

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>Разработка установки для электрохимической полировки титановых сплавов, изготовленных методами аддитивного производства</b>
--

УДК 669.295.5:621.795.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б51	Курдюмов Никита Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭФ ИЯТШ	Лидер Андрей Маркович	д.т.н, доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭФ ИЯТШ	Кудияров Виктор Николаевич	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ ИЯТШ	Лидер Андрей Маркович	д.т.н., доцент		

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
<b>Р1</b>	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОС3+  (ОК-1, ОК-2,  ОК-3, ОК-4)
<b>Р2</b>	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОС3+  (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
<b>Р3</b>	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОС3+  (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
<b>Р4</b>	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОС3+  (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
<b>Р5</b>	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при	Требования ФГОС3+

	необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности.	(ОПК-8, ОПК-9)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
<b>Р6</b>	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-1, ПК-2)
<b>Р7</b>	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
<b>Р8</b>	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОСЗ+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
<b>Р9</b>	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОСЗ+ (ПК-9)



<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	6.Измерение шероховатости после электрохимической полировки 7.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 8. Социальная ответственность 9. Заключение
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭФ ИЯТШ	Кудияров Виктор Николаевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б51	Курдюмов Никита Евгеньевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0Б51	Курдюмову Никите Евгеньевичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа ядерных технологий	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение экспериментальной физики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Физика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Принять по действующим ценам</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	–
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>НДС – 20%; Отчисления во внебюджетные фонды – 30%</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	–
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование процесса управления НИР: построить график поведения НИР, составить бюджет НИР</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Выполнить</i>

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

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *График проведения и бюджет НИ*
3. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0Б51	Курдюмов Никита Евгеньевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0Б51	Курдюмову Никите Евгеньевичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа ядерных технологий	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение экспериментальной физики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Физика

Тема ВКР:

Разработка установки для электрохимической полировки титановых сплавов, изготовленных методами аддитивного производства	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является образцы из титанового сплава ВТ6 подвергнутые электрохимической полировке с целью уменьшения шероховатости на поверхности. Измерение шероховатости происходит на профилометре до и после электрохимической полировки, исходя из этого оценивается эффективность электрохимической полировки. Данные установки находятся в лаборатории 3 корпуса ТПУ. Исследования в данной области представляют интерес в различных промышленных отраслях
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)</li> <li>- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;</li> <li>- ГОСТ 2184-2013 Кислота серная техническая</li> <li>- ГОСТ 701-89 Кислота азотная концентрированная.</li> <li>- ГОСТ 10484-78 Реактивы. Кислота фтористоводородная</li> <li>Документы по воздействию ПЭВМ:</li> <li>- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;</li> <li>- ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов</li> </ul>

	<p>рабочего места. Общие эргономические требования.</p> <p>- ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.</p> <p>- ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Анализ опасных факторов производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность.</li> </ul> <p>Анализ вредных факторов производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– воздействие электрического напряжения на организм человека;</li> <li>– воздействие химических веществ на дыхательные пути и организм человека в целом;</li> <li>микроклимат</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Факторы рабочего места, влияющие на окружающую среду:</p> <p>выброс в атмосферу химических веществ;</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Возможные чрезвычайные ситуации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Утечка кислоты;</li> <li>– Поражение оператора установки электрическим током;</li> </ul> <p>Наиболее типичная ЧС: Кислотный ожог</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБ51	Курдюмов Никита Евгеньевич		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования Бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2018	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2018	Разработка установки для электрохимического полирования	15
30.12.2018	Проведение электрохимической полировки титанового сплава ВТ6	20
30.04.2019	Анализ результатов	15
25.05.2019	Социальная ответственность	15
25.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2019	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭФ ИЯТШ	Кудяров Виктор Николаевич	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер Андрей Маркович	д.т.н., доцент		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 79 страниц, 20 рисунков, 19 таблиц, 58 литературных источников, 0 приложений. Ключевые слова: титановый сплав ВТ6, разработка установки, аддитивные технологии, электрохимическое полирование, шероховатость. Объектом исследований являлись электрохимическая полировка образцов, изготовленных из титанового сплава Ti-6Al-4V (ВТ6) методом электронного лучевого сплавления.

Целью работы является разработать установку и отработать методику электрохимической полировки поверхности титанового сплава ВТ6, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: разработать установку для электрохимической полировки, провести при различных режимах электрохимическую полировку титанового сплава ВТ6, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.

В первой главе описаны методы обработки поверхности, определены преимущества и недостатки каждого метода.

Вторая глава посвящена постановке задачи и методике эксперимента.

В третьей главе экспериментально изучено влияние параметров (напряжение, состав электролита и его температура, время) на качество электрохимической полировки титанового сплава ВТ6. Были определены необходимые значения параметров для электрохимического полирования позволяющие уменьшать шероховатость поверхности.

В четвертой главе описан финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение данной работы.

В пятой главе описана социальная часть проведенного исследования.

Область применения: результаты могут быть использованы для постобработки геометрически сложных деталей, изготовленных аддитивными методами.

## Оглавление

Введение .....	13
Глава 1. Обработка поверхности титановых сплавов, изготовленных аддитивными методами .....	15
1.1 Шероховатость .....	15
1.2 Методы обработки поверхности .....	17
1.2.1 Механическая обработка .....	17
1.2.2 Химическая обработка ..	17
1.2.3 Электрохимическая полировка .....	18
1.3 Электрохимическое полирование титановых сплавов, изготовленных аддитивными методами .....	22
Глава 2. Постановка задачи и методика эксперимента .....	25
2.1. Постановка задачи .....	25
2.2. Материал и методы эксперимента .....	26
Глава 3. Экспериментальная часть .....	28
3.1 Конструкция и основные компоненты .....	28
3.2 Результаты электрохимической полировки титанового сплава ВТ6 изготовленного методом электронно-лучевого сплавления .....	30
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	44
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения .....	44
4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	45
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	45
4.2.2. Организация и планирование работ .....	47
4.2.3. Продолжительность этапов работ .....	48

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НИР) .....	52
4.3.1 Расчет материальных затрат НИР .....	52
4.3.2. Расчет заработной платы .....	53
4.3.3 Расчет затрат на социальный налог .....	54
4.3.4 Расчет затрат на электроэнергию .....	54
4.3.5 Расчет амортизационных расходов .....	55
4.3.6 Расчет прочих расходов .....	56
4.3.7 Расчет общей себестоимости разработки .....	56
4.3.8 Расчет прибыли .....	57
4.3.9 Расчет НДС .....	57
4.3.10 Цена разработки НИР .....	57
Глава 5. Социальная ответственность .....	57
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	58
5.2. Профессиональная социальная безопасность .....	60
5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов .....	61
5.2.2 Анализ вредных факторов .....	61
5.2.3 Анализ опасных факторов .....	64
5.3. Экологическая безопасность .....	68
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	68
5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований .....	68
5.4.2. Разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	70
Список литературы .....	74

## **Введение**

Титановые сплавы обладают отличными эксплуатационными свойствами, их высокая коррозионная стойкость, биопрочность и биосовместимость позволяют использовать их в различных промышленных отраслях, в частности медицинской и аэрокосмической.

В последние годы технологии аддитивного производства получили бурное развитие. С помощью таких технологий можно изготавливать сложные геометрические и тонкостенные детали, которые могут содержать внутренние каналы и полости [1,2].

Ключевой проблемой аддитивных методов является, что готовое изделие имеет пористую структурную конструкцию с неровной поверхностью, которая не позволяет использовать данное изделие без какой-либо последующей обработки. Одним из способов такой обработки является электрохимическое полирование, которое позволяет реализовать получение готового изделия простой или сложной формы с заданными размерами и равномерно улучшить шероховатость поверхности, несмотря на большую рельефность поверхности.

Электрохимическое полирование является достаточно простым и производительным способом обработки и позволяет обрабатывать детали сложной геометрической формы. Так же данный процесс можно автоматизировать для обработки различных деталей сложной формы, например, стоматологических имплантатов. Является важным заключительным этапом, определяющим конечные характеристики готового изделия.

**Цель работы:** разработать установку и отработать методику электрохимической полировки поверхности титанового сплава ВТ6, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.

Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

1. Разработать установку для электрохимической полировки.

2. Провести при различных режимах электрохимическую полировку титанового сплава ВТ6, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.

