



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 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
ООП/ОПОП Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы  
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
<b>Разработка мехатронной системы автоматизации фрезерования хвоста вертолета</b> УДК 621.914.1:629.735.45.024.7

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е92	Харжеев Никита Борисович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич	-		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Киселев Александр Викторович	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	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
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>УК(У)-10</b>	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
<b>УК(У)-11</b>	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
<b>ОПК(У)-2</b>	Владеет физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем

<b>ОПК(У)-3</b>	Владеет современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности
<b>ОПК(У)-4</b>	Готов собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов своей профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-6</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники
<b>ПК(У)-2</b>	Способен разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования
<b>ПК(У)-3</b>	Способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий
<b>ПК(У)-4</b>	Способен осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск
<b>ПК(У)-5</b>	Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

<b>ПК(У)-6</b>	Способен проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем
<b>ПК(У)-7</b>	Готов участвовать в составлении аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок
<b>ПК(У)-8</b>	Способен внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности
<b>ПК(У)-9</b>	Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем
<b>ПК(У)-10</b>	Готов участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей
<b>ПК(У)-11</b>	Способен производить расчёты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием
<b>ПК(У)-12</b>	Способен разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями
<b>ПК(У)-13</b>	Готов участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДПК (У)-1</b>	Способен проводить проверку технического состояния оборудования, обоснование экономической эффективности внедрения проектируемых модулей и подсистем мехатронных и робототехнических устройств, настройку системы управления и обработки информации с использованием соответствующих инструментальных средств



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 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»  
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Мамонова Т.Е.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8E92	Харжеев Никита Борисович

Тема работы:

Разработка мехатронной системы автоматизации фрезерования хвоста вертолета	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-87/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом проектирования является роботизированный модуль для фрезеровки торцевой части хвостовой балки вертолета.</p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</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</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор существующих методов проведения операции фрезеровки.</li> <li>2. Разработка структурной схемы.</li> <li>3. Подбор необходимого оборудования.</li> <li>4. Разработка алгоритма фрезеровки хвостовой балки вертолета.</li> </ol>

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Структурная схема системы, функциональная схема системы
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент	Доцент ОСГН Былкова Татьяна Васильевна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	03.02.2023
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич	-		03.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E92	Харжеев Никита Борисович		03.02.2023



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 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»  
Уровень образования Бакалавриат  
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники  
Период выполнения Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Е92	Харжеев Никита Борисович

Тема работы:

Разработка мехатронной системы автоматизации фрезерования хвоста вертолета
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич	-		03.02.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		03.02.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е92	Харжеев Никита Борисович		03.02.2023

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 84 страницы, 14 рисунков, 29 таблиц, список используемых источников из 26 наименований и приложение на 1 странице.

Ключевые слова: мехатронная система, фрезерование, авиация, хвостовая балка, станок.

Объектом исследования является роботизированный модуль для фрезеровки торцевой части хвостовой балки вертолета.

Цель работы – разработка мехатронной системы автоматизации фрезерования хвоста вертолета.

В процессе выполнения работы был проведен обзор существующих методов фрезеровки с использованием мехатронных систем и проведен их сравнительный анализ. Затем были произведены расчеты для выбора двигателей для управления модулями системы, а также их подбор по полученным характеристикам. Был произведен выбор датчиков и контроллера для управления системой, а также разработана структурная и функциональная схемы фрезеровочной системы. В заключении был разработан алгоритм для проведения операции фрезерования.

Была проведена оценка ресурсоэффективности и коммерческого потенциала проекта, был составлен план работ и произведена оценка стоимости выполнения различных исполнений проекта.

Была рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности в ходе разработки проекта.

Рассматриваемая система фрезеровки может быть улучшена в дальнейшей работе в рамках магистерской диссертации за счет внедрения большего количества мехатронных модулей и повышения точности системы.

## Содержание

РЕФЕРАТ .....	8
Введение.....	11
Определения и сокращения.....	12
1 Обзор существующих методов фрезерования поверхностей.....	13
1.1 Роботизированная фрезеровочная система на основе манипулятора .....	13
1.2 Мобильная фрезеровочная система .....	15
1.3 Сравнительный анализ методов фрезеровки.....	16
2 Проектирование мехатронной системы.....	18
2.1 Разработка структурной схемы.....	18
2.2 Выбор элементов системы .....	20
2.2.1 Расчет и выбор двигателя шпинделя.....	20
2.2.2 Выбор устройства для управления двигателем .....	25
2.2.3 Расчет и выбор двигателя суппорта .....	26
2.2.4 Выбор устройства для управления двигателем .....	28
2.2.5 Расчет и выбор двигателя модуля фрезеровки.....	29
2.2.6 Выбор устройства для управления двигателем .....	32
2.3 Разработка функциональной схемы .....	32
2.3.1 Выбор оптической линейки .....	32
2.3.2 Выбор концевого выключателя .....	33
2.3.3 Выбор контроллера управления .....	34
2.3.4 Выбор блока питания.....	35
2.3.5 Выбор понижающих преобразователей и автоматических выключателей .....	36
2.3.6 Полученная функциональная схема.....	37
2.4 Схема итоговой фрезеровочной системы .....	37
3 Разработка алгоритма для проведения операции фрезеровки.....	38
3.1 Разработка дерева вызова процедур.....	38
3.2 Разработка алгоритма фрезерования.....	40
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	46
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	46

4.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	49
4.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	50
4.4	Бюджет научно-технического исследования .....	59
4.5	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	63
5	Социальная ответственность .....	68
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	68
5.2	Производственная безопасность .....	71
5.2.1	Повышенный уровень шума .....	72
5.2.2	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения .....	73
5.2.3	Отклонение показателей микроклимата.....	73
5.2.4	Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий .....	75
5.3	Экологическая безопасность.....	76
5.3.1	Защита литосферы.....	76
5.3.2	Защита атмосферы .....	76
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77
	Вывод по разделу .....	78
	Заключение .....	80
	Список используемых источников.....	81
	Supplement A.....	84
	The conclusion .....	85

## Введение

В текущих реалиях, где спрос на вертолеты как гражданской, так и военной авиации неуклонно растет, повышение производительности рабочих линий поможет нарастить объемы выпускаемой продукции. Поэтому данный вопрос стараются решить внедрением автоматизированных и роботизированных ячеек.

