT3 и OUTPUT4.
- Контакт Vs соединяют с положительным полюсом источника электропитания двигателей или просто с положительным полюсом питания, если питание схемы и двигателей единое. Проще говоря, этот контакт отвечает за питание электродвигателей.
- Контакт Vss соединяют с положительным полюсом источника питания. Этот контакт обеспечивает питание самой микросхемы.
- Четыре контакта GND соединяют с "землей" (общим проводом или отрицательным полюсом источника питания). Кроме того, с помощью этих контактов обычно обеспечивают теплоотвод от микросхемы, поэтому их лучше всего распаивать на достаточно широкую контактную площадку.

## Характеристики микросхемы L293D:

- напряжение питания двигателей ( $V_s$ ) - 4,5...36V
- напряжение питания микросхемы ( $V_{ss}$ ) - 5V
- допустимый ток нагрузки - 600mA (на каждый канал)
- пиковый (максимальный) ток на выходе - 1,2A (на каждый канал)
- логический "0" входного напряжения - до 1,5V
- логическая "1" входного напряжения - 2,3...7V
- скорость переключений до 5 kHz.
- защита от перегрева.

## 2.5 Реализация управления шаговым двигателем в программе Proteus

Proteus – система автоматизированного проектирования, позволяющая виртуально смоделировать работу огромного количества аналоговых и цифровых устройств.

Программный пакет Proteus позволяет собрать схему любого электронного устройства и симулировать его работу, выявляя ошибки, допущенные на стадии проектирования и трассировки.

Реализуем систему управления на микроконтроллере Arduino UNO и драйвера управления L293D.

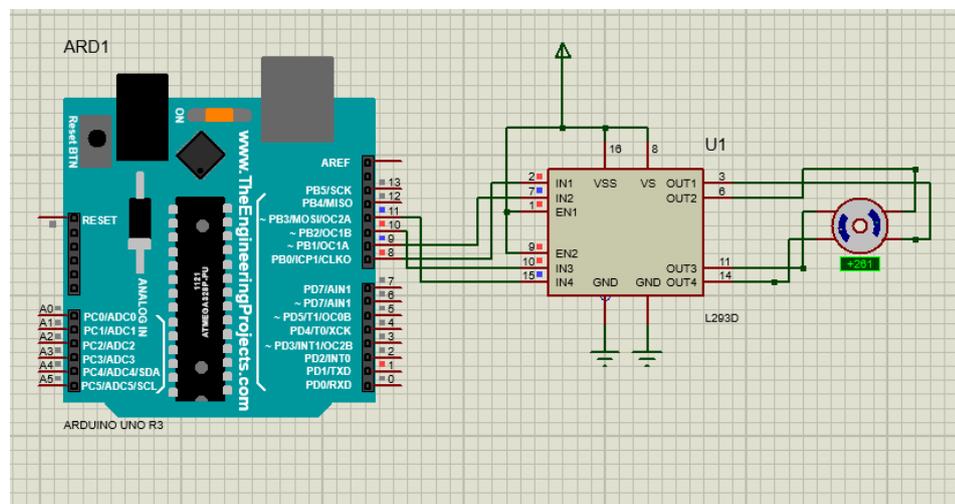


Рисунок 20 – Система управления шаговым двигателем в программе Proteus.

Напишем программу для управления контроллером, линейное движение шагового двигателя с реверсом в программе ArduinoISP.

```
#include <Stepper.h>
```

```
#include <AccelStepper.h>
```

```
const int spr = 400;//Число шагов для полного оборота двигателя
```

```
Stepper stepper(spr, 8,9,10,11);//Указываем пины, к которым подключен драйвер двигателя
```

```
boolean rotate=false;//Переменная для смены режимов
```

```
boolean rotatedeg=false;//Переменная для смены режимов
```

```
boolean crotate=false;//Переменная для смены режимов
```

```
void setup() {
```

```
    stepper.setSpeed(10);//Задаем скорость об/мин
```

```
    // initialize the seerial port:
```

```
    Serial.begin(9600);//Скорость обмена данными с компьютером
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
    if (stepper.isDone() && rotate1==false)
```

```
    {
```

```
        stepper.step(2000);//Выполнить 2000 шагов по часовой стрелке
```

```
        delay(1000);//Задержка на 1 секунду
```

```
        stepper.step(-2000);//Выполнить 2000 шагов против часовой стрелки
```

```
        delay(1000);//Задержка на 1 секунду
```

```

rotate1=true;

}

if (stepper.isDone() && rotate1==true %% rotatedeg==false)

{

    stepper.setDirection(CCW); // Устанавливаем направление вращения
    (по часовой стрелке)

    stepper.rotateDegrees(90); // Поворачивает вал на заданное кол-во
    градусов

    stepper.setDirection(CW); // Устанавливаем направление вращения
    (против часовой стрелки)

    rotatedeg=true;

}

if (stepper.isDone() && rotatedeg==true %% crotate==false)

{

    stepper.setDirection(CCW); // Устанавливаем направление вращения
    (по часовой стрелке)

    stepper.rotate(); // Вращает двигатель пока не получит команду о смене
    направления или stop

    stepper.setDirection(CW); // Устанавливаем направление вращения
    (против часовой стрелки)

    crotate=true;

}

}

```

## 2.6 Управление ШД с компьютера

Для удобства управления ШД используем интерфейс программы управления шаговым двигателем.

Преогромно аппаратный комплекс позволяет непосредственно управлять шаговым двигателем с ПК. Интерфейс программы является

простым что позволяет пользователю без особых усилий разобраться в нем.