## Глава 1. Обработка поверхности титановых сплавов, изготовленных аддитивными методами

Ключевой проблемой аддитивных методов является, что готовое изделие имеет пористую структурную конструкцию, с шероховатой поверхностью которая не позволяет использовать данное изделие без какой-либо последующей обработки

### 1.1 Шероховатость

Шероховатость поверхности — это комплекс выступов и впадин на поверхности образцов находящихся на относительно небольшом расстоянии, выделенная на определенной длине.

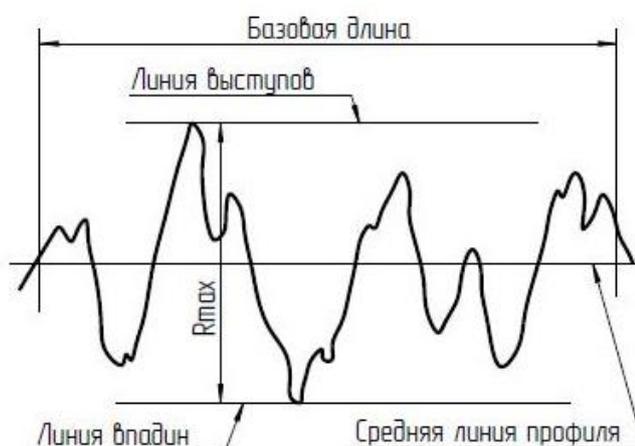


Рисунок 1 – Профиль поверхности образца

Оценка шероховатости поверхности образца рассматривается по неровностям на профиле, который получается путем сечения реальной поверхности плоскостью [20,28].

Все числовые значения параметров шероховатости поверхности образца определяются от единой базы, за эту базу принимают среднюю линию профиля. Для количественной оценки шероховатости наиболее часто используют три основных параметра:

$R_a$  — определяется как среднее арифметическое абсолютно всех значений высот впадин и выступов на профиле в пределах измеряемой длины образца.

$R_z$  - сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах измеряемой длины образца.

$R_{max}$  – это максимальная высота одной наиболее выступающей неровности профиля в пределах измеряемой длины образца.

Наиболее предпочтительным является параметр  $R_a$ , т.к. он рассматривает большее количество точек профиля, в отличие от других параметров. В связи с этим параметром  $R_a$  нормируется шероховатость образцов сравнения, используемых для оценки шероховатости в промышленности.

Двумя другими параметрами шероховатости  $R_{max}$  и  $R_z$  пользуются в тех случаях, когда появляется необходимость ограничения высоты неровностей на поверхности в связи с требованиями определенными функциональными особенностями изделия, либо в случае, когда невозможно контролировать параметр  $R_a$  с помощью профилометров (поверхности, которые имеют небольшие размеры или сложную геометрическую форму).

Необходимые требования к шероховатости поверхности образца определяют на основе цели использования поверхности для того чтобы обеспечить, заданное качество изделия. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости не устанавливают и шероховатость поверхности не контролируют.

При различных способах изготовления деталей, ее поверхность не может быть абсолютно гладкой и идеальной. На поверхности детали содержатся неровности различной формы и высоты. Шероховатость деталей имеет большое влияние на эксплуатационные свойства. При малых неровностях, деталь меньше подвержена истиранию и коррозии. Также величина неровностей оказывает большое влияние на другие параметры такие как усталостная прочность изделия, плотность и герметичность соединений деталей, качество электрических и тепловых контактов, гальванических и лакокрасочных покрытий, отражение лучей, точность измерений [21].

## **1.2 Методы обработки поверхности**

В настоящее время известно множество способов обработки материалов, среди которых наибольшее распространение получили механические, химические и электрохимические методы. Они позволяют получать образцы с различным классом чистоты поверхности. Рассмотрим наиболее используемые методы.

### **1.2.1 Механическая обработка**

Обработка поверхности детали с помощью механических методов осуществляется при помощи шлифовальных (абразивных) кругов или лент с нанесёнными на них полировальными пастами. Таким способом обработки поверхности можно получать значения в пределах  $R_a = 0,05-0,12$  мкм.

Для механической обработки поверхностей используют станки, которые оснащены войлочными или матерчатыми кругами с нанесёнными на них полировальными пастами. Воздействие на обрабатываемую поверхность зависит от состава полировальной пасты. Классический состав полировальной пасты это 50–60 % абразива и 40–50% связующих компонентов; процент содержания активирующих добавок небольшой [3]. Изменяя состав полировальной пасты можно увеличивать интенсивность, путем добавления алмазного микропорошка, и получать различную степень чистоты поверхности. Механическое полирование происходит в несколько стадий. Наиболее грубые выступы убираются в первую очередь, для этого используются пасты с более грубым полиритом. Такие пасты наносятся на жесткие тканевые круги, которые вращаются с высокой частотой. Следующая стадия называется финишным полированием, на данном этапе пользуются мягкими кругами, на которые нанесены сухие пастами с более мелким полиритом, вращение круга происходит при небольшой частоте. Благодаря этому достигается блестящая поверхность изделия [19].

Основными недостатками данного метода обработки является, связь с ручным трудом, что делает этот метод достаточно трудоемким, используется

большое количество расходного материала и невозможность обработки деталей сложной геометрической формы.

### **1.2.2 Химическая обработка**

В процессе химического полирования действие раствора на металл сопровождается с воздействием гальванических пар на поверхности металла, это в данную очередь приводит к образованию оксидной пленки на поверхности [4]. Во время химического полирования начинает растворяться верхний слой поверхности, это приводит к тому растворению имеющихся микровыступов, в следствии чего выравниваются микронеровности на поверхности, вместе с этим обрабатываемая деталь приобретает блестящую поверхность. Из-за образующийся на поверхности обрабатываемой детали оксидной пленки, предотвращается травление металла, в следствии чего блеск поверхности усиливается. Эта пленка появляется в следствии взаимодействия компонентов раствора с полируемым образцом. На качество полированной поверхности главным образом оказывают влияния скорости образования оксидной пленки и ее растворения в растворе. При преобладании скорости образования пленки происходит оксидирование металла, а в случае, когда преобладает скорость растворения то происходит травление металла, что приводит к ухудшению качества поверхности. Получении наибольшего блеска полируемого образца достигается, когда на поверхности образуется оксидная пленка такой минимальной толщины, которой достаточно чтобы предотвращать травящее действия раствора на металл, это возможно, когда скорость формирования и химического растворения образующейся оксидной пленки равны [5].

Толщина образующийся пленки при химическом полировании в отличии от электрохимического метода полирования меньше, что указывает на меньшую эффективность удаления микронеровностей и повышение блеска поверхности металла [6]. Химическая полировка менее трудозатратный процесс в отличие от механического метода обработки поверхности. Данный

метод позволяет сглаживать только небольшие неровности, что не подходит под цель моей работы.

### 1.2.3 Электрохимическая полировка

Электрохимическая полировка позволяет исключать при обработке образцов трудоемкие механические методы, позволяет обрабатывать более рельефную структуру в отличие от химической полировки, так же при электрохимической полировке не происходит структурных изменений на поверхности изделия. При этом обработанная таким методом поверхность обладает высокой коррозионной стойкостью.

Электрохимическая полировка изделий (1), происходит в ванне (2) с электролитом (3) определённой температуры. Обрабатываемый образец подключают к аноду напротив помещают катод из стали (4). Принципиальная схема полирования представлена на рисунке 2.

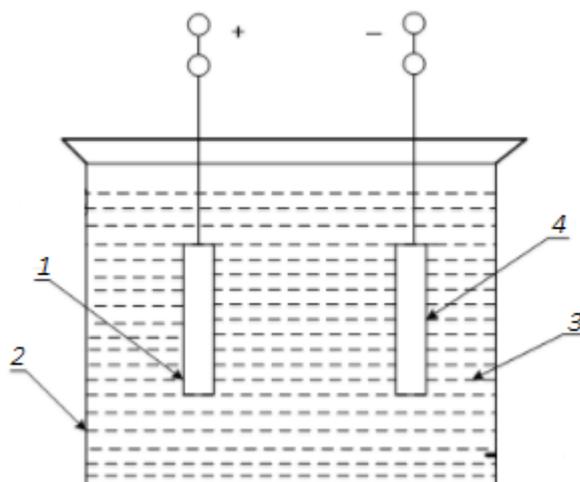


Рисунок 2 – Схема электрохимического полирования [17]: 1 – полируемая деталь; 2 – ванна; 3 – электролит; 4 – пластина-электрод

На рисунке 3 показано протекание процесса электрохимического полирования.

