

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Модернизация учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка»</b>

УДК 004.415.2:007.52№78.169

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Дацин		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна васильевна	к.э.н.		20.04.2022 г.

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
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного

Код компетенции	Наименование компетенции
	количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления

Код компетенции	Наименование компетенции
	процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и

Код компетенции	Наименование компетенции
	сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Громаков Е.И.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Цзян Дацин

Тема работы:

<b>Модернизация учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка»</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14, февраля, 2022 г. №45-49/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10, июня, 2022 г.
--	-------------------

**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 учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка».</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка новой структуры стенда «Робот-бабочка»</li> <li>2. Разработка принципиальной схемы стенда «Робот-бабочка»</li> <li>3. Разработка программного обеспечения стенда «Робот-бабочка»</li> <li>4. Сборка лабораторного стенда</li> <li>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>6. Социальная ответственность</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Структурная схема автоматизированной системы.</li> <li>2. Экранные формы.</li> <li>3. Рисунки, демонстрирующие результаты</li> <li>4. Диаграмма Ганта</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	
<p>Социальная ответственность</p>	
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>14, февраля, 2022 г.</p>
--	-----------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доцент		14,02,2022
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна васьильевна	канд.экон.наук		
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Дацин		14,02,2022

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – весенний семестр 2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10, июня, 2022 г.
--	-------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Громаков Е.И	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Цзян Дацин

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней рыночной стоимости. Оклады в соответствии с окладами сотрудников организации.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электричество – 4 руб./кВт·ч Коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%);
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные внебюджетные фонды 30%;

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Представить оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определить интегральный показатель эффективности научного исследования

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	20.04.2022 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна васильевна	канд.экон.наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Дацин		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
158Т82		Цзян Дацин	
<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/ специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

<b>Модернизация учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b>	<p>Объект исследования: учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка».</p> <p>Область применения: помещения для лабораторных и научных исследований.</p> <p>Рабочая зона: лаборатория.</p> <p>Размеры помещения: 50 м<sup>2</sup>.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: лабораторный стол, персональный компьютер и стенд «Робот-бабочка».</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: модернизация оборудования, переключение оборудования, написание новых управляющих кодов и их отладка.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации</b>	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.</p> <p>ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p> <p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.</p> <p>СП 51.13330.2011 Защита от шума.</p> <p>МР 2.2.9.2311-07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).</p>

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p>	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень общей вибрации;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> <li>3. Недостаточная освещенность;</li> <li>4. Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>5. Нервно-психологические перегрузки, связанные с активным наблюдением за технологическим процессом.</li> </ol> <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поражение электрическим током;</li> <li>2. Короткое замыкание</li> <li>3. Статическое электричество</li> <li>4. Движущиеся машины, механизмы</li> </ol> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> беруши, защитные ограждения, огнетушитель, устройства защитного отключения.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p>Воздействие на селитебную зону: санитарная зона 100 м.  Воздействие на литосферу: утилизация компьютерной техники, люминесцентных ламп, макулатуры, утилизация рабочего мусора;  Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала;  Воздействие на атмосферу: двуокись углерода, образующийся при дыхании персонала.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв.  Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику <span style="float: right;">01.03.2022</span></p>	

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Цзян Дацин		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 80 страниц, содержит 22 рисунка, 20 таблиц, 25 источников литературы, 3 приложений.

Ключевые слова: Робот-бабочка, автоматизированная система управления, *STM32*, управление двигателем, компьютерное зрение, *Python*.

Объектом исследования является учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка».

Цель работы - модернизация учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка» для снижения барьера обучения и затраты на оборудование.

В процессе исследования проводились повторный выбор блоков обработки сигналов и блоков управления, Разработка новой структуры стенда «Робот-бабочка», Разработка принципиальной схемы стенда и Разработка принципиальной схемы стенда.

В результате исследования проведена разработка алгоритмической поддержки технических процессов, были разработаны алгоритмы для идентификации шариков и для технической эксплуатации оборудования. собран учебно-исследовательский стенд.

Область применения – стенд позволит исследования в области высокоточного управления движением для подготовки инженеров в учебных заведениях, в университетах, а также в различных исследовательских центрах.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в уменьшении расходов на изготовление устройства, не уступая при этом в эффективности зарубежным аналогам.

Для выполнения выпускной квалификационной работы использовались программные продукты *Microsoft Word*, *Microsoft PPT*, *Python*, *PyCharm*, *STM32CubeIDE*, *MATLAB*.

Задание на ВКР выполнено в полном объеме и разработка соответствует технологическому заданию.

## Определения, сокращения и обозначения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Принципиальная схема:** технический документ, устанавливающий цели, набор требований и ключевые исходные данные, требуемые на этапах разработки проектируемой системы;

**Автоматизированная система:** совокупность персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, которая реализует информационную технологию выполнения установленных функций;

**Энкодер:** это устройство для замеров тех или иных параметров цифровыми методами. К таковым могут относиться параметры передвижения деталей, углы их поворота, направление перемещения, скорость. Энкодер еще называют преобразователем угловых помещений;

**Микроконтроллер** (*англ. Micro Controller Unit, MCU*): микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами;

**Микрокомпьютер:** Микрокомпьютер представляет собой предельно уменьшенный в размерах процессорный блок с характеристиками, примерно, как у среднего ноутбука или вполне продвинутого планшета, но без экрана, внешне напоминающий флэшку;

**Круговое преобразование Хафа** (*Circle Hough Transform*): это базовый метод извлечения признаков, используемый в цифровой обработке изображений для обнаружения кругов на несовершенных изображениях. Кандидаты на круг создаются путем “голосования” в пространстве параметров Хафа, а затем выбора локальных максимумов в матрице аккумуляторов;

**Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор:** устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования

управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса.

В данной работе применены следующие сокращения и советуемые им расшифровки:

**САУ** – автоматизированная система управления технологическим процессом;

**ПК** – персональный компьютер;

**АСУ** – автоматизированная система управления;

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

**ПИД** – Пропорционально-интегрально-дифференцирующий;

**СУ** – Система управления.

## Оглавление

Введение.....	17
Обзор литературы.....	18
1. Описание технологического процесса.....	20
1.1 Общие сведения .....	20
1.2. Задачи автоматизации .....	22
1.3. Описание технологической установки .....	22
1.4. Выводы по первому разделу.....	23
2. Техническое обеспечение.....	24
2.1. Промышленный камер .....	24
2.2. Двигатель постоянного тока .....	26
2.3. Сервоконтроллер.....	27
2.4. Энкодер .....	28
2.5. Микроконтроллер .....	29
2.6. Блок питания .....	31
3. Модернизация оборудования и программного обеспечения стенда .....	33
3.1. Модернизация оборудования стенда «Робот-бабочка» .....	33
3.2. Модернизация программного обеспечения стенда «Робот-бабочка»....	35
3.3. Принцип работы стенда «Робот-бабочка» .....	37
4. Реализация и описание алгоритма.....	38
4.1. Принципиальная схема системы управления .....	38
4.2. Визуальное распознавание - преобразование Хафа .....	39
4.3. Управление двигателем – ПИД - регулятор.....	41
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	43
5.1. Потенциальные потребители результатов исследования .....	43
5.2. Анализ конкурентных технических решений.....	43
5.3. SWOT – анализ.....	45
5.4. Планирование научно-исследовательских работ .....	46
5.4.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	46

5.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....	47
5.5. Бюджет научно-технического исследования .....	50
5.5.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	50
5.5.2. Расчет амортизационных отчислений .....	52
5.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы .....	52
5.5.4. Дополнительная заработная плата .....	54
5.5.5. Отчисления во внебюджетные фонды.....	54
5.5.6. Накладные расходы .....	55
5.5.7. Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта	56
5.5.8. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования .....	56
5.6. Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	59
6. Социальная ответственность .....	61
6.1. Введение .....	61
6.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	62
6.3. Производственная безопасность .....	64
6.4. Экологическая безопасность .....	69
6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	70
6.6. Выводы по разделу .....	71
Заключение .....	73
Список использованных источников .....	74
Приложения А .....	77
Приложения В.....	79

## ВВЕДЕНИЕ

«Робот-бабочка» — это демонстрационный стенд, по треку в виде контура бабочки движется рыжий шарик, управляемый с помощью технического зрения. Это стенд для обучения будущих инженеров адаптивным и нечетким алгоритмам управления, с помощью которых будущие инженеры могут освоить системы компьютерного зрения, системы автоматического управления, мехатронику и их робототехнику.

В первоначальном варианте робот «бабочка» состоит из промышленной камеры, треки в виде контура бабочки, микрокомпьютера с системой *Linux*, микропроцессора *BeagleBone Black*, блок питания, энкодер, двигателя постоянного тока и его компонентов управления. Цель использования треки в виде контура бабочки — усложнить траекторию движения мяча по дорожке, поэтому роботизированная система получила название «Робот-бабочка». С помощью программы встроенной в систему робота, реализуется движение шарика по треку без падения (даже если состояние движения треки изменено) [1].

Но из-за высокой цены этого стенда и высокого барьера обучения он не нашел широкого применения в преподавании и исследованиях. Поэтому моя работа посвящена вопросам модернизации стенда «Робот-бабочка», чтобы сделать его более востребованным на рынке и снизить затраты на его разработку. И тема «Модернизация учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка» актуальна.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время существует мало работ на тему модернизации учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка», большинство из которых объясняют алгоритмы, используемые для определения координат шариков или системы внутреннего контроля.

Максим Суров в своей работе "Случай из практики манипуляций без захвата: планирование и орбитальная стабилизация однонаправленных роликов для Робот «*Butterfly*» (*Case study in non-prehensile manipulation: planning and orbital stabilization of one-directional rollings for the “Butterfly” robot*) объясняет, что динамика шарика обусловлена силой тяжести, а когда шарик соприкасается с направляющей бабочки, на динамику шарика влияют силы действия и реакции, поэтому в эксперименте необходимо учитывать недопривод и взаимодействие при одностороннем контакте качения/скольжения недопривод и взаимодействие в точке, иначе шарик легко соскочит с направляющей в форме бабочки. В статье авторы используют новый алгоритм для учета непрерывного катящегося состояния движения шарика, работая над следующими тремя гипотетическими предпосылками.

- Качение маленького шарика по направляющей рассматривается как качение цилиндра.
- В любой момент времени существует только одна точка контакта между шариком и направляющей в форме бабочки, и она не деформируется.
- Отсутствует скольжение шарика по направляющей [6].

В своей работе «Тематическое исследование: Робот-бабочка» (*Case study research: the Butterfly Robot*) Оскар Рёмир Лунд находит выполнимую траекторию для мяча с помощью теоретической модели (предполагая, что все в системе соответствует прогнозам или может быть смоделировано), но также перечисляет некоторые различия между теоретической и реальной системой, такие как

- возникновение новых степеней свободы, которые могут заставить шарик двигаться в других направлениях.
- Невозможность полностью смоделировать правильное трение, существующее между шариком и направляющей в форме бабочки.
- Нет никакой гарантии, что мяч не будет скользить во время движения; скольжение присутствует всегда и поэтому не может быть смоделировано правильно.
- Распределение массы шарика и направляющей в форме бабочки может привести к изменению центра тяжести системы, что влияет на устойчивость системы [7].

Авторы отмечают, что поскольку между теоретической и реальной моделями существует огромная погрешность, и, следовательно, теоретическая модель не может полностью корректно демонстрировать реальную модель, необходимы дополнительные данные для проверки правильности уравнений движения и выполнимых траекторий, выведенных из теоретической модели.

# 1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

## 1.1 Общие сведения

В 1998 году американский профессор Кевин Линч поставил задачу по перекатыванию шара по поверхности сложной формы, меняющей кривизну и знак кривизны. Задачу назвали «задачей робота-бабочки» [2]. Задача управления движением «Робот Бабочка» (*Butterfly robot*) способна очень точно управлять объектами манипуляций без захвата. К 2015 г. братья Ширяевы решили эту задачу, создав лабораторно-исследовательский комплекс «Робот Бабочка».

«Робот Бабочка» — это конструкция, в которой шарик катается по дорожке с траекторией, повторяющей цифру восемь, с выпуклостями и впадинками. Алгоритм им управляет так, чтобы шарик не скатывался с траектории и не падал. «Бабочка» позволяет просчитать алгоритмы движения — например хирургического скальпеля или робота, режущего мясо, робота-шахтера, робота-фрезеровщика и пр. — там, где требуется ловкость человеческой руки. И делает это в автономном режиме, без телеуправления. «Бабочка» в камеру видит движение шарика и дальше рассчитывает силу воздействия на объект манипуляции при помощи алгоритмов [3].