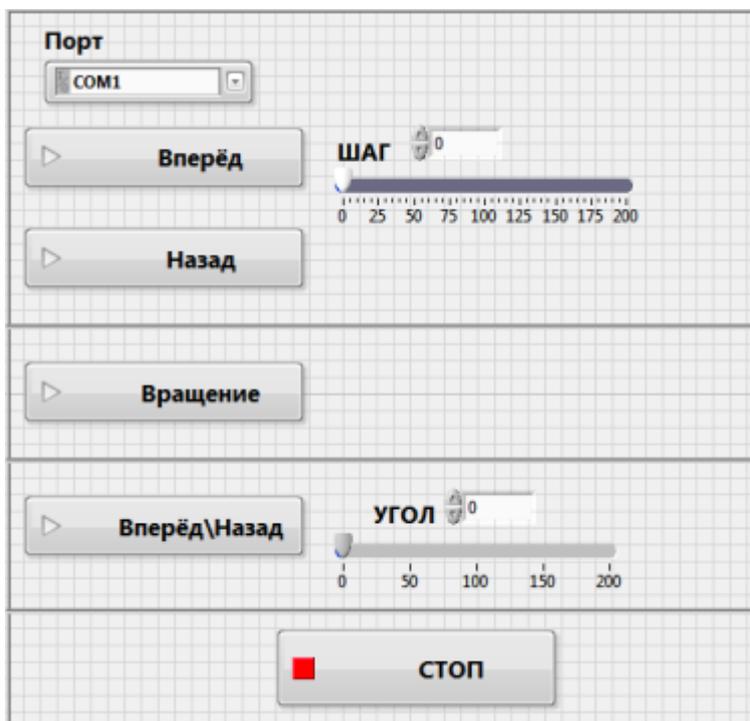


Рисунок 21 - Интерфейс программы управления ШД.

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **Введение**

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования научно-исследовательского проекта, выполняемого в рамках

магистерской диссертации, при этом рассматриваются планово-временные и

материальные показатели процесса проектирования.

Объектом исследования, данного научно-исследовательского проекта, является система управления электроприводом датчика профилометра.

Контроль за степенью износа железнодорожных путей является одной из основных задач в обслуживании железнодорожного транспорта. Применение современных технологий позволит значительно повысить качество процесса контроля рельс. Принцип действия профилометра основан на измерении расстояния до рельса при фиксированном угле измерения. Применение профилометра не требует предварительной подготовки рельса к процессу измерения, а полученный в процессе измерения профиль поступает на планшет пользователя, где происходит расчет параметров износа.

#### **3.1 Управление проектом**

Под понятием «проект» подразумевается комплекс взаимосвязанных мероприятий, предназначенных для достижения в течение заданного периода времени и при установленном бюджете поставленных задач с четко определенными целями.

В управлении проектом планирование занимает основное место, воплощая в себе организационное начало всего процесса реализации

проекта. Сущность планирования состоит в обосновании целей и способов их удовлетворения на основе выявления детального комплекса работ, определения эффективности методов и способов, ресурсов всех видов, необходимых для их выполнения, установления взаимодействия между организациями-участниками проекта. Деятельность по разработке планов охватывает все этапы проектного цикла. Она начинается с участия проектного менеджера в процессе разработки концепции проекта, продолжается при выборе стратегических решений выполнения проекта и разработке его деталей, включая составление контрактных предложений, заключение контрактов, выполнения работ и заканчивается при завершении проекта. На этапе планирования определяются все необходимые параметры реализации проекта: продолжительность (как в целом, так и отдельных этапов и работ), потребность в трудовых ресурсах, материально-технических и финансовых, сроки поставки сырья, материалов, комплектующих и технологического оборудования, сроки и объемы привлечения других организаций. Принятые решения должны обеспечить реализуемость проекта в заданные сроки с минимальной стоимостью и затратами ресурсов при высоком качестве выполнения работ.

Разработанная система управления для переносного датчика профилометра обеспечивает точность измерения не ниже, чем у существующих аналогов. Погрешность итоговых расчётов не превышает 0,1мм. Наиболее высокое время автономной работы, Такая автономность позволяет производить испытание в течение одной смены. Разработанный профилометр имеет низкую стоимость и будет поддерживать все основные мобильные операционные системы. Для анализа конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения возьмем конкурентные разработки: профилометр с ручным управлением, профилометр с управлением ДПТ + энкодер.

Оценка проводится по пятибалльной шкале.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Надежность	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
Безопасность	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	1	5	0,5	0,1	0,5
Простота эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Автономность	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
Качество интеллектуального интерфейса	0,08	5	1	4	0,4	0,08	0,32
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	2	5	0,5	0,2	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,07	5	3	5	0,35	0,21	0,35
Цена	0,07	4	5	3	0,28	0,35	0,21
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	5	4	0,12	0,15	0,12
Послепродажное обслуживание	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
Финансирование научной разработки	0,09	5	2	5	0,45	0,18	0,45
Срок выхода на рынок	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Итого	1	58	42	55	4,61	3,1	4,38

Анализируя оценочную карту, можно сделать вывод, что разработка профилометра с системой управления шаговым электроприводом, является наиболее конкурентноспособной разработкой, на втором месте находится профилометр с системой управления ДПТ+энкодер и на третьем профилометр с ручным управлением.

### 3.2 Планирование разработки научно-технического проекта

Планирование НТП имеет большое значение. Его цель - обеспечение рационального ведения работ, увеличение производительности труда, уменьшение материальных затрат. Планирование вытекает из необходимости принимать решение о том, что должно произойти в будущем и определить стратегию финансирования этого будущего.

При постановке какой-либо задачи всю последовательность решения ее можно показать на примере схемы, представленной на рисунке 22.

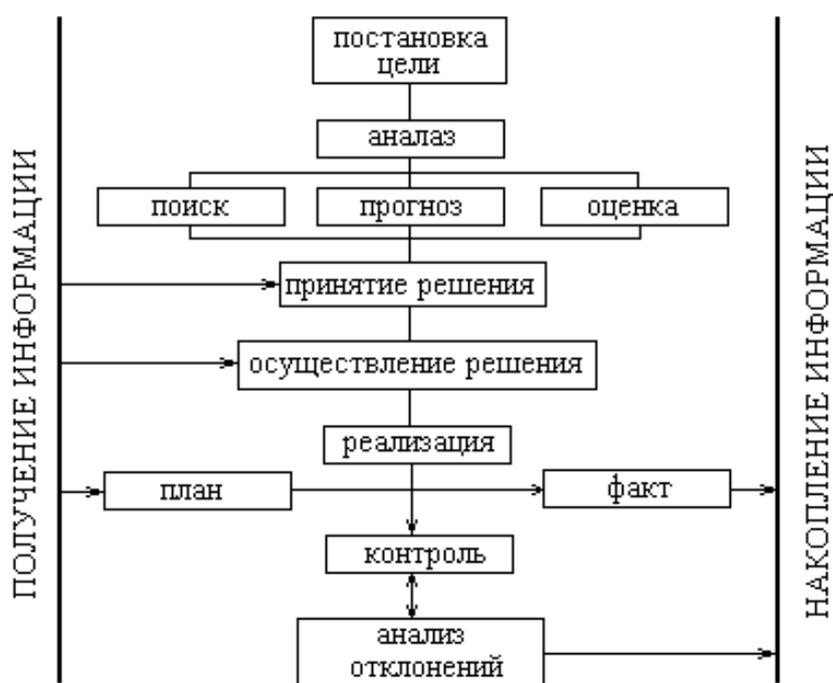


Рисунок 22 - Последовательность решений при постановке задачи

Таблица 3.2 - Этапы разрабатываемой темы

Основные этапы	Содержание работ	Должность и загрузка исполнителя
Разработка тех. задания	Постановка задач, получение исходных данных	Научный руководитель -100%
	Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель -100%; инженер – 10%
Выбор направления исследований	Подбор и изучение материалов	Инженер - 90%, Научный руководитель - 30%
Календарный план	Разработка календарного плана	Научный руководитель -100%