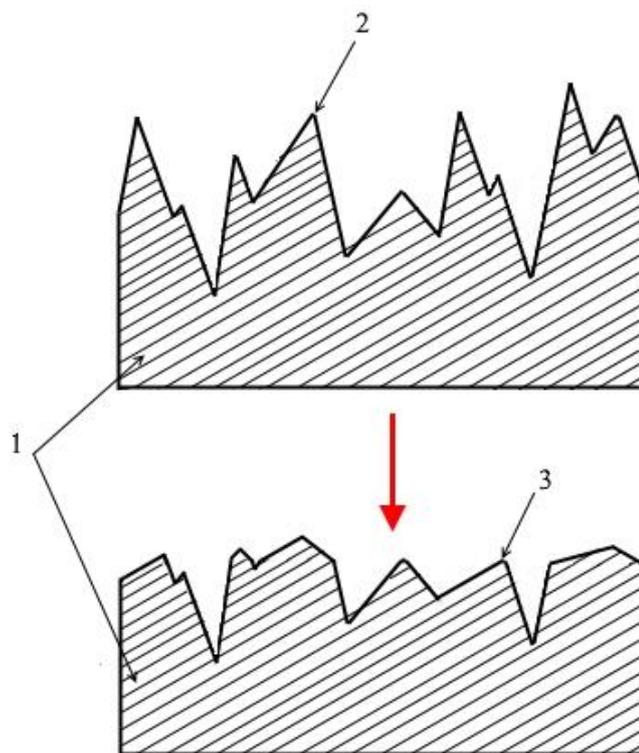


Рисунок 3 – Процесс электрохимической полировки [16]

Процесс сглаживания микрошероховатостей на образце при электрохимическом полировании напрямую зависит от образующейся на металле пассивирующей оксидной пленки. Электрический заряд, прошедший через электролит, определяет степень уменьшения шероховатости. На поверхности металла присутствуют наиболее выступающие точки 2 и более мелкие выступы. Во время электрохимической полировки происходит неравномерное растворение таких точек, первыми удаляются наиболее выступающие точки, такой процесс называется макрополированием, после этого происходит растворение более мелких шероховатостей – микрополирование. Эти явления связаны с неравномерностью распределения электрического тока по микрорельефу поверхности и концентрационными изменениями электролита в прианодном слое. После одновременного протекания макро- и микрополирования поверхность металла приобретает

блеск. Данный процесс возможен только при правильном выборе режима и раствора для электрохимической полировки [17].

В процессе электрохимического полирования на поверхности полируемой детали образуется окисная пленка. Если эта пленка равномерно покрывает поверхность, то она создает условия, необходимые для протекания микро-и микро-полирования. Внешняя часть этой пленки непрерывно растворяется в электролите. Поэтому для успешного проведения процесса необходимо создания условий, в которых существовало бы равновесие между скоростями образования окисной пленки и скоростью ее химического растворения с тем, чтобы толщина пленки поддерживалась неизменной [16].

Внутреннее значение на процесс электрохимической полировки оказывает величина анодного потенциала, анодная плотность тока и напряжение на клеммах ванны.

Для каждой системы металл – электролит в электрохимической полировке имеются определенные значения плотности тока, при котором удается достичь наилучшее качество поверхности. При плотностях тока, которые значительно превышают оптимальные значения, будет происходить бурное газовыделение, перегрев и травление поверхности металла. Плотность тока во время электрохимической полировки сложно, поэтому целесообразней контролировать изменение разности напряжений на клеммах. С изменением концентрации электролита, геометрических размеров электрохимической ячейки, места положения катода и полируемого изделия электрические характеристики могут сильно поменяться, что влечет за собой изменения в качестве электрохимической полировки [18].

Определение оптимальных параметров электрохимической полировки осуществляется опытным путем, в отличие от выборки состава электролита где можно воспользоваться литературными данными либо некоторыми соображениями теоретического порядка.

Еще одним ключевым параметром, который оказывает большое влияние на качество электрохимической полировки является температура

электролита. Для каждой определенной системы металл - электролит имеется конкретный диапазон температур. При пониженной температуре увеличивается вязкость электролита, что приводит к затруднению диффузии продуктов растворения от поверхности образца в общую массу электролита и приток свежего электролита к образцу. Как при понижении, так и при повышении температуры за пределы допустимых значений качество электрохимической полировки может значительно ухудшиться [15].

### **1.3 Электрохимическое полирование титановых сплавов, изготовленных аддитивными методами**

Аддитивные технологии изготовления применяют для изготовления непростых, сложных геометрических форм деталей. Профиль поверхности таких деталей представляет собой совокупность выступов и впадин, это возникает в следствии явления, когда расплавленный металлический порошок формируют внешнюю поверхность внешней и начинает затвердевать при контакте с уже изготовленной частью детали [13,14]. Поэтому деталь перед дальнейшим использованием нужно обработать, придать ей гладкую, не шероховатую поверхность, для этого как видно из перечисленных методов обработки поверхности наиболее подходит электрохимическая полировка, т.к. этим методом можно обрабатывать детали сложных геометрических форм.

Для того чтобы электрохимической полировкой обработать деталь из титана используют электролиты на основе хлорной, плавиковой и серной кислоты. Так же в электролиты добавляют органические соединения, которые выступают в роли ингибиторов, они уменьшают травление металла, что способствуют повышению качества электрохимической полировки. В электролитах содержащий эти кислоты производится обработка титана и его сплавов.

При применении электрохимической полировки к титану, который известен своей отличной коррозионной стойкостью, одна из проблем заключается в том, чтобы стравить жесткий защитный оксид до того, как

материал подложки может быть удален. Ландольт [22] пришел к выводу, что пленка оксида титана может быть толщиной до 40 нм, но она может быть растворена либо путем приложения высокого напряжения в соответствующем электролите, либо путем добавления плавиковой кислоты в электролит для депассивации поверхности оксида. В работе Мадора и Ландольта [23] поверхностный питтинг образца титана наблюдался при подаче напряжения менее 2 В, гладкая поверхность получалась при напряжении не менее 5 В при увеличении плотности тока выше  $1 \text{ A/cm}^2$  в растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{CH}_3\text{OH}$  при  $0^\circ\text{C}$ . Баннард [24] обнаружил, что использование хлора в растворе улучшает чистоту поверхности, однако добавление хлора существенно не влияет на скорость электрохимической полировки. Этот вывод согласуется с опубликованной работой Ландольта [25] по измерению полученных плотностей тока в различных электролитах для электрохимической полировки титана. В работе [10] использовали электролит состоящий из безводного этанола и 60% хлорной кислоты при различных напряжениях и разной длительности полировки. Результаты изменения шероховатости показаны на рисунке 4.

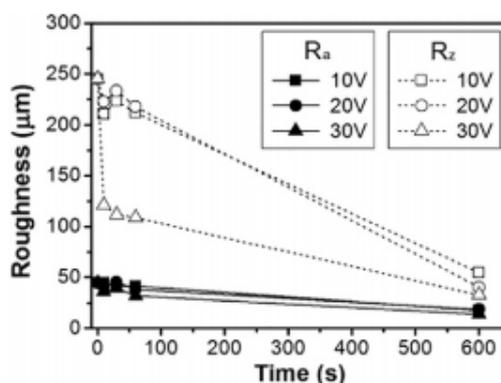


Рисунок 4 – Изменение шероховатости [10]

В исследовании [11] анализируется, как полировка растворами с различным содержанием плавиковой и азотной кислот влияет на скорость травления и изменяет поверхностную шероховатость образцов, в результате были получены образцы с шероховатостью  $R_a = 3.5 \text{ мкм}$ . Работа [12] показала, что значительное уменьшение концентрации электролита ванны вместе с

увеличением времени обработки позволяет удалить частично связанные частицы и уменьшить шероховатость поверхности, которая остается после использования более концентрированного электролита. В работе [26], была проведена электрохимическая полировка титана в ионном растворе ТМНА- $Tf_2N$ , исследовании проводилось на двух типах электролитических установок; одно-и двухкамерные ячейки, как показано на рисунке 5 (а) и (б). Титановая пластина перед полировкой была механически обработана на наждачной бумаге. Температуру раствора выдерживали при  $50^{\circ}C$  для всех экспериментов.