В первоначальном варианте учебно-исследовательский стенд «Робот Бабочка» состоит из камеры промышленного класса, компьютера с системой Linux, микрокомпьютера, панелей в форме бабочки, электрического двигателя постоянного тока, датчика угла поворота, усилителя тока для управления двигателем и компонентов управления. Робот с помощью встроенных в программу алгоритмов перекатывает шарик по двум пересекающимся кругам в форме бабочки, формируя то его ускорение, то замедление, не давая шарiku упасть. Шарик стремится упасть, но робот его постоянно подхватывает. Форма бабочки максимально усложняет траекторию. У шарика каждый раз разное расстояние от центра, в каждый момент времени у него разное ускорение, но робот с этим справляется. Встроенная видеокамера фиксирует положение

шарика, а программа рассчитывает, как роботу необходимо повернуть траекторию [4].

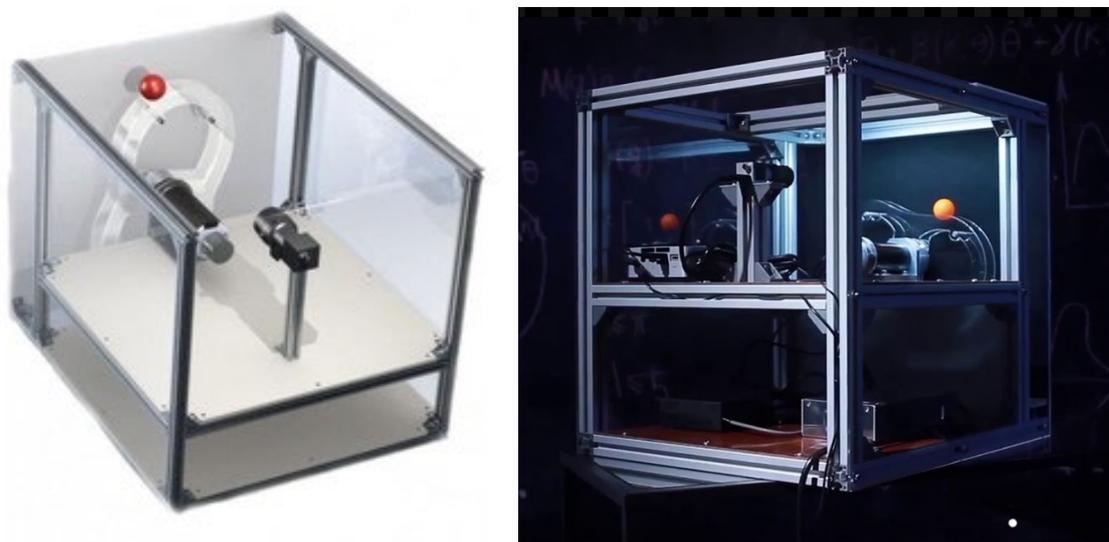


Рисунок 1 - внешний вид учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка»

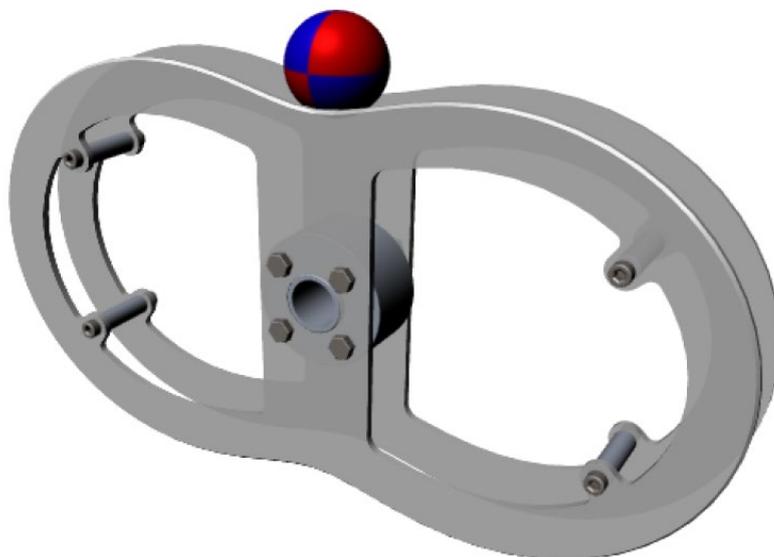


Рисунок 2 - Схематическое изображение робота «Бабочка», который состоит из шарика, катящегося (как по рельсам) по границам двух одинаковых рам, прикрепленных к двигателю постоянного тока.

## 1.2. Задачи автоматизации

В этом исследовательском задании мы модернизировали и улучшали учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка», который имеет высокий порог обучения, поскольку первоначальная система управления была основана на системе *Linux*, если перенести систему управления на систему *Windows*, разработчик не ограничен и может проводить исследования и обучение робота-бабочки, используя только персональный компьютер, что значительно снижает порог обучения и помогает устройству быть лучше принятым рынком. Кроме того, мы заменили оригинальный микропроцессор на *STM32*, который более приемлем для студентов университета, на базе новой структуры системы управления стенда студенты смогут выбирать микропроцессоры, такие как *STM32*, на ранней стадии, чтобы они могли продолжить изучение робота «бабочка» на основе *STM32*, который может начать работу быстрее. Во-вторых: *STM32* — это *ARM*, предназначенный для высокопроизводительных, недорогих и маломощных встраиваемых приложений, и его производительность также может удовлетворить потребности робота-бабочки. Третье: В сети больше обучающих материалов по *STM32*, которые можно использовать [5].

## 1.3. Описание технологической установки

Модернизация учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка» направлена на снижение затрат, уменьшение барьеров для обучения и придание ей большей актуальности в соответствии с текущей рыночной ситуацией. Для этой платформы мы внесли улучшения в две основные части блока модернизации, первая - замена системы управления на базе *Linux* на систему *Windows*, а вторая - замена микропроцессора *BeagleBone Black*, выполняющего обработку сигнала, на микропроцессор *STM3*.

Преимущества и недостатки системы *Windows* по сравнению с *Linux*:

- *Windows* и *Linux* — это две совершенно разные операционные системы. *Windows* — это коммерческая операционная система от

*Microsoft*, которая используется более чем на 90% компьютеров во всем мире. Очевидно, что *Windows* имеет гораздо большую базу пользователей и является более универсальной.

- Лучшая совместимость оборудования и простота обслуживания с системами *Windows*.
- Несмотря на высокую производительность и стабильность, *Linux* громоздка в эксплуатации и требует дополнительного обучения, что еще больше ограничивает прогресс исследований разработчиков [8].

С развитием современных технологий персональных компьютеров система *Windows* для персональных компьютеров постепенно улучшается, и уже нет существенной разницы между ее производительностью и производительностью системы *Linux*, а стабильность и безопасность также значительно улучшились, так что для нас станет реальностью пересадка системы управления на базе *Linux* на персональные компьютеры.

Мы заменили наш первоначальный микропроцессор *BeagleBone Black* на микропроцессор *STM32*, чтобы снизить затраты, а поскольку микропроцессор *STM32* отвечает требованиям системы управления и имеется больше общедоступных бесплатных учебных материалов, микропроцессор *STM32* также активно используется в промышленности.

#### 1.4. Выводы по первому разделу

Для решения этой исследовательской задачи мы выбрали следующие постановки:

Таблица 1- выбора оборудования

№	Установки	Производственные компании	Модель	Цена	Основные параметры
1	Промышленный камер	<i>Basler</i>	acA1300-200uc	\$521.35	Разрешение-1.3 МР Частота кадров-203 fps Требования к мощности-3 W Интерфейс-USB 3.0

№	Установки	Производственные компании	Модель	Цена	Основные параметры
2	Двигатель постоянного тока	<i>Maxon</i>	DC RE 50 Ø50 mm	€546.19	Номинальное напряжение-48V Номинальный ток-4.5А
3	Сервоконтроллер	<i>Maxon</i>	ESCON 70/10	€384.09	Двигатели постоянного тока до 700 Вт Рабочее напряжение Vcc (мин. - макс.) 10-70 В Температура - эксплуатация (мин. - макс.) -30 - 45 °С
4	Энкодер	<i>Scancon</i>	SCA50	€409.83	Диаметр - 50 mm Разрешение - до 12 500 pp Полый вал - ø 6 mm или 8 mm
5	Микроконтроллер	<i>ST</i>	STM32F3D ISCOVERY	\$15.44	Внешнее напряжение питания 3 В или 5 В Микроконтроллер <i>STM32F3</i> с 256-Кбайт флэш-памятью и 48-Кбайт ОЗУ в корпусе <i>LQFP100</i> Десять светодиодов
6	Блоки питания	<i>MEAN WELL</i>	NES-350-27	₽8000	Выходная мощность (ном) - 350 Вт Выход - 27 В Коэффициент мощности-55% КПД- 87% Рабочая температура - 20...60°С

## 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 2.1. Промышленный камер

Чтобы получить более высокое качество изображения для идентификации шариков, мы выбрали промышленную камеру от компании «BASLER», модель *basler acA1300-200uc*. Компания «BASLER» занимается разработкой и производством высококачественных цифровых камер для промышленного применения с 1988 года и на сегодняшний день являемся одним из мировых лидеров в этой отрасли. Промышленные камеры компании «BASLER» идеально подходят для применения в области технологий компьютерного зрения благодаря высокой стабильности изображения, высокой

пропускной способности и высокой помехоустойчивости по сравнению с другими камерами. Кроме того, в качестве опции доступны различные линзы и кабели передачи данных для удовлетворения различных промышленных требований. Мы решили использовать камеру HR 1.2/6 мм для передачи сигнала данных на ПК с помощью кабеля USB 3.0.

Технические характеристики и параметры промышленного камера представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Технические характеристики и параметры промышленного камера

Сенсор промышленного камера		Характеристики камеры	
Сенсор	<i>PYTHON 1300</i>	Интерфейс	<i>USB 3.0</i>
Размер пикселя (Г x В)	4.8 $\mu\text{m}$ x 4.8 $\mu\text{m}$	Цифровой вход	1
Частота кадров	203 fps	Цифровой выход	1
Тип сенсора	<i>CMOS</i>	Общий ввод/вывод	2
Монохромная / цветная	<i>Color</i>	Источник питания	<i>Via USB 3.0 interface</i>
Разрешение	1.3 MP	Требования к мощности (типичные)	3 W



Рисунок 3 – Внешний вид *basler acA1300-200uc*

## 2.2. Двигатель постоянного тока

Для данной научно-исследовательской задачи мы выбрали высокоточный двигатель постоянного тока фирмы «*Maxon*», тип RE 50 Ø50 мм. Компания «*maxon*» является ведущим мировым поставщиком высокоточных приводных систем. Двигатели постоянного тока *maxon* - это высококачественные двигатели, оснащенные мощными постоянными магнитами. Сердцем" двигателя является запатентованный во всем мире безжелезный ротор. Это означает передовую технологию в компактных, мощных и малоинерционных приводах.

Технические характеристики и параметры промышленного камера представлены в таблице 3:

Таблица 3 – Технические характеристики и параметры двигателя постоянного тока

Вид	Значения	Вид	Значения
Номинальное напряжение	24 V	Межфазное сопротивление	0.103 Ω
Номинальная скорость	5680 rpm	Макс. допустимая скорость	9500 rpm
Номинальный ток	10.8 A	Температура окружающей среды	-30...+100 °C
Максимальная эффективность	94%	Номинальный крутящий момент	405mNm
Константы скорости вращения	248rpm/V	Макс. допустимая температура обмотки	+125 °C
Вес	1100 g	Мощность	200 W



Рисунок 4 – Внешний вид *maxon RE 50 Ø50 мм*

### 2.3. Сервоконтроллер

Контроллер (сервоконтроллер) производит управление вращением серводвигателя. Сервоконтроллер (сервопривод) передает сигнал на серводвигатель. Сервопривод программируется под необходимые задачи данного оборудования. Сервоусилители используются в работе серводвигателей (сервомоторов) и обеспечивают управление сервомоторами. Для лучшего управления двигателем мы выбрали сервоконтроллер фирмы «*тахон*», модель *ESCON 70/10*. Внешний вид показан на рисунке 5. *ESCON 70/10* - это малогабаритный, мощный 4-квadrантный сервоконтроллер с ШИМ для высокоэффективного управления щеточными двигателями постоянного тока с постоянными магнитами или бесщеточными двигателями ЕС мощностью около 700 Вт. Сервоконтроллер подключается к ПК через интерфейс *USB* и может быть легко и эффективно параметрирован с помощью интерфейса «*ESCON Studio*».

Технические характеристики и параметры сервоконтроллера *ESCON 70/10* представлены в таблице 4:

Таблица 4 – Технические характеристики и параметры сервоконтроллера

Вид	Значения	Вид	Значения
Вес	259g	Тактовая частота ШИМ силового каскада	53.6 kHz
Рабочее напряжение $V_{cc}$ (мин.)	10 V	Макс. эффективность	98 %
Рабочее напряжение $V_{cc}$ (max.)	70 V	Макс. скорость (постоянный ток)	150000 rpm
Макс. выходное напряжение (коэффициент * $V_{cc}$ )	0.95	Цифровые выходы	2
Макс. выходной ток $I_{max}$	30 A	Аналоговые выходы	2
Непрерывный выходной ток $I_{cont}$	10 A	Диапазон температур	-30... 45 °C



Рисунок 5 – Внешний вид *tachon RE 50 Ø50 мм*

## 2.4. Энкодер

Для измерения скорости и направления вращения двигателя необходим энкодер, поэтому мы выбрали энкодер от компании «Scanson», модель *sch50f*. Датская компания «Scanson» является специалистом в производстве энкодеров и производит высококачественные промышленные поворотные энкодеры с 1970-х годов.