Теоретические и экспериментальные исследования	Выбор структурной схемы устройства	Инженер - 90%, Научный руководитель - 30%
	Выбор принципиальной схемы устройства	Инженер - 100%, Научный руководитель - 20%
	Расчет принципиальной схемы устройства	Инженер - 100%,
	Разработка макета устройства	Инженер - 100%,
	Написание программ	Инженер - 100%,
	Проведение экспериментальных исследований	Инженер - 100%, Научный руководитель - 30%
Обобщение и оценка результатов	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер - 100%
	Оформление материала	Инженер - 100%
	Подведение итогов	Инженер - 30%, Научный руководитель - 90%

Таким образом, планирование представляет собой набор действий и решений, которые ведут к достижению поставленной цели.

Любой НТП выполняется по этапам, число этапов и их содержание зависит от особенностей разработанной схемы (таблица 3.2).

### 3.3 Расчет трудоемкости по этапам разработки НТП

Каждый этап НТП требует определенных затрат труда, т. е. должен характеризоваться определенной трудоемкостью, которая измеряется в человеко-часах. Для расчета трудоемкости используется вероятностный метод, в основе которого лежат две оценки времени выполнения:

$t_{\text{МИН}}$ - время выполнения работ при благоприятном стечении обстоятельств, чел/дн;

$t_{\text{МАКС}}$ - время выполнения работ при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел/дн.

Трудоемкость каждого цикла определяется по формуле:

$$T_{\text{ОЖ}} = \frac{3 \cdot t_{\text{МИН}} + 2 \cdot t_{\text{МАКС}}}{5},$$

где  $T_{\text{ОЖ}}$  - время математического ожидания, дн.

Трудоемкость всего проекта определяется по формуле:

$$T_{\text{ПР}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{ОЖ},i}$$

где n - число подэтапов

Трудоемкость в рабочих днях определяется по формуле:

$$T_{\text{ЭР}} = \frac{t_{\text{ОЖ}}}{N} \cdot K_{\text{Д}}$$

где N - число исполнителей;

$K_{\text{Д}}$  - коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени для контрольных операций.  $K_{\text{Д}} = 1,15 \dots 1,25$ ; принимаем  $K_{\text{Д}} = 1,2$ .

Трудоемкость в календарных днях:

$$T_{\text{ЭК}} = T_{\text{ЭР}} \cdot K_{\text{Р}}$$

где  $K_{\text{Р}}$  - переводной поправочный коэффициент.

$$K_{\text{Р}} = \frac{T_{\text{К}}}{T_{\text{К}} - T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ПР}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

где  $T_{\text{К}}=365$  - количество дней в году;

$T_{\text{ВЫХ}}=52$  - количество выходных дней в году;

$T_{\text{ПР}}=14$  - количество праздничных дней в году.

Среднеквадратичное отклонение определяется по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{(t_{\text{МАКС}} - t_{\text{МИН}})^2}{5^2}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 - Данные расчета трудоемкости по этапам

Название работы	Исполнитель	Трудоемкость работ (чел – дни)			Длительность работ (дн.)			
					$T_{P_i}$		$T_{K_i}$	
		$t_{\text{mini}}$	$t_{\text{maxi}}$	$t_{\text{ож},i}$	НР	Ин	НР	Ин
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	7	4	4	-	4,8	-
Составление и	НР, И	3	7	4,6	2,3	2,3	2,8	2,8

утверждение ТЗ								
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	17	12	6	6	7,32	7,32
Разработка календарного плана	НР, И	1	3	1,8	0,9	0,9	1,09	1,09
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	2	5	3,2	1,6	1,6	1,95	1,95
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	5	10	7	3,5	3,5	4,27	4,27
Расчет принципиальной схемы устройства	И	3	5	3,8	-	3,8	-	4,36
Разработка макета устройства	И	5	12	7,8	-	7,8	-	9,52
Написание программ	И	7	20	12,2	-	12,2	-	14,88
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	2	5	3,2	1,6	1,6	1,95	1,95

Оформление расчетно пояснительной записки	И	1	2	1,4	-	1,4	-	1,70
Оформление материала	И	5	15	9	-	9	-	10,9 8
Подведение итогов	НР, И	1	4	2,2	1,1	1,1	1,34	1,34
Итого				Руководител ь Инженер	21	51,2	25,5 2	62,1 6



Проведя оценку трудоемкости, получена возможность выявить необходимое время на выполнение перечня работ. Определена продолжительность выполнения работ.

### 3.4 Расчет материальных затрат на создание прототипа

Материальные затраты – это затраты на необходимые материалы (основные и вспомогательные), на полуфабрикаты и комплектующие изделия (контрольно-записывающая аппаратура, приборы, насосы, редукторы и другие устройства, выпускаемые промышленностью и устанавливаемые на оборудовании при его изготовлении), а также затраты на электроэнергию, и теплоэнергию.

В состав материальных затрат дипломного проекта входят такие элементы, как:

1. Сырье и материал.
2. Покупные материалы (микросхемы).
3. Покупные комплектующие (радиоэлементы).

Расчет материальных затрат (таблица 3.5) осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + \kappa_T) \cdot \sum_{i=1}^Q C_i \cdot N_{расхi}$$

Таблица 3.5 – Материальные затраты на создание прототипа.