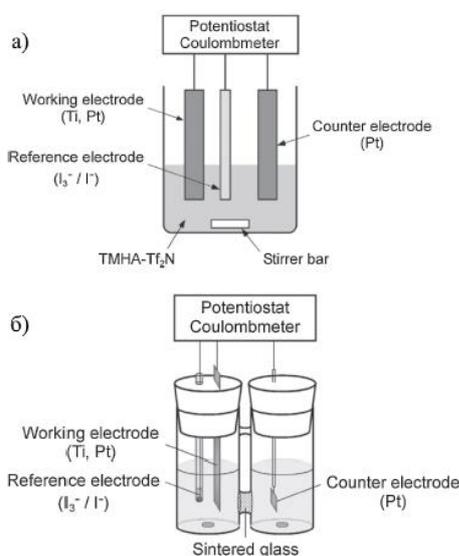


Рисунок 5 – Схематические иллюстрации однокамерной электрохимической ячейки (а) и (б) двухкамерной электрохимической ячейки [26].

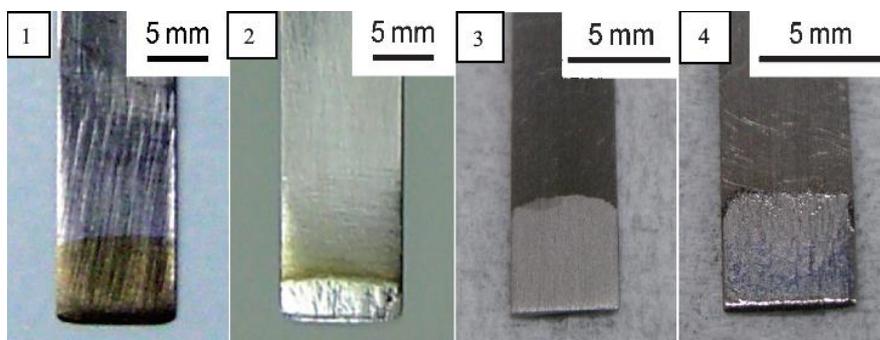


Рисунок 6 – Фотографии титанового образца до (1) и после электрохимической полировки при разных напряжениях 9 В (2), 1,6 В (3) и 2 В (4) [26].

В работе [27] использовали спиртовой раствор (700 мл/л  $C_2H_5OH$  + 300 мл/л  $C_3H_8O$  + 60 г/л  $AlCl_3$  + 250 г/л  $ZnCl_2$ ) в качестве электролита для электрохимической полировки титана и сплавов как в кованных, так и в литых условиях. Испытания проводились при температуре 25-35°C при перемешивании электролита, так как это способствовало удалению вязкого слоя, образующегося на поверхности анода. Наилучшая поверхностная отделка получена при плотности тока в пределах 0,15-0,22 А/см<sup>2</sup> для химически полированного титанового сплава ВТ6 средняя шероховатость  $R_a = 0,67-0,80$  мкм. В работе смешивая кислоту со спиртом (5% хлорной кислоты + 53% этиленгликоля + 42% метанола). При 15°C и скорости перемешивания 200 об / мин авторы обнаружили, что 15 минут (900 С) было оптимальным временем электрохимической полировки, поскольку более длительное время полирования привело изъязвлению образца. В своей работе Баннард, а также в работе были в результате получены черные пятна на образце после электрохимической полировки, такие пятна можно удалить, увеличив начальное напряжение до 53 В в течение одной минуты, а затем снизив его до 28 В или, увеличив скорость перемешивания электролита. Данный подход, однако, может легко перетравить образцы из титанового сплава.

## **Глава 2. Постановка задачи и методика эксперимента**

### **2.1. Постановка задачи**

Технологиями аддитивного производства можно изготавливать титановые изделия, которые применяются в различных промышленных отраслях. Большой интерес аддитивные технологии вызывают, потому что с помощью таких технологий можно изготавливать сложные геометрические и тонкостенные детали, которые могут содержать внутренние каналы и полости.

Ключевой проблемой аддитивных методов является, что готовое изделие имеет пористую структурную конструкцию, с неровной

поверхностью которая не позволяет использовать данное изделие без какой-либо последующей обработки.

Одним из способов такой обработки является электрохимическое полирование, которое позволяет реализовать получение готового изделия простой или сложной формы с заданными размерами и равномерно улучшить шероховатость поверхности, несмотря на большую рельефность поверхности. В этой связи в настоящей работе осуществлена разработка экспериментальной установки для электрохимической полировки поверхности титановых сплавов, а также проведены исследования влияния условий электрохимической полировки (раствор, напряжение, температура, продолжительность) на шероховатость поверхности.

## **2.2. Материал и методы эксперимента**

Исследования проводились на круглых образцах, изготовленных из титанового сплава Ti-6Al-4V (BT6) с использованием машины ARCAM A2 EBM (Arcam AB, Mölndal, Швеция) [29]. Порошок был куплен у ARCAM AB. Размер частиц порошка варьировался от 50 до 150 мкм. Образцы имели форму цилиндра с диаметром 5 мм и высотой 1,2 мм. Химический состав сплава соответствовал ГОСТ 19807-91 (Ti-6,25Al-4,1V). Образцы с шероховатостью  $R_a = 21 - 23$  мкм подвергались электрохимической полировке в различных растворах электролитов и при различных параметрах. Первое исследование проводилось в растворе, состоящем из  $HNO_3$ ,  $HF$ ,  $H_2SO_4$  при постоянной температуре, изменялось напряжение на клеммах, после этого проводилось исследование при постоянном напряжении, а происходило изменение температуры электролита. Третье и четвертое исследование проводилось аналогично первым двум, но в растворе, состоящем из  $C_2H_5OH$  и  $HClO_4$ .

Для наблюдения определения эффективности каждого метода делались профилограммы поверхностей до и после полировки образца.

Эффективность метода оценивалась конечной шероховатостью поверхности образца, чем образец получался более гладкий, тем метод был

более эффективен. Так же по формуле (1) рассчитывалось относительное изменение поверхности.

$$K = \frac{R'_a}{R_a} \quad (1)$$

, где  $R'_a$  – шероховатость до полировки, а  $R_a$  – после.

По результатам исследований нужно определить такие значения напряжения и температуры для каждого электролита при которых эффективность электрохимической полировки была максимальна.

## **Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием в процессе поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. При этом разработчики должны представить настоящее состояние и перспективы проводимых ими научных исследований [30]. Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурента способных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения**

С целью успешного вывода разработки на рынок, необходимо постоянно и систематически проводить анализ аналогичных товаров конкурирующих групп, т. Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование[31].

**Целевой рынок** - сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, **сегмент рынка** – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

**Сегментирование** - это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода [32].

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Сегментировать рынок услуг по обработке титановых сплавов можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, области применения. На основе этих можем делать карту сегментирования рынка услуг по разработке титановых сплавов.

Сплавы ВТ6 используют как в отожженном, так и в термически упрочненном состоянии, его прочность становится выше 1000 МПа, и он будет рассмотрены в разделе, посвященном высокопрочным сплавам. титановый сплав ВТ6 наряду с высокой прочностью сохраняет хорошую технологическую пластичность в горячем состоянии, что позволяет получать из них различные полуфабрикаты: листы, прутки, плиты, поковки, штамповки, профили и др.

## **4.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы. Научные исследования выполнила группа, в состав которой входили научный руководитель, лаборанты, и студент.

Таблица 10 – Календарный план проекта

<b>Основные этапы</b>	<b>№ работ</b>	<b>Содержание работы</b>	<b>Должность исполнителя</b>
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, исполнитель
<b>Проведение НИР</b>			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Исполнитель
	3	Выбор методов исследования	Исполнитель, руководитель
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка приборов для исследования	Руководитель, исполнитель
	6	Проведение экспериментов	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов	Исполнитель, руководитель
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, исполнитель
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Исполнитель

#### 4.2.2. Организация и планирование работ

Определяющим фактором выражения основной части стоимости научно-технической разработки являются заработные платы лиц задействованных в реализации проекта. В связи с этим, наиболее важным моментом является максимально точное определение трудозатрат каждого из участников проекта [33].

Таблица 11 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Разработка технического задания	Науч. руководитель (НР)	НР - 100%
Выбор направления исследований	Науч. руководитель (НР) Студент-инженер (СИ)	НР - 90% СИ - 10%
Теоретические и экспериментальные исследования	Студент-инженер (СИ) Науч. руководитель (НР)	НР - 50% СИ - 50%
Обобщение и оценка результатов	Науч. руководитель (НР) Студент-инженер (СИ)	НР - 30% СИ - 70%
Разработка технической документации	Науч. руководитель (НР) Студент-инженер (СИ)	НР - 20% СИ - 80%
Изготовление исследуемых образцов	Студент-инженер (СИ) Науч. руководитель (НР)	НР - 60% СИ - 40%
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	Студент-инженер (СИ)	СИ - 100%

### 4.2.3. Продолжительность этапов работ

Для определения трудоёмкости реализации научного исследования выпускной квалификационной работы используется экспертный способ, основным показателем которого является человеко-день. Для расчета предполагаемого значения трудоёмкости используют следующую формулу

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (1)$$

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы чел.-дн.;  $t_{min}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения работы чел.-дн.;  $t_{max}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.-дн.