Технические характеристики и параметры энкодера *sch50f* представлены в таблице 5:

Таблица 5 – Технические характеристики и параметры энкодера

Вид	Значения	Вид	Значения
Диаметр	50 mm	Кабель	8 проводов (0,14 мм <sup>2</sup> , 26 AWG) витые пары; экранированные
Разрешение	до 12 500 pp	Разъем	5-контактный M12 8-контактный M12 9-контактный M23 12-контактный M23
Полый вал	ø 6 mm или 8 mm	Выходы	ASIC Выталкивание и дифференциал

Вид	Значения	Вид	Значения
			OL7272 Push-pull и дифференциальный преобразователь Линейный драйвер 26С31 Дифференциальный линейный драйвер Выход 5 В (с входом 5 В)
Температура	-40° С до 85° С (рабочий)	Выходной ток	Макс. нагрузка 30 мА на каждый выходной канал
Степень защиты IP	65 (опции 66 и 67)	Выходное напряжение	Низкий: 500 мВ макс. при 10 мА Высокий: ( $V_{in} - 0,6$ ) при -10 мА
Влажность	98 % относительной влажности без конденсации	Напряжение питания	4,5 В пост. тока мин. до 30 В пост. тока макс.



Рисунок 6 – Внешний вид *Scancon sch50f*

## 2.5. Микроконтроллер

Микроконтроллер по сути является микросхемой, который состоит из: Центрального процессора. В него входят блок управления, регистры, ПЗУ (постоянное запоминающее устройство). Периферии, которая включает порты ввода-вывода, контроллеры прерываний, таймеры, генераторы различных импульсов, аналоговые преобразователи и подобные элементы [9].

В данной работе микропроцессор является наиболее важной частью, после вышеуказанного анализа для лучшего управления системой мы выбрали микропроцессор от компании «ST», модель *STM32F3DISCOVERY*. *STM32F3DISCOVERY* позволяет пользователям легко разрабатывать приложения с использованием микроконтроллеров серии *STM32F3* со смешанными сигналами на базе *Arm® Cortex®-M4*. Он включает в себя все необходимое для начинающих и опытных пользователей, чтобы быстро приступить к работе. Основанный на *STM32F303VCT6*, он включает встроенное средство отладки *ST-LINK/V2* или *ST-LINK/V2-B*, акселерометр, гироскоп и электронный компас *ST MEMS*, *USB*-соединение, светодиоды и кнопки [15].

Технические характеристики и параметры микропроцессора *STM32F3DISCOVERY* представлены в таблице 6:

Таблица 6 – Технические характеристики и параметры микропроцессора

Вид	Значения
Системные требования	<i>Windows PC (XP, Vista, 7)</i> <i>USB type A to Mini-B cable</i>
Ядро базового компонента	<i>Cortex-M4</i>
Разрядность шины данных	32 Бит
Наименование базового компонента	<i>stm32f303vc</i>
Особенности	<i>st-link/v2, 9-dof</i>
Вес	81 г

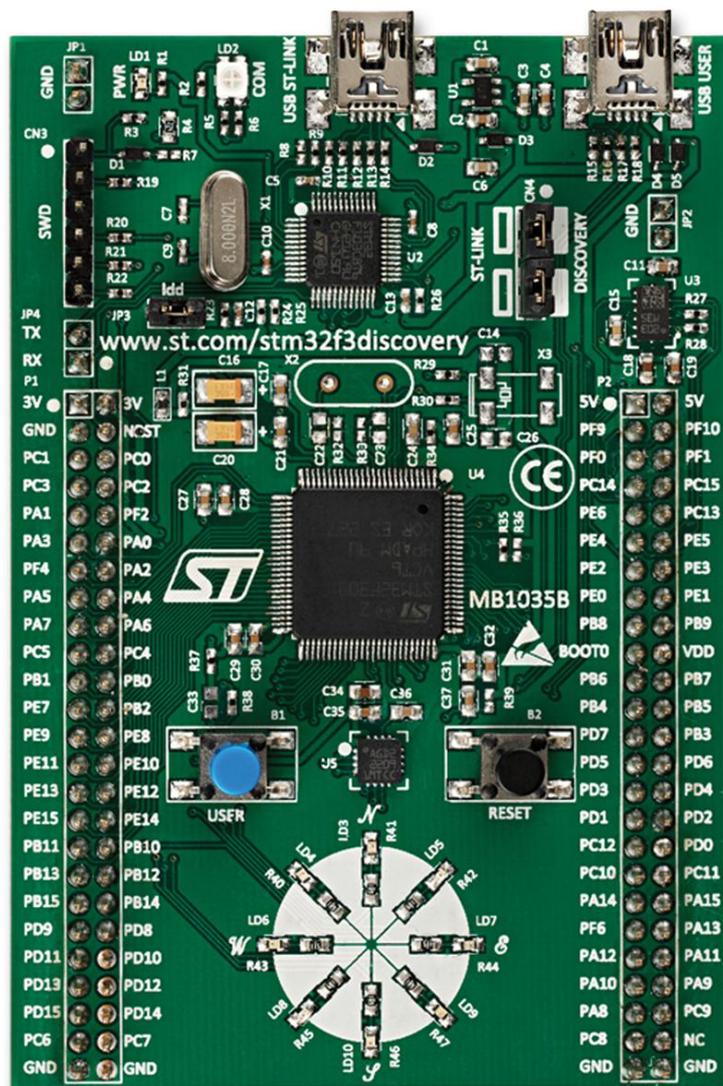


Рисунок 7 – Внешний вид *STM32F3DISCOVERY*

## 2.6. Блок питания

Для обеспечения питания сервоконтроллера двигателя мы выбрали импульсный блок питания от компании «*MEAN WELL*», тип *NES-350-27*. Компания «*MEAN WELL*» сумела зарекомендовать себя с лучшей стороны у крупнейших фирм, работающих в сфере производства и поставки светодиодных изделий. Промышленные (источники питания) блоки питания *Mean Well NES-350* (350 Вт) - представляют собой одноканальные импульсные блоки питания *AC-DA* (преобразователи напряжения *AC-DA*). Блоки питания *AC-DA* (источники

питания) *NES-350* используются для питания промышленной автоматики (промышленные блоки питания) мощностью до 350 Ватт [14].

Технические характеристики и параметры блока питания *MW NES-350-27* представлены в таблице 7:

Таблица 7 – Технические характеристики и параметры блока питания

Вид	Значения	Вид	Значения
Выходная мощность (ном)	350 Вт	Количество выходов	1
Выход	27 В	Входное напряжение АС	90...264 В
Напряжение 1 канала	26...32 В	Входное напряжение DC	254...373 В
Выходной ток 1 канала	0...13 А	Коэффициент мощности	55%
Тип стабилизации	напряжение	КПД	87%
Вход	110/220 В ручной	Рабочая температура	-20...60°C



Рисунок 8 – Внешний вид *MW NES-350-27*

### 3. МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТЕНДА

#### 3.1. Модернизация оборудования стенда «Робот-бабочка»

В этой исследовательской задаче изначально встроенный микропроцессор с открытым исходным кодом *BeagleBone Black* в качестве ядра обработки сигналов использовался, и обработка сигналов изображений микрокомпьютерами на базе систем *Linux*. Внешний вид *BeagleBone Black* и микрокомпьютера с системами *Linux* показаны в рисунке 9 и 10.

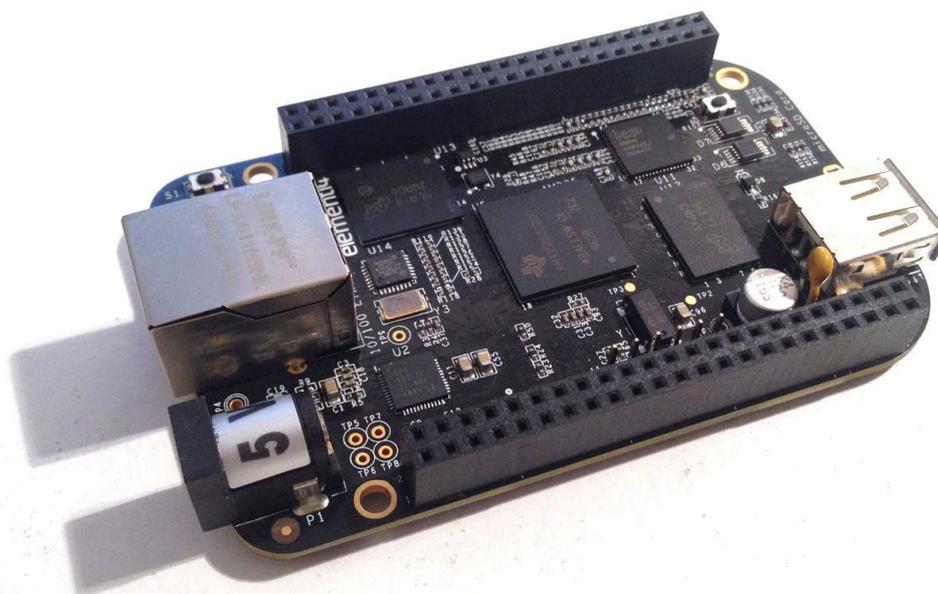


Рисунок 9 – Внешний вид *BeagleBone Black*



Рисунок 10 – Внешний вид микрокомпьютера с системами *Linux*

Из-за громоздких инструкций системы *Linux* сложность в эксплуатации, однако это не подходит для начинающих. Поэтому мы разработали новую структуру стенда «Робот-бабочка». Мы заменили микропроцессор с исходного на новый микропроцессор *STM32*, и заменили микрокомпьютер с системам *Linux* на компьютер с системам *Windows*, выходит, что это поможет сделать обучение работе с стендом менее сложным.

Технические структуры до модернизации и после модернизации показаны в рисунке 11 и 12.

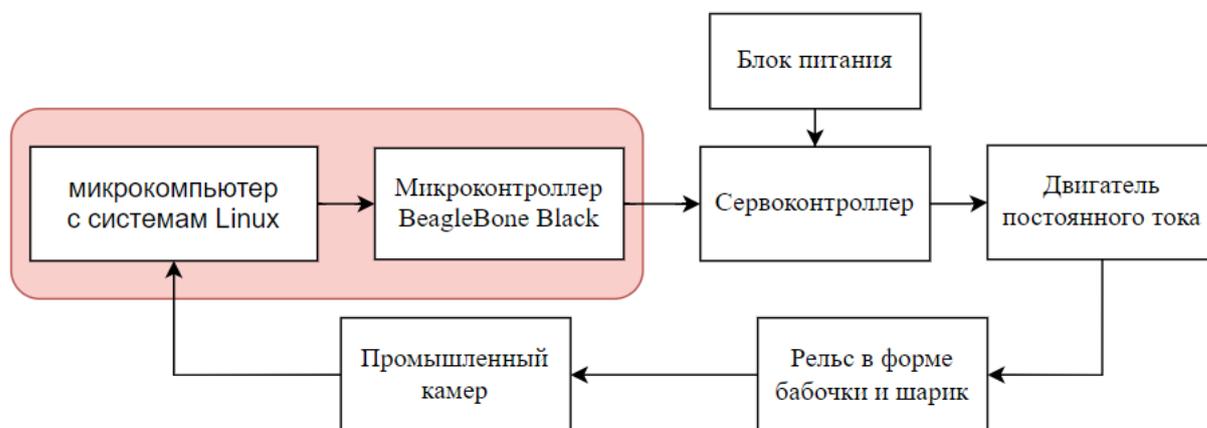


Рисунок 11 – Технические структуры до модернизации

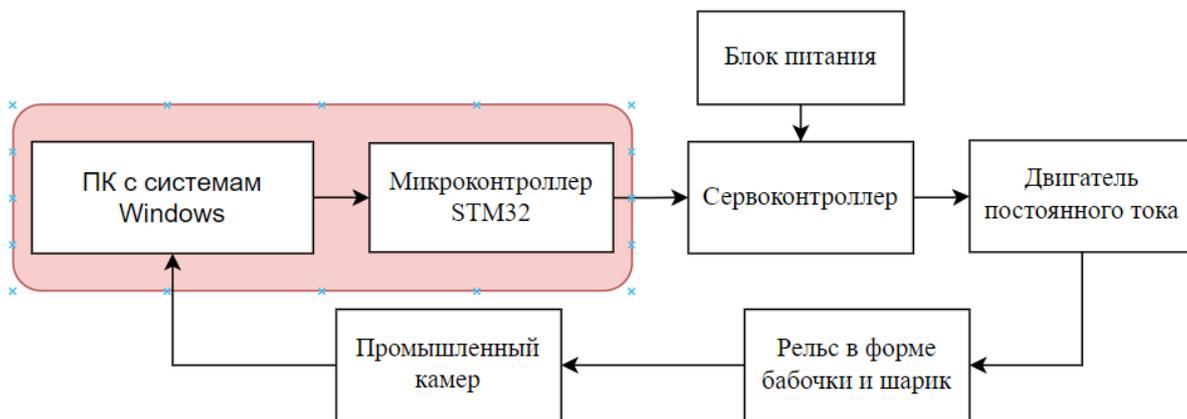


Рисунок 12 – Техническая структура после модернизации

### 3.2. Модернизация программного обеспечения стенда «Робот-бабочка»

В ходе этой работы мы также внесли некоторые улучшения в программное обеспечение. В системе *Windows* мы определили положения шарики с помощью *Python*, используя алгоритм круга Хафа, дальше угол отклонения шарики и радиус вне оси рассчитывались на основе изменения положения в реальном времени. Далее передавать эти информации микропроцессору *STM32* через последовательный порт передачи данных *USB*.