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, руб.	
			Пост.1	Пост.2	Пост.1	Пост.2
Микроконтроллер	Шт.	1	330	560	412,5	700
Печатная плата	Шт.	1	100	120	125	150
Микросхема драйвера	Шт.	1	250	440	312,5	550
Микросхема стабилизатора напряжения	Шт.	3	130	150	487,5	562,5
Светодиоды	Шт.	19	5	23	118,75	546,25

Резисторы	Шт.	64	3	3	240	240
Конденсаторы	Шт.	76	4	8,2	380	779
Разъем	Шт.	13	16	20	260	325
Блок питания	Шт.	1	540	760	675	950
Бумага для принтера	Упаков.	1	150	120	187,5	150
Припой	метр	1	120	120	150	150
Электродвигатель	Шт.	1	650	750	812,5	937,5
Итого			2298	3074,2	4161,25	6040,25

Цены на электронные элементы у обоих поставщиков не имеют большого разброса, в отличие от цены драйвера и микроконтроллера, следовательно, целесообразней заказывать у первого поставщика.

### 3.5 Расчет затрат на электроэнергию

Для реализации дипломного проекта необходимо оборудование, которое позволяет протестировать, отладить готовую разработку. На кафедре есть все необходимое оборудование, поэтому нет необходимости рассчитывать затраты на покупку оборудования. Надо рассчитать затраты на электричество.

Используемое оборудование: осциллограф; вольтметр; источник питания; персональный компьютер; паяльник; настольная лампа.

Для расчета затрат на электроэнергию (таблица 3.6) используется следующая формула:

$$\mathcal{E}_{об} = P_{об} \cdot C_{э} \cdot t_{об}$$

Время работы оборудования вычисляется исходя из календарного плана.

Таблица 3.6 – Затраты электроэнергии.

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт.)	Тарифная цена $C_{э}$ (кВт/ч)	Затраты $\mathcal{E}_{об}$ (руб.)
Осциллограф	10	0,05	3,1	1,55
Вольтметр	10	0,01		0,31
Источник	20	0,015		0,93

питания			
Персональный компьютер	200	0,3	186
Настольная лампа	300	0,1	93
Итого	530	0,475	281,79

Итоговые затраты на электроэнергию составляют:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = 281,79 \text{ руб}$$

Данная сумма является небольшой относительно других расходов и особой роли не играет.

### 3.6 Расчет затрат на заработную плату

Этот этап включает в себя основную и дополнительную заработную плату научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении данной работы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ, уровня образования сотрудника и географического положения предприятия.

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

Для начала необходимо рассчитать основную заработную плату:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_\phi}$$

$F_\phi$  - действительный годовой фонд рабочего времени

Таблица 3.7 – Баланс рабочего времени.

Показатель рабочего времени	Научный руководитель	Инженер (студент)
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	44	48
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Месячный должностной оклад работника рассчитывается исходя из следующей формулы:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + \kappa_{np} + \kappa_d) \cdot \kappa_p$$

Дополнительная заработная плата является доплатой, учитывающей условия труда, отклоняющейся от нормальной, а также выплаты, которые связаны с обеспечением компенсаций, гарантий. Величина дополнительной заработной платы определяется Трудовым кодексом РФ.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = \kappa_{доп} \cdot Z_{осн}$$

Полученные данные занесем в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет оплаты труда.

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол – во раб. дн.	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	36174	10852	47026	2138	21	44898
Инженер - проектировщик	21611	6483	28094	1277	52	66404
Итого:						111302

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэф. доплаты	Основная заработная плата руб.	Дополнительная заработная плата руб.	Полная заработная плата руб.
Руководитель	0,15	44898	6735	51633
Инженер - проектировщик	0,12	66404	7969	74373
Итого				126006

Рассчитаны заработные платы с учетом всех особенностей согласно формулам. Заработная плата инженера – проектировщика больше, чем у руководителя.

### 3.7 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

В данном разделе будут рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды, согласно законодательству РФ, являются обязательными, а именно отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = \kappa_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{дон})$$

Отчисления во внебюджетные фонды представим в таблице 3.10:

Таблица 3.10 - Отчисления во внебюджетные фонды.

	Научный руководитель	Инженер (студент)
Основная заработная плата тыс. руб ( $Z_{осн}$ )	44898	66404
Дополнительная заработная плата тыс. руб ( $Z_{дон}$ )	6735	7969
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды ( $\kappa_{внеб}$ )	0,302	
Отчисления во внебюджетные фонды руб	15594	22461
Итого руб.	38055	

Рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды: учтены отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

### 3.8 Формирование бюджета затрат проекта

Суммируя все статьи расходов, получим общую себестоимость проекта, полученные результаты занесем в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Общие расходы.

Статья расходов	Стоимость (Ист. 1) руб.	Стоимость (Ист. 2) руб.
Материальные затраты	4161,25	6040,25
Затраты на электроэнергию	281,79	
Затраты на заработную плату	126006	
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	38055	
Итого	168505	170384

Вывод: величина общих затрат отличаются незначительно, и как видно из таблицы наибольшее количество средств будут направлены на заработную плату исполнителям проекта.

### 3.9 Оценка эффективности проекта

Немаловажным критерием расчета является оценка эффективности дипломного проекта, его оценка связана с определением двух средневзвешенных величин:

- Показатель финансовой эффективности;
- Показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

Таблица 3.12 – Эффективность исполнения проекта.

Параметр	$\Phi_{pi}$ руб.	$\Phi_{max}$ руб.	$I_{финр}^{исп.i}$
Исполнитель 1	168505	397386	0,424
Исполнитель 2	170384		0,429

Из таблицы 3.12 видно, что интегральный показатель не сильно отличается. Он имеет величину меньшую единицы, но больше нуля, что отражает численное удешевление стоимости разработки.

Теперь производится расчет ресурсоэффективности. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^N a_i \cdot b_i$$

Расчет ресурсоэффективности производится по каждому критерию, по которому характеризуется готовый рабочий прототип (удобство эксплуатации, точность позиционирования и т.д.) и заносится в следующую таблицу.

Таблица 3.13 – Ресурсоэффективность.

Критерий	Весовой коэффициент	Балльная оценка	
		Исп. 1	Исп. 2
Удобство в эксплуатации	0,1	7	5
Точность позиционирования	0,25	7	9
Помехоустойчивость	0,1	8	9
Энергосбережение	0,15	2	5
Надежность	0,25	6	8
Материалоемкость	0,05	2	5
Цена	0,1	2	4
Итого	1	34	45

Анализируя таблицу 3.13, рассчитывается интегральная оценка эффективности для двух исполнений.

$I_{p1} = 5.35$  показатель ресурсоэффективности для первого исполнения;

$I_{p2} = 7.05$  показатель ресурсоэффективности для второго исполнения.