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для научного руководителя

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ чел. -дн.} \quad (2)$$

Произведем оценку трудоёмкости выполнения научного исследования для студента-инженера

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 100 + 2 \cdot 150}{5} = 120 \text{ чел. -дн.} \quad (3)$$

Рассчитав ожидаемую трудоёмкость работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{РД}$ , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующему соотношения

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \times K_{Д} \quad (4)$$

где  $T_{РД}$  – продолжительность одного этапа работы, раб.дн.;  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;  $K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, возможно  $K_{ВН} = 1$ ;  $K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию не предвиденных задержек и согласование работ,  $K_{Д} = 1$ .

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя

$$T_{РД} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ раб. дн.} \quad (5)$$

Произведем расчет продолжительности работы выполнения научного исследования для студента-инженера

$$T_{РД} = \frac{120}{1} = 120 \text{ раб. дн.} \quad (6)$$

Для проведения научного исследования, представленного в выпускной квалификационной работе, выбирают специальную узко направленную научную тему. Для этого строится специальный ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта [34,35].

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;  $T_K$  – коэффициент календарности, определяющийся выражением

Рассчитаем коэффициент календарности:

$$T_K = \frac{365}{365-52-10} = 1,205 \quad (9)$$

Таблица 12 – Временные показатели проведения ВКР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ				
		tmin, чел-дн	tmax, чел-дн	tож чел-дн	Тр раб. дн	Тк кал.дн
1	Руководитель, студент-дипломник	1	4	2	4	5
2	Студент-инженер	15	40	25	17	21
3	Студент-инженер, руководитель	5	10	8	4	5
4	Руководитель, студент-инженер	4	12	9	7	9
5	Руководитель, студент-инженер	10	25	19	10	12
6	Студент-инженер	15	25	16	16	20

Продолжение таблицы 12

7	Студент-инженер, руководитель	5	10	8	4	5	
8	Руководитель, студент-инженер	2	5	4	4	5	
9	Студент-инженер	2	7	5	5	6	
Итого						Руководитель	33
						Студент	71

На основе табл. 12 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно исследовательского проекта на основе табл. 13.

Таблица 13 – Календарный план проведения НИР

№ работ	Вид работ	НР Т <sub>кд</sub> , кал. дн.	СИ Т <sub>кд</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				январь			февраль			март			апрель			май			
				1	2	3	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
1	Разработка	3,9																	
2	Выбор направления	3,4	6,8																



### 4.3 Бюджет научно-технического исследования (НИР)

При планировании бюджета НИР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НИР используется следующая группировка затрат по статьям: материальные затраты НИР затраты на специальное оборудование для научных работ; основная заработная плата исполнителей темы; дополнительная заработная плата исполнителей темы; отчисления во внебюджетные фонды [36].

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НИР

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Таблица 15 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Сплавы	шт.	32	100	3200
Азотная кислота	кг.	0,1	27	2,7
Плавиковая кислота	кг	0,1	160	16
Серная кислота	кг.	0,1	26	2,6
Этиловый спирт	л	0,1	200	20
Хлорная кислота	кг	0,1	1000	100
Итого				3342

Транспортные расходы принимаются в пределах 5-20 % от стоимости материалов.

Допустим, что ТЗР составляют 10 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 3342 \times 1,1 = 3676,2$  руб.

#### 4.3.2. Расчет заработной платы

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

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083 \quad (10)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчет затрат на полную заработную плату приведены в таблице 16. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 12. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ .

Таблица 16 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33664	1342,09	33	1,699	75246,96
СИ	15470	616,75	71	1,62	70938,59
Итого:					146185,55

### 4.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$ .  
Итак, в нашем случае  $C_{\text{соц.}} = 146185,55 * 0,3 = 43855,5$  руб.

### 4.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \times t_{\text{об}} \times \text{Ц}_{\text{Э}} \quad (11)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$  – тариф на 1 кВт·час; (Для ТПУ  $\text{Ц}_{\text{Э}} = 5,748$  руб./кВт·час),

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 13 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \times K_t, \quad (12)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \times K_C \quad (13)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт; Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$ , кВт	Затраты $\Delta_{\text{ОБ}}$ , руб.
Термостат КРИО-ВТ-01	50*0,6	3,5	105
Источник питания Instek 1080	50*0,6	1,6	48
Компьютер	468*0,6	0,3	84,24
Итого:			237,24

#### 4.3.5 Расчет амортизационных расходов

Срок полезного использования установки составляет 10 лет, поэтому норма амортизации равна:

$$H_a = \frac{1}{n} * 100 = \frac{1}{10} \times 100 = 10\% \quad (14)$$

где  $H_a$  – норма амортизации в процентах,  $n$  – срок полезного использования в годах. Срок полезного использования блока питания истек поэтому не включаем его в амортизационные расчеты и считаем только для термостата. Для термостата КРИО-ВТ-01 срок амортизации 2÷3 года. Выбираем конкретное значение, 2,5 года. Далее определяется  $H_a$  как величина обратная  $CA$ , в данном случае это  $1 : 2,5 = 0,4$ .

Первоначальная стоимость термостата КРИО-ВТ-01 составляет 186 000 рублей. Из этого следует, что годовая сумма амортизации составит

$$C_{\text{АМ}} = \frac{C_{\text{ОБ}} * H_a * t_{\text{рф}}}{F_{\text{д}}} = \frac{186000 * 0,1 * 50}{500} = 1860 \text{ (руб.)} \quad (15)$$

где  $C_{\text{ОБ}}$  – первоначальная стоимость оборудования;  $t_{\text{рф}}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования.

Первоначальная стоимость персонального компьютера составляет 45 000 рублей. Из этого следует, что годовая сумма амортизации составит:

$$C_{AM} = \frac{Ц_{OB} * N_a * t_{рф}}{F_d} = \frac{45000 * 0,4 * 468}{2384} = 3533,56 \text{ руб.} \quad (16)$$

Итого получаем 5393,56 руб. амортизационных отчислений.

#### 4.3.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) \times 0,1 \quad (17)$$

Для нашего примера это

$$C_{проч.} = (3342 + 146185,55 + 43855,5 + 237,24 + 5393,56) \times 0,1 = 19901,39 \text{ руб.}$$

#### 4.3.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Макет демонстрационной модели принципов КТ»

Таблица 18 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{мат}$	3342
Основная заработная плата	$C_{зп}$	146185,55
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	43855,5
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	237,24
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	5393,56
Прочие расходы	$C_{проч}$	19901,39
Итого:		218915,24

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 218915,24$  руб.

#### **4.3.8 Расчет прибыли**

Прибыль следует принять в размере 5÷20 % от полной себестоимости проекта. В данной работе она составляет 43783,05 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

#### **4.3.9 Расчет НДС**

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В данном случае это  $(218915,24 + 43783,05) \times 0,2 = 52539,65$  руб.

#### **4.3.10 Цена разработки НИР**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае  $C_{\text{НИР(КР)}} = 218915,24 + 43783,05 + 52539,65 = 315237,95$  руб.

#### **Вывод**

Т.к. полученный результат выполненного проекта предполагает использование только в сфере научных исследований, то оценка его экономического эффекта и эффективности не корректна.

## **Глава 5. Социальная ответственность**

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды. При выполнении настоящей бакалаврской работы были использованы: установка для ЭХП, состоящая из трех элементов жидкостный термостат, блок питания и емкость с кислотами применяемая в лаборатории 3 корпуса ТПУ, персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ). При помощи установки для электрохимического полирования (ЭХП) производилось полирование образцов из титанового сплава ВТ6 в растворе, содержащем кислоты. В результате чего, рассмотрение безопасности и гигиены труда при осуществлении работ на данных установках особенно важно при проведении экспериментальных исследований, входящих в задание выпускной квалификационной работы.

Также, при создании проекта рабочих мест, обязательно следует учесть следующие факторы: уровень освещенности, температура воздуха и уровень влажности в помещении, атмосферное давление, уровень шума, присутствие вредных веществ, наличие электромагнитных полей и другие требования к организации рабочего места.

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

#### **5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства**

К работе на установке для ЭХП допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющих медицинских противопоказаний, прошедших вводный инструктаж и инструктаж по безопасности труда на рабочем месте [37]. К самостоятельной работе допускаются работники после получения допуска к работе с кислотами и щелочами, специального обучения и проверки знаний правил электробезопасности, приобретенных навыков и безопасных способов

выполнения работы на установке, ознакомленные с инструкцией по эксплуатации прибора имеющие не менее II группы по электробезопасности.

Работники, выполняющие работы, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования охраны труда, должны проходить повторный инструктаж по охране труда не реже одного раза в три месяца, а также не реже одного раза в двенадцать месяцев - проверку знаний требований охраны труда [59].

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются специальные законодательные и нормативные документы:

- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;
- инструкция по охране труда при работе с кислотами, щелочами и другими едкими веществами;
- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

В этом разделе рассмотрены различные аспекты вопросов, тесно связанных с созданием рабочего места в полном соответствии с существующими нормами техники производственной безопасности, нормами санитарии и требованиями по охране окружающей среды [45, 46, 47, 48].

Помещение, в котором располагается установка, имеет линейные размеры 6,32×7,3 м и высоту 3 м. В помещении есть четыре окна размерами 1,8×1,5 м, которые обеспечивают достаточное проникновение солнечного света, с противоположной стороны окон находится дверной проем.

## 5.2. Профессиональная социальная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [42]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплу тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	-	-	+	Требования к микроклимату устанавливаются согласно СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [43].
2. Превышение уровня шума		-	+	Требования к уровню шума на рабочих местах устанавливаются согласно [44]. ГОСТ 12.1.003-8. Шум. Общие требования безопасности. [45]. ГОСТ 12.1.029-80. Средства и методы защиты от шума.
3.Отсутствие или недостаток естественного света	-	-	-	-
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		-	+	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[46].
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	-	-	+	Система стандартов по электромагнитной безопасности складывается из ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. [47] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [48].

### **5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов**

Работая на установке для ЭХП возможно воздействие вредных и опасных факторов, негативно влияющих на здоровье сотрудников. К первой группе факторов можно отнести микроклимат помещения, шум, освещение рабочей зоны, а также электромагнитное поле. В качестве второй группы факторов необходимо рассмотреть возможность поражения электрическим током и взаимодействие с химическими веществами.

### **5.2.2 Анализ вредных факторов**

Микроклиматом производственных помещений – называют метеорологические условия внутри помещений. Эти условия определяются действующим на организм человека рядом факторов. В этот ряд входят температура воздуха, влажность, скорость движения воздуха и тепловое излучение. Так же на микроклимат влияет набор физических факторов, оказывающих влияние на состояние человека. Это теплообмен человека с окружающей средой и факторы, определяющие самочувствие. Такие факторы как работоспособность, здоровье и производительность труда.

Перегрев организма наступает при высокой температуре воздуха и высокой относительной влажности, которые сопровождаются низкой подвижностью воздушной массы. Симптомами перегрева являются – учащение пульса, ощущение слабости, сильное потоотделение, увеличение температуры тела, иногда головная боль. Переохлаждение организма возникает при наличии низкой температуры воздуха и высокой влажности в сочетании с высокой подвижностью воздушной массы. При наступлении переохлаждения снижается температура тела, происходит сужение кровеносных сосудов, возникают сбои в работе сердечнососудистой системы [49].

Санитарными нормами, установленными для производственных помещений [43] утверждены оптимальные и допустимые интервалы температуры воздуха, относительной влажности и скорости движения

воздушных масс. Нормативы установлены с учетом тяжести выполняемой работы и времени года.

Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 20 [43].

Таблица 20 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата [43].

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещении должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м<sup>3</sup> на человека – не менее 30 м<sup>3</sup> в час на человека; при объёме помещения более 40 м<sup>3</sup> на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция. ЭХП проводится в вытяжном шкафу, так пары кислот, выделяющиеся в процессе не попадают в помещение.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом и зимой – 20-25 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь

организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Рабочая зона соотносится с категорией 3 тип «в» комфорт согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ [50]. При значениях выше санитарных норм спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора необходимо предусмотреть средства коллективной (СКЗ) и индивидуальной защиты (СИЗ). К СКЗ относятся: устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования; изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения. К СИЗ – применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны [51].

Уровень освещенности, на рабочем месте, должен соответствовать условиям работы и быть оптимальным по яркости. Световой спектр должен максимально соответствовать дневному освещению, так как оно оптимально соответствует человеческой физиологии. Очень высокий уровень освещенности, так же, как и недостаточный, приводит к быстрому утомлению зрения. Требования к уровню освещенности в производственных помещениях утверждены сводом правил [46].

Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего и комбинированного освещения. Выбор между равномерным и локализованным освещением проводится с учётом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, в которых выполняются точные зрительные работы. Применение одного местного освещения на рабочих местах не допускается. Учитывая особенности процесса работы на установке для ЭХП (не требуется освещения для проведения работ высокой точности) возможно применение схемы общего равномерного освещения.

### 5.2.3 Анализ опасных факторов

Воздействие электрического тока на человека носит разносторонний и своеобразный характер. Прохождение электрического тока через организм может вызвать у человека раздражение кожных покровов и повреждения различных внутренних органов. Пороговое значение неотпускающего электрического тока составляет 10-15 мА. Проходя через живые ткани организма человека, электрический ток производит электролитическое, термическое, механическое, световое, биологическое, световое воздействие на организм. С целью обеспечения максимальной защиты от поражения электрическим током необходимо доскональное соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок и проведение мероприятий по защите от электротравм [52].

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (особо опасные помещения). В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений, расположения токоведущих частей на недоступной высоте. К СКЗ относятся заземление и разделение электрической сети с помощью трансформаторов – в результате изолированные участки сети обладают большим сопротивлением изоляции и малой емкостью проводов относительно земли, за счет чего значительно улучшаются условия безопасности [53, 54].

При работе на установке для ЭХП используется раствор состоящий из азотной ( $\text{HNO}_3$ ), плавиковой ( $\text{HF}$ ) и серной ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) кислот. Все помещения лаборатории соответствуют требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [4]. Работа с кислотами производилась в вытяжном шкафу под надзором специалиста, имеющего доступ к работам с кислотами и щелочами и после пройденного инструктажа.

При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования техники безопасности по ГОСТ 12.1.007-76 "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности". Работающие с кислотами должны соблюдать требования инструкций по охране труда, правил безопасной работы с кислотами и проходить предварительные и периодические медицинские осмотры в соответствии с порядком и в сроки, установленные органами здравоохранения, также они должны быть обеспечены специальной одеждой: костюмами для защиты от кислот из полиэфирных тканей или сукна по ГОСТ 12.4.103, ГОСТ 27652; обувью - ботинками или кожаными сапогами по ГОСТ 12.4.137, резиновыми сапогами по ГОСТ 5375, а также другими средствами индивидуальной защиты:

- глаз - герметичными защитными очками по ГОСТ 12.4.013;
- рук - перчатками из полимерных материалов для защиты от растворов кислот по ГОСТ 20010, ГОСТ 12.4.183, специальными рукавицами для защиты от растворов кислот по ГОСТ 12.4.010, защитными дерматологическими средствами по ГОСТ 12.4.068;
- органов дыхания - респираторами по ГОСТ 12.4.004, противогазами по ГОСТ 12.4.121 с фильтрами марки "Е".

Производственные помещения и лаборатории, в которых проводят работы с кислотами, должны быть обеспечены общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021, а оборудование, трубопроводы, арматура должны быть герметизированы. Помещения, в которых проводятся работы с кислотами, должны быть оборудованы общей и местной приточно-

вытяжной механической вентиляцией, обеспечивающей состояние воздушной среды в соответствии с ГОСТ 12.1.005 На производственных участках должен быть запас химических веществ для нейтрализации серной кислоты (сода или известь) при попадании, разливе кислоты на пол и оборудование [55,56,57]

Концентрированная азотная кислота - негорючая пожароопасная жидкость по ГОСТ 12.1.044, сильный окислитель. Относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007). Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров азотной кислоты и оксидов азота в воздухе рабочей зоны производственных помещений - 2 мг/м<sup>3</sup> по ГОСТ 12.1.005. При контакте со многими материалами вызывает их самовозгорание, сильно дымит на воздухе, выделяя оксиды азота и пары азотной кислоты, которые образуют с влагой воздуха туман, неограниченно растворяется в воде.

Фтористоводородная (плавиковая) кислота - пожаровзрывобезопасна, токсична, относится к группе негорючих веществ по ГОСТ 12.1.044. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров фтористоводородной кислоты в воздухе рабочей зоны - 0,5/0,1 мг/м<sup>3</sup> (числитель - максимальная разовая, знаменатель - среднесменная концентрации) в пересчете на фтор. Класс опасности - 1 по ГОСТ 12.1.005. При превышении ПДК пары кислоты сильно раздражают верхние дыхательные пути и слизистые оболочки (порог раздражающего действия - 0,008 мг/дм<sup>3</sup>), могут вызывать острые и хронические отравления, изменения в органах пищеварения и дыхания, сердечно-сосудистой системе, а также изменения в составе крови.

Техническая серная кислота пожаро- и взрывобезопасна, при соприкосновении ее с водой происходит бурная реакция с большим выделением тепла, паров и газов. Кислота серная негорючая, несовместима с органическими горючими веществами, при соприкосновении может вызвать их самовоспламенение. Техническая серная кислота токсична. По степени воздействия на организм относится к веществам 2-го класса опасности -

вещества высокоопасные по ГОСТ 12.1.007. Предельно допустимая концентрация паров серной кислоты в воздухе рабочей зоны производственных помещений - 1 мг/м<sup>3</sup> по ГОСТ 12.1.005. Серная кислота обладает выраженным раздражающим действием на кожу и слизистые оболочки глаз. Серная кислота при попадании на кожу человека вызывает сильные, долго незаживающие ожоги. При смешивании с водой необходимо кислоту вливать в воду, а не наоборот, так как при подаче воды в кислоту возможен выброс кислоты из емкости.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое, биологическое, световое воздействие. Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. Электроустановки

классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (особо опасные помещения).

### **5.3. Экологическая безопасность**

При производстве концентрированной азотной кислоты методом прямого синтеза и через кислоту промежуточной концентрации оксиды азота в отходящих газах очищаются до санитарных норм каталитическими методами очистки.

Предельно допустимая концентрация паров серной кислоты в атмосферном воздухе не должна превышать 0,3 мг/м<sup>3</sup> (максимально разовая) и 0,1 мг/м<sup>3</sup> (среднесуточная), что соответствует 2-му классу опасности. Защита окружающей среды должна быть обеспечена герметизацией технологического оборудования, устройством вытяжной вентиляционной системы, очистными сооружениями в местах возможного поступления в окружающую среду аэрозоля серной кислоты. Охрана атмосферного воздуха при производстве серной кислоты должна осуществляться согласно ГОСТ 17.2.3.02. Не следует допускать попадания серной кислоты в канализацию, водоемы и почву. Места пролива (разлива) серной кислоты должны быть обвалованы и нейтрализованы известью или содой, продукты нейтрализации должны быть отправлены на утилизацию. Кислые сточные воды после промывки коммуникаций и оборудования, и твердые отходы должны подвергаться утилизации в технологическом процессе производства серной кислоты или нейтрализации на очистных сооружениях предприятия.

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

**5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований**

При обнаружении неисправностей работы установки для ЭХП необходимо выполнить следующие действия:

- выйти из программы на термостате;
- отключить питание блока питания;
- отключить термостат КРИО-ВТ-01 от электросети;
- известить об этом вышестоящего руководителя.

В случае обнаружения протекания кислоты из емкости немедленно следует ее засыпать песком. После уборки песка место, где была разлита кислота, посыпают известью или содой, а затем промывают водой.

В случае попадания кислоты на кожу пораженное место следует воспользоваться мерами первой помощи:

- при ингаляционном воздействии - свежий воздух, чистая одежда, покой, срочная госпитализация;
- при попадании внутрь - обильное питье (вода, молоко с несколькими взбитыми яйцами), вызвать рвоту без применения каких-либо механических средств, срочная госпитализация, противошоковая терапия, при начинающемся отеке гортани - адреналин 1,0 мл:1000 мл раствора;
- при попадании на кожные покровы - немедленно обмыть большим количеством воды в течение 10-15 мин;
- при попадании в глаза - обильно промыть большим количеством воды в течение 10-15 минут, затем раствором бикарбоната натрия с массовой долей 2%, срочная госпитализация;
- при попадании паров фтористоводородной кислоты в дыхательные пути в качестве первой помощи рекомендуется теплое молоко с содой или боржомом и теплые содовые ингаляции.
- во всех случаях следует обратиться к врачу.

При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение

пожарной охраны по телефону 01 или 112, сообщить о случившемся руководителю подразделения и приступить к тушению огня первичными средствами пожаротушения.

При поражении работника электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от воздействия электрического тока, проверить состояние пострадавшего и вызвать при необходимости скорую помощь, до приезда скорой помощи оказать пострадавшему необходимую первую помощь или, при необходимости, организовать доставку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение, о произошедшем несчастном случае поставить в известность руководителя структурного подразделения.

#### **5.4.2. Разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Самым распространенным видом ЧС является пожар. Под пожаром понимают неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества, государству. Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, статическое электричество и т. д. Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- 1) использование только исправного оборудования;
- 2) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- 3) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- 4) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

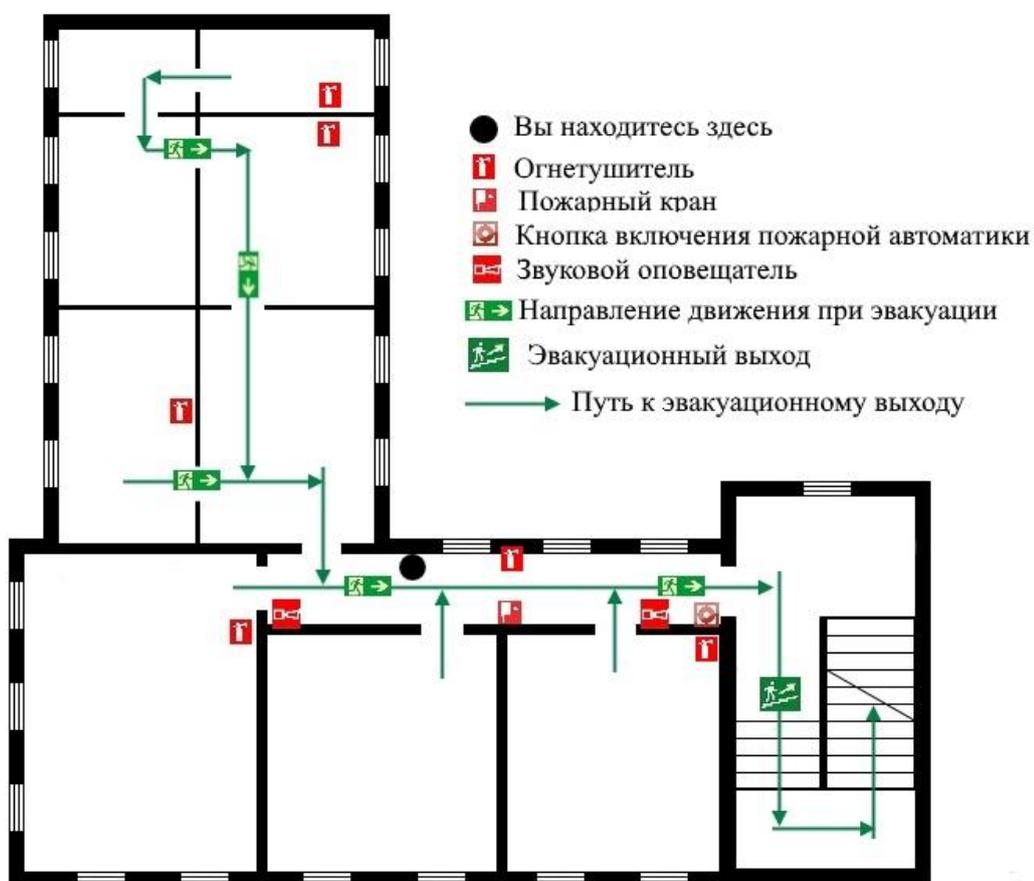


Рисунок 20 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса № 3, подвал.

## **Выводы**

В данном разделе были рассмотрены необходимые правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, в которых регламентируются условия труда, необходимые инструкции по работе со специальным оборудованием, а также гигиенические требования к организации работы.

Были проанализированы и выявлены опасные и вредные факторы производственной среды. К вредным факторам можно отнести: воздействие электрического напряжения на организм человека, микроклимат, воздействие шума и высоких электромагнитных полей. К опасным факторам можно отнести: электробезопасность, работу с химически опасными веществами и пожаровзрывобезопасность.

К факторам рабочего места, влияющим на окружающую среду относятся азотная, плавиковая, и серная кислоты и их пары. Для предотвращения негативного влияния эксплуатации кислот используются необходимые средства защиты, и работа проводится в вытяжном шкафу. Также были рассмотрены различные чрезвычайные ситуации при работе на данной установке и поведение в них.

## **Заключение**

В ходе данной работы была разработано устройство для электрохимической полировки, которое позволяет проводить электрохимическую полировку титанового сплава ВТ6 при различных параметрах процесса (напряжение, температура). Выработана методика электрохимической полировки, позволяющая уменьшать шероховатость поверхности титанового сплава ВТ-6. Для этого был подобран электролит, состоящий из  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , определена разность напряжений 20 В между катодом и анодом, и температура электролита – 0°C. В результате такого метода электрохимической полировки был получен образец шероховатость поверхности которого уменьшилась в 9 раз по сравнению с исходной и составила  $R_a = 2.5$  мкм.

Представленный метод электрохимической полировки деталей ВТ-6 раствором плавиковой кислоты с добавлением азотной и серной кислоты может быть использован для постобработки геометрически сложных деталей, изготовленных аддитивными методами

## Список литературы

1. Вдовин Р. А., Смелов В. Г. Совершенствование технологического процесса многономенклатурного производства //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – №. 6-3
2. Агаповичев А. В. и др. Разработка методики литья из жаропрочных сплавов сложных деталей малоразмерных газотурбинных двигателей с применением аддитивных технологий //Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика СП Королёва (национального исследовательского университета). – 2014. – №. 5-3 (47).
3. Swain J. The “then and now” of electropolishing //Surface World. – 2010. – Т. 3036.
4. Rotty C. et al. Electropolishing of CuZn brasses and 316L stainless steels: Influence of alloy composition or preparation process (ALM vs. standard method) //Surface and Coatings Technology. – 2016. – Т. 307. – С. 125-135
5. Каменев А. Я. и др. Применение электролитно-плазменной полировки при дезактивации поверхности нержавеющей и углеродистой стали. – 2015.
6. Васильев В. И. Вестник Курганского государственного университета. № 3 (13) 2008. Серия" Технические науки". Вып. 4. – 2008.
7. Щиголев П. В. Электролитическое и химическое полирование металлов //М.: Изд-во АН СССР. – 1959.
8. Грилихес С. Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов. – 1983.
9. Nestler K. et al. Plasma Electrolytic Polishing—an Overview of Applied Technologies and Current Challenges to Extend the Polishable Material Range //Procedia CIRP. – 2016. – Т. 42. – С. 503-507.
10. Jung J. H. et al. Study on surface shape control of pure Ti fabricated by electron beam melting using electrolytic polishing //Surface and Coatings Technology. – 2017. – Т. 324. – С. 106-110.

11. Balyakin A. V., Shvetcov A. N., Zhuchenko E. I. Chemical polishing of samples obtained by selective laser melting from titanium alloy Ti6Al4V //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 224.
12. Томашов Н. Д. Коррозия и защита металлов. – Гос. научно-техническое изд-во лит-ры по черной и цветной металлургии, 1952. – Т. 1.
13. A.V. Agapovichev, A.V. Sotov, V.V. Kokareva etc. Investigation of the effect of laser radiation parameters on the structure and mechanical properties of parts obtained by the SLM technology from // III Russian scientific seminar with international participation "Interdisciplinary Problems in Additive Technologies". P. 7-8 (2017)
14. Baek S. M. et al. Effect of surface etching on the tensile behavior of coarse-and ultrafine-grained pure titanium //Materials Science and Engineering: A. – 2017. – Т. 707. – С. 337-343.
15. Леушка М. А., Гайсин А. Ф., Петряков С. Ю. МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ //Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий. – 2015. – Т. 1. – №. 6. – С. 68-72.
16. Грилихес С. Я. Анодные процессы при электрохимическом полировании. — «Известия КФ АН СССР. Сер. хим. наук», 1959, № 5, с. 85—90.
17. Жаке П. Электролитическое и химическое полирование. М //Металлургия. – 1959. – С. 139.
18. Щиголев П. В. Электролитическое и химическое полирование металлов //М.: Изд-во АН СССР. – 1959.
19. Схиртладзе А. Г., Коротков И. А. Справочник шлифовщика. – М. : Дрофа, 2006.
20. Марков Н. Н., Осипов В. В., Шабалина М. Б. Нормирование точности в машиностроении: Учебник для машиностроит. спец. вузов. – Высшая школа: Изд. центр." Академия", 2001.
21. Лобыцин И. О., Худоногов А. М., Худоногов И. А. УПРАВЛЕНИЕ МИКРОШЕРОХОВАТОСТЬЮ В ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

- ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАЛЬЦЕВ КОЛЛЕКТОРНЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – №. 4 (60).
22. Landolt D. Fundamental aspects of electropolishing //Electrochimica Acta. – 1987. – Т. 32. – №. 1. – С. 1-11.
23. Madore C., Landolt D. Electrochemical micromachining of controlled topographies on titanium for biological applications //Journal of Micromechanics and Microengineering. – 1997. – Т. 7. – №. 4. – С. 270.
24. Bannard J. On the electrochemical machining of some titanium alloys in bromide electrolytes //Journal of Applied Electrochemistry. – 1976. – Т. 6. – №. 6. – С. 477-483.
25. Landolt D., Chauvy P. F., Zinger O. Electrochemical micromachining, polishing and surface structuring of metals: fundamental aspects and new developments //Electrochimica Acta. – 2003. – Т. 48. – №. 20-22. – С. 3185-3201.
26. Uda T. et al. Electrochemical polishing of metallic titanium in ionic liquid //Materials transactions. – 2011. – Т. 52. – №. 11. – С. 2061-2066.
27. Tajima K. et al. Electropolishing of CP titanium and its alloys in an alcoholic solution-based electrolyte //Dental materials journal. – 2008. – Т. 27. – №. 2. – С. 258-265.
28. Карташов Л. В., Марков В. В., Секаева Ж. А. Анализ стабильности результатов измерений параметров шероховатости поверхностей деталей индуктивным профилографом-профилометром //Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – №. 2-2. – С. 117-122.
29. Standard A. Specification for Additive Manufacturing Titanium-6 Aluminum-4 Vanadium with Powder Bed Fusion //ASTM International: West Conshohocken, PA, USA. – 2014.
30. Гончарова Н. А. Использование САМ/САД технологий для сопровождения хирургических операций. – 2016.

31. Бочаров В. В. Инвестиции: Учебник для вузов. 2-е изд. – Издательский дом" Питер", 2008.
32. Староверова Г. С., Медведев А. Ю., Сорокина И. В. Экономическая оценка инвестиций: учебное пособие //М.: КНОРУС. – 2006.
33. Несветаев Ю. А. Экономическая оценка инвестиций, У/П. – МГИУ, 2003.
34. Шульмин В. А., Усынина Т. С. Экономическое обоснование в дипломных проектах. – МарГТУ, 2004.
35. Семен И. Г. Эффективность научных исследований в промышленности. – Экономика, 1986.
36. Мигуренко Р. А. Научно-исследовательская работа. Учебно-методическое пособие //Томск: Изд-во ТПУ. – 2010. – Т. 184. – С. 6.3.
37. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
38. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
39. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
40. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
41. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
42. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
43. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
44. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

45. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
46. СП 52.13330.2016 *Естественное и искусственное освещение*. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
47. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
48. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
49. Беляков Г. И. Охрана труда и техника безопасности [Электронный ресурс]: учебник для прикладного бакалавриата/ГИ Беляков.—3-е изд., перераб. и доп.—Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ).—Москва: Юрайт, 2016.—1 Мультимедиа CD-ROM.—Бакалавр. Прикладной курс.—Электронные учебники издательства" Юрайт".—Электронная копия печатного издания.—Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM //М.: Юрайт. – 2017. – Т. 404. 100 MHz, 16 Mb RAM //М.: Юрайт. – 2017. – Т. 404.
50. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
51. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
52. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) //М.: Юрайт. – 2011. – С. 680.
53. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
54. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
55. ГОСТ 12.4.103-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация.
56. ГОСТ 20010-93 Перчатки резиновые технические. Технические условия.

57. ГОСТ Р 12.4.013-97 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Очки защитные. Общие технические условия.
58. Приказ от 19 апреля 2017 года N 371н об утверждении Правил по охране труда при использовании отдельных видов химических веществ и материалов.