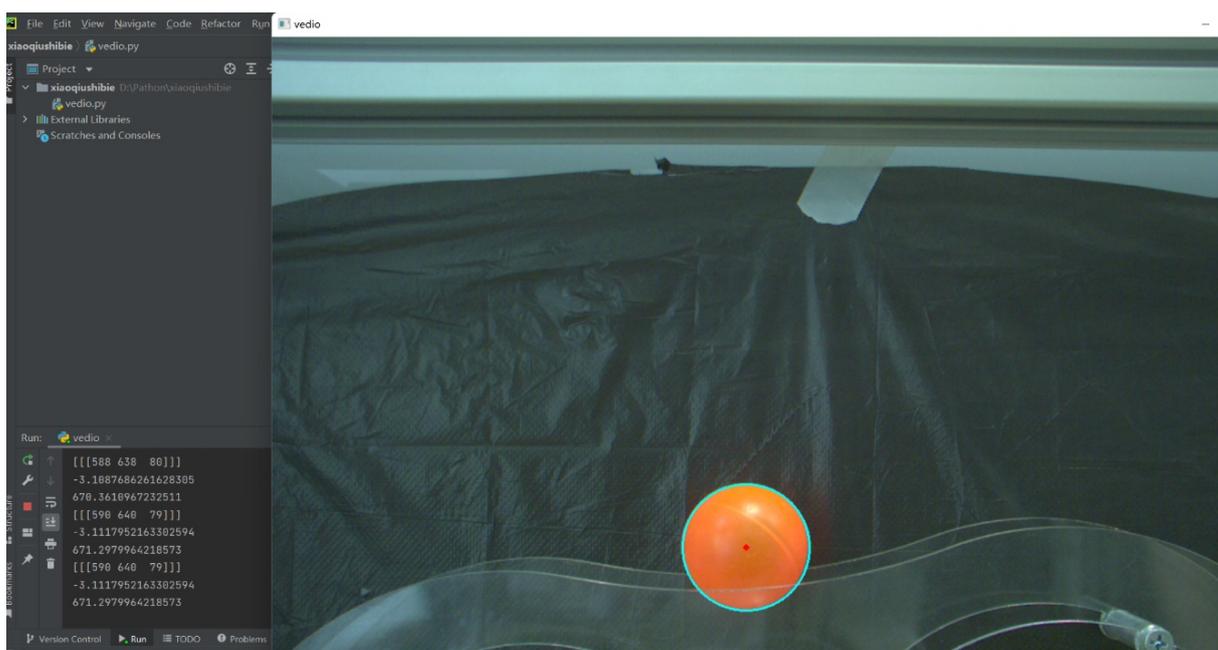


Рисунок 13 – Скриншот идентификации шарика с помощью *Python*

Программа управления разработалась в среде *STM32CubeIDE*, и поставилась в микропроцессор *STM32*, в микропроцессоре *STM32* импульсный сигнал с энкодера считывается, скорость вращения и направление вращения двигателя рассчитываются, и на плате разработки *STM32* отображается набор светодиодных индикаторов, следящих за вращением двигателя. на основе информации об угле отклонения шарикоподшипника и радиусе вне оси, полученной с последовательного порта передачи данных *USB*, волны ШИМ выводятся на сервоконтроллер через порт *USB* с использованием алгоритмов типа ПИД, это позволяет управлять вращением двигателя. Волновой сигнал ШИМ, выводимый микропроцессором, показан на рисунке 14.

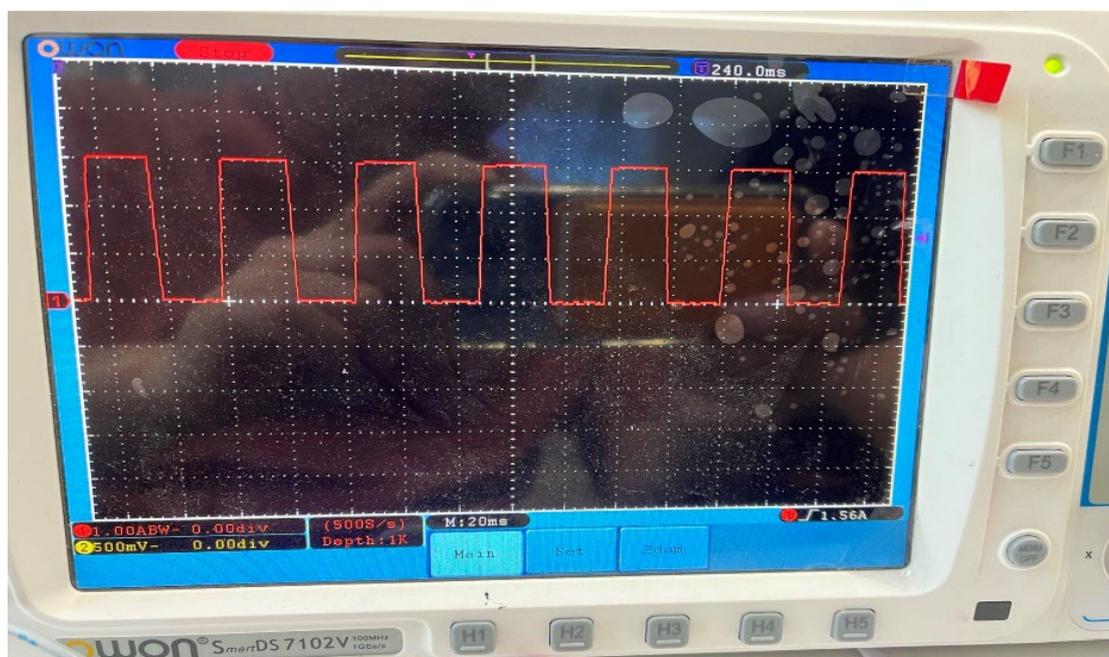


Рисунок 14 – Волновой сигнал ШИМ

Мы ещё подключили сервоконтроллер с ПК через *USB*-интерфейс и настроили сервоконтроллер с помощью графического пользовательского интерфейса «*ESCON Studio*» в системе *Windows*.

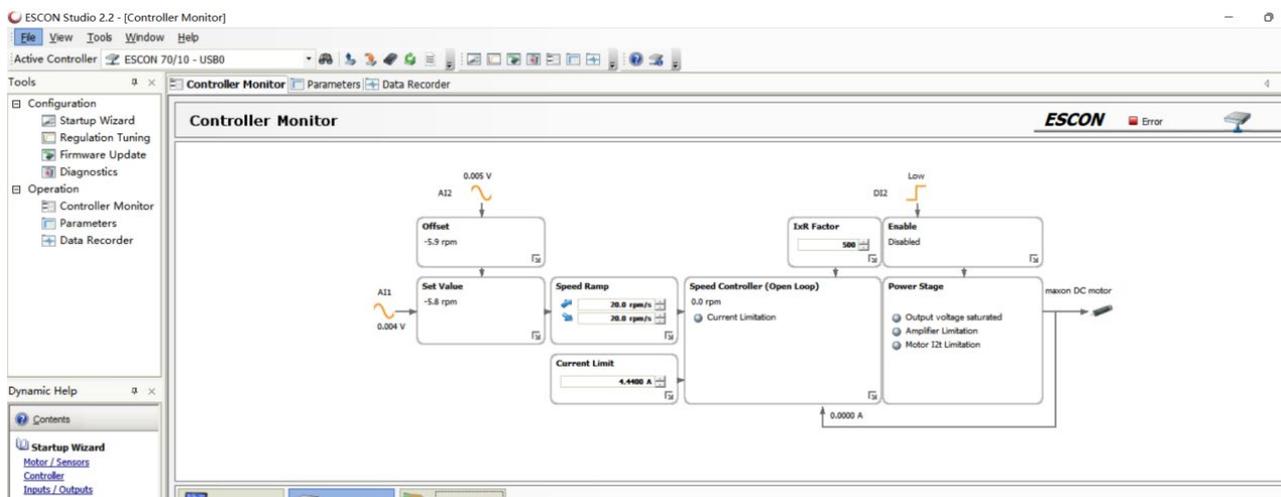


Рисунок 15 – Интерфейса «*ESCON Studio*»

### 3.3. Принцип работы стенда «Робот-бабочка»

Мы разработали новую структуру стенда «Робот-бабочка», которая показана на рисунке 16.

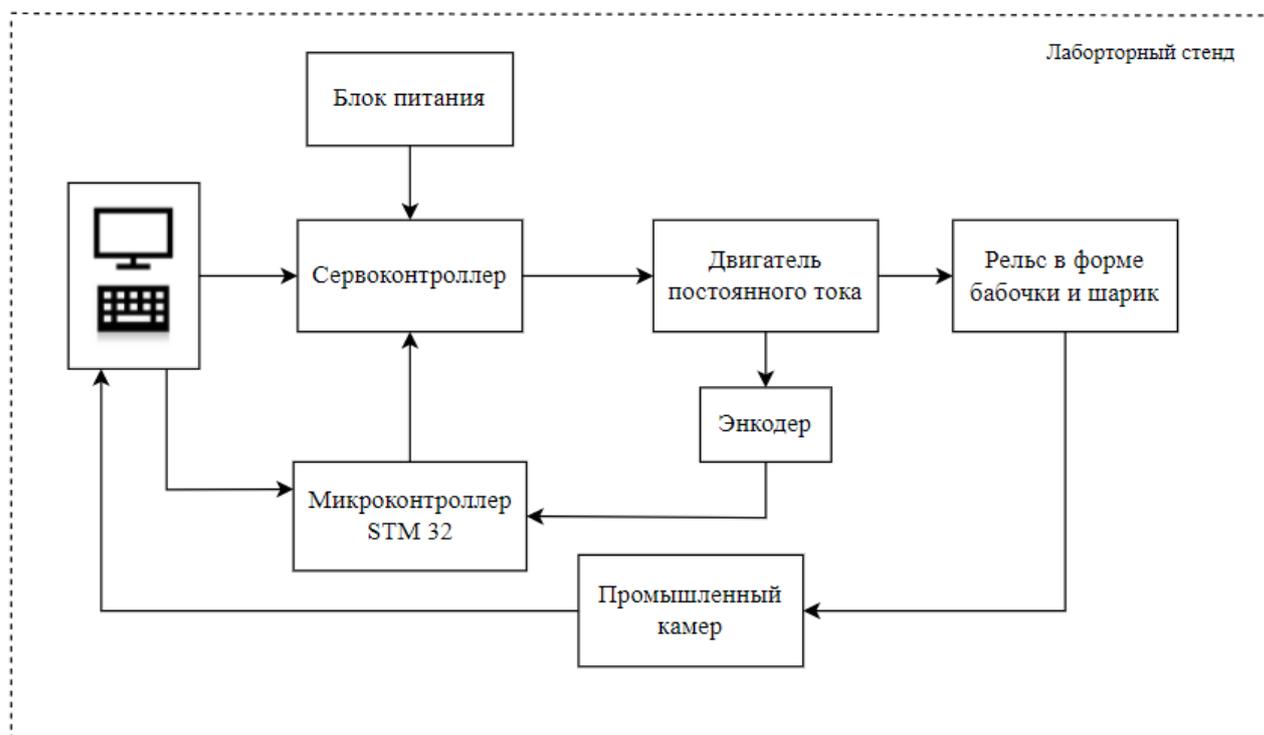


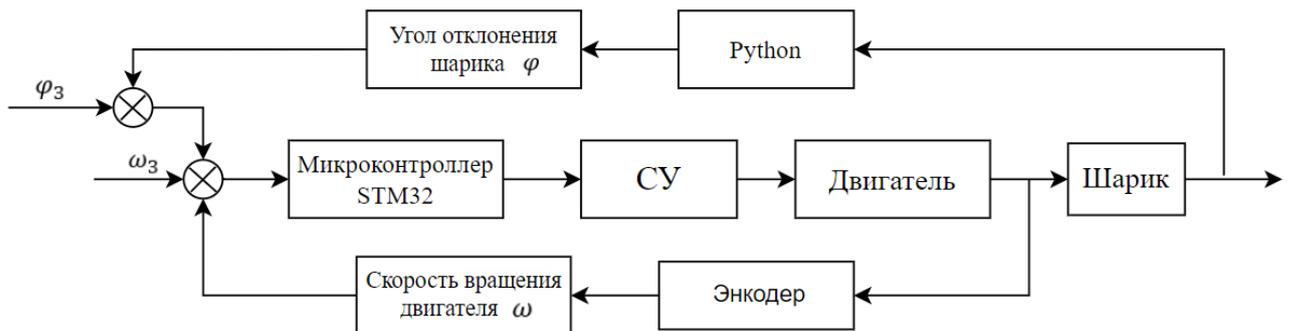
Рисунок 16 – Новая структурная схема стенда «Робот-бабочка»

Принцип работы заключается в том, что сначала шарик, который движется по треку, распознается камерой, подключенной к компьютеру, угол отклонения шарика и радиус вне оси рассчитываются в компьютере с помощью *Python*. Когда двигатель вращается, энкодер генерирует две импульсные волны А/Б. Микропроцессор получает угол отклонения шарика, радиус вне оси и импульсную волну от энкодера, Микропроцессор вычисляет управляющий сигнал в соответствии с заданным алгоритмом, управляющий сигнал передается на сервоконтроллер, чтобы привести в действие двигатель и поддерживать движение шарика по рельсу без его падения. Блок питания обеспечивает питание сервоконтроллера.

## 4. РЕАЛИЗАЦИЯ И ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

### 4.1. Принципиальная схема системы управления

Мы разработали принципиальную схему системы управления стенда «Робот-бабочка», которая показана на рисунке 17.



$\varphi_3$  - заданный угол отклонения шарика;

$\omega_3$  – заданный скорость вращения двигателя;

Рисунок 17 – Принципиальная схема системы управления

Описание системы: мы задаем системе управления заданный угол отклонения и заданную скорость вращения двигателя, с помощью *Python* угол

отклонения шарика и радиус вне оси получается, с помощью энкодера скорость вращения двигателя получается, определяется прямое и обратное вращение двигателя, которое будет управляться в зависимости от угла отклонения шарика, и управляется скоростью вращения двигателя в зависимости от радиуса вне оси шарика. В итоге система достигает устойчивого состояния.

#### 4.2. Визуальное распознавание - преобразование Хафа

Для идентификации шариков мы написали программу в среде *Python*, обратились к некоторым библиотекам в программе и использовали алгоритм круга Хафа, ниже мы опишем принцип работы алгоритма круга Хафа.

Принцип работы алгоритма для кругов Хафа: В двумерном пространстве окружность может быть описана:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \quad (1)$$

где  $(a,b)$  - центр окружности;  $r$  - радиус.

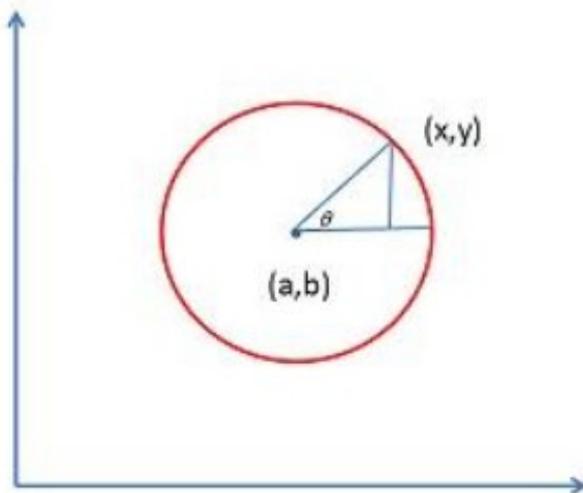


Рисунок 18 – Диаграмма окружности в системе координат

Если 2D-точка  $(x, y)$  фиксирована, то параметры могут быть найдены в соответствии с (1). Пространство параметров будет трехмерным,  $(a, b, r)$ . И все параметры, удовлетворяющие  $(x, y)$ , будут лежать на поверхности перевернутого прямоугольного конуса, вершина которого находится в  $(x, y, 0)$ . В трехмерном пространстве параметры окружности могут быть идентифицированы

пересечением многих конических поверхностей, которые определяются точками на  $2D$ -окружности. Этот процесс можно разделить на два этапа. Первым этапом является фиксация радиуса, а затем поиск оптимального центра окружностей в  $2D$ -пространстве параметров. Второй этап - найти оптимальный радиус в одномерном пространстве параметров [10].

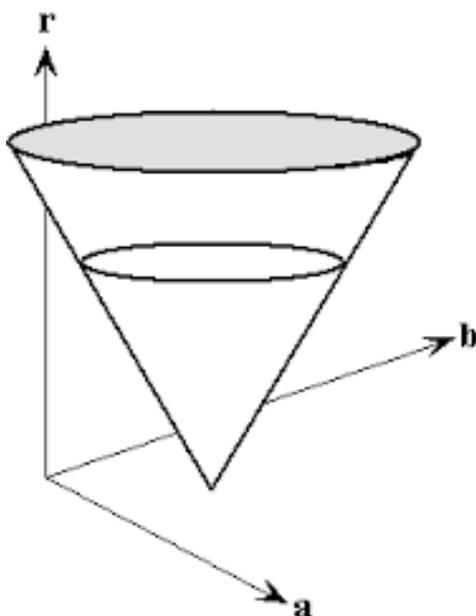


Рисунок 19 – Диаграмма параметрических результатов

На практике для нахождения точки пересечения в пространстве параметров вводится матрица-накопитель. Во-первых, нам нужно разделить пространство параметров на «ведра» с помощью сетки и создать матрицу аккумулятора в соответствии с сеткой. Элемент в матрице аккумулятора обозначает количество «кругов» в пространстве параметров, проходящих через соответствующую ячейку сетки в пространстве параметров. Число также называется «числом для голосования». Изначально каждый элемент матрицы равен нулям. Тогда для каждой «реберной» точки в исходном пространстве мы можем сформулировать круг в пространстве параметров и увеличить номер голосования ячейки сетки, через которую проходит круг. Этот процесс называется «голосование». После голосования мы можем найти локальные максимумы в матрице аккумулятора. Положения локальных максимумов соответствуют центрам окружности в исходном пространстве [11].

### 4.3. Управление двигателем – ПИД - регулятор

При управлении двигателем мы управляем им с помощью ПИД-регулятора.

Принцип пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулирования основан на формировании управляющего сигнала, являющегося суммой трёх слагаемых (составляющих):

1. Пропорциональный (P) - значение пропорционально ошибке рассогласования (разности заданного и реального значений регулируемого параметра).;
2. Интегральный (I) – интеграл ошибки рассогласования;
3. Дифференциальный (D) – производная ошибки рассогласования.

Математическая форма записи закона ПИД регулятора имеет вид:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) + K_d \frac{de}{dt} \quad (2)$$

где  $K_p, K_i, K_d$  — коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих регулятора соответственно [12].

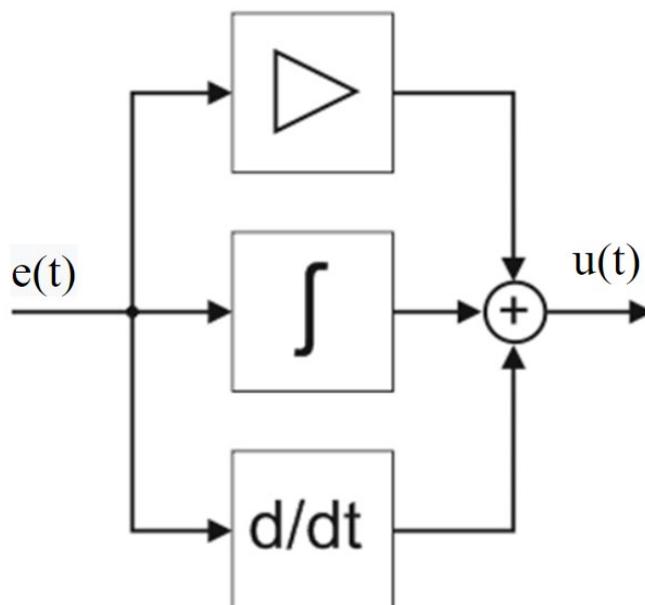


Рисунок 20 – ПИД регулятор

**Пропорциональная составляющая** вырабатывает выходной сигнал, противодействующий отклонению регулируемой величины от заданного значения, наблюдаемого в данный момент времени. Он тем больше, чем больше это отклонение. Если входной сигнал равен заданному значению, то выходной равен нулю. Чем больше коэффициент пропорциональности между входным и выходным сигналом (коэффициент усиления), тем меньше статическая ошибка, однако при слишком большом коэффициенте усиления при наличии задержек (запаздывания) в системе могут начаться автоколебания, а при дальнейшем увеличении коэффициента система может потерять устойчивость.

**Интегрирующая составляющая** пропорциональна интегралу по времени от отклонения регулируемой величины. Её используют для устранения статической ошибки. Она позволяет регулятору со временем учесть статическую ошибку. Если система не испытывает внешних возмущений, то через некоторое время регулируемая величина стабилизируется на заданном значении, сигнал пропорциональной составляющей будет равен нулю, а выходной сигнал будет полностью обеспечиваться интегрирующей составляющей. Тем не менее, интегрирующая составляющая также может приводить к автоколебаниям при неправильном выборе её коэффициента.

**Дифференцирующая составляющая** пропорциональна темпу изменения отклонения регулируемой величины и предназначена для противодействия отклонениям от целевого значения, которые прогнозируются в будущем. Отклонения могут быть вызваны внешними возмущениями или запаздыванием воздействия регулятора на систему [13].

## 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 5.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Целевым рынком являются университеты, в которых происходит исследования автоматического управления, а также различные исследовательские центры, осуществляющие разработку и эксплуатацию оборудования автоматического управления. Для анализа потребителей необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование рынка производится по двум основным критериям: направлению деятельности и размерам организаций. Карта сегментирования приведена в рисунке 21.

		Направление деятельности		
		Научные исследования	Проектирование оборудования	Образовательная деятельность
Размер	Мелкие			
	Средние			
	Крупные			

Рисунок 21 – Карта сегментирования рынка

Таким образом, на основе анализа карты сегментирования, можно сделать вывод, что для реализации разработки подходят образовательные учреждения, а также крупные организации, проводящие научные исследования и проектирование оборудования в сфере автоматического управления, так как стенд необходим для исследований, которые подразумевают в дальнейшем обширную модернизацию оборудования и внедрение новых технологий.

### 5.2. Анализ конкурентных технических решений

Основными конкурентами являются стенд «робот бабочка» компании «Robotikum» (конкурент 1) и лабораторно-исследовательский

комплекс «Робот Бабочка» компании «Образовательная робототехника» (конкурент 2). Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Оценка конкурентоспособности технических решений представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнение конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк2	Кк2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
Безопасность	0,06	4	4	5	0,24	0,24	0,3
Улучшение производительности	0,10	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Надежность	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
Энергоэкономичность	0,02	4	4	4	0,08	0,08	0,08
Уровень автоматизации	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
Качество интеллектуального интерфейса	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
Возможность подключения системы к ПК	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
Конкурентоспособность	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
Цена	0,12	5	4	5	0,6	0,48	0,6
Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,06	2	4	4	0,12	0,24	0,24
Срок выхода на рынок	0,04	3	5	4	0,12	0,2	0,16
Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
Итого	1	61	59	58	4,52	4,3	4,24

Из полученных расчетов можно сделать вывод, что разработанный стенд не уступает конкурентам в технических критериях – превосходит в улучшении производительности и уровне автоматизации, а также составляет конкуренцию в экономических критериях, а именно в цене, но проигрывает в уровне проникновения и сроках выхода на рынок, однако техническое превосходство разработанного стенда позволит ускорить его внедрение на рынок.

### 5.3. SWOT – анализ

*SWOT*-анализ подразумевает выделение четырех аспектов, а именно *Strengths* (сильные стороны), *Weaknesses* (слабые стороны), *Opportunities* (возможности) и *Threats* (угрозы). Таким образом *SWOT* – это комплексный анализ всего научно-исследовательского проекта [16]. *SWOT*-анализ представлен в таблице 9.

Таблица 9 - *SWOT*-анализ внешней и внутренней среды производства

	<p>Сильные стороны:</p> <p>Си1. Снижение барьеров для обучения.</p> <p>Си2. Низкие затраты на оборудование.</p> <p>Си3. Актуальность разработки.</p> <p>Си4. Доступная для перепланировки.</p> <p>Си5. Возможность использования стенда в учебных целях</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Дефектный алгоритм управления.</p> <p>Сл2. Медленный вывод на рынок разработанного стенда.</p> <p>Сл3. Большие габариты установки.</p> <p>Сл4. Наличие в составе системы компонентов импортного производства.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Исследовать более эффективный алгоритм.</p> <p>В2. Получить гранты на исследования.</p> <p>В3. Модернизировать оборудование учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка».</p> <p>В4. Заменить сложное лабораторное оборудование в области учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка».</p> <p>В5. Использовать стенд для изучения автоматизации технологических процессов.</p>	<p>Снижение человеческого фактора возможность проведения исследований в автоматизированном режиме, отсутствие задействовать специалистов знающих лабораторное оборудование повышают спрос.</p> <p>Изучение технологического процесса даст возможность использования полученной информации для написания статей и привлечения интереса фондов поддержки проектов.</p>	<p>Использование импортного оборудования может стать проблемой для внедрения разработки в отечественную промышленность.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на стенд.</p> <p>У2. Развивающаяся конкуренция на рынке.</p> <p>У3. Малый объем рынка сбыта.</p> <p>У4. Введение санкций на оборудование, используемое в</p>	<p>Актуальность разработки и отсутствие труднодоступного оборудования устранил отсутствие спроса на проект.</p> <p>Полученные из исследований технологического процесса данные позволят усовершенствовать стенд и выделить проект среди</p>	<p>Медленный вывод на рынок разработанного стенда могут поспособствовать значительному отставанию от конкурентов.</p> <p>Конструктивные и технические недостатки</p>

стенде.	конкурентов, а также увеличить объем рынка сбыта. Использование стенда в учебных целях может увеличить рынок сбыта.	могут быть весомой причиной отсутствия спроса на стенд.
---------	---	---

Разработанный *SWOT*-анализ позволил дать оценку внутренней и внешней среды проекта, выявить сильные и слабые стороны, а также определить дальнейшие пути развития. Для уменьшения угроз и борьбы со слабыми сторонами необходимо:

- для уменьшения влияния мировой экономической регрессии стремиться к замене импортных элементов системы на отечественные;
- совершенствовать степень безопасности стенда и разработать систему аварийной защиты;
- производить анализ деятельности конкурентов на рынке и действовать на опережение, расширяя функционал системы и повышая качество элементной базы.

## 5.4. Планирование научно-исследовательских работ

### 5.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р) и инженер (И). Проектная работа делиться на этапы, каждый из которых имеет своё содержание и исполнителей [16]. Этапы реализации проекта представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Этапы реализации проекта

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	1	Выбор направления научного исследования	Р, И
	2	Постановка основных целей и задач	Р
Разработка технического задания	3	Составление и утверждение технического задания	Р, И
Анализ предметной области	4	Обзор научно-технической литературы	И
	5	Календарное планирование работ	Р, И

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Подбор оборудования	И
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Разработка алгоритма опроса датчика положения	И
	8	Разработка алгоритма программы передачи координат из Python в STM	И
	9	Разработка алгоритмов для управления двигателями	И
	10	Отладка параметров	И
	11	Оптимизация алгоритма	И
	12	Сборка стенда	И
Дополнительные разделы	13	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И
	14	Написание раздела «социальная ответственность»	И
Проверка результатов	15	Проверка работы руководителем	Р
Оформление отчета по НИР	16	Составление пояснительной записки	И

По итогам определения структуры работ в рамках реализации проекта, было определено 7 основных этапов, состоящих из 16 работ, при этом исполнителем большей части работ является инженер.

#### 5.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Как правило, затраты на оплату труда составляют большую часть стоимости разработки, поэтому неотъемлемым действием определения ресурсоэффективности является определение трудоемкости работ участников проектирования [16].

Среднее значение трудоемкости  $T_{ожі}$  рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ожі} = \frac{3 \cdot T_{mini} + 2 \cdot T_{maxi}}{5}, \quad (3)$$

где  $T_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел/дн.;

$T_{mini}$  – минимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.;

$T_{maxi}$  – максимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.

С помощью рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ можно вычислить продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$  с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями.

Продолжительность одной работы рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{T_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$T_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – количество исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни согласно следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы, календ. дн.;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы, раб. дн.;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (6)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Таким образом, коэффициент календарности равен:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$T_{min}$ , чел- дни		$T_{max}$ , чел- дни		$T_{ож}$ , чел- дни					
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
1	2	2	5	5	3,2	3,2	1,6	1,6	2,4	2,4
2	0	2	0	5	0	3,2	0	3,2	0	4,7
3	5	1	10	3	7	1,8	3,5	0,9	5,2	1,3
4	14	0	30	0	20,4	0	20,4	0	30,2	0
5	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1,3	1,3
6	1	0	5	0	2,6	0	2,6	0	3,8	0
7	1	0	5	0	2,6	0	2,6	0	3,8	0
8	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	14,5	0
9	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	6,8	0
10	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	14,5	0
11	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	14,5	0
12	14	0	30	0	20,4	0	20,4	0	30,2	0
13	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	6,8	0
14	2	0	5	0	3,2	0	3,2	0	4,7	0
15	0	8	0	15	0	10,8	0	10,8	0	16
16	1	0	3	0	1,8	0	1,8	0	2,7	0
Итого	68	14	152	31	102	21	96	17	141	26

Таким образом, разработка учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка» займет 96 рабочих дня инженера и 17 рабочих день руководителя.

По полученным данным была построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 22.

№	Вид работ	Исполнители	Тк <sub>і</sub> , кал. Дни	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор направления научного исследования	Р, И	2	■													
2	Постановка основных целей и задач	Р	5	■													
3	Составление и утверждение технического задания	Р, И	5	■	■												
4	Обзор научно-технической литературы	И	30		■	■	■										
5	Календарное планирование работ	Р, И	1					■									
6	Подбор оборудования	И	4					■									
7	Разработка алгоритма опроса датчика положения	И	4					■									
8	Разработка алгоритма программы передачи координат из Python в STM	И	5					■	■								
9	Разработка алгоритмов для управления двигателями	И	7					■	■	■							
10	Отладка параметров	И	15						■	■	■						
11	Оптимизация алгоритма	И	15							■	■	■					
12	Сборка стенда	И	30								■	■	■	■			
13	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И	7									■	■	■			
14	Написание раздела «социальная ответственность»	И	5										■	■			
15	Проверка работы руководителем	Р	16													■	■
16	Составление пояснительной записки	И	3														■

■ – Инженер и руководитель; ■ – Инженер; ■ – Руководитель;

Рисунок 22 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы Ганта видно, что значительный промежуток времени выделено на проектировку и сборку стенда.

## 5.5. Бюджет научно-технического исследования

### 5.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_t) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (7)$$

где  $Z_M$  – материальные затраты, руб.;

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

$k_t$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования.

Для разработки проекта необходим ПК, а также программное обеспечение. ТПУ предоставляет бесплатный доступ к разному виду ПО, в том числе необходимыми для разработки стенда программ. Материальные ресурсы, необходимые следующие материальные ресурсы: оборудование для сборки стенда (датчики и исполнительные механизмы), расходные материалы (канцелярия, провода изоляция и т.д.). Материальные ресурсы, необходимые для реализации стенда представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Цена (всего), руб.
Промышленные камер	Шт.	1	39 101.25	39 101.25
Двигатель постоянного тока	Шт.	1	54 619	54 619
Сервоконтроллер	Шт.	1	38 409	38 409
ЭНКОДЕРЫ	Шт.	1	40 983	40 983
Микроконтроллер STM32	Шт.	1	11 580	11 580
Кабель для передачи данных с фотоаппарата на компьютер	Шт.	1	1 500	1 500
Кабель для передачи данных USB	Шт.	2	1 500	3 000
Шарик	Шт.	1	50	50
Оргстекло	Шт.	9	1 000	9 000
Блоки питания MW NES	Шт.	1	8000	8000
Итого, руб.				206 242.25

Таким образом, материальные затраты на модернизацию учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка» составят 206 242.25\_рублей.

### 5.5.2. Расчет амортизационных отчислений

Разработка проекта производится в течение 5 месяцев с использованием персонального компьютера первоначальной стоимостью 60 000 рублей. Срок его полезного использования составляет 3 года [17].

Норма амортизации рассчитывается согласно следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Таким образом, норма амортизации для используемого ПК составит:

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33.3\%$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = \frac{60\,000 \cdot 33,3}{100} = 20\,000 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления за 5 месяцев составят:

$$A = \frac{20\,000 \cdot 5}{12} = 8\,333 \text{ руб.}$$

По результатам расчетов амортизационные отчисления на реализацию проекта в течение 5 месяцев составили 8 333 рублей.

### 5.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Помимо материальных затрат, необходимо рассчитать включающую премию и доплаты заработную плату работников, которые непосредственно заняты выполнением НИИ, а также дополнительную заработную плату.

Заработная плата работников складывается из основной и дополнительной:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (9)$$

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

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

При этом основная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ равняется произведению среднедневной платы работника и количества рабочих дней:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (10)$$

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

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (11)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

Месячный должностной оклад работника рассчитывается согласно следующей формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (12)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равный примерно 0,2 – 0,5;

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

Показатели рабочего времени для инженера и руководителя представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих (выходных и праздничных) дней	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	48	72
Количество месяцев без отпуска	10,6	9,8
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Таким образом, действительный годовой фонд рабочего времени составляет 199 и 175 дней для руководителя и инженера соответственно.

Расчет основной заработной платы приводится в таблице 14.

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$K_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$	Траб, дни	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	38 000	0,3	0,2	1,3	74 100	3 947,04	17	67 099,6
Инженер	13 000	0,3	0,2	1,3	25 350	1 419,6	96	136 281,6

По результатам расчётов можно заключить, что основная заработная плата за реализацию проекта составит 67 099,6 рубля для инженера и 136 281,6 для руководителя.

#### 5.5.4. Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (13)$$

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

Примем  $k_{доп}$  равным 0,12, тогда дополнительная плата руководителя и инженера будет рассчитываться следующим образом:

$$Z_{доп,Р} = 67\,099,6 \cdot 0,12 = 8052$$

$$Z_{доп,И} = 136\,281,6 \cdot 0,12 = 16\,353,8$$

В итоге, с учетом основной и дополнительной, заработная плата для руководителя будет 75 151,6 рублей, а для инженера – 152 635,4 рублей.

#### 5.5.5. Отчисления во внебюджетные фонды

Нормами законодательства Российской Федерации установлены обязательные отчисления от затрат на оплату труда работникам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и

медицинского страхования (ФФОМС), величина которых рассчитываются по следующей формуле [18]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{зп}}, \quad (14)$$

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

Размер страховых взносов равен 30 % от заработной платы. Сюда включены взносы на пенсионное страхование – 22 %, на медицинское страхование – 5,1 %, а также на соцстрахование – 2,9 %. Отчисления во внебюджетные фонды представлены ниже в таблице 15.

Таблица 15 – Отчисление во внебюджетные фонды

Исполнитель	Зарплата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	75 151,6	30	22 545,5
Инженер	152 635,4	30	45 790,6
Итого			68 336,1

В итоге, сумма отчислений во внебюджетные фонды для двух работников составила 68 336,1 рублей.

### 5.5.6. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя затраты на управление, хозяйственное обслуживание, эксплуатацию и ремонт оборудования и составляют 15-20% от суммы заработной платы и отчислений:

$$C_{\text{н}} = k_{\text{н}} \cdot (Z_{\text{зпР}} + Z_{\text{зпИ}}), \quad (15)$$

где  $C_{\text{н}}$  – накладные расходы, руб.;

$k_{\text{н}}$  – коэффициент накладных расходов;

$Z_{\text{зпИ}}$  – заработная плата инженера, руб.;

$Z_{\text{зпР}}$  – заработная плата руководителя, руб.

Тогда накладные расходы равны, при коэффициенте 20%:

$$C_{\text{н}} = 0,2 \cdot (75 151,6 + 152 635,4) = 45 557,4$$

По результатам расчётов можно заключить, что накладные расходы на реализацию проекта составят 45 557,4 рублей.

### 5.5.7. Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта

Затраты проекта формируются на основе рассчитанной величины затрат научно-исследовательской работы. Определение бюджета затрат на научно- исследовательскую деятельность представлено таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи		Сумма, руб.
Материальные затраты		198 242,25
Амортизационные расходы		5 550
Затраты по заработной плате работников	- руководитель	75 151,6
	- инженер	152 635,4
Отчисления во внебюджетные фонды	- руководитель	22 545,5
	- инженер	45 790,6
Накладные расходы		45 557,4
Бюджет затрат НТИ		545 472,75

Согласно расчетам, бюджет затрат научно-исследовательской работы составил 556 255,75 рублей. Основной статьей заработной платы работников – 227 787 рублей (40,8%), на втором месте расход материальные затраты – 206 242,25 рублей (37,1%), после – отчисления во внебюджетные фонды – 68 336,1 рублей (12,5%), далее накладные расходы – 45 557,4 рублей (8,2%), на последнем месте амортизационные отчисления – 8 333 рубля (1,4%).

### 5.5.8. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Определение эффективности исследования основано на расчете интегрального показателя эффективности, который рассчитывается согласно следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (16)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

На рынке существуют следующие аналоги разрабатываемого стенда: аналог 1 – стенд «робот бабочка» компании «Robotikum» стоимостью 472 830 рублей, аналог 2 – лабораторно-исследовательский комплекс «Робот Бабочка» компании «Образовательная робототехника» стоимостью 747 740 рублей. Реализация разрабатываемого стенда составит 556 255.75 рублей.

Таким образом интегральный финансовый показатель разработки относительно конкурентов составляет:

$$I_{\text{финр}}^{\text{разраб.}} = \frac{556\,255.75}{747\,740} = 0,729$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ан.1}} = \frac{472\,830}{747\,740} = 0,63$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ан.2}} = \frac{747\,740}{747\,740} = 1$$

Разница финансовых показателей разработанного стенда и аналога 1 отличаются примерно на 0,2, однако аналог 1 не предоставляет необходимого функционала, в отличие от аналога 2. В свою очередь аналог 2 дороже разрабатываемого стенда.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается согласно следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i, \quad (17)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения;

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения.

Расчет интегральных показателей разрабатываемого стенда (П), стенд «робот бабочка» компании «Robotikum» (A1) и лабораторно-исследовательский комплекс «Робот Бабочка» компании «Образовательная робототехника» (A2) приведен в таблице 17.

Таблица 17 - Сравнительная оценка характеристик

Критерий	Весовой коэффициент	Балл			Интегральный финансовый показатель		
		П	A1	A2	П	A1	A2
Функционал	0,2	5	1	3	1	0,2	0,6
Энергоэффективность	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Простота эксплуатации	0,09	5	2	4	0,45	0,18	0,36
Помехоустойчивость	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Надежность	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
Энергосбережение	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Безопасность	0,1	4	4	5	0,5	0,4	0,5
Ремонтопригодность	0,12	5	3	4	0,6	0,36	0,48
Потребление ресурсов	0,07	4	2	4	0,28	0,14	0,28
Итого					4,68	2,78	4,17

Согласно полученным результатам расчетов, разрабатываемый проект является более ресурсоэффективным, чем имеющиеся на рынке аналоги.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр.}i}} \quad (18)$$

Сравнительная эффективность вариантов исполнения рассчитывается по формуле, представленной ниже:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{разраб.}}}{I_{\text{ан.}i}}, \quad (19)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{разраб.}}$  – интегральный показатель эффективности разработки;

$I_{\text{ан.}i}$  – интегральный показатель эффективности аналога.

Расчет сравнительной эффективности разработки представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разрабатываемый проект	Аналог 1	Аналог 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	0,63	1
Интегральный по казатель ресурсоэффективности разработки	4,43	2,85	4,17
Интегральный показатель эффективности	5,53	3,44	4,17

Показатели	Разрабатываемый проект	Аналог 1	Аналог 2
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,6	1,3

Таким образом, основываясь на расчете интегральных показателей финансов, ресурсоэффективности и эффективности, можно сделать вывод, что разрабатываемый учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка» превосходит своих конкурентов. Это обусловлено тем, что разработанный проект обладает самым большим функционалом и техническими возможностями.

### **5.6. Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В ходе разработки данного раздела были выявлены потенциальные потребители проектируемого учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка». Разработанный стенд может быть применен на крупных научно-исследовательских и проектных организациях, специализирующихся, а также в образовательных учреждениях.

В процессе анализа конкурентных технических решений были определены конкуренты разработки: компании «Robotikum» и «Образовательная робототехника». Разработанная установка значительно превосходит конкурентов по функционалу, однако проигрывает по надежности и энергоэффективности.

В ходе *SWOT*-анализа были определены основные пути развития, основными из которых являются совершенствование системы безопасности, анализ рынка и импортозамещение.

Помимо этого, были произведены расчеты трудоемкости НТИ: поставленные задачи, необходимые для разработки проекта были соотнесены со сроком их выполнения и исполнителем. Согласно расчетам, для реализации проекта понадобится 96 дня работы инженера (что соответствует 141 календарным дням) и 17 дней работы руководителя (что соответствует 26 календарным дням).

По составленной диаграмме Ганта было выявлено, что наиболее времязатратными работами являются проектировка и сборка стенда.

Расчет затрат на разработку стенда показал, что основной статьей заработной платы работников – 227 787 рублей (40.8%), на втором месте расход материальные затраты – 206 242,25 рублей (37,1%), после – отчисления во внебюджетные фонды – 68 336,1 рублей (12,5%), далее накладные расходы – 45 557,4 рублей (8,2%), на последнем месте амортизационные отчисления – 8 333 рубля (1,4%). В итоге, бюджет затрат научно-исследовательской работы составил 556 255.75 рублей.

В ходе анализа ресурсной, финансовой и экономической эффективности согласно расчетам интегральных показателей ресурсоэффективности, эффективности и финансов было доказано превосходство разрабатываемого стенда над конкурентами. Сравнительная эффективность разработки относительно аналогичных установок компаний «Robotikum» и «Образовательная робототехника» составила 1,6 и 1,3 соответственно.

## 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 6.1. Введение

В наше время важную роль эффективного производства занимает безопасное использование оборудования. В данном разделе будут рассмотрены и проанализированы недостатки влияющих факторов на здоровье человека во время работы за стендом, а также будут выявлены чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть во время работы. По завершению анализа будут рассмотрены возможности исключения или уменьшения опасных факторов и чрезвычайных ситуаций.

В данной работе модернизировался учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка». Стенд включает в себя: промышленные камеры, двигатель постоянного тока, сервоконтроллер, блок питания, шарик, Микроконтроллер, Оргстекло, программную часть, которая осуществляет формирование управляющих сигналов по собранным данным.

Данный стенд предназначен для исследований модернизации учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка». Цель состоит в том, чтобы сделать устройство более удобным для начинающих, снизить порог обучения и многое другое в соответствии с учебными курсами и привычками использования современных студентов. Он может использоваться в учебных образовательных учреждениях, научных лабораториях, исследовательских компаниях и высших учебных заведениях.

Первоначальной исследовательский стенд был дорогим и громоздком в эксплуатации, чтобы снизить порог обучения для новичков, быть принятой рынком и увеличить свое влияние. Мы перенесли оригинальную систему управления на Linux-системе в Windows и использовали более экономичный и простой в освоении микропроцессор.

При работе за стендом требуется один оператор. В его функции входит отслеживания правильности работы оборудования.

Основные факторы, которые возникают при работе со стендом, это короткое замыкание, шум, повышенный уровень вибрации. В данном разделе будут рассмотрены и проанализированы данные факторы, а также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

## **6.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

При разработке стенда должны учитываться меры обеспечения безопасности рабочей зоны оператора. Данные меры рассматриваются в ГОСТе 22269-76, который распространяется на индивидуальные рабочие места операторов стационарных и подвижных объектов системы "человек-машина" и устанавливает общие эргономические требования к взаимному расположению элементов рабочего места [19].

При взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором.

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.

При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-2015, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места.

Взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности, психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека-оператора.

Рабочее место оператора лабораторного стенда представляет собой трудовую зону, оснащенную техническими средствами, необходимыми для управления данного объекта и системы в целом.

В основном оператор будет отслеживать информацию на мониторе ПЭВМ. Данная работа выполняется сидя, поэтому нужно учитывать ГОСТ 12.2.032-78. В данном документе указывается, что рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм [20].

Исходя из всего выше сказанного, при планировке рабочего места необходимо учитывать следующее:

1. рекомендуемый проход слева, справа и спереди от стола 500 мм. Слева от стола допускается проход 300 мм;
2. рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна удовлетворять требованиям эргономики;
3. конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип

рабочего кресла следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

4. кресло не может располагаться непосредственно на границе площади рабочего места. Рекомендуемое расстояние от спинки стула до границы должно быть не менее 300 мм.

### 6.3. Производственная безопасность

Разработка и эксплуатация стенда производится в закрытом помещении с помощью персонального компьютера. Для анализа факторов, влияющих на работу оператора, воспользуемся ГОСТ 2.0.003-215. ССБТ, в котором рассматриваются опасные и вредные производственные факторы, и их классификация [21].

Система управления движением шарика состоит из моторов, бабочка, промышленных камер, микропроцессоров и персонального компьютера.

Источником вредных и опасных факторов может являться любое из перечисленных оборудований. Характерные факторы для разрабатываемой системы представлены в таблице 19 согласно ГОСТу 2.0.003-215. ССБТ.

Таблица 19 – Возможные вредные и опасные факторы.

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015.ССБТ)	Нормативные документы
1. Отклонения показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
3. Превышение уровня шума	СП 51.13330.2011 Защита от шума.
4. Риск поражения током, вызываемый разницей потенциалов, короткое замыкание, статическое электричество	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

<b>Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015.ССБТ)</b>	<b>Нормативные документы</b>
5. Нервно-психологические перегрузки, связанные с активным наблюдением за технологическим процессом.	МР 2.2.9.2311-07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности
6. Движущиеся части системы станда	ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
7. Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"Файл

## 1. Отклонения показателей микроклимата

Для оператора станда она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно, предоставлены в таблице 20.

Таблица 20 - Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	(23 – 25)	(21 – 25)	(40 – 60)	0.1
Холодный	(20 – 22)	(22 – 26)	(40 – 60)	0.1

Поддержание оптимальных показателей микроклимата обеспечивает создание благоприятных условий труда и повышению его производительности. Для этого должны быть предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование.

## 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Отсутствие освещение или его нехватка классифицируется как вредный производственный фактор. Работа при недостаточном освещении может привести к переутомлению, усталости глаз, головным болям, что

неизбежно приводит к снижению работоспособности. Управление оператором лабораторного стенда процессами с помощью ПК оценивается как зрительная работа очень высокой точности, при этом наименьший размер объекта различения ограничивается (0,15-0,3) мм. Что является II-м разрядом зрительной работы. В помещениях, предназначенных для работы с ПЭВМ, освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения должна быть не менее 300 лк. Для соблюдения требований освещенности необходимо, чтобы рабочее место оператора располагалось в помещении с наличием источника естественного освещения. Отсутствие естественного освещения, как и его нехватка, классифицируется как вредный производственный фактор.

### 3. Превышение уровня шума и вибрации

Воздействие шума на организм человека негативно сказывается на нервной системе, оказывая значительное психологическое воздействие. Длительное воздействие шумов уровня (70-90) дБ может привести к заболеваниям нервной системы. Кроме того, воздействие шума способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний [22].

Основными источниками шума в проектируемом стенде являются:

- Двигатели;
- Охлаждающие вентиляторы для компьютеров.

В работе стенда двигатели обладают 40 – дБ(А), ПК – 40 дБ(А). Допустимые показатели звукового давления в помещениях для данного типа работ до 50 дБ. Основными источникам шума стенда являются двигатели и ПК. Другие источники хорошо изолированы от внешней среды. На человека данный шум не представляет опасности, однако можно снизить воздействие уровня шума при помощи средств индивидуальной защиты.

Для снижения уровня шума, производимого ПК и лабораторным стендом, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы.

Местная вибрация малой интенсивности может благоприятно воздействовать на организм человека, восстанавливать трофические изменения, улучшать функциональное состояние центральной нервной системы, ускорять заживление ран и т. п. При увеличении интенсивности колебаний и длительности их воздействия возникают изменения, приводящие в ряде случаев к развитию профессиональной патологии — вибрационной болезни. Основная вибрация происходит от вращения двигателя,

Нормируемые параметры вибрации, создаваемые внутренними и внешними источниками в жилых и общественных зданиях:

а) для постоянной вибрации (текущее скорректированное ускорение изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения) - среднеквадратичные значения ускорения, скорректированные ускорения и их логарифмические уровни в дБ в октавных полосах частот;

б) для непостоянной вибрации (текущее скорректированное ускорение изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 5 мин при измерении с постоянной времени 1 с) - эквивалентные скорректированные ускорения, приведенные к нормируемому периоду контроля вибрации и их логарифмические уровни в дБ.

#### 4. Риск поражения током, вызываемый разницей потенциалов

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 поражение электрическим током относится к опасным производственным факторам. Электрический ток способен привести к острому поражению или мгновенному воздействию относительно высокоинтенсивного воздействия, приводящий к летальному исходу [21].

Главной причиной поражения электрическим током в данной системе может быть прямой контакт с электрическими приборами. Именно питание от промышленной сети вызывает наибольшую опасность для персонала. Оборудование стенда питается как переменного напряжения в 220 В.

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2017 все что питается от промышленной сети необходимо сопроводить предупреждающими знаками, чтобы персонал не делал ошибочных действий и движений.

Все токоведущие части стенда и ПК должны быть изолированы. Все оборудование должно быть заземлено. Значение сопротивления между заземляющим зажимом и каждой доступной прикосновению металлической частью, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом.

Согласно ГОСТ Р 51350-99 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования» электрическая изоляция цепей должна выдерживать испытательное напряжение 1 кВ переменного тока частотой 50 Гц в течение 1 мин без пробоя или перекрытия. Стенд должен быть оборудован автоматическими выключателями для защиты от короткого замыкания и перегрузок.

Управлять лабораторным стендом, то есть пользоваться ПК для анализа параметров установки и проведения экспериментов может пользоваться персонал, имеющий I группу электробезопасности. При этом обслуживать стенд, производить подключения и любые манипуляции с оборудованием стенда он не может. Для присвоения I группы электробезопасности достаточно пройти инструктаж со стороны специально назначенного лица с группой допуска не ниже III и ответить на контрольные вопросы.

Обслуживать стенд может персонал со II квалификационной группой, но без возможности производства подключений и под присмотром персонала с III группой и выше. Персонал может быть аттестован на вторую группу допуска при отсутствии специального образования и при минимальном стаже работы в электроустановках по первой группе.

Персонал, единолично обслуживающий стенд, должен иметь группу по электробезопасности не ниже третьей. III группа электробезопасности присваивается по результатам аттестации в комиссии предприятия или отделения Ростехнадзора.

Проверка знаний электротехнического персонала, работающего непосредственно с лабораторным стендом физического подобию должна проводиться ежегодно.

## 5. Нервно-психологические перегрузки

Нервно-психологические перегрузки, связанные с активным наблюдением за ходом производственного процесса, возникают при длительном контроле важных технологических параметров объекта. Такие перегрузки могут способствовать повышению утомляемости и раздражительности.

Во избежание последствий для нервной системы, в соответствии с МР 2.2.9.2311-07, для операторов должен соблюдаться рациональный режим труда и отдыха [23]. Рекомендуется предусмотреть два обеденных перерыва, общей продолжительностью 1,5 ч. При работе в дневную 12-часовую смену рекомендуется предоставлять четыре регламентированных перерыва по 10 минут. Во время регламентированных перерывов следует проводить гимнастику общего воздействия, а также гимнастику для глаз.

#### **6.4. Экологическая безопасность**

1. Защита селитебной зоны. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка», который относится к IV классу санитарной классификации [24]. На стенде ведется разработка и работа, поэтому для такого устанавливается ориентировочный размер санитарно-защитной зоны в 100 м.

2. Защита атмосферы. Воздействие на атмосферу: двуокись углерода, образующийся при дыхании персонала.

3. Защита гидросферы. Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала.

4. Защита литосферы. будут образовываться твердые бытовые отходы. Вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, Сбор отходов будет

производиться в контейнеры в специально отведенных местах и в дальнейшем вывозиться коммунальными службами. Этот процесс регламентируется ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения [25].

## **6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее характерной ЧС для проектируемого стенда является пожар.

Для ослабления последствий пожара в здании должны находиться углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы находиться. Они предназначаются для своевременного тушения небольших локальных возгораний.

Для предотвращения пожара, многие датчики были выбраны во взрывозащищенном исполнении.

Действия, которые можно предпринять для предотвращения пожара:

- организация обучения персонала правилам пожарной безопасности, инструктажи;
- разработка мероприятий по действиям персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

- поддержание исправной изоляции проводников;
- поддержание свободного подхода к оборудованию;
- соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

Действия при пожаре на производстве регламентируются правилами обеспечения пожарной безопасности предприятия. Общие правила же правила поведения при обнаружении пожара персоналом остаются неизменными:

- немедленно сообщить в пожарную службу;
- сообщить руководству предприятия;
- включить сигнализацию, систему пожаротушения;
- оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

## **6.6. Выводы по разделу**

Значение всепроизводственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе, за исключением фактора, обладающего свойствами психофизиологического воздействия на организм человека. Для минимизации влияния данного фактора на организм человека, достаточно соблюдать меры, приведенные в МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности [23].

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности».

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током.

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib

(работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

Помещение лаборатории категории помещения группы В1-В4. Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении: твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Рассмотренный объект, оказывающий незначительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам III категории.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате дипломной работы модернизировался учебно-исследовательский стенд «Робот-бабочка» для снижения барьера обучения и затраты на оборудование. Также разработан сопутствующая документация: новая структурная схема учебно-исследовательского стенда «Робот-бабочка», принципиальная схема стенда «Робот-бабочка» и программного обеспечения стенда «Робот-бабочка».

Поскольку мы заменили исходную операционную систему и микропроцессор, исходная схема управления не работала в новой системе управления, и нам пришлось заново разрабатывать систему управления.

Проведена разработка алгоритмической поддержки технических процессов. Были разработаны алгоритмы для идентификации шариков и для технической эксплуатации оборудования.

По всем созданным документам был собран учебно-исследовательский стенд. В данный стенд входят такие как: промышленный камер, двигатель постоянного тока, сервоконтроллер, энкодер, микроконтроллер и блоки питания.

Данный стенд удовлетворяет всем требованиям, которые закладывались первоначально в проекте.

Стенд позволит освоить системы компьютерного зрения, системы автоматического управления, мехатронику и их робототехнику.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Робот-бабочка поможет заменить вредный ручной труд в российском авиапроме [электронный ресурс] / Тасс наука: <https://nauka.tass.ru/nauka/4010654>
2. Бабочка - Образование и робототехника [электронный ресурс] / RoboTrends: <https://robotrends.ru/robopedia/babochka>
3. «Бабочка» даст роботам человеческие руки [электронный ресурс] / Инвест-Форсайт: <https://www.if24.ru/eks-glava-ntv-zarabotal-milliard-na-marihuane/>
4. «Робот Бабочка» взлетел на мировой уровень [электронный ресурс] / Nanonewsnet: <https://www.nanonewsnet.ru/news/2016/robot-babochka-vzletel-na-mirovoi-uroven>
5. Модернизация учебно-исследовательской установки «Робот-бабочка» / С.В. Леонов, к.т.н., доцент ОАР, Ян Жун (Китай), ТПУ // XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 21–25 марта 2022 г.)
6. Case study in non-prehensile manipulation: planning and orbital stabilization of one-directional rollings for the “Butterfly” robot / Maksim Surov, Anton Shiriaev, Leonid Freidovich // Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation 2015
7. Case study research: the Butterfly Robot / Oskar Rømyr Lund // January, 2018
8. Сравнение операционных систем семейства Linux/UNIX и Windows [электронный ресурс] / Хабр: <https://habr.com/ru/post/62811/>
9. Микроконтроллер: определение, задачи, разновидности, применение [электронный ресурс] / Future2day: <https://future2day.ru/mikrokontroller/>
10. Пань Нин. Исследование алгоритмов подводного зрения роботов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов: сборник докладов I Международной научно-практической конференции, Томск, 27-29 апреля 2021 г.: в 2 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2021. — Т. 1. — [С. 227-230].
11. Circle Hough Transform [электронный ресурс] / Wikipedia:

[https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.5685fa3c-62987e3f-4fe6a844-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Circle\\_Hough\\_Transform#Find\\_parameters\\_with\\_known\\_radius\\_R](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.5685fa3c-62987e3f-4fe6a844-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Circle_Hough_Transform#Find_parameters_with_known_radius_R)

12. К вопросу создания эффективных систем автоматического управления/ Лабинский А.Ю.; Афонин П.Н. // Научно-аналитический журнал вестник Санкт-петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2017
13. ПИД-регулятор [электронный ресурс] / Wikipedia: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%98%D0%94-%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80>
14. Технические характеристики NES-350-27 [электронный ресурс] / Источники питания MEAN WELL: <http://www.mean-well.ru/store/NES-350-27/>
15. Технические характеристики STM32F3DISCOVERY [электронный ресурс] / ST: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f3discovery.html>
16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 36с. 18. Районный коэффициент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://assistentus.ru/oplata-truda/rajonnyj-koefficient/>, свободный (дата обращения 15.05.2022).
17. Срок полезного использования офисной техники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://praktibuh.ru/buhuchet/vneoborotnye/os/amortizatsiya/srok-poleznogo-ispolzovaniya-kompyutera.html>, свободный (дата обращения 16.05.2022).
18. Федеральный закон от 24.07.2009 N 212-ФЗ "О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования" [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_89925/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89925/), свободный (дата

обращения 16.05.2022).

19. ГОСТ 22269-76. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. (дата обращения 23.05.2022).
20. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. (дата обращения 23.05.2022).
21. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. (дата обращения 24.05.2022).
22. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. (дата обращения 24.05.2022).
23. МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»
24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
25. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

## ПРИЛОЖЕНИЯ А



Рисунок А.1 – Скриншот компьютерного программы Python

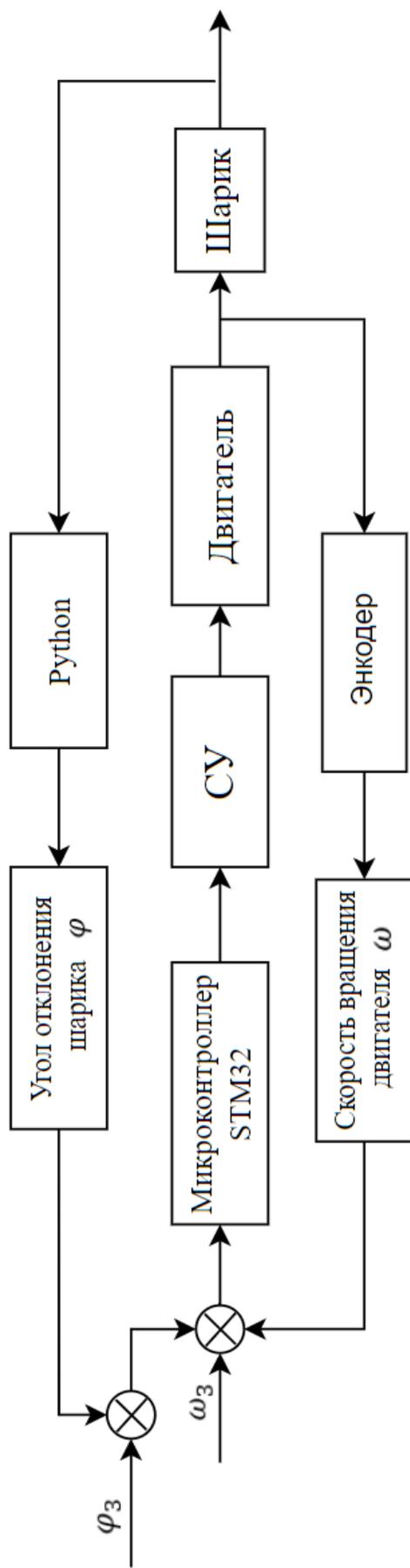


Рисунок А.2 – Принципиальная схема

## ПРИЛОЖЕНИЯ В

### код программы Python

```
1. from pypylon import pylon
2. import cv2 as cv
3. import numpy as np
4. import serial
5. import math
6.
7. tded=serial.Serial(port="com4", baudrate=115200)
8.
9. # 连接 Basler 相机列表的第一个相机
10. camera = pylon.InstantCamera(pylon.TlFactory.GetInstance().CreateFirstDevice())
11.
12. # 开始读取图像
13. camera.StartGrabbing(pylon.GrabStrategy_LatestImageOnly)
14. converter = pylon.ImageFormatConverter()
15.
16. # 转换为 OpenCV 的 BGR 彩色格式
17. converter.OutputPixelFormat = pylon.PixelType_BGR8packed
18. converter.OutputBitAlignment = pylon.OutputBitAlignment_MsbAligned
19.
20. while camera.IsGrabbing():
21.     grabResult = camera.RetrieveResult(5000, pylon.TimeoutHandling_ThrowException)
22.
23.     if grabResult.GrabSucceeded():
24.         # 转换为 OpenCV 图像格式
25.         image = converter.Convert(grabResult)
26.         img = image.GetArray()
27.         grey_img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGRA2GRAY)
28.         mimg = cv.medianBlur(grey_img, 7)
29.         #img = cv.GaussianBlur(grey_img, (9, 9), 0)
30.
31.         canny = cv.Canny(mimg, 50, 100)
32.         circles = cv.HoughCircles(canny, cv.HOUGH_GRADIENT, 1, 30, param1=100, param2=25, mi
nRadius=75, maxRadius=85)
33.         # x = circles.astype('int')
34.         x = np.array(circles)
35.
36.         if x.all(None):
37.             circles = np.uint16(np.around(circles))
38.
39.             print(str(circles))
40.             #
41.             # tded.write(str(circles).encode("gbk"))
42.             numcircle = 0
43.             for i in circles[0, :]:
44.                 cv.circle(img, (i[0], i[1]), i[2], (255, 255, 0), 2)
45.                 cv.circle(img, (i[0], i[1]), 2, (0, 0, 255), 3)
46.                 dx1 = i[1] - 660
47.                 dy1 = i[2] - 750
48.                 cv.imshow("vedio", img)
49.                 if cv.waitKey(1) == 27:
50.                     break
51.
52.             #print(dx1)
53.
54.             angle1=math.atan2(dx1,dy1)
55.             print(angle1)
56.             dsquare= pow(dx1,2)+pow(dy1,2)
57.             R=math.sqrt(dsquare)
58.             print(R)
59.             tded.write(str(R).encode("gbk"))
60.         else:
61.             cv.imshow("vedio", img)
```

```
62.         # cv.waitKey(0)
63.         if cv.waitKey(1) == 27:
64.             break
65.
66.
67.         # cv.namedWindow('title', cv.WINDOW_NORMAL)
68.         # cv.imshow('title', canny)
69.         #
70.         # k = cv.waitKey(1)
71.         # if k == 27:
72.         #     break
73.         grabResult.Release()
74.
75. # 关闭相机
76. camera.StopGrabbing()
77. # 关闭窗口
78. cv.destroyAllWindows()
```