Получив значения коэффициентов ресурсоэффективности и финансовой эффективности, рассчитывается показатель эффективности разработки:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}$$

$I_{исп.1} = 23.67$  интегральный показатель эффективности вариантов;

$I_{исп.2} = 31.06$  интегральный показатель эффективности вариантов.

Для качественного анализа используется сравнительная эффективность проекта (таблица 8.13).

$$\mathcal{E}_{cp.} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

$$\mathcal{E}_{cp.} = 0,762$$

Таблица 3.14 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный показатель финансовой эффективности	0,424	0,429
Интегральный показатель ресурсоэффективности	5,35	7,05
Интегральный показатель эффективности вариантов	23,67	31,06
Сравнительная эффективность	0,762	

Сравнительная эффективность  $\mathcal{E}_{cp.}$  меньше единицы, это говорит о том, что второй вариант исполнения разработки более эффективен с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности. Поэтому для создания прототипа выбирается именно он.

### **Выводы по разделу финансовый менеджмент**

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, были определены:

- необходимые этапы работ, перечень работ и распределение между исполнителями;
- продолжительность выполнения работ;
- затраты на создание прототипа;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на заработную плату;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- бюджет проекта.

Проведена оценка эффективности проекта, выбран оптимальный вариант исполнения

## **4. Социальная ответственность**

### **Введение**

В данной магистерской диссертации объектом исследования является способы управления электроприводом датчика профилометра с использованием микроконтроллеров. В разделе социальная ответственность будет рассмотрено влияние ФЭС как на человека, так и на окружающую среду.

### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Контроль условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Данный контроль заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих

обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в первую очередь несет руководитель. Согласно списку №1 производств, работ, профессий, должностей и показателей на подземных работах, на работах с особо вредными и особо тяжелыми условиями труда, выполнение работ, связанных с окислами свинца, являются вредными, следовательно, проведение радиомонтажных работ относится к вредному производству. Тогда, согласно ст. 267 ТК РФ, к связанной с пайкой работе не допускается лица, не достигшие совершеннолетнего возраста. Не смотря на вредность, согласно ст. 253 ТК РФ, нет ограничения применения труда женщин на данный вид работ. К проведению радиомонтажных работ допускаются лица, прошедшие специальное обучение и не имеющих медицинских

противопоказаний (так же, согласно ст. 213 ТК РФ лица, поступающие на работу с вредными условиями труда, обязаны проходить предварительный (в дальнейшем периодические) медицинские осмотры).

#### **4.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны**

Организация рабочего места заключается в обеспечении условий, исключающих утомляемость и профессиональные заболевания и выборе необходимой технической базы для обеспечения этих условий.

Помещение, в котором расположено рабочее место должно иметь большие и чистые окна. Большие окна дают необходимую освещенность на рабочем месте с естественным дневным светом. Следует предусмотреть на окнах светлые шторы, например из белого или голубого шелка, которые позволяют создать белый рассеянный свет в яркий солнечный день и предотвратить попадание прямых солнечных лучей на рабочее место и в лицо сотрудника, которые раздражающе действуют.

Для обеспечения благоприятных условий микроклимата помещение должно быть оборудовано системой вентиляции.

При выполнении экспериментальной части, установка была размещена на высоте 1,5м на столе, управление происходило с компьютера, путем связи его с платой через USB – порт.

Согласно ГОСТ 12.2.033-78 при выполнении работ стоя, рабочее место должно обеспечивать свободный доступ ко всем необходимым элементам экспериментальной установки, при этом, высота расположения рабочего места не должна быть ниже 1060 мм.

Планировка рабочего места должна предусматривать:

- Возможность выполнения рациональных движений, необходимых для осуществления трудового процесса;

- Наиболее экономное использование производственных площадей, рациональное расположение приборов и оснастки в соответствии с последовательностью технологического процесса, возможность экономных движений оператора для осуществления трудового процесса и его безопасность.

### Производственная безопасность

На рабочих в процессе их деятельности могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы. Для их определения воспользуемся [1].

Перечень опасных и вредных факторов приведен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Перечень опасных и вредных факторов при проектировании системы электроснабжения [1]

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
2. Превышение уровня шума				СН 2.2.4/2.1.8.562–96
3.Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016
4. Повышенный уровень вибрации		+	+	СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96.
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
6.Зрительное напряжение	+	+	+	СП 2.2.3670-20
7.Нервно-психические перегрузки	+	+	+	СП 2.2.3670-20
8.Термические опасности	+	+	+	ГОСТ 12.1.009-2017

9.Короткое замыкание		+	+	ГОСТ 26522–85 ГОСТ 28249–93
10.Статическое электричество		+	+	ГОСТ ИЕС 61340–5–1–2019
11.Пожаровзрывоопасности		+		ГОСТ 12.1.004-91

### 4.3 Анализ опасных, вредных факторов и мероприятия по снижению уровней воздействия

#### 4.3.1 Микроклимат рабочей зоны

Состояние здоровья человека и его работоспособности в большей степени зависят от микроклимата на рабочем месте. Рабочие, не имея возможности эффективно влиять на протекающие в атмосфере климатообразующие процессы, располагают качественными системами управления факторами воздушной среды внутри производственных помещений.

Под микроклиматом понимают климат внутренней среды помещений, который определяется совместно действующими на организм человека относительной влажностью, температурой и интенсивности теплового излучения, а также температурой окружающих поверхностей согласно ГОСТ 12.1.005-88[4].

В соответствии с [15], в зависимости от периода года и категории выполняемых работ по уровням энергозатрат, устанавливаются оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата, представленных в таблице 2.

Таблица 4.16 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Время года	Категория работы по уровням энергозатрат, ккал/ч	Температура, °С	Относительная влажность, %	Средняя скорость движения воздуха, не более 3 м/с
Холодный	1б(140-174)	19 - 21	60 – 40	0.1

Тёплый	16(140-174)	20 - 22	60 - 40	0.1
--------	-------------	---------	---------	-----

Таблица 4.17 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Время года	Категория работы по уровням энергозатрат, ккал/ч	Температура, °С		Относительная влажность, %	Средняя скорость движения воздуха, не более 3 м/с
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		
Холодный	16(140-174)	19,0 – 20,9	21,1-24,0	15 – 75	0.2
Тёплый	16(140-174)	20,0 – 21,9	24,1-28,0	15 - 75	0.3

Рекомендации по созданию оптимальных условий:

- отопление в холодный период года
- система вентиляции в теплый период года.