В рамках задания для дипломной работы предприятием АО «Улан-Удэнский Авиационный завод» была предложена тематика разработки мехатронной системы фрезерования хвоста вертолета. Целью данного задания является минимизация брака дорогостоящих деталей в процессе приторцовки хвостовой и килевой балки вертолета путем роботизации и автоматизации технологического процесса. Существующий технологический процесс предполагает непрерывное участия человека в процессе фрезеровки торцов хвостовой и килевой балок. Поэтому качество выполненной процедуры целиком зависит от человека, следовательно, присутствует шанс брака детали вследствие человеческого фактора.

В рамках дипломного проекта будет проведен литературный обзор о методах решения данной задачи, разработана структура мехатронной системы, будет проведен подбор необходимого оборудования и разработан алгоритм управления.

## Определения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими сокращениями:

Числовое программное управление (ЧПУ) – область техники, связанная с применением цифровых вычислительных устройств для управления производственными процессами.

Шпиндель станка с ЧПУ – это двигатель, который раскручивает фрезу на фрезерном станке с ЧПУ. Его основная задача заключается в передаче крутящего момента на фрезу. Используется для фрезеровки, обработке поверхностей и т.д.

Фреза – инструмент с несколькими вращающимися резцами для обработки поверхности металлов и дерева.

Суппорт – это узел, который необходим для крепления инструмента и автоматического или ручного его перемещения на станке. Чаще всего суппорт состоит из резцедержателя и дополнительных деталей типа салазок, которые обеспечивают нужное направление движения инструмента.

Припуск – слой материала, подвергаемый снятию с заготовки при механической обработке в целях достижения заданных свойств обрабатываемых поверхностей детали.

## **1 Обзор существующих методов фрезерования поверхностей**

В данном разделе рассмотрим методы фрезеровки с ЧПУ, которые используются на производствах для проведения фрезеровки различных деталей. Стоит отметить, что рассмотрены были лишь те методы, которые потенциально могли бы быть использованы для выполнения нашей задачи.

### **1.1 Роботизированная фрезеровочная система на основе манипулятора**

Роботизированная фрезеровочная система на основе манипулятора представляет собой комплексную систему, состоящую из множества компонентов и устройств. Прежде чем рассматривать отдельные элементы системы, необходимо описать принцип ее работы. Основным принцип работы роботизированной фрезеровочной системы заключается в том, что робот перемещает фрезерующий инструмент по заданной траектории, обеспечивая точную и качественную обработку поверхности. Перемещение фрезерующего инструмента осуществляется с помощью манипулятора (рисунок 1).



Рисунок 1 – Роботизированная фрезеровочная система

В процессе работы система использует информацию, полученную от датчиков и сенсоров, которые определяют текущее положение инструмента и окружающей обстановки. Фрезерующий инструмент может быть различных форм и размеров, в зависимости от требований технологического процесса. Роботизированная фрезеровочная система состоит из нескольких основных компонентов и устройств. Одним из главных элементов является система управления, которая отвечает за управление движениями робота и фрезерующего инструмента, а также за прием и обработку информации от датчиков. В состав системы управления входит различное программное обеспечение, которое позволяет настраивать технологические параметры и определять оптимальное перемещение робота [1].

Для обеспечения точности и качества обработки поверхности в роботизированной фрезеровочной системе используются специальные датчики - энкодеры, которые определяют текущее положение робота и фрезерующего инструмента. Кроме того, система может быть оснащена видеокамерами и лазерными датчиками, которые обеспечивают более точное определение расстояний и координат (рисунок 2).

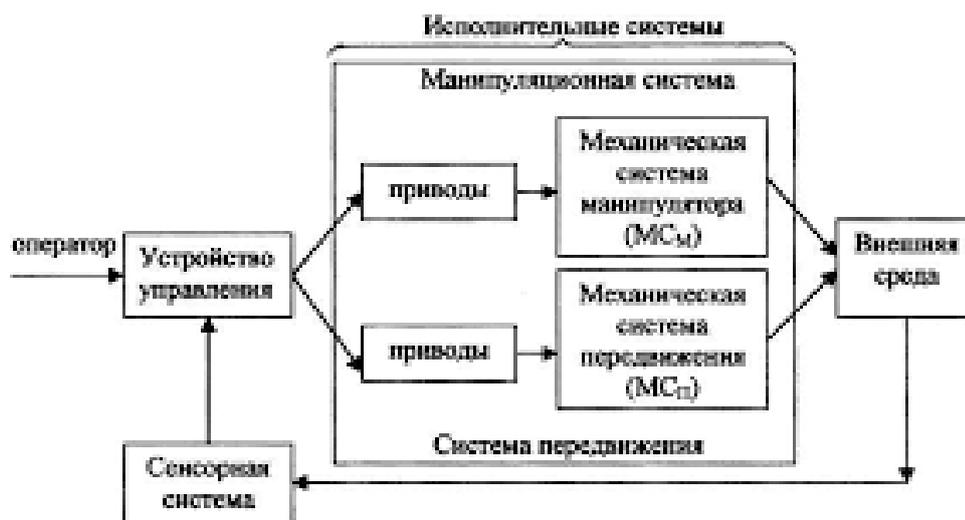


Рисунок 2 – Структурная схема промышленного манипулятора

Роботизированная фрезеровочная система может быть использована в различных областях промышленности, которые требуют высокой точности и качества обработки поверхности. Среди наиболее востребованных областей можно отметить автомобильную, аэрокосмическую и электронную промышленность. В этих отраслях система используется для создания сложных деталей и узлов, которые требуют высокой точности и качества обработки. Таким образом, роботизированная фрезеровочная система является важным инструментом автоматизации производства и позволяет значительно увеличить эффективность и качество производственных процессов.

## **1.2 Мобильная фрезеровочная система**

Мобильные фрезерные станки – это технологическое решение, которое позволяет значительно упростить работу мастеров в области металлообработки. Они позволяют обрабатывать материалы, не перемещая их на производственное предприятие, что экономит время и силы на организацию производственных процессов. В настоящее время мобильные фрезеровочные станки имеют разные размеры и конструктивные особенности, что приспособливает их к различным задачам по обработке металла. В отличие от стационарных станков, мобильные фрезеровочные станки обладают большей мобильностью и гибкостью, что позволяет использовать их на различных объектах и в условиях ограниченного пространства [2]. Мобильные фрезеровочные станки обычно имеют компактную и легкую конструкцию, которая позволяет устанавливать их в любом месте, где требуется обработка поверхностей. Они часто используются на строительных объектах, в мастерских, на производственных линиях и в других местах, где необходимо быстро и эффективно обработать поверхности различных материалов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Мобильный фрезерный станок с ЧПУ управлением

Преимущества использования мобильных фрезерных станков заключаются в их высокой маневренности и возможности работать на месте. Кроме того, мобильные фрезерные станки обладают высокой точностью и возможностью обработки деталей различных форм и размеров. Благодаря этим свойствам, они применяются при создании деталей различной сложности. Однако, использование мобильных фрезерных станков имеет и свои недостатки. Один из них - это высокая стоимость оборудования. Другой недостаток использования мобильных фрезерных станков - это невозможность обработки очень больших деталей. Из-за ограниченности рабочего поля станка, некоторые детали могут быть слишком большими, чтобы быть обработанными на мобильных фрезерных станках.

### **1.3 Сравнительный анализ методов фрезеровки**

На основании информации, представленной выше, можно сделать вывод о том, что данные методы могут быть использованы для выполнения задачи фрезеровки хвостовой балки вертолета, однако каждый из них обладает рядом недостатков.

Недостатками роботизированной фрезеровочной системы на основе манипулятора являются:

- высокая стоимость установки системы
- увеличение габаритов системы в целом

Недостатками мобильной фрезеровочной системы являются:

- необходимость проведения обработки детали вне цеха
- трудности в обработке крупных объектов

Решением же данной проблемы можно считать модернизацию существующего процесса фрезеровки путем внедрения роботизированного модуля. Данный подход объединит преимущества обоих методов, а также будет иметь меньшую стоимость.

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8E92	Харжееву Никите Борисовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>15.03.06 Мехатроника и робототехника</b>

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость ресурсов определялась по средней рыночной стоимости, в соответствии с окладами сотрудников организации
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию 3.5 руб кВт/ч, 30 % районный коэффициент, 20% коэффициент доплат и надбавок, 30% премиальный коэффициент.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления в социальные внебюджетные фонды 30 %

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований. Определить возможные альтернативы проведения научных исследований
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Представить структуру работ в рамках НИ. Определить трудоемкость выполнения работ. Разработать график проведения НИ, составить план бюджета НИ.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Провести оценку сравнительной эффективности НИ

**Перечень графического материала:**

1. Карта сегментирования рынка; 2. Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений 3. Интерактивные матрицы и матрица SWOT-анализа; 4. Морфологическая матрица для системы определения поверхностей; 5. Перечень этапов, работ и распределения исполнителей, временные показатели и календарный план-график проведения работ; 6. Расчет бюджета на спецоборудование и материальных затрат; 7. Расчет заработной платы исполнителей; 8. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.
--

<b>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</b>	
--	--

**Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

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

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E92	Харжеев Никита Борисович		

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### Потенциальные потребители результатов исследования

Целевым рынок можно разделить на три сегмента, по характеру применения разработки:

- 1) Компании по производству станков ЧПУ – коммерческие и некоммерческие разработки, практическое использование.
- 2) Авиационные предприятия – практическое использование.
- 3) Научные и образовательные учреждения – некоммерческие разработки.

На основе целевых рынком можно составить карту сегментирования, представленную в таблице 11.

Таблица 11 – Карта сегментирования рынка

Использование продукции	Группа потребителей		Использование		
	Некоммерческая разработка	Коммерческая разработка	Практическое использование		
ВУЗы и НИИ					
Производители станков					
Авиационные предприятия					
ЧПУ		GRC		КАЗ	

Согласно карте сегментирования рынка, можно сделать вывод об относительной свободе сегмента разработки мехатронной системы фрезерования хвоста вертолета.

### Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции технических и экономических критериев будет основываться на сравнении разрабатываемой системы фрезеровки и двух конкурентов. В качестве конкурентов были выбраны система фрезеровки компании «Альфа инжиниринг» и система фрезеровки компании «GRC». В таблице 12 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных решений.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

№	Конкуренты	Факторы конкурентоспособности проектов					Итог
		Стоимость	Качество	Вероятность брака	Безопасность для персонала	Скорость исполнения	
1	Альфа инжиниринг	8	7	7	7	8	37
		1,6	1,75	1,4	1,4	1,2	7,35
2	GRC	3	7	8	10	5	33
		0,6	1,75	1,6	2	0,75	6,7
3	Мехатронная система станка с ЧПУ	5	9	9	10	8	41
		1	2,25	1,8	2	1,2	8,25
	bj	4	5	4	4	3	20
	wj	0,2	0,25	0,2	0,2	0,15	1

Разрабатываемая система стала лучшим вариантом, исходя из проанализированных данных благодаря ряду преимуществ, сочетающие в себе непосредственное участие как мастера, так и самой системы.

## SWOT-анализ

Проведем исследование внутренних и внешних факторов проекта с помощью методики SWOT-анализа. Представим интерактивные матрицы в таблицах 13 – 14.

Таблица 13 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

		Сильные стороны			Слабые стороны		
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	0	0	+	0	0	-
	В2	+	0	+	+	-	+

Таблица 14 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и угроз

		Сильные стороны			Слабые стороны		
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы проекта	У1	-	0	+	+	+	0
	У2	-	-	-	+	-	0

Составим матрицу SWOT-анализа (таблица 15).

Таблица 15 – Матрица SWOT анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Высокая точность работы</p> <p>С2. Низкая вероятность брака</p> <p>С3. Наблюдение за параметрами процесса</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Необходимость переобучения персонала для работы на новом оборудовании</p> <p>Сл2. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл3. Необходимость обслуживания</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1: Инновационная инфраструктура ТПУ</p> <p>В2: Сотрудничество с производителями станков</p>	<p>Использование инфраструктуры ТПУ и сотрудничество способствует получению высоких показателей качества работы системы.</p>	<p>Переобучение сотрудников и найм новых специалистов</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1: Наличие сильных конкурентов</p> <p>У2: Нехватка финансирования</p>	<p>Участие в соревнованиях и грантах.</p>	<p>Внедрение дополнительных подсистем в техническое решение для улучшения работы системы фрезеровки</p>

#### 4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив воспользуемся морфологическим подходом. В качестве вариантов исполнения примем:

- исполнение 1 – Система фрезеровки с использованием датчиков положений;
- исполнение 2 – Система фрезеровки с использованием энкодеров, датчиков тока (момента), акселерометра;
- исполнение 3 – Система фрезеровки с использованием лазерного трекера

Таблица 15 – Морфологическая матрица для системы определения поверхностей

	1	2	3
А. Основной датчик, считывания информации	Оптическая линейка	Энкодеры	Лазерный трекер
Б. Вид считываемых данных	Дискретный сигнал	Дискретный сигнал	Координаты
В. Метод анализа данных	Замкнутая система управления	Расчет передачи на основе законов механики	Математические методы определения положения

### 4.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителей
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов	Студент
	3	Проведение патентных исследований	Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Вывод формул физических процессов	Студент
	6	Разработка структурной схемы	Студент
	7	Подбор комплектующих	Студент
	8	Разработка алгоритма фрезеровки	Студент

Продолжение таблицы 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схемы алгоритма	Студент
	12	Проверка правильности оформления технической документации	Руководитель
Испытания	13	Испытания системы	Студент
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент

### Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож\ i}$  используется следующая формула (21):

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (21)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (22):

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (22)$$

где  $T_p$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

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

График проведения научного исследования будет выполнен в виде диаграммы Ганта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (23):

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (23)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$k_{\text{кал}}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (24):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (24)$$

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

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

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

Для 2023 года коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1.48.$$

Результаты расчетов показателей проведения научного исследования приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы									Исполнители	Длительность работ $T_p$ , раб.дн.			Длительность работ $T_k$ , кал.дн.		
	$t_{min}$ , чел-ни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож}$ , чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение технического задания	2	2	2	4	4	4	2.8	2.8	2.8	Руководитель, студент	1.4	1.4	1.4	2	2	2
Подбор и изучение материалов	4	4	4	8	8	8	5.6	5.6	5.6	Студент	5.6	5.6	5.6	9	9	9
Проведение патентных исследований	1	1	1	2	2	2	1.4	1.4	1.4	Студент	1.4	1.4	1.4	2	2	2
Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1.4	1.4	1.4	Руководитель, студент	0.7	0.7	0.7	1	1	1
Вывод формул физических процессов	15	15	8	25	25	12	21	21	9.6	Студент	19	19	9.6	26	26	15
Разработка структурной схемы	3	3	3	4	4	4	3.4	3.4	3.4	Студент	3.4	3.4	3.4	5	5	5
Подбор комплектующих	2	2	2	3	3	3	2.4	2.4	2.4	Студент	2.4	2.4	2.4	4	4	4

Продолжение таблицы 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Разработка алгоритма фрезеровки	2	2	2	3	3	3	2.4	2.4	2.4	Студент	2.4	2.4	2.4	4	4	4
Оценка эффективности полученных результатов	1	1	1	2	2	2	1.4	1.4	1.4	Руководитель	1.4	1.4	1.4	2	2	2
Определение целесообразности проведения ОКР	2	2	2	3	3	3	2.4	2.4	2.4	Руководитель	2.4	2.4	2.4	4	4	4
Разработка блок-схемы алгоритма	2	2	2	4	4	4	2.8	2.8	2.8	Студент	2.8	2.8	2.8	5	5	5
Проверка правильности оформления технической документации	4	4	4	6	6	6	4.8	4.8	4.8	Руководитель	4.8	4.8	4.8	8	8	8
Испытания системы	3	3	3	5	5	5	3.8	3.8	3.8	Студент	3.8	3.8	3.8	6	6	6
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	10	10	10	20	20	20	14	14	14	Студент	14	14	14	21	21	21
Итого										Руководитель	65.	65.	56.	99	99	88
										Студент	5	5	1			

Таблица 18 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>к</sub> , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль			Март			Апрель			Май			
				1	2	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение ТЗ	Р, С	2	■												
2	Подбор и изучение материалов	С	9	■	■											
3	Проведение патентных исследований	С	2		■											
4	Календарное планирование работ по теме	Р, С	1		■											
5	Вывод формул физических процессов	С	26		■	■	■	■								
6	Разработка структурной схемы	С	5					■	■							
7	Подбор комплектующих	С	4					■	■							
8	Разработка алгоритма фрезеровки	С	4						■	■						
9	Оценка эффективности полученных результатов	Р	2							■	■					
10	Определение целесообразности проведения ОКР	Р	4								■	■	■	■		

Продолжение таблицы 18 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

11	Разработка блок-схемы алгоритма	С	5																
12	Проверка правильности оформления технической документации	Р	8																
13	Испытания системы	С	6																
14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	С	21																

 - руководитель  
 - студент

#### 4.4 Бюджет научно-технического исследования

##### Расчет материальных затрат НТИ

Представим в таблице 19 расчет материальных затрат.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Электроэнергия	кВт*ч	250	3.5	875
Интернет	Тариф*Месяц	2	242.5	485
Итого				1360

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

Представим в таблице 20 расчет затрат на специальное оборудование.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Персональный компьютер	1			250000			250000		
Программное обеспечение MS Windows	1			16000			16000		
ПО TIA Portal	1	0	0	0			0	0	0
ПО CubeMX	0	1	0	25000			0	25000	0

Продолжение таблицы 20 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

ПО CodeSys	0	0	1	30000	0	0	30000
Итого					266600	291000	296000

Данная статья расхода включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ (25).

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} T_p, \quad (25)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб. (26);

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m M}{F_d}, \quad (26)$$

где  $Z_m$  – месячных должностной оклад работника, руб;

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 21 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	118	118
-праздничные дни		

Потери рабочего времени -отпуск -невыход по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника (27):

$$Z_M = Z_{TC}(1 + k_{пр} + k_d)k_p, \quad (27)$$

где  $Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0.3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, примем равным 0.2;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1.3 в г. Томск.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{TC}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , тыс.руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб.дн.			$Z_{осн}$ , руб.		
							Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	39300	0.3	0.2	1.3	76635	4005	10.7	10.7	10.7	41853	41853	41853
Студент	16242	0.3	0.2	1.3	31671,9	1655	56.9	56.9	47.5	94170	94169	78613
Итого $Z_{осн}$							Исп.1			136023		
							Исп.2			136023		
							Исп.3			120466		

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы (28):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} Z_{\text{осн}}, \quad (28)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды равный 30 %.

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	41853	41853	41853
Студент	94170	94170	78613
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3		
Итого	40806,9	40806,9	31139,8

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НИИ	1360	1360	1360
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	266000	291000	296000
3. Затраты по основной заработной плате	136023	136023	120466

4. Отчисления во внебюджетные фонды	40806,9	40806,9	31139,8
5. Бюджет затрат НИИ	444189,9	469189,9	448965,8

#### 4.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как (29):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (29)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = \frac{444189,9}{469189,9} = 0,95;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = \frac{469189,9}{469189,9} = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}3} = \frac{448965,8}{469189,9} = 0,96.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (30):

$$I_{pi} = \sum a_i b_i, \quad (30)$$

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

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

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Качество фрезеровки	0.2	3	3	1
2.Удобство в эксплуатации	0.2	2	2	3
3.Надежность системы	0.4	4	2	4
4.Работа на основе построенной траектории	0.1	1	4	1
5.Вероятность брака	0.1	4	0	4
Итого	1	14	11	13

$$I_{p-исп1} = 3 * 0.2 + 2 * 0.2 + 4 * 0.4 + 1 * 0.1 + 4 * 0.1 = 3.1;$$

$$I_{p-исп2} = 3 * 0.2 + 2 * 0.2 + 2 * 0.4 + 4 * 0.1 = 2.2;$$

$$I_{p-исп3} = 1 * 0.2 + 3 * 0.2 + 4 * 0.4 + 1 * 0.1 + 4 * 0.1 = 2.9.$$

Интегральные показатели эффективности вариантов исполнения (31):

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}^{испi}}, \quad (31)$$

$$I_{исп.1} = \frac{3.1}{0.95} = 3.26;$$

$$I_{исп.2} = \frac{2.2}{1} = 2.2;$$

$$I_{исп.3} = \frac{2.9}{0.96} = 3.1;$$

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по формуле (32):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.i}}}, \quad (32)$$

Проведем сравнение относительно первого исполнения:

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{3.26}{2.2} = 1.48;$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{3.26}{3} = 1.08$$

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.95	1	0.96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3.1	2.2	3
3	Интегральный показатель эффективности	3.26	2.2	3.1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1.48	1.04

Таким образом, сравнительная эффективность вариантов исполнения показала, что исполнение 1 превосходит исполнение 2 на 48 % и исполнение 3 на 4 %. Это связано с тем, что для текущего проекта используется меньшее количество аппаратных и программных систем. Также преимущества исполнения 1 показывает высокие показатели качества обработки деталей.

На основании данных показателей можно сделать вывод о том, что данный научно-исследовательский проект в рамках исполнения 1 имеет достаточно высокую ресурсоэффективность в сравнении с двумя иными исполнениями.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
8E92		Харжееву Никите Борисовичу	
<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

Разработка мехатронной системы автоматизации фрезерования хвоста вертолета	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> роботизированный модуль для фрезеровки торцевой части хвостовой балки вертолета.</p> <p><i>Область применения:</i> авиационная промышленность, робототехника.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размер помещения:</i> 6*7 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> компьютер.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка принципиальной схемы подключения компонентов и проверка алгоритма фрезеровки.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022).</p> <p>ГОСТ 21889-76 Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенные уровни шума</li> <li>- отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения</li> <li>- отклонение показателей микроклимата</li> </ul> <p><b>Опасные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.</li> </ul> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> Соблюдение техники безопасности и распорядка дня на рабочем месте, использование защитных перчаток.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b></p>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> не выявлено.</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> отходы в следствии утилизации компонентов.</p>

	<b>Воздействие на гидросферу:</b> не выявлено. <b>Воздействие на атмосферу:</b> выбросы вредных веществ при генерации электроэнергии.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<b>Возможные ЧС:</b> - Пожар - Землетрясения <b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар, причина - короткое замыкание
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E92	Харжеев Никита Борисович		

## **5 Социальная ответственность**

Область применения роботизированного модуля для фрезеровки торцевой части хвостовой балки вертолета – авиационная промышленность, робототехника.

В данной работе проектируется мехатронная система фрезерования хвоста вертолета. Целью данной системы является минимизация брака дорогостоящих деталей в процессе приторцовки хвостовой и килевой балки вертолета путем роботизации и автоматизации технологического процесса.

Актуальность проекта обусловлена повышением спроса на вертолеты гражданской и военной авиации. Повышение производительности рабочих линий поможет нарастить объёмы выпускаемой продукции. Поэтому данный вопрос стараются решить внедрением автоматизированных и роботизированных ячеек.

Потенциальными потребителями являются организации по производству авиационной техники, а также разработчики и производители в сфере робототехники.

Разработка осуществлялась в лаборатории 101 корпуса №10 Томского политехнического университета. Приблизительная площадь помещения 42 м<sup>2</sup>. В лаборатории располагается персональный компьютер для осуществления работы. Рабочим процессом является разработка принципиальной схемы подключения компонентов и проверка алгоритма фрезеровки.

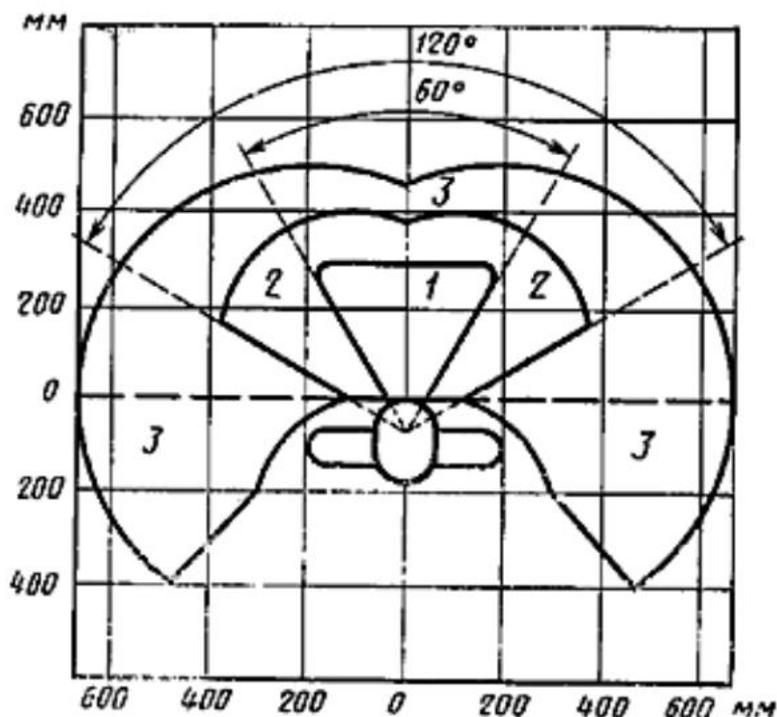
### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правовое регулирование трудовых отношений в Российской Федерации выполняется согласно Трудовому кодексу Российской Федерации [17].

Согласно Трудовому кодексу, для проведения работы по научно-исследовательскому проекту установлена шестидневная рабочая неделя с одним выходным днем. Рабочее время с понедельника по пятницу с 15:00 по 20:00, в

субботу с 10:00 по 18:00, обеденный перерыв 13:00-14:00. Рабочее время перенесено в будние дни во вторую половину дня в связи с тем, что один из исполнителей проекта является студентом и совмещает работу над проектом с учебой в университете. Таким образом, продолжительность рабочего времени равна 32 часам в неделю.

Большая часть работ проводится сидя за персональным компьютером (ПК), поэтому рабочее место должно соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 [18]. Вид работ, выполняемый на данном рабочем месте, можно отнести к легкой работе (по ГОСТ 12.1.005-88 [19]). Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. При этом выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля, приведенных на рисунке 14. Операции с органами управления ПК – клавиатурой и мышью принимаются очень частыми.



1 – зона для размещения наиболее важных и очень часто используемых органов управления;

2 – зона для размещения часто используемых органов управления;

3 – зона для размещения редко используемых органов управления.

Рисунок 14 – Зона для выполнения ручных операций и размещения органов управления

Так как за ПК могут работать как мужчины, так и женщины, то

- высота рабочей поверхности должна быть равна 655 мм;
- высота сиденья 420 мм;
- высота пространства для ног не менее 600 мм;
- ширина пространства для ног не менее 500 мм;
- расстояние от сиденья до нижнего края рабочей поверхности не менее 150 мм.

Конструкция кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76 [20].

## 5.2 Производственная безопасность

Условия труда, в которых производится разработка алгоритма сегментации, в том числе и устройство, на котором производится работа, могут вызывать появление вредных и опасных факторов производства.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [21] при разработке алгоритма сегментации могут возникнуть следующие факторы, которые представлены в таблице 21.

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные производственные факторы в офисе

Факторы	Нормативные документы
Вредные факторы	
Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52. 13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Опасные факторы	
Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

### 5.2.1 Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. При разработке программного и аппаратного обеспечения шум может исходить от систем охлаждения ПК.

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д.

В таблице 2 приведены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума для помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ согласно СП 51.13330.2011. Защита от шума [22].

Для снижения уровня шума, издаваемого персональным компьютером, необходимо регулярно производить чистку от пыли его системы охлаждения, замену термоинтерфейса и прочее техническое обслуживание.

Таблица 18 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях лабораторий для проведения экспериментальных работ

Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука $L_A$ (эквивалентный уровень звука $L_A$ экв), дБА	Максимальный уровень звука $L_{A \text{ макс}}$ , дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90

### 5.2.2 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Основной причиной возникновения данного вредного фактора является недостаточное освещение рабочей зоны.

Освещение рабочего места, которое не удовлетворяет нормам может затруднять длительную работу так, как вызывает высокое утомление работников и способствует развитию нарушений зрения.

Нормы освещённости кабинетов, рабочих комнат, офисов и представительств указаны в СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [23].

Регламентированные допустимые характеристики освещённости искусственным светом рабочих мест [9], при характеристике зрительных работ, описанных ранее, приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Допустимые характеристики освещённости

Освещённость, лк		При системе общего освещения	Показатель дискомфорта, UGR, не более	Коэффициент пульсации освещённости, $K_p$ , %, не более
При комбинированном освещении	В том числе от общего			
400	200	200	25	20

В офисах, где используются персональные компьютеры, освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Вдобавок, окна в офисе должны располагаться на севере или северо-востоке.

### 5.2.3 Отклонение показателей микроклимата

В рабочем помещении микроклимат может зависеть от различных факторов, таких как система вентиляции, нагревательные устройства, температура на улице и количество работающей техники в лаборатории. Микроклимат в помещении, где человек проводит продолжительное время,

имеет огромное значение для его работоспособности и возможности комфортного отдыха и расслабления. Состояние внутренней среды здания может оказывать как положительное, так и негативное влияние на здоровье человека. При длительном воздействии высоких температур появляется судорожная болезнь, а при длительном воздействии низких температур — гипотермия при общем охлаждении, поражение периферической нервной системы такие как полиневриты и воспалительные [25].

Микроклимат любого помещения определяется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения. На рабочих местах должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата. Обеспечение оптимальных и допустимых норм параметров микроклимата регламентируется исходя из требований СанПиН 1.2.3685-21 [25], приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в лаборатории

Период года	Категория помещения или наименование	Температура воздуха, °С		Температура результирующая, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.
Холодный	Помещения, в которых люди заняты умственным трудом	19-21	18-23	18-20	17-22	45-30	60-30	0,2	0,3
Теплый		23-25	18-28	22-24	19-27	60-30	65-30	0,15	0,25

Для обеспечения качественной воздушной среды лаборатории необходимо принимать следующие меры: правильно организовывать вентиляцию и кондиционирование воздуха, а также обеспечивать отопление

помещений. Вентиляция может быть естественной или механической. В случае естественной вентиляции воздух поступает и удаляется через щели, окна и двери, но не проходит предварительную очистку и нагревание. Для естественной вентиляции необходимо, чтобы на одного работающего приходилось более 40% объемов воздуха в помещении. Однако, так как в рассматриваемом помещении не выполняются требования к объему воздуха на одного работающего, принудительная вентиляция становится необходимостью. Принудительная вентиляция обеспечивает подачу и удаление воздуха с помощью специальных систем, что позволяет очищать и нагревать воздух перед его поступлением в помещение.

#### **5.2.4 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий**

В процессе разработки принципиальной схемы подключения компонентов и проверка алгоритма фрезеровки у работников могут появиться травмы от воздействий электрическим током. Поражение током, может произойти при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей) или при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением.

Поражение электрическим током является одним из самых опасных видов вредного воздействия из-за того, что электрический ток является невидимым для человеческого глаза. Его действие на организм человека носит разносторонний характер: проходя через тело, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие.

Для того чтобы гарантировать защиту своим работникам, работодателю нужно использовать оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, а также помещение, где размещается рабочее место, должно быть оборудовано

защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

### **5.3 Экологическая безопасность**

#### **5.3.1 Защита литосферы**

Причиной вредного воздействия на литосферу при разработке проектного решения является утилизация

- электронной техники (системных блоков, мониторов, периферии);
- электронных компонентов (аппаратное обеспечение узла помещения).

Для утилизации блоков питания, самых опасных для литосферы компонентов (его составные части разлагаться очень долго и отравляют почву), необходимо обратиться в специализированные центры, где его разберут на составные части: рабочие части пустят на повторное использование, а остальные утилизируют по правилам утилизации этих частей. Остальные электронные компоненты утилизируются таким же образом.

#### **5.3.2 Защита атмосферы**

Основное воздействие на окружающую среду происходит через потребляемую электроэнергию, которая необходима для функционирования ПК, а также и непосредственно через сам ПК.

Для генерации энергии требуется производить сжигание ископаемого и жидкого топлива на тепловой электростанции, что сопровождается выделением различных загрязняющих веществ в атмосферу. Снизить негативное влияние на окружающую среду можно путем сокращения расхода электроэнергии. Отключение ПК пока он не используется является одним из методов защиты атмосферы.

Также, как и в случае литосферы, вредное влияние на атмосферу оказывает процесс утилизации электронных компонентов, расходных материалов и вышедшего из строя оборудования. Негативное воздействие оказывается, когда

для утилизации используется сжигание, при котором в атмосферу выделяются токсичные вещества. Принципы утилизации электронных компонентов указаны в предыдущем пункте.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В процессе разработки могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации: пожар, землетрясение.

При выполнении работ по реализации проекта, наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в лаборатории. Возникновение пожара в помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации.

Чтобы предотвратить ЧС, в помещении пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности, анализируемое в данной работе помещение относится к категории В.

Класс пожара, соответствующий возможной ЧС – Е. Основные источники возникновения пожара:

- неработоспособное электрооборудование и электрические приборы с дефектами;
- неисправности в проводке, розетках и выключателях;
- перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке.

Таким образом для устранения возможных источников возникновения пожара необходимо отключать электрооборудование при покидании рабочего места; периодически проверять электрооборудование и элементы проводки на исправность; избегать включения большого количества приборов в разветвители.

Работник, выполняющий работы в аудитории, в случае возникновения пожара или его признаков (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

- немедленно сообщить об этом по телефону 01 или 112 в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);
- известить о пожаре руководителя или другого работника;
- задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации людей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;
- принять по возможности меры по тушению пожара имеющимся в учреждении средствами пожаротушения.

Меры безопасности обеспечиваются системами предотвращения пожара и противопожарной защиты исходя из требований пожарной безопасности. Средствами обеспечения пожаробезопасности являются:

- огнетушитель, которым обеспечена аудитория, а также пожарный кран, находящийся в здании;
- системы автоматической пожарной сигнализации;
- средства организации эвакуации.

Перед началом работы в лаборатории необходимо пройти инструктаж и оставить свою подпись в журнале о прохождении инструктажа по пожарной безопасности.

### **Вывод по разделу**

В результате работы над данным разделом было выявлено, что обеспечение безопасности на производстве является очень сложным и ответственным процессом. Были определены меры обеспечения безопасности, которые снизят риски для работника и повысят его работоспособность.

Выявлено, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

Рабочее место соответствует всем необходимым нормам. По электробезопасности помещение относится к категории без повышенной опасности. Персонал по электробезопасности согласно Правил по охране труда и эксплуатации электроустановок [10] относится к группе I. По тяжести труда в соответствии с СанПин 1.2.3685-21 [11] работа при разработке относится к категории Ia. Рабочее помещение согласно СП 12.13130.2009 относится к категории В – пожароопасность.

## **Заключение**

В ходе выполнений данной работы были получены следующие результаты:

- проведен обзор существующих методов фрезеровки с использованием мехатронных систем;
- были произведены расчеты для выбора двигателей для управления модулями системы;
- был произведен подбор двигателей на основании проведенных расчетов;
- был произведен выбор датчиков и контроллера для управления системой;
- была разработана структурная и функциональная схема фрезеровочной системы;
- был разработан алгоритм для проведения фрезерования;
- был проведен анализ финансовой эффективности и социальной значимости проекта.

## Список используемых источников

1. RoboMatic Industrial Robots: сайт – URL: <https://www.robomatic.ru/robots/princip-raboty> (дата обращения 15.04.2022). – Текст: Электронный.
2. Промойл Горизонтально-фрезерный станок: сайт – URL: <https://promoil.com/blog/d/osobennosti-konstruktsii-i-naznachenie-gorizontально-frezernogo-stanka> (дата обращения 15.04.2022). – Текст: Электронный.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2 – х т./Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985 г. – 495 с.
4. Электродвигатели ПБСТ-33М: сайт – URL: <https://elektrodvigateli.ru/postoyannogo-toka/pbst-33m.html> (дата обращения 23.04.2022). – Текст: Электронный.
5. Компания Вертекс: сайт – URL: <https://vertex-rd.ru/catalog/9257/DE885B14-7B2C-41EC-AB97-F75D982F283D> (дата обращения 23.04.2022). – Текст: Электронный.
6. Цилиндрический мотор-редуктор F37: сайт – URL: <https://tehprivod.su/katalog/motor-reduktory/cilindricheskie-motor-reduktory> (дата обращения 23.04.2022). – Текст: Электронный.
7. ПЧВ1 Преобразователь частоты: сайт – URL: [https://owen.ru/product/preobrazovatel\\_chastoti\\_oven\\_pchv1\\_i\\_pchv2](https://owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv1_i_pchv2) (дата обращения 23.04.2022). – Текст: Электронный.
8. Примеры выбора шарико-винтовой передачи: сайт – URL: <https://tech.thk.com/ru/products> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: Электронный.
9. Шаговые двигатели NEMA 23 серии ШД57: сайт – URL: <https://electroprivod.ru/dsh57.htm> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: Электронный.
10. Драйвер шаговых двигателей SMD-4.2: сайт – URL: <https://electroprivod.ru/smd-4.2.htm> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: Электронный.

11. Оптическая линейка КА-720мм: сайт – URL: <https://rustan.ru/osnastka/dro-dla-tokarnogo-frezernogo-stanka/opticheskie-lineiki/sino/ka-300-720-5> (дата обращения 13.05.2022). – Текст: Электронный.
12. Оптический EndStop: сайт – URL: [https://zona-3d.ru/catalog/elektronika/kontseveye\\_vyklyuchateli/kontseveye\\_vyklyuchateli\\_opticheskie/opticheskij-kontsevoj-vyklyuchatel-endstop](https://zona-3d.ru/catalog/elektronika/kontseveye_vyklyuchateli/kontseveye_vyklyuchateli_opticheskie/opticheskij-kontsevoj-vyklyuchatel-endstop) (дата обращения 13.05.2022). – Текст: Электронный.
13. ПЛК110 контроллер для средних систем автоматизации: сайт – URL: [https://owen.ru/product/plk110\\_m02](https://owen.ru/product/plk110_m02) (дата обращения 13.05.2022). – Текст: Электронный.
14. S-350-48-источник питания: сайт – URL: [https://owen.ru/product/plk110\\_m02](https://owen.ru/product/plk110_m02) (дата обращения 13.05.2022). – Текст: Электронный.
15. Преобразователь XL7015 понижающий: сайт – URL: <https://compacttool.ru/dc-dc-preobrazovatel-xl7015-ponizhayuschiy> (дата обращения 13.05.2022). – Текст: Электронный.
16. Преобразователь XL4005 понижающий: сайт – URL: [https://supereyes.ru/catalog/reguliruemye\\_moduli\\_pitaniya\\_dc\\_dc\\_preobrazovатели/Reguliruemyj\\_preobrazovatel\\_napryazheniya\\_DC\\_DC\\_konverter\\_5A\\_XL4005](https://supereyes.ru/catalog/reguliruemye_moduli_pitaniya_dc_dc_preobrazovатели/Reguliruemyj_preobrazovatel_napryazheniya_DC_DC_konverter_5A_XL4005) (дата обращения 13.05.2022). – Текст: Электронный.
17. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации: Кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 09.12.2022).
18. ГОСТ 12.02.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
20. ГОСТ 21889-76. Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
21. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

22. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
23. СП 52. 13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.
24. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 15 декабря 2020 года № 903н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.
25. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
26. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

## **Supplement A**

(обязательное)

The conclusion

## **The conclusion**

In the course of the work, a review of existing milling methods using mechatronic systems was carried out and their comparative analysis was carried out. Then calculations were made to select engines for controlling the system modules, as well as their selection according to the obtained characteristics. A selection of sensors and a controller for controlling the system was made, and a structural and functional diagram of the milling system was developed. In conclusion, an algorithm was developed for carrying out the milling operation.

The considered milling system can be improved in further work within the framework of the master's thesis by introducing a larger number of mechatronic modules and increasing the accuracy of the system.