#### 4.3.2 Освещение

Свет – это один из важнейших факторов внешней среды, который оказывает разносторонне биологическое действие на организм и играющий важную роль в сохранение здоровья и высокой работоспособности. Повышенная производительность труда, высокий уровень работоспособности и положительное психологическое действие на человека в высокой степени зависит от правильно спроектированного освещения. Для этого устанавливают нормативные уровни освещенности, которые описаны в документе СП 52.13330.2016, уровни представлены в таблице 4.18 [7].

Таблица 4.18 – Уровни освещённости рабочей зоны

Место, площадка	Плоскость, в которой	Освещенность рабочей поверхности,
-----------------	----------------------	-----------------------------------

	нормируется освещенность	лм
Лаборатория	горизонтальная	300

В нашем случае наименьший размер различаемого объекта от 1 мм, что соответствует характеристике выполняемой работы малой точности. Исходя из этого коэффициент естественной освещенности (КЕО) должен быть обеспечен не меньше 1,0% при боковом освещении и 3% при верхнем и комбинированном.

Произведём расчёт освещения лаборатории. Лаборатория имеет следующие размеры: длина  $A = 9$  м, ширина  $B = 6,3$  м, высота  $H = 4$  м. Высота рабочей поверхности  $h_{pn} = 1,5$  м. Коэффициент отражения стен  $R_c = 30$  %, потолка  $R_n = 50$  %. Коэффициент запаса  $k = 1$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1,1$ .

Приняв высоту свеса светильников  $h_c = 0,1$  м, определяем расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{pn} = 4 - 0,1 - 1,5 = 2,4 \text{ м}$$

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{9 \cdot 6,3}{2,4 \cdot (9 + 6,3)} = 1,54$$

Выбираем светодиодную лампу СДЛ–КС 7103 Geniled , её мощность равна  $P=40$  Вт, световой поток  $\Phi_{л}=4300$  Лм. Коэффициент использования светового потока для данного типа ламп:  $\eta = 0,6$ .

Принимаем  $E_H$  – минимальный уровень освещённости, равным 300 Лм. Определяем потребный световой поток ламп:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot k \cdot Z}{\eta} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 6,3 \cdot 1 \cdot 1,1}{0,6} = 31185 \text{ Лм}$$

Определяем количество ламп:

$$n_{л} = \frac{\Phi}{\Phi_{л}} = \frac{31185}{4300} = 7,25$$

Для равномерного освещения разместим 9 ламп в 3 ряда, по 3 лампы в каждом ряду, схема показана на рисунке 2.1.3.1

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 9 \cdot 40 = 360 \text{ Вт}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$A / 6 = 1,5\text{м}; \quad B / 6 = 1,05\text{м}$$

Расстояние между светильниками:

$$2 \cdot A / 6 = 3\text{м}; \quad 2 \cdot B / 6 = 2,1\text{м}$$

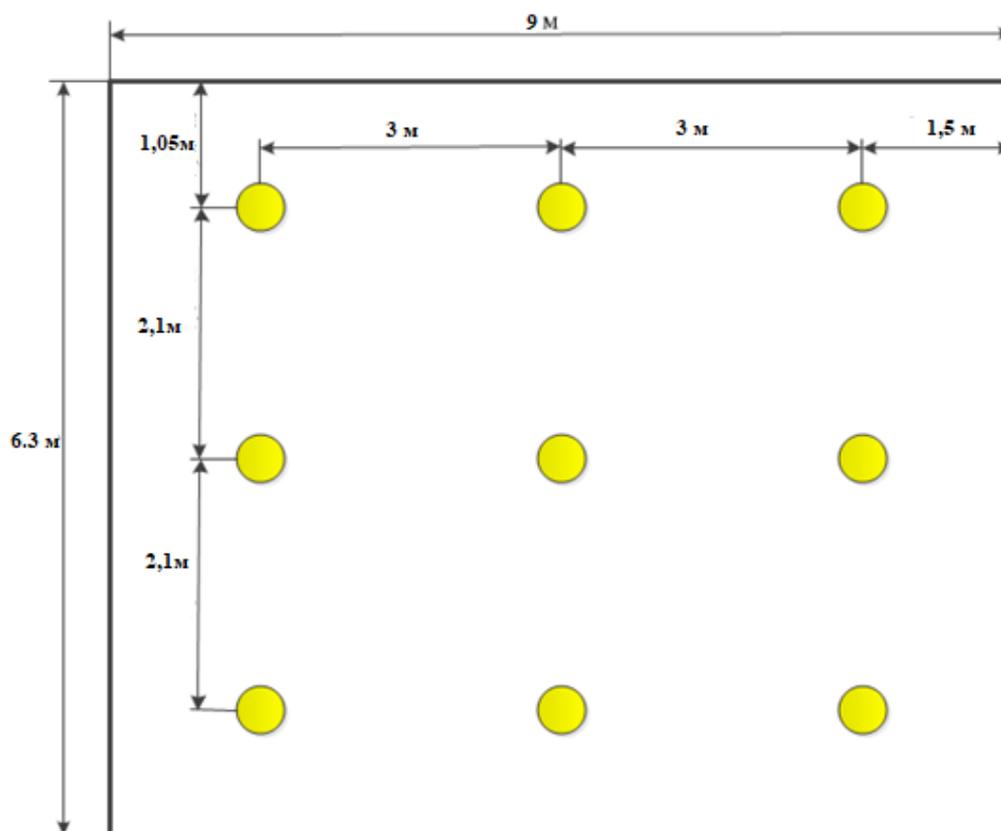


Рисунок 23 – План размещения светодиодных ламп в кабине судна

Согласно проведенным измерениям, уровень естественного и искусственного освещения в допустимых пределах 300 – 500 лм.

#### 4.3.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Основными источниками электромагнитных излучений являются персональный компьютер.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с проявлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, допустимым уровнем напряженности является 20 кВ/м в течение часа, а предельно допустимым уровнем – 60 кВ/м в течение часа.

Если измерение параметров электромагнитного излучения в условиях эксперимента не представляется возможным, то оценка может быть проведена по паспорту оборудования.

Таким образом, на расстоянии полуметра монитор излучает электромагнитное поле величиной 2 мГс, а такая доза начинает плохо воздействовать на организм.

На расстоянии 10 см от экрана индукция равна от 8 до 10 мТл, что не превышает норму.

Расстоянием, безопасным для человека, работающего за компьютером, является 80 см и более от экрана монитора.

#### **4.3.4 Электрический ток, короткое замыкание**

Опасным фактором на рабочем месте является наличие большого числа электрооборудования и, как следствие, возможность поражения электрическим током. Электрический ток является опасным для здоровья и жизни персонала непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью. Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Основным источником электрического тока является источник питания силовой части драйвера управления электроприводом.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 4.19 [9].

Таблица 4.19 – допустимые значения напряжения и токов прикосновения

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2	0,3

*Примечания: 1 Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения. 2 Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза.*

При разработке защиты персонала от поражения электрическим током необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие пункты:

- Категория помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- Требования к электрооборудованию;
- Мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- Обоснование мероприятий и средств защиты, работающих против поражения электрическим током.

Согласно ПУЭ, меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

Обязательными мерами защиты является проведение инструктажей по технике безопасности, плановые осмотры оборудования, наличие предупреждающих вывесок.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

#### **4.3.5 Зрительное напряжение и нервно-психические перегрузки**

Зрительное и умственное перенапряжение возможно в результате длительной умственной работы в условиях нерациональной ее организации. При этом нарастает напряжение, нарушается равновесие нервных процессов, что проявляется в форме неврозов, функциональных расстройств.

При симптомах психического перенапряжения необходимо:

- дать нервной системе расслабиться;
- рационально чередовать периоды отдыха и работы с помощью регламентированных перерывов;
- ложиться спать в одно и то же время;
- в тяжелых случаях обратиться к врачу.

Трудовой кодекс говорит о следующих перерывах в работе в течение рабочего дня:

- перерыв для отдыха и питания (так называемый обеденный перерыв) (ст. 108 ТК РФ);
- специальные перерывы, обусловленные технологией и организацией производства и труда (ст. 109 ТК РФ).

Перерыв делается раз в час на 10–15 мин, что соответствует нормам.

#### **4.3.6 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны**

Исследуемый прибор состоит из следующих элементов: микроконтроллер, различные базовые компоненты радиоэлектроники. Электрическое соединение компонентов на печатной плате проводится при помощи пайки. Пайка осуществляется преимущественно оловянно-свинцовым припоем, с использованием канифоли (флюсов). При пайке, напылении, выплавке припоев и флюсов в окружающую среду поступают аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы окислы металлов (марганца,

хрома, никеля, железа, меди, титана, алюминия), а также токсичные газы (окись углерода, фтористые, хлористые, бромистые соединения, окислы азота).

В таблице 6 приведены вещества, которые выделяются при пайке, а также класс опасности и предельно-допустимые концентрации (ПДК) для припоев (ГН 2.2.5.686-98).

Таблица 4.20 – Класс опасности и ПДК припоев.

Вещество (состав)	Класс опасности	ПДК в воздухе рабочей зоны мг / м <sup>3</sup>
Припой ПОС 61	1	0,05 (по свинцу)

Класс опасности по степени воздействия на организм: 1 – чрезвычайно опасные.

Лаборатория должна быть оснащена вытяжной вентиляцией, а исследователь должен использовать индивидуальные средства защиты.

#### **4.3.7 Движущиеся части машин и механизмов**

Процесс подготовки печатной платы к монтажу включает в себя рихтовку, формовку, обрезку, лужение, сверление отверстий, а также заготовка самой печатной платы. Травмы могут быть вызваны движущимися, вращающимися частями, режущими острыми кромками, колющими острыми выступами, заусенцами, недостаточной устойчивостью изделия. Поэтому, во избежание несчастного случая необходимо быть предельно аккуратным. Перед работой с установкой необходимо пройти проверку знаний и инструктаж по технике безопасности. Так же, опасность представляет сварная механическая конструкция, предназначенная для снятия параметров с электропривода.

### **4.3.8 Термическая опасность**

При пайке компонентов можно получить серьезный ожог. Чтобы исключить такой случай, необходимо соблюдать технику безопасности при работе с паяльником. Коротко сформулированы следующие правила:

1. Проверить исправность паяльника;
2. Держать паяльник только за ручку, избегая прикосновения к жалу;
3. При пайке не наклоняться над паяльником ближе 20 см, во избежание попадания брызг олова и горячих паров газа;
4. Не работать вблизи легковоспламеняющихся предметов;
5. В перерывах между работой паяльник ставить на подставку;
6. В перерывах между работой отключать питание паяльника;
7. При выключении не тянуть за провод.

## **4.4 Экологическая безопасность**

### **Анализ воздействия объекта на атмосферу, литосферу**

Охрана окружающей среды — это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения — это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. В научно-исследовательской работе проектируется прибор, состоящий из множества микросхем, электрическое соединение которых производится при помощи пайки. Пайка осуществляется оловянно-свинцовым припоем. Свинец является одним из токсичных металлов и включен в списки приоритетных загрязнителей окружающей среды. Поэтому в последние годы человечество отказывается от свинцовых припоев и покрытий, что ведет к изменению технологии пайки и инфраструктуре сборочных средств. Происходит корректировка режимов пайки и, как следствие, доработка технологического оборудования. На предприятиях, задерживающих переход к безсвинцовым припоям в связи со

спецификой производства, используются специальные угольные фильтры для частичной, или полной, нейтрализации вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Одним из опасных источников загрязнения окружающей среды является производство печатных плат (ПП), представляющий собой комплекс сложных химико-технологических процессов.

Химические и гальванические процессы, нагружающие окружающую среду, относятся:

1. Оксидирование внутренних слоев многослойных печатных плат (МГТП);
2. Очистка стенок отверстий плат;
3. Химическая металлизация отверстий или нанесение проводящего покрытия;
4. Гальваническое меднение;
5. Гальваническое покрытие сплавом олово-свинец или нанесение альтернативного защитного покрытия;
6. Травление меди с пробельных мест;
7. Химические и гальванические покрытия никелем и золотом.

Для выполнения всех вышеперечисленных процессов используется широкая номенклатура опасных растворов и электролитов.

Наивысшей степенью опасности обладают растворы для металлизации отверстий ПП, содержащие ионы меди, формальдегиды и комплексообразователи. Также высокой опасностью обладают растворы для гальванических покрытий никелем, медью, золотом.

Таким образом, производство печатных плат является потенциально опасным источником загрязнения окружающей среды в связи с использованием довольно широкого ассортимента неорганических и органических соединений и с возможным содержанием в сточных водах токсичных тяжелых металлов.

В последние годы очистке сточных вод в многочисленных гальванических производствах и в процессах изготовления печатных плат уделяется довольно серьезное внимание. Выпущено значительное число публикаций по обработке сточных вод и уменьшению нагрузки на

окружающую среду. Очистка сточных вод от процесса изготовления печатных плат описана, например, в работах.

Имеется большой выбор химических, электрохимических, сорбционных, мембранных и других методов очистки промывных и сточных вод. В литературе представлены также разнообразные методы регенераций отработанных растворов и электролитов. При этом, однако, отмечается, что, уменьшая вредное воздействие сточных вод гальванического производства, системы очистных стоков, в свою очередь, приводят к появлению другого фактора, оказывающего вредное воздействие на окружающую среду, - отходов очистных сооружений. Кроме того, несмотря на значительный прогресс в области очистки сточных вод в гальванических производствах и производствах печатных плат, ни один из применяемых сегодня методов очистки не обеспечивает в полной мере современных требований: очистки до норм ПДК, особенно по ионам тяжелых металлов, исключение из производства токсичных для окружающей среды химикатов. Часто достижение экологических норм затрудняется высокой финансовой стоимостью очистных сооружений. Процессы регенерации требуют финансовых вложений, особенно на стадии установки и запуска их в работу. Сбросы концентрированных отработанных растворов, а также аварийные сбросы неудовлетворительно работающих растворов часто связаны с несовершенством методологии аналитического контроля, направленного, прежде всего, на контроль качества процесса без учета требований экологического обеспечения производства. Совершенствование каждой стадии процесса иногда не только не решает экологические проблемы, но и создает дополнительные на последующих стадиях процесса.

Электронные компоненты отправляют на аффинажный завод. При этом оформляется паспорт по извлеченным драгоценным металлам (ДРМ). Все драгоценные металлы, полученные в процессе аффинажа, по закону, должны быть сданы государству. В противном случае утилизация может быть расценена как незаконный оборот драгметаллов. Поэтому при передаче компьютеров очень важно правильно оформить всю сопутствующую документацию. Это позволит избежать проблем с контролирующими органами.

#### **4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При создании прибора может возникнуть чрезвычайная ситуация техногенного характера – пожар.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12.1.033 – 81 понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

1. Использование только исправного оборудования;
2. Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
3. Назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
4. Издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;
5. Отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
6. Курение в строго отведенном месте;
7. Содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Основными видами пожаротушения являются огнетушители. Оборудовать помещение воздушно-пенными огнетушителями нельзя, поэтому для ликвидации применяются огнетушители, представленные в таблице 4.21 [13]. Стоит заблаговременно приготовить диэлектрические перчатки и боты, а также предусмотреть защиту органов дыхания.

Таблица 4.21 – Безопасное расстояние тушения пожара

Напряжение, кВ	Безопасное расстояние	Огнетушители
До 0,38	Не менее 1 метра	Хладоновые
До 1	Не менее 1 метра	Порошковые

### **Выводы по главе «социальная ответственность»**

Изучены правовые и организационные вопросы обеспечения производственной, экологической безопасности, безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Проведен анализ вредных факторов рабочего процесса, оценено влияние на самочувствие работника, найдены пути минимизации и устранения вредного влияния на здоровье человека.

Изучено воздействие на экологию, найдены пути минимизации и устранения вредного влияния на экологию.

Продумана система реагирования в чрезвычайных ситуациях.

Изучены правовые вопросы: Трудовой кодекс Российской Федерации.

Продуманы организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

## **Заключение**

Результатом выполнения магистерской диссертации стала разработанная система управления шаговым двигателем датчика профилометра.

В первом разделе был осуществлен обзор источников литературы по тематике исследования, описаны виды и принципы действия шаговых двигателей, описана конструкция датчика профилометра.

Во втором разделе были выбраны и описаны основные элементы схемы для управления шаговым двигателем, описана разработанная схема управления.

В третьем разделе приведен календарный план-график работ выполнения диссертации, рассчитана смета затрат на разработку темы проекта.

В четвертом разделе проведен анализ на выявление опасных и вредных факторов рабочего места, разработаны меры по снижению воздействия этих факторов на человека. Рассмотрены вопросы по производственной санитарии, технике безопасности, пожарной безопасности и охране окружающей среды.

## Список использованной литературы

1. Катен-Ярцев А.С. Методы рельсовой дефектоскопии: учебное пособие – Хабаровск Изд-во ДВГУПС, 2011. – 69 с
2. Гурвич А.К., Довнар Б.П., Козлов В.Б., Круг Г.А., Кузьмина Л.И., Матвеев А.Н. Неразрушающий контроль рельсов при их эксплуатации и ремонте / Под ред. А.К. Гурвича. – М.: Транспорт, 1983. – 318 с.
3. Профилометры. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ntsexpert.ru/vic/profilometry>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Т. Кенио, Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления, Москва: — Энергоатомиздат, 1987 г. — 189 с.
5. Шаговые двигатели: учеб. пособие, А. В. Емельников, А. Н. Шилин, ВолГТУ. —Волгоград, 2005г. — 48с.
6. Электропривод. Разработка и производство шаговых, вентильных, коллекторных электроприводов. Продажа электродвигателей, моторредукторов. [электронный ресурс]: — Режим доступа: <http://electroprivod.ru/bipolar.htm> (дата обращения: 02.03.20).
7. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М. Г. Карпунина и Б. И. Майданчика. –М.: Высшая школа, 1980. –175 с.
8. Белянин Л.Н. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности: Учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 77 с.
9. Компэл. Электронные компоненты. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.compel.ru/infosheet/ST/SPWF01SA.11>, свободный.– Загл. с экрана.
- 10.ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- 11.ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
- 12.СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
- 13.ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 14.ГН 2.2.5.686-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

15. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566–96 «2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8 Физические факторы окружающей природной среды».
16. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
17. ГОСТ 12.1.009-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения».
18. ГОСТ 12.1.038-82. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
19. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение, обращение с отходами.
20. ГОСТ Р 22.3.03 – 94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»
21. Правила устройства электроустановок [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Норматика, 2016. – 464 с., ил – (Кодексы. Законы. Нормы).
22. СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы».
23. Трудовой кодекс Российской Федерации (по состоянию на 1 октября 2017 года). – Новосибирск: Норматика, 2017. – 208 с. – (Кодексы. Законы. Нормы).
24. СанПиН 9-80-98 «Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений»
25. ГОСТ 12.1.033 – 81 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения»