

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 16.04.01 «Техническая физика»
Кафедра Экспериментальная физика

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ПОЛУЧЕНИЕ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ БИОПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВЫХ СПЛАВАХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

УДК 669.725.5:621.793.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кошкинбай Фариза Калижанкызы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший научный сотрудник ЛФНБ ИФПМ СО РАН	М.Б. Седельникова	д.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.менед. ИСГТ	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экспериментальная физика	Кривобоков В.П.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2017 г.

**Результаты обучения магистров
направления 16.04.01 «Техническая физика»
(профиль «Пучковые и плазменные технологии»)**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Демонстрировать и использовать теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, составляющих основу современной технической физики, вскрывать физическую сущность проблем, возникающих при проектировании и реализации радиационных и плазменных технологий.	Требования ФГОС (ОПК-2). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Профессионально эксплуатировать современное научное и технологическое оборудование и приборы в процессе создания и реализации радиационных и плазменных технологий	Требования ФГОС (ОПК-1). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Заниматься научно-исследовательской деятельностью в различных отраслях технической физики, связанных с современными радиационными и пучково-плазменными технологиями, критически анализировать современные проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследований, выбирать адекватные методы решения задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	Требования ФГОС (ОПК-5, ПК-5, ПК-8). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для прогнозирования результатов воздействия различных радиационных и плазменных потоков на вещество, а также оптимизации параметров радиационных и пучково-плазменных технологий, с использованием современных физико-математических методов, стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-6, 7). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Разрабатывать и оптимизировать современные пучковые и плазменные технологии с учетом экономических и экологических требований, проводить наладку и испытания технологических установок и аналитического оборудования, решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ.	Требования ФГОС (ПК-12,13,14). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Участвовать в проектно-конструкторской деятельности, формулировать технические задания, составлять техническую документацию, разрабатывать и использовать средства автоматизации, анализировать варианты проектных, конструкторских и технологических решений, разрабатывать проекты и проектную документацию для создания оборудования, реализующего пучковые и плазменные технологии.	Требования ФГОС (ПК-15,16). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P7	Заниматься научно-педагогической деятельностью в области технической физики, участвовать в разработке программ учебных дисциплин, проводить учебные занятия, обеспечивать практическую и научно-исследовательскую работу обучающихся, применять и разрабатывать новые образовательные технологии	Требования ФГОС (ПК-9, 10, 11). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Заниматься организационно-управленческой деятельностью, владеть приемами и методами работы с персоналом, находить оптимальные решения при реализации технологий и создании продукции, управлять программами освоения новой продукции и технологий.	Требования ФГОС (ПК-17,18, 19). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Осуществлять научно-инновационную деятельность, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области радиационных и пучково-плазменных технологий, внедрять новые наукоемкие технологии, готовить документы по защите интеллектуальной собственности, разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов.	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 4). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Универсальные компетенции		
P10	Развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, в течение всей жизни самостоятельно обучаться новым методам исследований, пополнять свои знания в области современной технической физики и смежных наук, расширять и углублять свое научное мировоззрение.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 6). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Активно общаться в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности, свободно и грамотно пользоваться русским и иностранными языками как средством делового общения	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК - 4). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P12	Участвовать в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, проявлять инициативу, брать на себя всю полноту ответственности, уметь находить творческие, нестандартные решения профессиональных и социальных задач.	Требования ФГОС (ОК-4, 5, ОПК-3). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки (специальность) 16.04.01 «Техническая физика»
Кафедра Экспериментальная физика

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Кривобоков В.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Кошкинбай Фариза Калижанкызы

Тема работы:

Получение кальций-фосфатных биопокровов на магниевых сплавах методом микродугового оксидирования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Установка «MicroArc-3.0» 2. Электронный микроскоп LEO EVO 50 3. Профилометр-296 4. Дифрактометр ДРОН-07 5. Электронные весы HL400EX 6. Микрометр МК-25 7. Оптический микроскоп
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Получение кальцийфосфатных биопокровов на магниевом сплаве Mg0.8Ca методом микродугового оксидирования 2. Исследования структуры и свойств покрытий в зависимости от параметров процесса МДО
Перечень графического материала	1. Получение кальцийфосфатных биопокровов на магниевом сплаве Mg0.8Ca методом микродугового оксидирования

2. Preparation of calcium phosphate biocoats on magnesium alloy Mg0.8Ca by microarc oxidation 3. Актуальность 4. Метод микродугового оксидирования 5. Цель и задачи 6. Установка микродугового оксидирования MicroArc-3.0 7. Методы исследования 8. Зависимость плотности тока от времени нанесения покрытий 9. Исследование свойств биопокровтий на магниевом сплаве Mg0.8Ca: массы, толщины, шероховатости. 10. Исследование морфологии поверхности биопокровтий на магниевом сплаве Mg0.8Ca методом РЭМ 11. Растровый электронный микроскоп(РЭМ) 12. Определение фазового состава биопокровтий методом рентгеноструктурного анализа 13. Исследование коррозионной стойкости сплава Mg0.8Ca и кальцийфосфатных покрытий на поверхности сплава 14. График изменения потери массы сплава Mg0.8Ca и покрытий во времени 15. Выводы	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	доцент каф.менед. ИСГТ Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	ассистент каф. ПФ ФТИ Гоголева Татьяна Сергеевна
По иностранному языку	Зяблова Наталия Николаевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Материалы и методы исследования	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший научный сотрудник ЛФНБ ИФПМ СО РАН	М.Б. Седельникова	Д.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кошкинбай Ф.К		

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Кошкинбай Ф.К.

Институт	ФТИ	Кафедра	Экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	16.04.01 «Техническая физика»

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 сырья и материалов Размер окладов и выплат исполнителям проекта
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Согласно проектной документации
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Разработка анализа конкурентоспособности
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	Планирование работ; построение иерархической структуры ВКР
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	График проведения ВКР – диаграмма Ганта
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка сравнительной и финансовой эффективности

Перечень графического материала

<i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
<i>2. Матрица SWOT</i>
<i>3. График проведения и бюджет НТИ</i>
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.менед. ИСГТ	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кошкинбай Ф.К.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
ОДМ51	Кошкинбай Фариза Калижанкызы

Институт	ФТИ	Кафедра	Экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	16.04.01 «Техническая физика»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны,) на предмет возникновения:	– возможных вредных факторов: вредные вещества, шумы, электромагнитные поля и ионизирующее излучение от ЭВМ; – опасные факторов: вероятность поражения электрическим током, вероятность возникновения пожара и взрыва.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	– электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– действие фактора на организм человека; – приведение допустимых; – предлагаемые средства защиты .
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф.ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кошкинбай Фариза Калижанкызы		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа представлена на 121 стр., включает 25 рисунков, 33 таблицы, 48 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: кальцийфосфатные покрытия, магниевый сплав $Mg_{0.8}Ca$, биорезорбция, имплантаты.

Объектами исследования являются кальцийфосфатные покрытия на магниевом сплаве $Mg_{0.8}Ca$.

Цель работы создание методом МДО кальцийфосфатных биопокровтий с повышенными биоактивными свойствами на биорезорбируемом магниевом сплаве.

В процессе исследования решались следующие задачи:

- разработать схему и режимы процесса микродугового оксидирования (МДО) для получения КФ покрытий на магниевом сплаве.
- разработать состав электролита для нанесения покрытий методом МДО.
- получить КФ покрытия на образцах магниевого сплава.
- исследовать структуру, морфологию, фазовый состав и свойства биопокровтий на магниевом сплаве в зависимости от параметров процесса МДО.

В первой главе описаны материалы и покрытия, используемые в имплантологии, и способы их модификации. Вторая глава посвящена методам исследования. В третьей главе приведены экспериментальные данные, основные выводы. В четвертой и пятой главах описан финансовый менеджмент, социальная ответственность.

Область применения: исследование биопокровтий, медицинское материаловедение.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Кальцийфосфатное покрытие КФ;

Микродуговое оксидирование МДО;

β -трикальцийфосфат β -ТКФ;

Рентгенофазовый анализ РФА;

Растровая электронная микроскопия РЭМ;

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	15
1.1 ПОНЯТИЕ БИОМАТЕРИАЛОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ.....	15
1.2 БИОПОКРЫТИЯ И МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ	18
1.2.1 Биопокрытия.....	18
1.2.2 Методы нанесения биопокровтий.....	20
1.3 МЕТОД МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ	24
1.3.1 История метода МДО.....	24
1.3.2 Сущность метода МДО	25
1.3.3 Влияния технологических параметров на свойства покрытий	28
1.3.4 Состав электролита и его влияние на свойства биопокровтий	29
1.4 МG СПЛАВЫ	31
1.4.1 Общая характеристика Мg сплавов.....	31
1.4.2 Применение Мg сплавов для получения медицинских имплантатов	33
1.4.3 Виды имплантатов, получаемых из магниевых сплавов	34
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
2.1 НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ МДО.....	36
2.1.1 Установка МДО	36
2.1.2 Выбор режима и параметров процесса МДО.....	37
2.1.3 Разработка состава электролита	37
2.1.4 Подготовка образцов Мg сплава для нанесения покрытий методом МДО	38
2.2 ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ (РЭМ)	38
2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА (РСА)	42
2.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ, МАССЫ, ШЕРОХОВАТОСТИ ПОКРЫТИЙ	43
2.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СПЛАВА МG0.8Са и КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА МG0.8Са	46
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.....	48
3.1 Исследование толщины, массы, шероховатости покрытий.....	49
3.2 Исследование морфологии поверхности биопокровтий на магниевом сплаве Мg0.8Са методом РЭМ.....	50
3.3 Определение фазового состава биопокровтий методом рентгеноструктурного анализа.....	53
3.4 Исследование коррозионной стойкости сплава Мg0.8Са и кальцийфосфатных покрытий на поверхности сплава.....	54
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ	59
4.1 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ	59
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	59

4.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	59
4.1.3	SWOT-анализ.....	61
4.2	ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ ПРОЕКТА К КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ	65
4.3	МЕТОДЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	66
4.4	ИНИЦИАЦИЯ ПРОЕКТА.....	68
4.5	ПЛАНИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОЕКТОМ.....	70
4.5.1	Иерархическая структура работ проекта.....	70
4.6	ПЛАНИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОЕКТОМ	71
4.6.1	План проекта.....	71
4.7	БЮДЖЕТ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	73
4.7.1	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	75
4.7.2	Основная заработная плата	76
4.7.3	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.....	76
4.7.4	Отчисления на социальные нужды.....	77
4.7.5	Организационная структура проекта.....	77
4.8	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	78
4.8.1	Динамические методы экономической оценки инвестиций	79
4.8.2	Чистая текущая стоимость (NPV)	79
4.8.3	Дисконтированный срок окупаемости	81
4.8.4	Внутренняя ставка доходности (IRR).....	82
4.9	ИНДЕКС ДОХОДНОСТИ (РЕНТАБЕЛЬНОСТИ) ИНВЕСТИЦИЙ (PI)	84
4.10	ОЦЕНКА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	84
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	89
5.1	ВВЕДЕНИЕ	89
5.2	АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ	90
5.3	ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ОПАСНОГО И ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И УСТРАНЕНИЮ ИХ ВЛИЯНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА УСТАНОВКЕ «MICROARC-3.0» И ПЭВМ.....	91
5.3.1	Организационные мероприятия.....	91
5.3.2	Технические мероприятия	92
5.4	УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ.	94
5.5	ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.....	100
5.6	ПОЖАРНАЯ И ВЗРЫВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	102
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:.....	106
	Приложение А	111

ВВЕДЕНИЕ

Перспектива создания биodeградируемых имплантатов для лечения сложных переломов обозначила в последние годы одно из приоритетных направлений развития материаловедения для нужд имплантационной хирургии. Конечной целью этого развивающегося направления является разработка деградирующего с контролируемой скоростью имплантата, не оказывающего вредного воздействия на организм человека и выполняющего свои функции в течение времени, необходимого для восстановления поврежденной кости. Такие имплантаты должны с определенной скоростью растворяться в хлоридсодержащей среде человеческого организма, а продукты растворения выводиться из него, исключая необходимость проведения повторной операции. Магниевым сплавам, которые могут быть использованы в качестве биodeградируемых имплантатов, уделяется повышенное внимание специалистов. Главными преимуществами таких материалов являются их биосовместимость, а также приемлемые механические свойства (прочность и модуль упругости). Однако чрезвычайно высокая коррозионная активность магниевых сплавов в хлоридсодержащих средах, в которых они применяются в качестве биodeградируемого материала, приводит к преждевременной потере механической прочности имплантата до момента восстановления костной ткани. Один из путей снижения скорости коррозии магния – формирование на его поверхности антикоррозионных защитных покрытий. Вместе с тем необходимо, чтобы рост костной ткани на резорбируемом имплантате не отставал от скорости растворения магниевого сплава. В связи с этим на поверхности имплантата необходимо сформировать не просто антикоррозионный, но и биоактивный слой, который, замедляя коррозию, ускорит процесс формирования новой кости и будет постепенно замещаться костной тканью. Следовательно, сформированные покрытия должны обладать не только биологически активными (ускоряющим остеоинтеграцию кости) свойствами, но и должны быть антикоррозионно

защитными (снижающим скорость растворения магниевых имплантатов в физиологической среде).

Наибольший интерес в данном отношении представляют биоактивные кальций-фосфатные покрытия. Исходя из этого, целесообразен синтез на поверхности магниевых сплавов кальцийфосфатных соединений, в составе антикоррозионных покрытий с развитой морфологической структурой. Это позволит обеспечить оптимальную биосовместимость имплантата с костной тканью. В настоящее время кальцийфосфатные покрытия на сплавах магния получают методом микродугового оксидирования.

Целью работы - является создание методом МДО кальцийфосфатных биопокровов с повышенными биоактивными свойствами на биорезорбируемом магниевом сплаве.

В ходе достижения цели работы решались следующие задачи:

- получение кальцийфосфатных покрытий на поверхности магниевых сплавов $Mg_{0.8}Ca$.
- исследования структуры и свойств покрытий в зависимости от параметров процесса МДО.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы для получения биопокровов в имплантологии, травматологии, ортопедии, стоматологии, челюстно-лицевой хирургии.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Понятие биоматериалов и их классификация

Биосовместимость – это обеспечение желаемой реакции живых тканей на нежизнеспособные биоматериалы. Биосовместимые материалы не должны вызывать местной воспалительной реакции, оказывать токсического и аллергического действия на организм [1], должны сохранять функциональные свойства в течение предусмотренного срока эксплуатации.

Биосовместимые материалы функционируют гармонично и согласованно при нахождении в организме или контакте с биологическими жидкостями, не вызывая заболевания или болезненных реакций. Никакой биоматериал, вероятно, за исключением того, который будет получен с помощью генной инженерии и клонирования, не может быть абсолютно биосовместимым. В частности, эндопротезы тазобедренного, коленного, голеностопного и других суставов со временем теряют свои биомеханические характеристики. При этом, в процессе трения и многократных циклических нагрузок на компоненты протеза (полиэтилен, металлические части, цемент) образуются многочисленные микрочастицы, которые легко перемещаются по организму, блокируют функцию фагоцитирующих клеток и определяются в печени, почках и легких. Все это может привести к различного рода осложнениям, вплоть до развития злокачественных новообразований. Следовательно, реально существующая практика позволяет говорить лишь о существовании относительно биосовместимых и безопасных биоматериалов. Они могут находиться в организме в течение длительного периода времени, достаточного для выполнения своей функции, не вызывая в нем развития негативных реакций. Уровень относительной биосовместимости для разных биоматериалов может быть различным. Это интегральный показатель, и его трудно определить количественно. В каждом конкретном случае требуется использовать свой подход и относиться с осторожностью к полученным результатам.

Биоматериалы классифицируются на: биоинертные, биотолерантные и биоактивные.

Биоинертные материалы практически не взаимодействуют с окружающими тканями, не вызывают образования выраженного фиброзного слоя и стимуляцию остеогенеза. При этом кость может формироваться в непосредственной близости от поверхности имплантата. Примером таких соединений может быть металлокерамика из оксида титана, ванадия, циркония и алюминия. Биоинертные материалы имеют на своей поверхности защитный слой, который препятствует выходу из имплантата ионов и проникновению в него агрессивных молекул из окружающей биологической жидкости. Толщина соединительно тканной капсулы при введении биоинертных материалов не должна превышать 50 мкм. При этом выраженные биологические реакции со стороны костной (остеогенез), мягкой, лимфоидной тканей практически не проявляются. С теоретических позиций, биоинертные материалы не должны претерпевать изменений в своем составе и физико-химических свойствах за все время нахождения в организме или биоактивных средах. Они представлены преимущественно диэлектриками, что препятствует проявлению электрохимических и гальванических явлений вокруг имплантата. Интеграция таких биоматериалов с костью минимальна и может осуществляться за счет проникновения соединительной ткани в микропоры изделий, размеры которых определяют, в конечном счете, величину механической фиксации. В реальной практике этот процесс протекает несколько иначе, поскольку часть металла в виде ионов и микрочастиц, за счет разрушения защитной пленки при нагрузках и деформации, все же поступает в организм, что может приводить к развитию неблагоприятных реакций.

Биотолерантные материалы включаются в кость через механизмы дистантного остеогенеза. При этом они отделяются от костной ткани прорастающим массивным фиброзным слоем. В качестве примера таких веществ могут быть метакрилаты или виталиум, ПМА, витамины. Никакой материал, имплантируемый в живую ткань, не является инертным.

Биоактивные материалы (БАМ) – биоматериалы, предназначенные для связывания с биологическими системами с целью повышения эффективности лечения, образования или замещения любой ткани, органа при выполнении тех или иных функции организма. Среди семейства БАМ выделяет 5 основных категорий:

- Кальцийфосфатная керамика.
- Стекло и стеклокерамика.
- Биоактивные полимеры.
- Биоактивные гели.
- Композиты.

Общие характерные свойство для имплантатов , используемых в травматологии и ортопедии , является образование карбонатного гидроксиапатитового (КГА) слоя на их поверхности при имплантации. КГА эквивалентен по структуре и по составу минеральной фазе кости. КГА слой растет в виде поликристаллических агломератов. В составе есть коллагеновые фибриллы. Потом происходит связывание неорганической поверхности имплантата с органическими компонентами тканей. Таким образом, граница раздела между биоактивным имплантатом и костью почти идентична естественно возникающим границам раздела между костями и сухожилиями и связками. "Биомеханические свойства такого биоматериала наиболее полно соответствует естественным градиентам напряжений, чем у других БМ [1]."

Особую группу биоактивных материалов составляют биodeградируемые материалы которые могут частично или полностью растворяться, поглощаться макрофагами, включаться в метаболические и биохимические процессы и/или заменяться живой тканью.

1.2 Биопокрытия и методы нанесения

1.2.1 Биопокрытия

Основным назначением биопокровтий является защита поверхности металлического имплантата от коррозии и интенсификация процессов остеоинтеграции. В состав биопокровтий, как правило, входят ортофосфаты кальция (гидроксиапатит, брушит, монетит, трикальций фосфат). Кроме того, применяют керамикоподобные покрытия состава CaO-SiO_2 . Основная причина использования ортофосфатов кальция в качестве заменителя костной ткани является сходство химического состава с минеральной составляющей костей животных и млекопитающих. В дополнении к тому, что материал не токсичен, фосфат кальция является биосовместимым и не воспринимается организмом как инородный материал и, самое главное, проявляет биологически активные свойства, которые позволяют интегрироваться в живую ткань. Это способствует тесной физико-химической связи между имплантатами и костью, называемой остеоинтеграция [2]. Более того, ортофосфаты кальция усиливают адгезию остеобластов и пролиферацию клеток. Тем не менее, основными ограничениями в использовании ортофосфатов кальция являются механические свойства биоматериалов. Низкие механические характеристики становятся еще более очевидным для очень пористой керамики и каркасов из-за хрупкости.

Именно поэтому, в биомедицинских приложениях ортофосфаты кальция используются в основном в качестве наполнителей и покрытий [3].

Гидроксиапатит (ГА) - кальцийфосфатное соединение, которое составляет минеральную часть кости. Поскольку основными элементами кости является кальций и фосфор [4]. Гидроксиапатит (ГА или ГАП англ. НА или НАР, $\text{Ca/P}=1,67$, далее ГА) является самым стабильным и нерастворимым фосфатом кальция. В настоящее время, известно большое количество способов синтеза ГА. ГА относится к классу биологически активных материалов, имеет сходную структуру с костной тканью, и активно применяется в качестве материала для травматологии и ортопедии [5].

Трикальцийфосфат (ТКФ) является химическим соединением вида $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ с кристаллическим строением, соответствующим модификации β -трикальцийфосфат. По структуре, качествам биоактивности и механическим свойствам он сходен с обезвоженным гидроксиапатитом, по резорбируемости на порядок превосходит [6].

Таблица 1.1-Состав, структура и некоторые свойства основных биологически значимых ортофосфатов кальция

Название	Формула	Сингония	Соотношение Ca/P, ат%	Плотность, г/см ⁻³
Монокальций фосфат моногидрат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Триклинная	0,5	2,23
Монокальций фосфат безводный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	Триклинная	0,5	2,58
Дикальций фосфат дигидрат	$\text{CaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Моноклинная	1,0	2,32
Дикальций фосфат безводный (минерал монетит)	CaH_2PO_4	Триклинная	1,0	2,89
Октакальцийфосфат	$\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Триклинная	1,33	2,61
α -Трикальций фосфат	$\alpha - \text{Ca}_3\text{PO}_4$	Моноклинная	1,5	2,86
β -Трикальций фосфат	$\beta - \text{Ca}_3\text{PO}_4$	Ромбоэдрическая	1,5	3,08
Гидроксиапатит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$	Моноклинная	1,67	3,16

Этот материал выпускается в виде порошка, пористых гранул и компактных блоков. Он успешно используется для замещения и восстановления дефектных или утраченных костных структур челюстей, зубов, черепно-лицевых и других костей скелета [7]. β -трикальцийфосфат (β -ТКФ, англ. - β -TCP, Ca/P=1,5) является «истинным ортофосфатам кальция»; не может выпадать в осадок из водного раствора, а получается только при

высокотемпературном отжиге при температуре выше 800°C. При увеличении температуры до 1125°C он превращается в α -трикальцийфосфат (α -ТКФ, англ. - α -ТСР). β -ТКФ обладает биосовместимостью и находит применение для замены костной ткани, как в чистой форме, так и в сочетании с ОГА. В то время как α -ТКФ не встречается в биологических кальцийфосфатах и находит применение лишь в костных цементах.

Также высокую биоактивность проявляет биокерамика, к которым относятся соединения типа CaO-SiO_2 . Данные соединения частично растворяются в жидкостях тела человека, высвобождая ионы Ca^{2+} и имея на поверхности Si-OH-группы. Эти группы являются предпочтительными для зародышеобразования и роста апатита в жидкостной среде тела человека, при насыщении они образуют гидроксиапатит и таким образом обуславливают образование поверхностного слоя, который способен формировать костную ткань. Кремний стимулирует межклеточные реакции и далее способствует прохождению реакций, способствуя образованию костной ткани[8, 9].

1.2.2 Методы нанесения биопокровтий

Существуют разнообразные методы формирования биосовместимых покровтий на имплантате, однако необходимо учитывать область его применения[10]. Для дентальной имплантации, челюстно-лицевой хирургии и травматологии представляют интерес биопокровтия, увеличивающие прочность крепления имплантатов непосредственно к костной ткани. В реконструктивной хирургии требуются КФ покровтия, которые повышают прочность сцепления имплантатов с костной тканью, усиления процесса остеоинтеграции. При этом покровтия должны быть устойчивыми в биологической среде, иметь высокую адгезионную прочность с материалом основы. Потребность практической медицины в биосовместимых покровтиях может быть удовлетворена наличием большой номенклатуры покровтий различной толщины, пористости,

адгезионных и др. свойств. Эта проблема может быть решена применением различных методов формирования покрытий, таких как плазменное напыление, электрофорез, золь-гель или шликерный метод, биомиметический метод, метод распылительной сушки, магнетронное распыление и ВЧ-магнетронное распыление, а также метод детонационно-газового напыления и метод микродугового оксидирования и др [11].

Метод плазменного напыления является одним из широко-используемых для формирования биопокрытий, в том числе из ГА. Процесс нанесения плазменного покрытия состоит из подачи материала для покрытия (в виде порошка с определёнными размерами частиц) с помощью специального устройства в струю плазмы, образованную путем ионизации потока инертного газа электрической дугой, который нагревается в струе до плавления, ускоряется и переносится к покрываемой металлической подложке. При контакте с поверхностью подложки частицы деформируются, растекаются и кристаллизуются, образуя чаще всего агломераты. Оседая и кристаллизуясь послойно, частицы формируют покрытие, свойства которого определяются теплофизическими, химическими и механическими свойствами материала частиц, дистанцией напыления, током дуги, скоростью частиц, составом окружающей атмосферы и родом плазмообразующего и транспортирующего газов [12] . С помощью этого метода можно получить покрытия, толщиной до 100 мкм.

Ещё одним способом нанесения кальцийфосфатных покрытий является электрофорез. Этим методом получают покрытия, толщина которых может достигать 2 мм. Электрофорез основан на осаждении электрически заряженных частиц ГА через жидкость или другую среду и пригоден для покрытия объектов сложной формы. Однако низкая энергия частиц и комнатная температура приводят к образованию покрытий ГА с асимметричной пористостью и неоднородностью. Покрытия, полученные этим методом, часто наносятся с дефектами, в частности с трещинами, и процесс требует больших температур спекания в течение продолжительного времени, что может вызвать изменение

структуры и свойств титановой подложки, а также изменения фазового состава покрытия. Также данные покрытия характеризуются слабой адгезией к титановой подложке и возможностью осаждения примесей из раствора.

КФ покрытия, полученные шликерным или золь-гель методами, также находят применение. Это относительно недорогие методы, т.к. они не требуют дорогостоящего оборудования, а также аппаратуры для фильтрации, промывки и сушки. Данные методы основаны на приготовлении суспензии исходного материала покрытия, обработке металлической поверхности в полученной суспензии без наложения электрического или магнитного полей и последующем спекании при температуре, соответствующей кристаллизации вещества дисперсной фазы. При использовании в качестве дисперсной фазы ГА, а дисперсионной среды – воды, можно получить плотное кальцийфосфатное покрытие толщиной 200-300 мкм.

Для получения кальцийфосфатных покрытий всё чаще используют биомиметические методы, наиболее приближенные к естественному формированию покрытия. Осаждение биологически-совместимых покрытий на титановую подложку проводят из жидкости, моделирующей межтканевые жидкости организма человека – раствора SBF (Simulated Body Fluid) – в которой растворяют ГА. Перед помещением в SBF раствор титановую подложку предварительно обрабатывают щёлочью (NaOH) для образования на поверхности титана натрия, который способствует более полному осаждению апатита из SBF раствора.

Для получения кальцийфосфатного покрытия можно также использовать метод распылительной сушки. Сущность метода состоит в том, что смесь растворов солей, переведённая посредством ультразвукового распылителя в аэрозоль с размерами частиц до 0,8 мкм, переносится газом носителем в горячую камеру, где происходит мгновенное разложение частиц. Смешение компонентов в растворе на атомном уровне позволяет практически мгновенно получить гомогенный продукт, избежав процессов повторного помола и обжига.

Метод магнетронного распыления также используют для получения биосовместимых покрытий. Данный метод представляет собой разновидность метода катодного распыления, при котором, у поверхности распыляемого катода (мишени) при помощи скрещенных магнитного и электрического полей, формируется слой плазмы высокой плотности. Благодаря чему значительно возрастает плотность тока и скорость ионного распыления. Данный метод позволяет наносить однородные покрытия, но встречает трудности при нанесении на подложки сложной формы. В свою очередь одной из разновидностей магнетронного метода является метод ВЧ. магнетронного распыления, который позволяет получать сверхтонкие (толщиной до 5 мкм), плотные, биосовместимые, в сочетании с высокой адгезионной прочностью кальцийфосфатного покрытия. Магнетронный метод позволяет получать покрытия из диэлектриков (в том числе из ГА) без нарушения стехиометрии или исходного соотношения компонентов распыляемой мишени. Способом создания покрытий является нанесение покрытий ионно-плазменным распылением материала катода, выполненного из ГА необходимого химического состава по керамической технологии.

В последние годы для нагрева и ускорения наносимых порошковых материалов все шире применяются импульсные источники энергии, в частности, энергии взрыва смесей горючих газов с окислителями. Метод, использующий эту энергию, получил название детонационно-газового напыления (ДГН). Сущность заключается в напылении на поверхность подложки порошкообразного материала, возникающего в результате направленного взрыва газовой смеси. Метод ДГН имеет хорошие перспективы использования в медицине, прежде всего, из-за идентичности фазового состава напыляемого материала и получаемого покрытия.

Метод микродугового оксидирования (МДО) в водных растворах электролитов, как метод нанесения биоактивных кальцийфосфатных покрытий на поверхность титана, в последнее десятилетие получило широкое распространение. Формирование покрытия в микродуговом разряде связано с

протеканием высокотемпературных химических процессов в зоне локальных микроплазменных и микродуговых разрядов под воздействием внешнего источника высокого напряжения, и происходит за счет окисления основного материала, а также, за счет переноса в покрытие ультрадисперсной фазы, находящейся в электролите. Покрытия, полученные данным методом, обладают хорошим спектром физико-химических свойств, а именно: высокая коррозионная стойкость, износостойкость, твердость и химическая устойчивость в агрессивных средах [12]

1.3 Метод микродугового оксидирования

Микродуговое оксидирование (МДО) (искровое анодирование, электроплазменное оксидирование) – процесс получения покрытий на поверхности электропроводящих материалов, находящихся в электролите в качестве рабочего электрода, в высоковольтном режиме, обеспечивающем наличие локальных микроразрядов, перемещающихся по его поверхности при анодной поляризации.

1.3.1 История метода МДО

Научно-технологическое развитие МДО началось еще в 70-е годы XX века. Практически одновременно в США [13], Японии, Германии и России были созданы лабораторно-промышленные установки и проведено исследование особенностей формирования функциональных слоев. Дальнейшее развитие в России метод получил, в частности, в МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского, где в течение ряда лет ведутся работы по изучению механизма процесса, исследованию МДО - слоев и отработке оптимальных технологических параметров модифицирования поверхности различных

сплавов, создаются новые образцы современного высокоэффективного оборудования[13].

1.3.2 Сущность метода МДО

Сущность процесса микродугового оксидирования заключается в увеличении анодного формирующего напряжения до напряжения пробоя полупроводникового или диэлектрического слоя: газового слоя, оксидной пленки, газовых пузырей, реализующихся в порах пленки. Пробой – следствие инъекции электронов, источниками которых являются анионы электролита, в полупроводниковый или диэлектрический слой. В каналах микродуговых разрядов протекают плазмохимические реакции, выделяется значительная энергия и существенно повышается давление, что приводит к выбросу вещества в электролит и образованию в поре области с пониженным давлением. Происходит разрыв цепи у локальных гальванических элементов: анион/пленка/металлический материал, анион/газовый пузырь/металлический материал.

Общим признаком в области исследований МДО является свечение и/или электрический разряд при электрохимических процессах на поверхности электродов, погруженных в электролит.

В работе [13] представлена схема формирования оксидного покрытия путем взрыва пузырька в плазме (рис.1.1). Большое значение имеет выбор подходящего электролита, так как в разных электрохимических реакциях ионизированных химических элементов происходят процессы, влиявшие на возникновение микродуги и пузырьков плазмы, которые являются фактором определения характеристик поверхности оксидной пленки, как видно из рисунка 1.1.

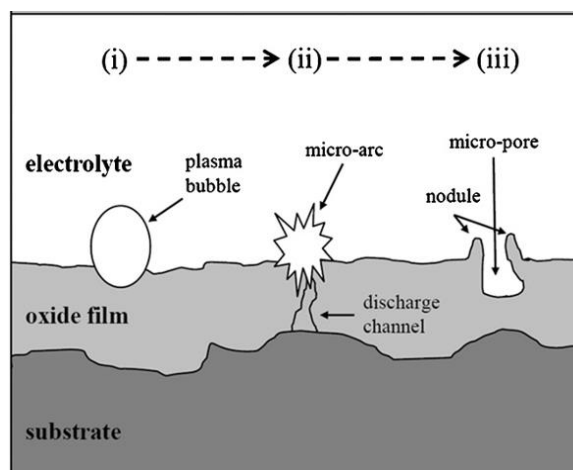


Рисунок 1.1. Схема электроплазменного оксидирования для формирования оксидного покрытия [13]

В другой работе [14] процесс микродугового оксидирования на кремниевой подложке, с нанесенным оксидным покрытием и слоев золота, меди и никеля (рис.1.2). Было изучено влияние постоянного микродугового разряда на кремнии с использованием дополнительных технологий, известных как КМОП (комплементарная структура металл-оксид-полупроводник; англ. CMOS, complementary metal-oxide-semiconductor).

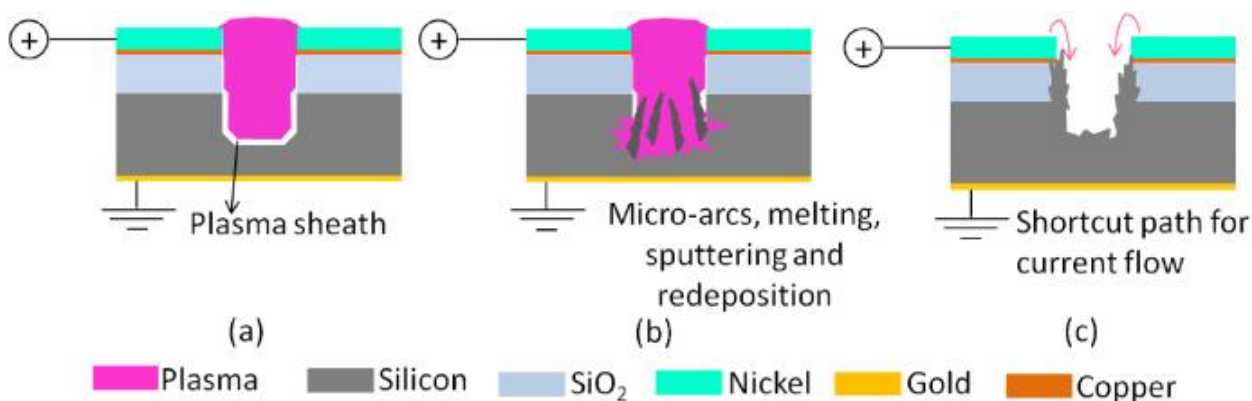


Рисунок 1.2. Схема очередности процессов микродугового оксидирования после пробоя оксидной пленки [14]

Авторы [15] рассматривают формирование диэлектрического слоя на поверхности металла, сравнивая его с «парогазовой рубашкой», т.е., покрытием

с парогазовой фазой в порах и предлагают следующую схему (рис. 1.2), иллюстрирующую стадийность процессов, протекающих после микроплазменного пробоя диэлектрического покрытия.

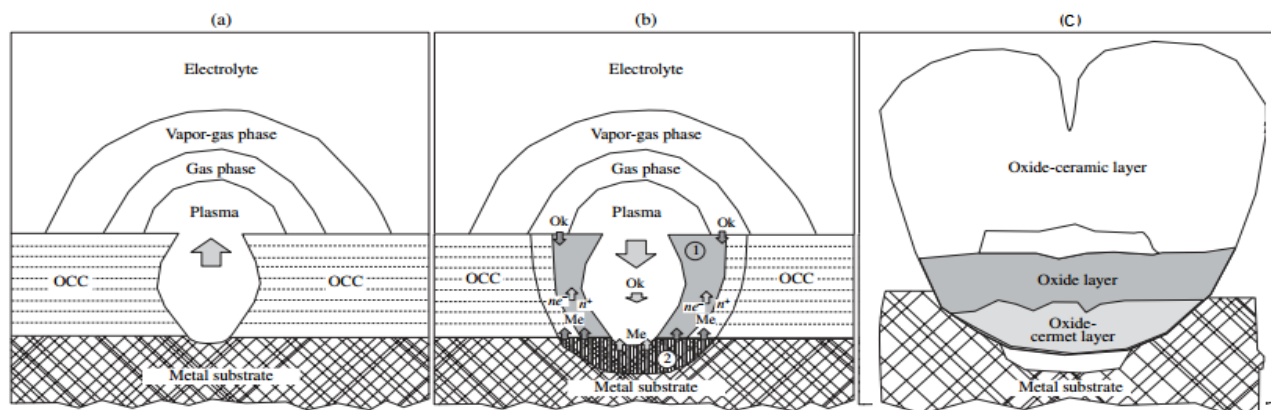


Рисунок 1.3. Этапы процесса, протекающие после микродугового пробоя диэлектрического слоя [15]

В начале проведения процесса микродугового оксидирования сплавов в течение нескольких секунд или десятков секунд происходит переход от стадии 1) пассивирования, 2) анодирования в стадию 3) искрения, а затем в область горения более крупных микродуговых разрядов – 4) стадия МДО (рис. 1.3).

Длительность стадий анодирования, искрения зависит от начальной плотности задаваемого тока или анодного амплитудного напряжения, от состава электролита, его температуры, от природы сплава и концентрации легирующих элементов в нем, от геометрической формы изделия от структуры, которая является функцией от предварительной термической обработки.

Рост оксидной пленки (покрытия) происходит в каналах микроразрядов по двум механизмам, что приводит к формированию немонослойной оксидной пленки. Рост внутреннего слоя происходит вследствие протекания процесса высокотемпературного окисления в каналах разряда из-за высоких температур в них и наличия окислителей в плазме. Рост внешнего слоя происходит вследствие втягивания составляющих электролита: ионов, коллоидных и мелкодисперсных частиц в каналы разряда после размыкания цепей у

локальных гальванических элементов с последующим образованием оплавленных продуктов (оксидов, солей). Недопустимой является стадия перехода микродугового процесса в дуговой. На этой стадии происходит местное нарушение сплошности оксидной пленки [16].

Метод микродугового оксидирования обладает многими преимуществами, такими как: отсутствие необходимости специальной предварительной подготовки поверхности (электрический разряд сам проводит очистку обрабатываемой поверхности); экологичность и неагрессивность электролитов; возможность получения толстых - до 400 мкм покрытий без применения сложного и экологически вредного холодильного оборудования; высокая микротвердость (до 2500 кг/мм²) и, соответственно износостойкость покрытий; прочность сцепления с основой; низкая пористость (до 2-3 %) получаемых МДО - покрытий.

1.3.3 Влияния технологических параметров на свойства покрытий

Режимы микродугового оксидирования гораздо более разнообразны и сложны, чем при анодировании. Применяемые режимы можно классифицировать по различным признакам: по роду тока (постоянного тока, переменного тока, при их наложении); по полярности приложенного напряжения (анодный, катодный, анодно-катодный, циклирование режимов различной полярности с участием бестоковой паузы); по изменению электрических параметров (гальваностатический, гальванодинамический, потенциостатический, потенциодинамический, режим постоянной мощности, режим падающей мощности и т.д.); по характеру разряда (искровой, микродуговой, дуговой, дуговой электрофорез).

Микродуговое оксидирование - сложный процесс, характеристики которого зависят как от внешних (компонентный состав, концентрация, pH и температура электролита; режим МДО: полярность, частота, скважность, амплитуда и форма импульсов напряжения и тока, их соотношение; время

обработки и т.д.), так и от внутренних факторов (состав сплава, его термообработка, шероховатость, пористость оксидируемого материала и т.д.). Эти факторы определяют толщину покрытий, их состав, структуру, плотность и пористость, микротвердость, прочность сцепления с основой, износо- и коррозионную стойкость, электро- и теплопроводность, пробойное напряжение и другие свойства .

Анализ влияния внешних и внутренних факторов на формирование оксидного слоя при МДО и его свойства позволяет прийти к выводу, что решающее влияние оказывают состав электролита, электрические и временные параметры режима МДО и состав оксидируемого сплава.

1.3.4 Состав электролита и его влияние на свойства биопокрытий

Электролиты для осаждения контактных покрытий имеют сложный многокомпонентный состав. В процессе эксплуатации электролитов происходит изменение концентраций компонентов; накопление продуктов реакций, происходящих на аноде, катоде и в объеме растворов. Для поддержания постоянства качества, единообразия внешнего вида, сохранения состава, структуры и свойств покрытий необходимо выдерживание в заданных пределах всех компонентов электролитов.

Состав электролита, материал подложки, режим и время обработки, являются определяющими факторами процесса микродугового оксидирования, существенно влияющими на состав, структуру и свойства получаемых покрытий. Условно электролиты для микродугового оксидирования можно разбить на две группы. К первой группе относятся электролиты, не содержащие элементов, образующих нерастворимые оксиды, например, растворы серной кислоты или щелочи. Покрытия, образующиеся в таких электролитах, углубляются в металл за счет его окисления.

В электролитах второй группы, например алюминатных и силикатно-щелочных растворах, содержатся катионы и/или анионы, содержащие

элементы, образующие нерастворимые оксиды, которые входят в состав покрытия и дают дополнительный прирост размеров детали после образования оксидного слоя. Во второй группе, как для катионов, так и для анионов, возможен гидролиз компонентов электролита с последующим термолизом продуктов гидролиза в зоне разряда.

С другой стороны, электролиты можно подразделить по кислотному показателю, количеству компонентов в составе электролита и по тому, является ли электролит раствором или суспензией. В первой группе можно выделить: кислые электролиты, например, на базе серной или фосфорной кислот или их смесей. Ко второй группе относятся щелочные электролиты, например, на основе КОН. К третьей группе относятся нейтральные электролиты, например, на базе солей (NaCl и т.д.).

Параметры электролита влияют на структуру, элементный и фазовый состав покрытий и, как следствие, на их свойства, толщину, сквозную пористость и микротвердость, изменение исходных размеров деталей и скорость формирования оксидного слоя. Состав электролита влияет не только на напряжение, но и на время зажигания, которое, по возможности, следует минимизировать.

Увеличение концентрации электролита снижает напряжение формирования оксидной пленки. Понизить напряжение формирования кристаллической фазы можно также добавлением окислителей в электролит, так как при их введении увеличивается скорость роста пленки и понижается напряжение искрения [17].

Повышение электропроводности способствует снижению напряжения искрения и увеличению его интенсивности. При приготовлении электролитов следует обращать внимание на порядок смешивания или растворения компонентов, поскольку он не только влияет на напряжение и время зажигания микроразряда, но часто определяет качество получаемых покрытий и время до необходимой корректировки электролита. Электролиты для МДО часто подвержены гидролизу из-за содержания солей слабых кислот. Факторами,

способствующими этому вредному явлению, являются: повышение температуры электролита, особенно выше 40-50⁰С, его разбавление, особенно в горячем виде, и отсутствие подщелачивания. На практике пригодность электролита субъективно определяют по его «мутности», которая возникает в результате физико-химических превращений с участием как компонентов раствора, так и составляющих обрабатываемого сплава при протекании электроразрядных процессов.

С повышением температуры электролита скорость окислирования растёт, а напряжение зажигания падает, однако при этом могут ухудшаться характеристики покрытий, например, уменьшаться пробойное напряжение и увеличиваться пористость.

1.4 Mg сплавы

1.4.1 Общая характеристика Mg сплавов

Магний (лат. magnesium) – это является химическим элементом второй группы. Магний представляет собой лёгкий щелочноземельный металл белого цвета[18], в организме содержится в основном в виде солей[18,23]. Магний – считается важным внутриклеточным компонентом, содержание которого в клетках во много раз превышает содержание во внеклеточной жидкости. Магний принимает участие в обменных действиях, взаимодействуя с кальцием, калием натрием.[23,24]. Магний вступает в структуру многочисленных ферментативных систем, задействованных в обменных процессах, принимает участие в активации аминокислот, синтезе белков[23]. Магний в организме нужен для предоставления «энергетики» жизненно значимых действиям, регуляции раздражительной мышечной проводимости, тонуса ровной мускулатуры (кровеносный сосудов, кишечника, и т.д.) [22,23]. Магний также известен, как антистрессовый биоэлемент, который может формировать благоприятное общепсихологическое настроение. Он усиливает иммунную

систему, содействует возобновлению работоспособности после физических нагрузок [18].

Таблица 1.2 - Химический состав и механические свойства некоторых отечественных магниевых сплавов

Марка сплава	Содержание элемента, %				Режим обработки	Б _в ,	Б _{0,2}	δ , %
	Al	Mn	Zn	Другие элементы				
Деформируемые сплавы (ГОСТ 14957 - 76)								
МА1	—	1,3-2,5	—		Отжиг	200	130	8
МА2	3,0-4,0	0,15-0,5	0,2-0,8		Отжиг	270	170	10
МА5	7,8...9,2	0,15...0,5	0,2...0,8		Закалка старение	320	220	14
МА14	—	—	5-6	0,3...0,9Zr	Закалка старение	350	300	9
МА18	0,5...1,0	0,1...0,4	2,0...2,5	10...11,5 Li	Отжиг	170	130	30
МА19	—	—	5,5...7,0	0,5...0,9Zr;	Закалка старение	380	330	5
МА20	—	—	1,0-1,5	0,05-0,12Zr; 0,12-0,25Ce;	Отжиг	250	160	20
ВДМ-1	—	—	1,2-2,0	2,5-3,5Th	Отжиг	300	250	5
Литейные сплавы (ГОСТ 2856-79)								
МЛ15	7,5-9,0	0,15-0,5	0,2-0,8		Отжиг	160	85	3
					Закалка старение	255	120	6
МЛ18	—	—	5,5-6,6	0,7-1,1Zr; 0,1-0,8Cd;	Закалка старение	255	155	5
МЛ110	—	—	0,1-0,7	0,4-1,0Zr 2,2-2,8Nd	Закалка старение	230	140	3
МЛ119	—	—	0,1-0,6	0,4-1,0Zr 1,6-2,3Nd	Закалка старение	220	120	3

				1,4-2,2Y				
--	--	--	--	----------	--	--	--	--

При нехватке магния формируется подавленное состояние, прослеживается стремление к судорожным состояниям [18]. В организме взрослого человека находится приблизительно 140 г магния (0,2% от массы тела). Различные авторы оценивают дневную необходимость в магнии у взрослого человека в диапазоне от 400 до 500 мг [18,23]. Магний и продукты его коррозии обладают хорошей биосовместимостью [18,23]. Многочисленные исследователи показывают положительное воздействие продуктов биodeградации магния на остеогенез [20,23]. В соответствии с одной из теорий, на поверхности такого материала из биологического окружения адсорбируются конкретные белки, которые активизируют увеличение костных клеток и процедуру заживления [21,24].

Сплавы магния имеют хорошую биосовместимость, необходимую коррозионную стабильность и модуль упругости, который приближен к модулю упругости кортикального слоя кости [21]. Имплантаты, основой которых является магний, имеют преимущества перед биоинертными сплавами металлов и биокерамикой, поскольку при их использовании отсутствует потребность в повторном хирургическом вмешательстве.[25]

1.4.2Применение Mg сплавов для получения медицинских имплантатов

Магниевые сплавы обладают большим потенциалом так как они полностью биосовместимы, обладают механическими свойствами схожими с механическими свойствами естественной кости, не вызывают воспалительной реакции и стимулируют рост новой костной ткани[4]. Более того, благодаря их способности к растворению, исчезает необходимость в повторной операции по удалению имплантата.

1.4.3 Виды имплантатов, получаемых из магниевых сплавов

Из магниевых сплавов изготавливаются следующие имплантаты: костные, винты, пластины, стенты (кардиологические). Стент - специальная, изготовленная в форме цилиндрического каркаса упругая металлическая или пластиковая конструкция, которая помещается в просвет полых органов и обеспечивает расширение участка, суженного патологическим процессом. Стент обеспечивает проходимость физиологических жидкостей, расширяя просвет полого органа (артерии, пищевода, кишечника, желчевыводящих путей и мочеочника). Эффект стентирования сильнее и продолжительнее, чем при баллонной дилатации, при этом снижается риск повторного стеноза или перфорации. Стентирование – имплантация стента, впервые было произведено в 1986 году, когда работавшие в Тулузе (Франция) Жак Пуэль и Ульрих Зигварт поставили первый стент в коронарную артерию человека. В 1994 году первый стент Пальмац-Шатца был разрешен к использованию в США. В практике и тот, и другой стенты находят применение также при повторных стенозах коронарных артерий и стенозах венозных шунтов. Операция стентирования сосудов сердца производится, как правило, через бедренную артерию, куда вводится закрепленный на баллонном катетере стент, и под контролем рентгеновского аппарата подводится к месту сужения сосуда. Правильность установки стента контролируется рентгенологически [26].

Винтовые имплантаты – самые распространенные на сегодняшний день. Они имеют большое разнообразие резьбы, могут быть разборными и неразборными, одно и двухэтапными, иметь гладкую, шероховатую поверхность или покрытие из биоактивных материалов. Кроме того, чтобы улучшить прочность соединения, используются различные выемки или углубления, которые не дают имплантату крутиться вокруг оси или смещаться. Винтовой имплантат состоит из нескольких частей. Это: тело имплантата, винт-заглушка, формирователь десны, абатмент [27].

Пластиночные имплантаты – представляет собой пластинку, которая имеет особую форму и вживляется в челюсть. Название «пластинчатый имплантат» довольно точно передает сущность конструкции. Он действительно представляет собой пластинку, которая имеет особую форму и вживляется в челюсть. Пластинчатый имплантат относится к внутрикостным конструкциям и потому находится в родственных отношениях с корневидными имплантатами цилиндрической и винтообразной формы [28] .

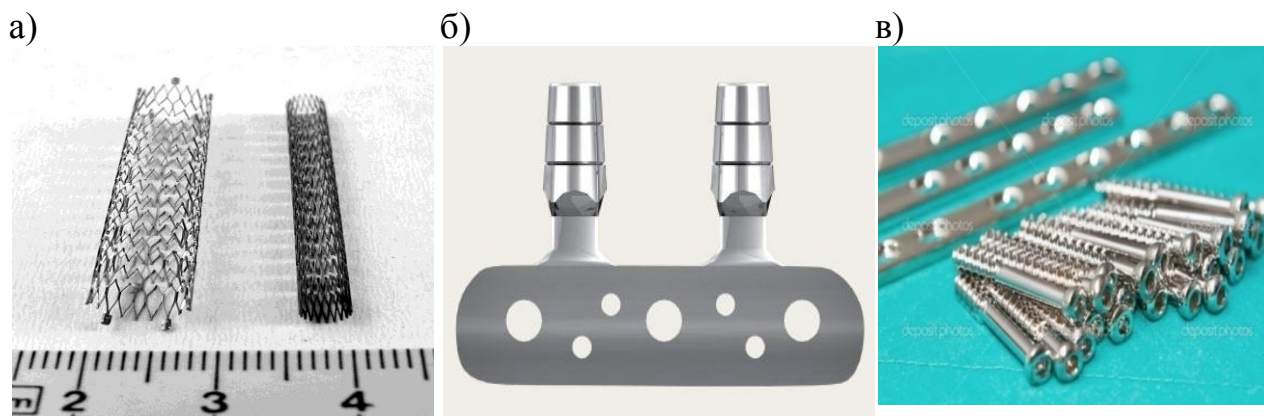


Рисунок 1.4 Виды имплантатов, получаемых из магниевых сплавов (а - стенты кардиологические, б - пластины, в - винты,)

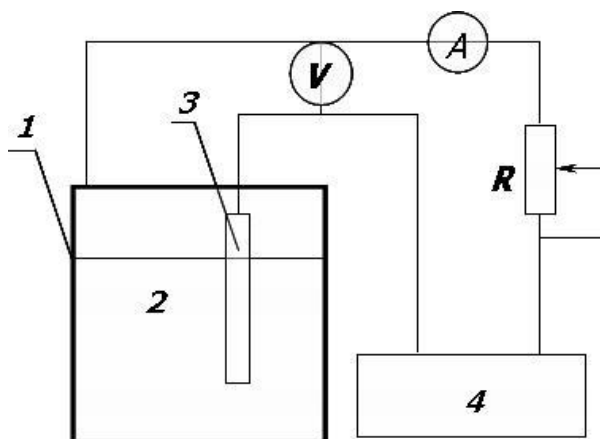
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Нанесение покрытий методом МДО

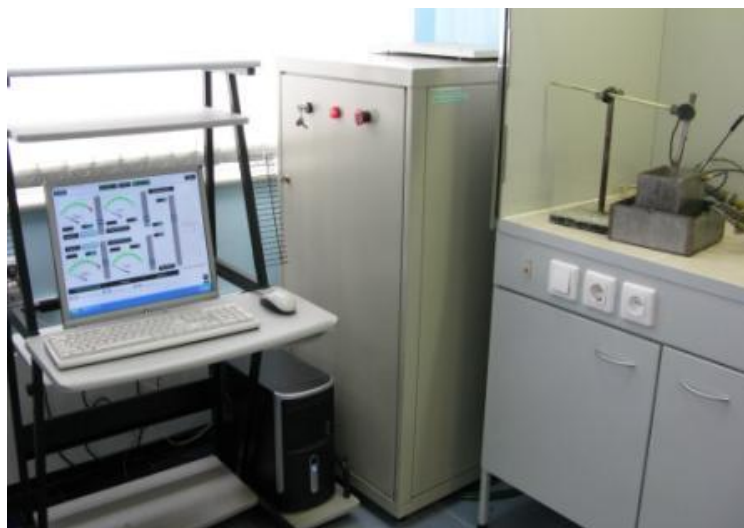
Для нанесения покрытий был разработан состав электролита, режим и параметры процесса МДО. Процесс формирования покрытий проводили на установке MicroArc-3.0.

2.1.1 Установка МДО

Установка MicroArc-3.0 (рис.2.1) состоит из импульсного источника питания, гальванической охлаждаемой ванны, комплекта электродов и программного обеспечения для управления и контроля электрофизических параметров нанесения, а также цифрового осциллографа, позволяющего получать кинетические зависимости в ходе процесса. Данная установка позволяет работать в анодном и катодном режимах, а также варьировать параметры оксидирования в широких диапазонах.



a)



б)

Рисунок 2.1. Экспериментальная установка микродугового оксидирования MicroArc-3.0; а) схема установки: 1 – ванна – катод, 2 – электролит, 3 – образец – анод, 4 – импульсный источник питания, б) фотография установки.

2.1.2 Выбор режима и параметров процесса МДО

Нанесение покрытий было проведено в анодном потенциостатическом режиме. Параметры процесса МДО варьировали в следующих пределах: длительность импульсов – 100-500 мкс, частота следования импульсов – 50-100 Гц, начальная плотность тока – 0,13-0,35 А/см², длительность процесса – 5 - 10 мин, электрическое напряжение – 350 - 500В.

2.1.3 Разработка состава электролита

Для получения покрытий разработали электролит - суспензию щелочного состава. В состав электролита вводили Na₂HPO₄ *12H₂O (30-40 мас.%), Ca(OH)₂ (1-1,5 мас.%), Na(OH) (5-10 мас.%), NaF(3-5 мас.%). В качестве дисперсной составляющей в электролит водили бета - трикальций фосфат β

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (30-60 мас.%) с целью получения биорезорбируемых кальцийфосфатных покрытий.

2.1.4 Подготовка образцов Mg сплава для нанесения покрытий методом МДО

В проведенных исследованиях использовали образцы-пластинки размером $10 \times 10 \times 1$ мм из сплава $\text{Mg}_{0.8}\text{Ca}$. Подготовка образцов к нанесению покрытия включала в себя механическую обработку (шлифовку) с помощью наждачной бумаги номер 120, 480, 600 и 1200, обезжиривание поверхности ПАВ раствором после механической обработки, очистку спиртом в ультразвуковой мойке в течение 5 мин при температуре 50°C , промывку в дистиллированной воде в течение 5-10 мин, и сушку в сушильном шкафу в течение 30 мин при температуре 150°C .

2.2 Исследование морфологии поверхности и химического состава покрытий методом растровой электронной микроскопии (РЭМ)

Растровый электронный микроскоп (РЭМ, или SEM - scanning electron microscope) является одним из наиболее универсальных приборов, применяющихся для исследования и анализа морфологии микроструктур и изучения химического состава материалов. Невооруженным глазом человек может различать объекты с угловыми размерами до $1/60$ градуса, что соответствует разрешающей способности около 0,1 мм (на оптимальном расстоянии для наблюдения, составляющем 25 см). Предел разрешения оптического микроскопа, благодаря повышению угловой апертуры с помощью оптических линз, составляет около $2000 \text{ \AA}$. Световая микроскопия продолжает играть важную роль в научных исследованиях. С тех пор, как в экспериментах, проведенных в 90 - х годах [29], было обнаружено, что электроны отклоняются

в магнитных полях, были разработаны принципы электронной микроскопии, в которых источник света был заменен пучком электронов высокой энергии.[30] При взаимодействии электронов с веществом, как показано на рисунке, появляется много вторичных излучений. Падающий электронный пучок может быть поглощен, упруго рассеян, может пройти через вещество, испытав при этом дифракцию, возбудить рентгеновское излучение, вызвать появление низкоэнергетических вторичных и Оже - электронов. [30]

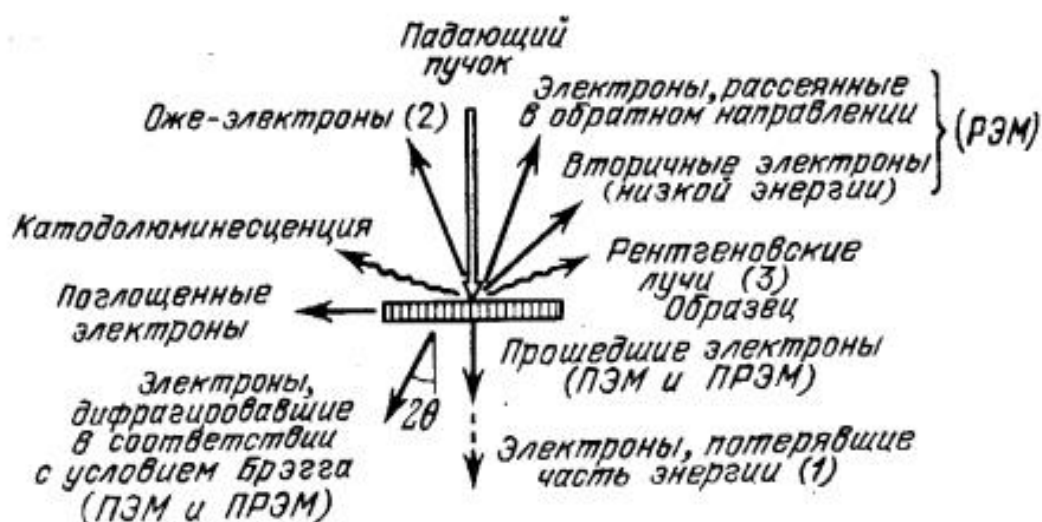


Рисунок 2.2. Возникающие излучения при взаимодействии первичного электронного пучка с веществом

Энергетический спектр электронов, возникающий при взаимодействии материала образца с падающим первичным электронным пучком, изображен на рис 2.2. Энергия вторичных электронов не слишком велика, не превышает 50...100 эВ. Заинтересованность к ним обусловлена тем, что их число зависит от рельефа поверхности [30]. При движении зонда на поверхности исследуемого объекта изменение сигнала от точки к точке происходит за счет изменения угла θ между направлением падения зонда и нормалью (перпендикуляром) к поверхности объекта в точке падения. При этом ток вторичных электронов выражается зависимостью:

$$J = k \sec \theta, \quad (2.1)$$

а изменение его:

$$J = k \sec \theta \operatorname{tg} \theta d\theta \quad (2.2)$$

Как меру контраста изображения можно брать два соседних микро участка объекта, нормали к которым наклонены друг к другу под углом:

$$dJ/J = \operatorname{tg} \theta d\theta \quad (2.3)$$



Рисунок 2.3. Энергетический спектр электронов

Принцип работы РЭМ основан на движении тонкого электронного луча (зонда) вдоль поверхности образца вдоль близко расположенных друг к другу линий. Процесс формирования изображения в растровом микроскопе подобен процессу формирования оптического изображения, видимого в оптическом микроскопе. Это обуславливает сходство по внешнему виду изображений, полученных в РЭМе, и в оптическом микроскопе. Необходимо заметить, то что световые лучи, создающие изображение, распространяются по прямым линиям, в то время как вторичные электроны могут достигать детектора по кривым траекториям. Для формирования изображения в РЭМе важны не пути электронов к детектору, а только количество электронов, попадающих на детектор от данной точки объекта.

Принципиальная схема микроскопа представлена на рис. 2.4. Пучок электронов, выпускаемый катодом, собирается электронными линзами в тонкий

электронный зонд, который на объекте разворачивается в растр с помощью растровых катушек.

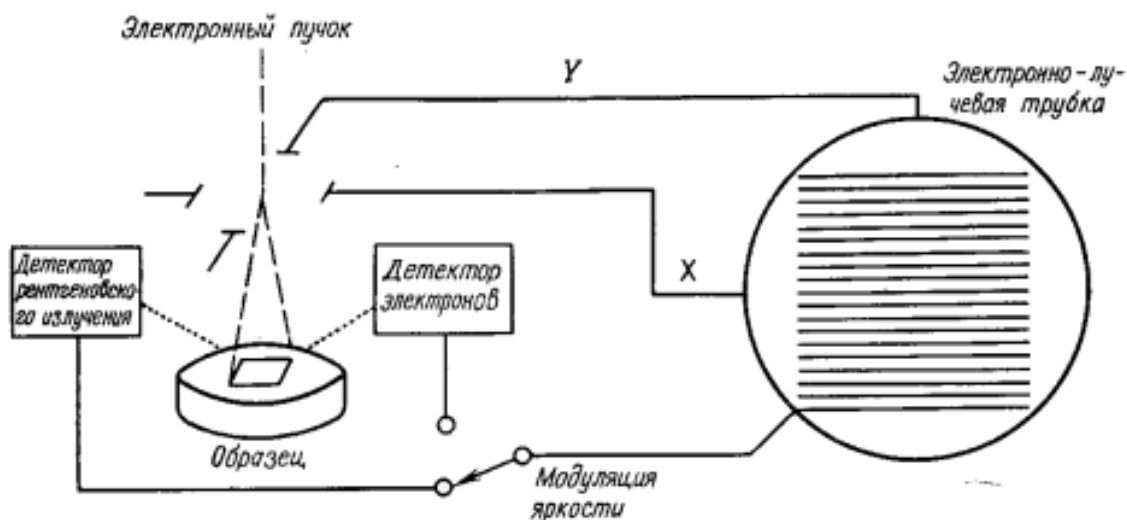


Рисунок 2.4. Принципиальная схема растрового микроскопа

Сигнал вторичных электронов, выходящих из образца в результате воздействия первичного пучка, детектируется и подается на усилитель. С выхода усилителя он поступает на модулятор электронно - лучевой трубки и управляет яркостью пятна на ее экране. Отклонение электронного зонда по объекту и луча по экрану осуществляется от одного генератора. Перемещению зонда по объекту соответствует движение луча по экрану. Число электронов, собираемых детектором, изменяется, образуя изображение поверхности объекта. Увеличение изображения равно отношению линейных размеров растров на экране и на объекте и может меняться в широких пределах. Почти как и в других оптических и электронно-оптических устройствах, полезное увеличение ограничивается разрешающей возможностью устройства[31.]

2.3 Определение фазового состава покрытий методом рентгеноструктурного анализа (РСА)

Рентгеноструктурный анализ - этот метод исследования структуры вещества по распределению в пространстве рентгеновских волн и интенсивности излучения, рассеянного на анализируемом образце. Рентгеноструктурный анализ наряду с нейтронографией и электронографией считается дифракционным структурным методом. В его основе находится взаимодействие рентгеновского излучения с электронами элемента, в результате которого появляется дифракция рентгеновских лучей [32].

Дифракция рентгеновских лучей - рассеяние рентгеновских лучей кристаллами (либо молекулами жидкостей и газов), при котором из начального пучка лучей появляются вторичные пучки той же длины волны, возникающие в результате взаимодействия первичных рентгеновских лучей с электронами элемента. Направленность и интенсивность вторичных пучков находится в зависимости от структуры рассеивающего объекта [33].

Рентгеновский дифрактометр - устройство для измерения интенсивности и направления рентгеновского излучения, дифрагированного на кристаллическом объекте. Источником излучения для рентгеновской камеры служит рентгеновская трубка.

Условие Брэгга — Вульфа характеризует состояние интерференционных максимумов рентгеновских лучей, рассеянных кристаллом без изменения длины волны. В соответствии с теории Брэгга — Вульфа, максимумы появляются при отражении рентгеновских лучей от системы параллельных кристаллографических плоскостей, если лучи, отражённые различными плоскостями данной системы, обладают разностью хода, равную целому числу длин волн. Требование Брега-Вульфа можно записать в следующем виде:

$$2d\sin\theta = \lambda n.$$



Рисунок 2.5. Рентгеновский дифрактометр

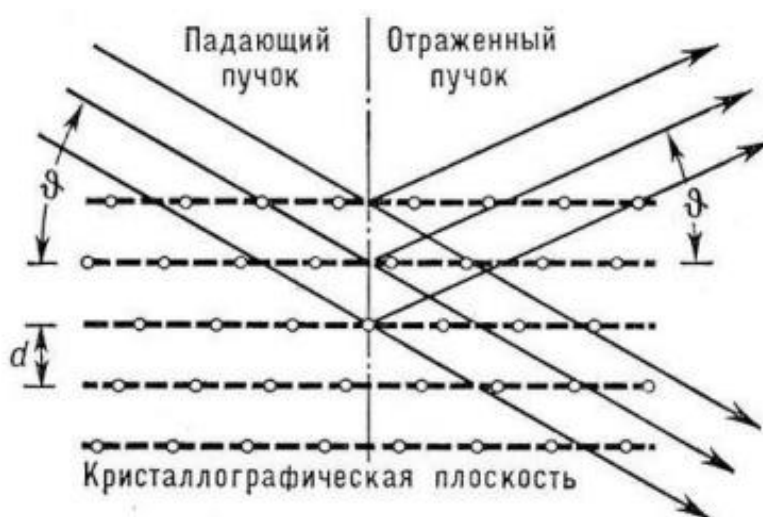


Рисунок 2.6. Условие Брегга-Вульфа

2.4 Определение толщины, массы, шероховатости покрытий

Толщину покрытий измеряли с помощью микрометра МК-25. Массу покрытия определяли как разность масс образца до нанесения покрытия и после нанесения.

Состояние поверхностного слоя характеризуется наличием шероховатости и рельефа (который образуется в результате различных причин и имеет различное функциональное значение).

Известно, что поверхность внутрикостных имплантатов должна быть шероховатой или микропористой. Шероховатость создает сцепление между костной тканью и имплантатом, предотвращая отторжение. Исследования показали, что имплантаты с шероховатой поверхностью лучше соединяются с костью и меньше подвержены вредному влиянию действующих на них сил.

Шероховатость поверхности исследовали по параметру R_a , который определялся как средний результат шероховатости в пределах нескольких длин участков измерений (ГОСТ 2789-73) на профилометре-296 (ИФПМ СО РАН, г. Томск). Длина трассы L для оценки шероховатости составляла 6 мм, скорость измерения параметров 0,5 мм/с. На каждом из образцов осуществлялся независимый расчет параметров шероховатости по трем измерениям на разных участках, а затем производилось усреднение результатов измерения.

Параметр R_a является широко признанной и наиболее часто используемой в различных странах характеристикой шероховатости. Обычно этот параметр определяется как средний результат в пределах нескольких длин участков измерения « L ». Параметр R_z – численно равен разнице средних высот между пятью наиболее высокими выступами и пятью наиболее глубокими впадинами в пределах оценочной длины участка измерения. Данный параметр определяется в пределах только одной длины участка измерения. R_{max} представляет собой максимальную высоту, измеренную от выступа дна до впадины на профиле в пределах участка измерения L (рис. 2.8) [34].

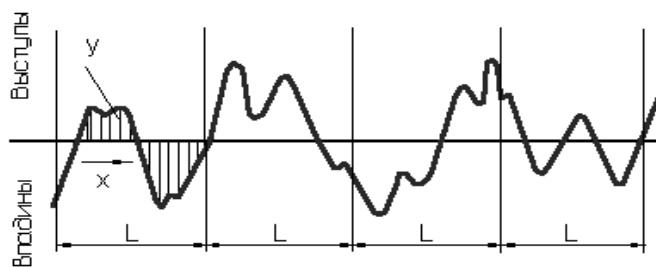


Рисунок. 2.7. Изображение реального профиля шероховатости поверхности.

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^l |y(x)| dx \quad (2.4)$$

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 (H_{i\max}) - \sum_{i=1}^5 (H_{i\min}) \right) \quad (2.5)$$

$H_{i\max}$ и $H_{i\min}$ – расстояние до указанных точек профиля прямой, параллельной средней линии и не пересекающей профиль. В таблице 2.1 приведены параметры шероховатости.

Таблица 2.1 – Параметры шероховатости

Классы шероховатости поверхности	Разряды	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина l, мм
		Ra	Rz	
1	-		От 320 до 160	8.0
2	-		От 160 до 80	
3	-		От 80 до 40	
4	-		От 40 до 20	2.5
5	-		От 20 до 10	
6	а	От 2,5 до 2,0	-	
	б	2,0 1,6		
	в	1,6 1,25		
7	а	От 1,25 до 1,0	-	
	б	1,00 0,80		
	в	0,80 0,63		
8	а	От 0,63 до 0,50	-	
	б	0,50 0,40		
	в	0,40 0,32		
9	а	От 0,32 до 0,25	-	0,25
	б	0,25 0,20		
	в	0,20 0,16		
10	а	От 0,16 до 0,125	-	
	б	0,125 0,100		
	в	0,100 0,080		
11	а	От 0,08 до 0,063	-	
	б	0,063 0,050		
	в	0,050 0,040		
12	а	От 0,040 до 0,032	-	
	б	0,032 0,025		

	в	0,025 0,020		
13	а б в	-	От 0,100 до 0,080 0,080 0,063 0,063 0,050	0,08
14	а б в	-	От 0,050 до 0,040 0,040 0,032 0,032 0,025	

Для КФ покрытий характерны оптимальные значения шероховатости по Ra в диапазоне 2,5–5,0 мкм (5 класс, ГОСТ 2789-73), способствующие лучшей остеоинтеграции покрытия с костной тканью [35].

2.5 Определение коррозионной стойкости сплава Mg0.8Ca и кальцийфосфатных покрытий на поверхности сплава Mg0.8Ca

Исследование проводили с использованием в качестве среды 3,5% раствора NaCl. Образцы взвешивали, помещали с помощью держателя в пробирку, выдерживали в 3,5% растворе NaCl в течение 3,5 суток. С периодичностью 12 часов образцы извлекали и промывали в дистиллированной воде. Измеряли массу, рассчитывали потерю массы. Результаты оформили в виде графиков зависимости потери массы (%) от времени. Состояние поверхности образцов исследовали с помощью оптического микроскопа.

Оптический микроскоп — прибор для получения увеличенных изображений объектов (или деталей их структуры).



Рисунок 2.8. Оптический микроскоп

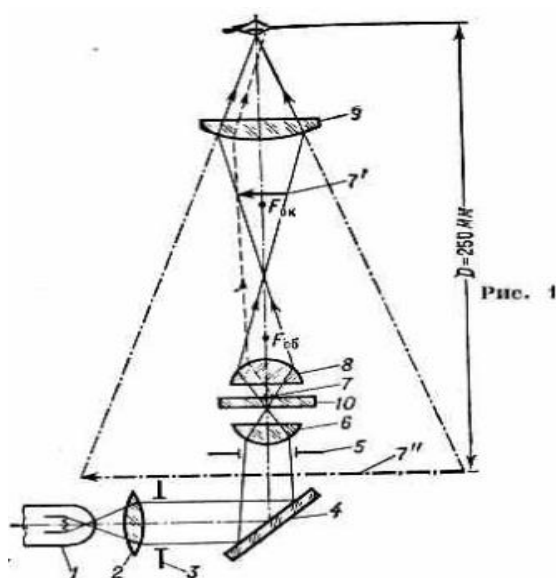


Рисунок 2.9. Оптическая схема микроскопа: 1 - источник света, 2 - коллектор, 3 - диафрагма I, 4 - зеркало, 5 - диафрагма II, 6 - конденсатор, 7 - объект, 8 - объектив, 9 - окуляр, 10 - предметный столик.

Объект, расположенный на предметном столике, освещается обычно искусственным светом от осветителя (лампа и линза-коллектор) с помощью зеркала и конденсора. Для увеличения объекта служат объектив и окуляр. Объектив формирует действительное, перевёрнутое и увеличенное изображение $7'$ объекта 7. Окуляр сформирует вторично увеличенное мнимое изображение $7''$ как правило, в дистанции наилучшего видения $D = 250$ мм.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Перспективность научного исследования определяется не только ни сколько масштабом открытия, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

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

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

К основным сегментам научно-исследовательского проекта можно отнести медицинские и образовательные учреждения, небольшие предприятия производства медицинских приложений. Конечным продуктом, который будет реализован в данных сегментах, являются имплантаты медицинского назначения, а именно травматологические и стоматологические.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурирующих разработок, необходимо проводить систематически, поскольку существующие рынки пребывают в постоянном движении. Данный вид анализа помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам[36].

Данный анализ был проведен с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1 Энергоэффективность	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Уровень материалоемкости разработки	0,18	5	3	3	0,9	0,54	0,54
3. Надежность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Простота эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3. Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,06	5	3	2	0,3	0,18	0,12
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	5	4	0,12	0,15	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	4	0,2	1,16	0,16
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
Итого	1	62	52	46	4,84	3,81	3,44

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных

объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Итогом данного анализа, действительно способным заинтересовать партнеров и инвесторов, может стать выработка конкурентных преимуществ, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством предложения товаров, заметно отличающихся либо высоким уровнем качества при стандартном наборе определяющих его параметров, либо нестандартным набором свойств, интересующих покупателя.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов[37].

В первом этапе описываются сильные и слабые стороны проекта, выявляются возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Соответствия или несоответствия помогут выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа строится интерактивная матрица проекта (таблица 4.1). Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечаем либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (таблица 4.1).

Таблица 4.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Эффективный и удобный способ получения кальцийфосфатных покрытий с хорошими физико-химическими свойствами. С2. Методом МДО можно наносить покрытия на изделиях сложной формы. С3. Отсутствие необходимости специальной предварительной подготовки поверхности (металлического образца). С4. Большие возможности управления структурой и морфологией покрытий. С5. Экологичность технологии	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Требования в биомедицинских исследованиях. Сл2. Широкий спектр разных методов модификации поверхности имплантатов, кроме МДО. Сл3. Недостаток финансовых средств. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.
Возможности: В1. Использование научно-исследовательских		

достижений ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации пролукции		

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	-
	B2	+	+	+	+	+
	B3	0	0	0	0	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4	
	B1	-	0	+	-	
	B2	0	+	+	0	
	B3	+	0	0	0	
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	0	0	0	0	0
Слабые стороны проекта						
Угрозы						

проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	У1	-	+	+	+
	У2	+	-	0	-
	У3	0	-	-	+

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Эффективный и удобный способ получения кальцийфосфатных покрытий с хорошими физико химическими свойствами. С2. Методом МДО можно наносить покрытия на изделиях сложной формы. С3. Отсутствие необходимости специальной предварительной подготовки поверхности (металлического образца). С4. Большие возможности управления структурой и морфологией покрытий. С5. Экологичность технологии	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Требования в биомедицинских исследованиях. Сл2. Широкий спектр разных методов модификации поверхности имплантатов, кроме МДО. Сл3. Недостаток финансовых средств. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
Возможности: В1. Использование научно-исследовательских достижений ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок	При использовании инновационной инфраструктуры ТПУ, упрощаются процессы обработки данных, полученных после проведения экспериментов. Появление спроса на новый продукт может быть увеличен за счет технологичности и экологичности продукта	Большое количество послеэкспериментальных исследований не всегда позволяет произвести весь объем обработки данных. Если использовать инновационную инфраструктуру и необходимые оборудования для проведения испытания опытного образца в ТПУ, то появится возможность

		избавиться от недостатка финансовых средств.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У3. У руководства НИР проблемы с материально-техническим обеспечением	На сегодняшний день существует широкий спектр разных методов модификации поверхности имплантатов, которые широко применяются в других научных организациях, поэтому может возникнуть проблема вывода имплантатов, модифицированных методом МДО, на рынок	Отсутствие спроса на новые технологии, могут ограничить поступление финансовых средств

4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для того, чтобы оценить готовность научной разработки к коммерциализации необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Таблица оценки готовности проекта к коммерциализации приведена в таблице 4.4

Таблица 4.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4

3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	44	47

По итогам таблицы видим, что $B_{\text{сум}}$ равно 44 и 47, что говорит о том, что перспективность разработки знания разработчика выше среднего.

4.3 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания[38].

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. *Торговля патентными лицензиями*, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. *Передача ноу-хау*, т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау.

3. *Инжиниринг* как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает, предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом. Другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика,

усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции[39].

4. *Франчайзинг*, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

5. *Организация собственного предприятия*.

6. *Передача интеллектуальной собственности* в уставной капитал предприятия.

7. *Организация совместного предприятия*, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.

8. *Организация совместных предприятий*, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Перспективность данного научного исследования выше среднего, поэтому не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого не достаточно (пункт 4 – 8 не подходят). Но так как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3): Торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

4.4 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта[40].

Таблица 4.6 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованной стороной проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Лаборатория физики наноструктурных биокomпозитов ИФПМ СО РАН.	Получить биоактивные кальцийфосфатные покрытия и результаты исследований

Таблица 4.7 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Целью является создание методом МДО кальцийфосфатных биопокровтий с повышенными биоактивными свойствами на биорезорбируемом магниевом сплаве, исследования структуры и свойств покровтий в зависимости от параметров процесса МДО.
Ожидаемые результаты проекта:	Получить биоактивные кальцийфосфатные покровтия и результаты исследований
Критерии приемки результата проекта:	Эффективный и удобный метод нанесения покровтий для создания имплантатов с биоактивными свойствами
Требования к результату проекта:	Требование: Биоактивность покровтий -> не отторжение организмом человека

На этапе организационной структуры работы проекта решались следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 4.8)

Таблица 4.8 – Организационная структура проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
	Седельникова М.Б.	Руководитель	Координация	370

	старший научный сотрудник лаборатории физики наноструктурных биокomпозитов ИФПМ СО РАН.	По ВКР (НИР)	деятельности проекта	
	Кошкинбай Ф.К НИ ТПУ, кафедра ЭФ, студентка	Исполнитель	Выполнение НИР	570
ИТОГО:				940

Таблица 4.9 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	171198,792
3.1.1. Источник финансирования	ИФПМ СО РАН»
3.2. Сроки проекта:	01.02.17-31.05.17
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.02.17
3.2.2. Дата завершения проекта	05.06.17

4.5 Планирование управления научно-техническим проектом

4.5.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На таблице 4.10 представлена иерархическая структура по выпускной квалификационной работе.

Таблица 4.10 – Иерархическая структура по ВКР

Выпускнаяквал	1.Разработка ТЗ на ВКР	1.1 Составление и утверждение технического задания
---------------	---------------------------	---

ификационная работа	2. Выбор направления исследований	2.1 Выбор направления исследования и способов; 2.2 Сбор и изучение научно- технической литературы.
	3. Теоретические и экспериментальны е исследования	3.1 Разработка методики экспериментальных исследований; 3.2 Проведение экспериментальных исследований; 3.3 Анализ и обработка полученных данных.
	4. Обобщение и оценка результатов	4.1 Оценка эффективности полученных Результатов; 4.2 Оформление пояснительной; 4.3 Подготовка к защите ВКР.

4.6 Планирования управления научно-техническим проектом

4.6.1 План проекта

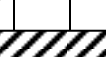
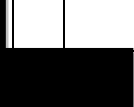
В рамках планирования выпускной квалификационной работы построен календарный график работы (таблице 4.11).

Таблица 4.11 - Календарный план проекта

Код работ ы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Разработка ТЗ на ВКР	1	01.02	01.02	руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	2	02.02	03.02	руководитель
3	Выбор направления исследования и способов решения задач	11	03.02	14.02	исполнитель
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	23	15.02	10.03	исполнитель
5	Теоретические и экспериментальные исследования.	12	11.03	23.03	Исполнитель, руководитель
6	Разработка методики экспериментальных исследований	24	24.03	17.04	Исполнитель, руководитель
7	Проведение экспериментальных исследований	17	18.04	05.05	Исполнитель, руководитель
8	Анализ и обработка полученных результатов	11	06.05	17.05	Исполнитель, руководитель
9	Обобщение и оценка эффективности полученных результатов научно-технической литературы	4	18.05	22.05	Исполнитель, руководитель
10	Оформление пояснительной записки.	6	23.05	29.05	Исполнитель,
11	Подготовка к защите	6	30.05	14.06	Исполнитель
И т о г о:		117	01.02	14.06	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Построен график в виде таблицы 4.11 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. Работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу[41].

Таблица 4.12 - Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ работы (из ИСР)	кал. дн	Испол- нители	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
			Декады													
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	1															
2	2															
3	11															
4	23															
5	12															
6	24															
7	17															
8	11															
9	4															
10	6															
11	6															

 - Исполнитель  - Руководитель

4.7 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых

расходов, необходимых для его выполнения: сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

Таблица 4.13 - Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям					
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
958,5	82857,66	63175,541	5254,431	18952,66	171198,792
1000	90000	70000	10000	20000	191000

Таблица 4.14 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб.
Вода дистиллированная	л.	2	50	100
Электролиты: Фосфат натрия	кг.	0,45	290	130,5
Спирт	л	2	130	260
Лабораторная химическая посуда	мл.	0,08	5000	400
Сплав магния		1	50	50
Всего за сырье и материалы:				940,5
Транспортно-заготовительные расходы (3-5 %)				18
Итого по статье См				958,5

4.7.1 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Таблица 4.15 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, руб.	Норма амортизации, %	Время использования, час	Сумма амортизационных отчислений, руб
Компьютер	20000	-	720	20000
Установка МДО Microarc-3.0	2150000	10	12	430
Ультразвуковая мойка	5990	-	2	5990
Растровый электронный микроскоп	5200000	8,3	32	2300
Просвечивающий электронный микроскоп	45000000	6	36	16200
Профилометр	35000	-	- 5	35000
Дифрактометр ДРОН-7	4700000	7,6	32	1905,06
Итого по статье Са				82857,66

4.7.2 Основная заработная плата

Таблица 4.16 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	117	117
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	38	50
- праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени		
- отпуск	7	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	57	52

Таблица 4.17 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб.дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	15600,32	1,3	20280,416	921,83	57	52544,31
Магистрант	2275			103,40	52	5376,8

4.7.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Таблица 4.18 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	52544,31	5376,8
Дополнительная зарплата	5254,431	-
Итого по статье C _{зп}	57798,741	5376,8

4.7.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.2)$$

где $k_{\text{внеб}} = 30\%$ коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 4.19 - Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Магистрант
Зарплата	52544,31	5376,8
Отчисления на социальные нужды	17339,6223	1613,04

4.7.5 Организационная структура проекта

Таблица 4.20 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

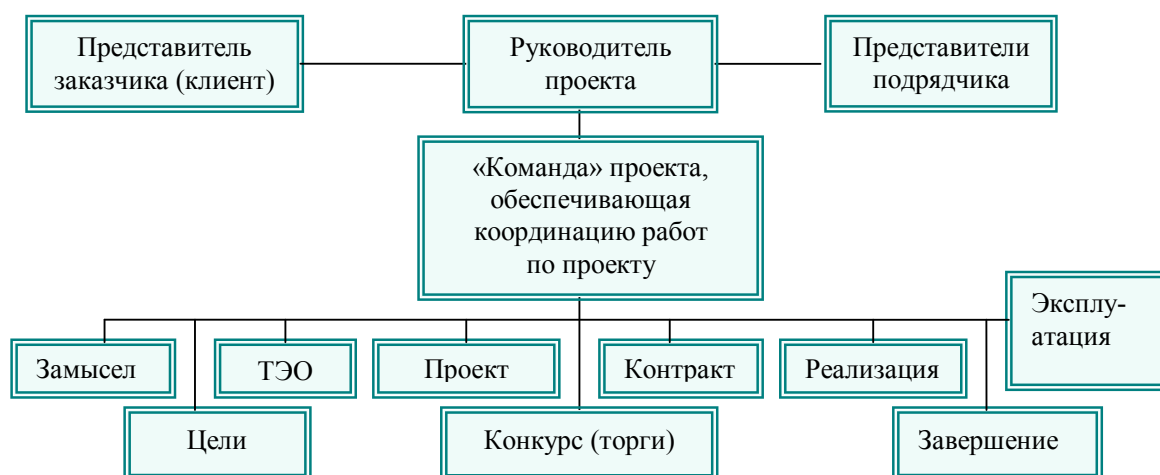


Рисунок 4.1 - Проектная структура проекта

Вывод: на основе проведенного анализа выбора организационной структуры научного проекта, было выявлено, что наиболее выгодной является проектная структура.

4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты[42].

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом

характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

4.8.1 Динамические методы экономической оценки инвестиций

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (**NPV**);
- срок окупаемости (**DP**);
- внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

4.8.2 Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то **NPV** определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0,$$

где $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t=0, 1, 2 \dots n$);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше NPV , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной.

Таблица 4.21 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб	0	213,99 8	213,998	213,998	213,998
2.	Итого приток	0	213,99 8	213,998	213,998	213,998
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	- 171,198	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб С+Ам+ФОТ	0	16,7	16,7	16,7	16,7
4.1	Налогооб прибыль=1-4	0	197,29 8	197,298	197,298	197,298
5.	Налоги	0	39,459	39,459	39,459	39,459

	Выр-опер=донал.приб*20%					
6.	Итого отток Опер.затр+налоги	- 171,198	56,159	56,159	56,159	56,159
7.	Чистый денежный поток ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	- 171,198	115,03 9	115,039	115,039	115,039
8.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=0,20$)	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
9.	Дисконтированный чистый денежный поток ($c7*c8$)	- 171,198	95,827	79,837	66,492	55,448
10.	То же нарастающим итогом (NPV = 126,406)	- 171,198	- 75,371	4,466	70,958	126,406

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 126406 д. ед., что позволяет судить о его эффективности.

4.8.3 Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. табл. 19).

Таблица 4.22 - Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	- 171,198	95,827	79,837	66,492	55,448
2.	То же нарастающим итогом	-171,198	- 75,371	4,466	70,958	126,406
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 + 75,371 / 79,837 = 1,9$ года				

4.8.4 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 20 и графика, представленного на рисунке 2.

Таблица 4.23 - зависимость **NPV** от ставки дисконтирования

№ п/п	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV
1	Чистые денежные потоки	-171,198	115,039	115,039	115,039	115,039	
2	коэффициент дисконтирования						

	i=0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	i=0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	i=0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	i=0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,095	
	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,070	
	i = 0.8	1	0.588	0.308	0.171	0.095	
3	Дисконтирова нный денежный поток						
	i=0,1	-171,198	104,57	95,022	86,39	78,57	193,354
	i=0,2	-171,198	95,82	79,83	66,49	55,44	126,382
	i=0,4	-171,198	82,13	58,66	41,87	29,91	41,372
	i=0,5	-171,198	76,73	51,07	33,93	22,77	13,30
	I=0.6	-171,198	71,99	44,92	28,10	10,94	-15,248

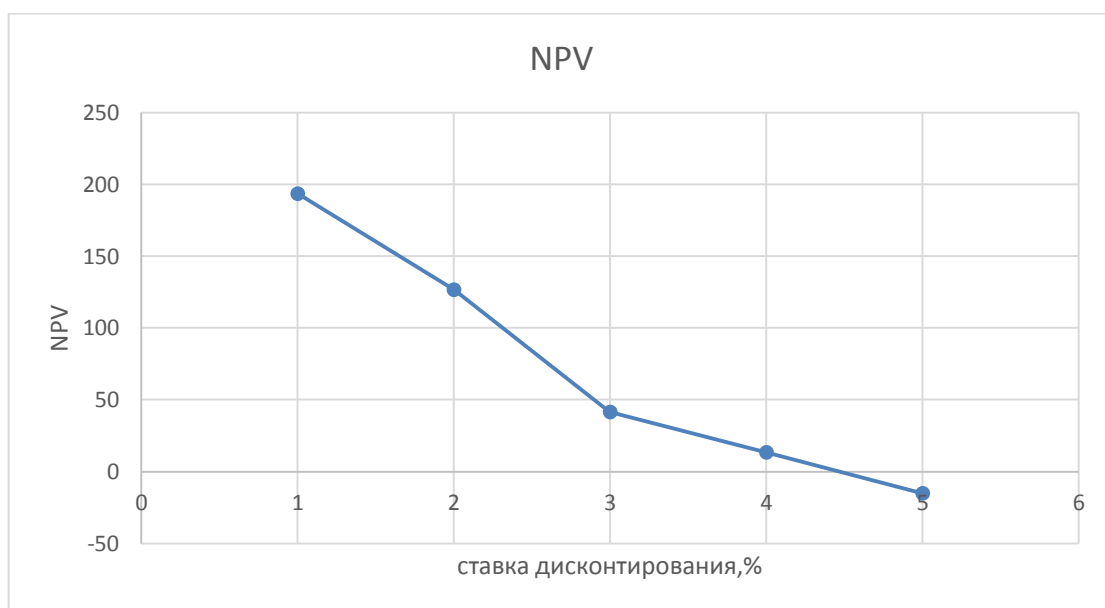


Рисунок 4.2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,50.

4.9 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (4.3)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{95,827 + 79,837 + 66,492 + 55,448}{171,198} = 1,7$$

$PI=1,7>1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,1$; $NPV=126,406$

4.10 Оценка сравнительной эффективности исследования

Таблица 4.24 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
------------------------------	--	--	---------------------------	--------------------------------	------------------------------

1	1500	90053.6	75893.7	22895	190342.3
2	2000	95000	80000	25000	202000

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{171198,792}{202000} = 0,84$$

$$I_{\phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{190342.3}{202000} = 0,94$$

$$I_{\phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{202000}{202000} = 1$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (4.4)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 4.25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4
3. Помехоустойчивость	0,2	4	4	3
4. Энергосбережение	0,2	4	4	3
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	4	3	3
ИТОГО	1	26	23	21

$$I_m^p = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 = 4,3$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 = 3,5$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,3}{0,84} = 5,11$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\phi}^{a1}} = \frac{3,9}{0,94} = 4,14$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^{a2}}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{3,5}{1} = 3,5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^{a1}} = \frac{5,11}{4,14} = 1,23$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^{a2}} = \frac{5,11}{3,5} = 1,46$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{\text{мэ}}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{\text{мэ}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 4.26 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.94	1	0,84
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9	3,5	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	5.11	4.14	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,23	1,46	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения

поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе проведения анализа показателей эффективности инвестиций была получена чистая текущая стоимость (NPV) – 126,406 тыс. руб. Таким образом, данный инвестиционный проект можно считать выгодным, NPV является положительной величиной. Дисконтированный срок окупаемости проекта ($PP_{дск}$) составляет 1,9 года. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 0,50, что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным, так как выполняется условие неравенства $IRR > i$. Индекс доходности (PI) – 1,7 и, основываясь на том, что данная величина превышает единицу, можно утверждать, что данная инвестиция приемлема [43.]

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

В настоящее время одним из главных направлений улучшения профилактической работы по снижению профессиональной заболеваемости и производственного травматизма является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе опасных и вредных факторов.

Опасным производственным фактором, называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы проводился эксперимент по получению экспериментальных образцов с кальцийфосфатными покрытиями с помощью метода микродугового оксидирования на установке «MicroArc-3.0», управляемой с помощью ЭВМ.

5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические [44].

На инженера, при работе на ПЭВМ и установке, воздействуют следующие факторы:

физические:

- температура и влажность воздуха;
- шум;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой частоты;
- освещённость;
- наличие излучения;

психофизиологические

химические вредные вещества.

В таблице 5.1 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 5.1–Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на установке «MicroArc-3.0»,		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность

обработка данных на ПЭВМ		Возникновение пожара и взрыва	ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и т.д.)		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	Шум		ГОСТ 12.1.003-8. Шум.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

5.3 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на установке «MicroArc-3.0» и ПЭВМ

5.3.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы

квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием[45].

5.3.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рисунке 5.1.

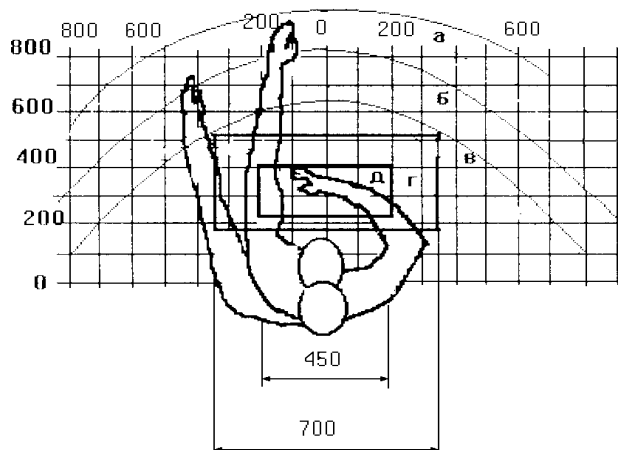


Рисунок 5.1 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

(а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное

пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.)

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура - в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а (справа); документация : в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) - литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола - литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680 - 800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглаблённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;

- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.4 Условия безопасной работы.

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Микроклимат — комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека. К микроклиматическим показателям относятся температура, влажность и скорость движения воздуха, температура поверхностей ограждающих конструкций, предметов, оборудования, а также некоторые их производные.

Неблагоприятные условия могут вызывать перенапряжение механизма терморегуляции, что ведет к перегреву или переохлаждению

организма. Высокая температура приводит к быстрой утомляемости работника, может привести к перегреву организма, тепловому удару. А низкая температура может вызвать местное или общее охлаждение организма, и привести к простудному заболеванию либо обморожению. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

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 – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери, а также посредством вытяжной системы. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

В дополнение к общим защитным средствам применяются индивидуальные средства защиты. При работе с электролитами необходимо пользоваться спецодеждой – перчатки, халаты, фартуки и так и далее. Попадание электролита на кожные покровы предотвращает защитный экран установки. Дыхательные органы защищают изолирующими и фильтрующими приборами (ватно-марлевые повязки, респираторы, противогазы).

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры

микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения [46]. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Iб (140-174)	Температура воздуха в помещении Относительная влажность Скорость движения воздуха	21-23°C 40-60% до 0,1м/с
Теплый	Iб (140-174)	Температура воздуха в помещении Относительная влажность Скорость движения воздуха	22-24°C 40-60% 0,1-0,2м/с

Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров. При этом основным вредным фактором для инженера-исследователя является электромагнитное излучение, которое влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также может вызвать ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 5.3. Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах.

Наименование параметров	ВДУ

Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в таблице 5.3. Для того, чтобы снизить вредное влияние электромагнитного излучения при работе с ПК необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования:

1. Продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя не должна превышать 2 ч, ребенка – 10 - 20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных и их считывание. Санитарными нормами предусматриваются обязательные перерывы в работе на ПК, во время которых рекомендуется делать простейшие упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

2. Рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 60÷70 см, но не ближе 50 см

3. Для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные экраны из металлической сетки и металлических прутков в виде навесов, козырьков, и допустимая величина защитного сопротивления заземления экранирующих устройств не должна быть более 4 Ом.

Кроме этих, к средствам индивидуальной защиты (СИЗ) от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят защитные халаты, комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты.

Шум – совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятный воспринимаемый звук [47].

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. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация.

Основными источниками шума при выполнении исследовательской работы в помещении являются принтер, компьютер, вентиляторы системы охлаждения, шлифовально-полировальный станок Saphir 520.

Уровень шума на рабочем месте инженеров, работающих с компьютером не должен превышать 50 дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах – 65 дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях

вычислительных центров (ВЦ) может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы [48].

Важное место в комплексе мероприятий по созданию условий труда, работающих с ПЭВМ, занимает создание оптимальной световой среды, т.е. рациональная организация естественного и искусственного освещения помещения и рабочих мест.

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры:

- при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная – 750лк; аналогичные;
- при выполнении работ средней точности – 200 и 300лк соответственно.

Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

5.5 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и установкой 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. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Действие электрического тока на организм человека представляет комплекс сложных физических и биофизических процессов. Можно выделить четыре основных вида действия электрического тока на организм человека: термическое, электролитическое, биологическое и механическое. Термическое действие проявляется в ожогах участков тела, в нагреве кровеносных сосудов, внутренних органов, что вызывает в них серьёзные функциональные расстройства. Электролитическое действие заключается в разложении на компоненты крови, лимфы и других биологических жидкостей, что нарушает их физико-химический состав и нормальное функционирование. Биологическое действие проявляется в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, в раздражении и возбуждении живых тканей, что может сопровождаться судорожными сокращениями мышц, нарушением и даже прекращением деятельности жизненно важных систем и органов, в том числе сердца и лёгких. Механическое действие может выражаться в виде разрывов, расслоений и других подобных повреждений тканей (мышц, внутренних органов, кровеносных сосудов, нервных путей). Многообразие действий тока на организм нередко приводит

к различным электротравмам, которые можно условно разделить на местные и общие.

Местные электротравмы – это ярко выраженные нарушения целостности тканей организма. Обычно это поражение кожи, реже – других мягких тканей, а также связок и костей. Электрические ожоги делятся на токовые, возникающие при прохождении тока непосредственно через тело человека, и дуговые, обусловленные тепловым воздействием на тело электрической дуги. Металлизация кожи – это проникновение в верхние слои кожи паров и мельчайших частиц расплавленного металла от электрической дуги. Электроофтальмия – это воспаление наружных оболочек глаз под действием мощного потока ультрафиолетовых лучей, которые энергично поглощаются клетками организма и вызывают в них химические изменения.

Механические электротравмы возникают в результате резких судорожных сокращений мышц непосредственно под действием протекающего по ним электрического тока. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей.

Электрический шок – это своеобразная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ. При шоке вначале наступает кратковременная фаза возбуждения, когда пострадавший реагирует на возникшие боли, у него повышается кровяное давление. Вслед за этим наступает фаза торможения и истощения нервной системы, когда резко снижается кровяное давление, падает и учащается пульс, ослабевает дыхание, возникает депрессия - угнетённое состояние и полная безучастность к окружающему при сохранившемся сознании. Шоковое состояние может продолжаться от нескольких минут до нескольких суток. После этого может наступить или выздоровление как результат своевременного активного лечебного вмешательства, или гибель в результате полного угасания жизненно важных функций организма.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов;
- указывающих место работы;
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод, покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей).

5.6 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий .

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации (план эвакуации показаны в рисунке 5.2).

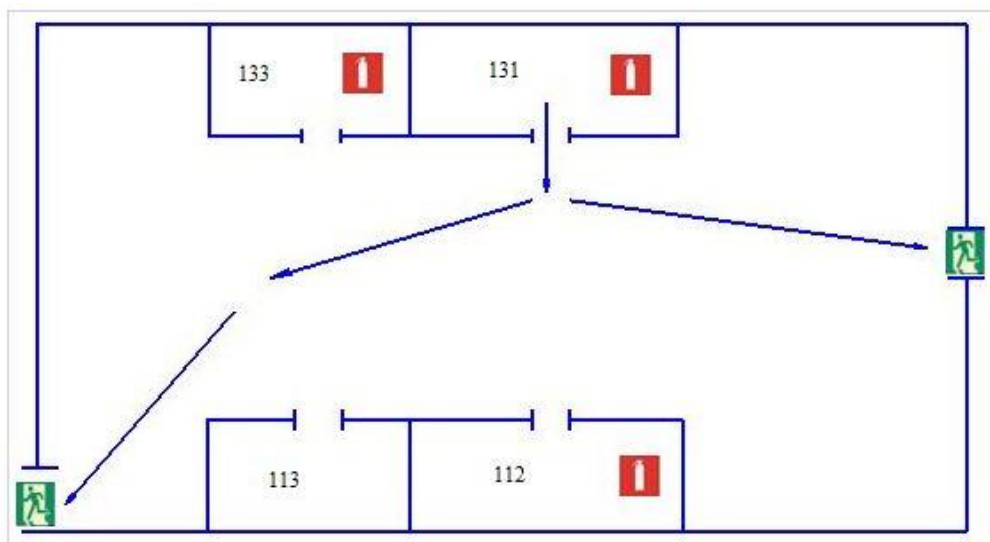


Рисунок 5.2 План эвакуации из рабочего помещения

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

-исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);

-применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;

-правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);

-правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);

-обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;

-издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;

-соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;

-правильное размещение оборудования;

-своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

Сообщить руководству (дежурному).

Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112.

Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения магистерской работы были сформированы биопокрyтия на поверхности биорезорбируемого сплава $Mg_{0.8}Ca$ методом МДО. Разработаны режимы процесса МДО и состав электролита. Установлено, что параметры процесса МДО, напряжение и длительность процесса оказывают существенное влияние на свойства покрытий. При повышении напряжения процесса МДО в диапазоне 350-450 В наблюдается увеличение массы, толщины и шероховатости по линейному закону. Для всех значений напряжений при длительности процесса МДО, равной 10 мин получаемые покрытия характеризуются более высокими значениями массы, толщины и шероховатости, чем при длительности процесса 5 мин.

Морфология поверхности покрытий имеет однородную структуру. В покрытиях наблюдаются частицы β -ТКФ изометричной формы, размером 1,5 - 2 мкм.

Коррозионная стойкость образцов магниевого сплава с покрытием выше, чем образцов без покрытия. Таким образом, можно утверждать, что покрытия выполняют защитную функцию.

Фазовый состав покрытий представлен рентгеноаморфной фазой, оксидом магния и β -ТКФ. Присутствующие в составе покрытия частицы β -ТКФ способствуют повышению биологической активности и активизируют процессы остеointеграции.

Список литературы:

1. Электронный источник: <http://vmede.org> Биосовместимость стоматологических материалов и методы ее оценки
2. Шаркеев Ю.П., Псахье С.Г. и др. Биоккомпозиты на основе кальцийфосфатных покрытий, наноструктурных и ультрамелкозернистых биоинертных металлов, их биосовместимость и биodeградация / отв. ред. Н.З. Ляхов. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 596 с.
3. Д.Н. Данильченко Структура и свойства апатитов кальция с точки зрения биоминералогии и биоматериаловедения // Вісник СумДУ. Серія Фізика, математика, механіка 2007. № 2. С.27
4. В.И.Путляев, т.В. Сафранова. Новое поколение кальций фосфатных биоматериалов: роль фазового и химического составов. МГУ им М.В Ломоносова//Стекло и керамика.- 2006. -№3. -с.33.
5. Карлов А.В., Шахов В.П.. Системы внешней фиксации и регуляторные механизмы оптимальной биомеханики. – Томск: STT, 2001. – 480 с.
6. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция/ С.М. Баринов, В.С. Комлев; [отв. ред. К.А. Солнцев]; Институт физико-химических проблем керамических материалов. – М.: Наука, 2005. – 204с.
7. Лясникова А.В. Воложин Г.А. Повышение остеоинтегративных свойств дентальных имплантатов путем электроплазменного напыления биоккомпозиционных покрытий на основе β -трикальцийфосфата. г. Москва Том 8. Стоматология, июнь 2007. -стр 11.
8. Lee K-Y., Park M., Kim H-M., Lim Y-J., Chun H-J., Kim H., Moon S-H. Ceramic bioactivity: progresses, challenges and perspectives // Biomedical Materials. 2006. V.1. №. 2. P. 31–37.

9. Hijo'n N., Manzano M., Salinas A.J., Vallet-Regi M. Bioactive CaO-SiO₂-PDMS coatings on Ti6Al4V substrates // Chemistry Of Materials. 2005. V. 17. №. 6. P. 1591–1596.
10. Легостаева Е.В., Шаркеев Ю.П. Гнеденков С.В., Комарова Е.Г., Егоркин В.С., Синебрюхов С.Л., Лямина Г.В., Хлусов И.А. Микродуговые кальцийфосфатные покрытия на поверхности наноструктурированного титана: морфология, физико-механические и электрохимические свойства // Материаловедение. – 2013. – №4. – С.48-56.
11. Васин С. Л., Немец Е. А. и др. Биосовместимость / под ред. И. В. Севастьянова. М.:Тровант, 1999. С. 368
12. Иголкин А. И. Титан в медицине // Титан 1993. № 1. С. 86.
13. Б.В.Шандров, Е.М.Морозов, А.В.Жуковский Основы технологии микродугового оксидирования: Учебное пособие. - М.: "ИД Альянс", 2008 - 80с.
14. Ki Ryong Shina, Young Gun Kob, Dong Hyuk Shina, Effect of electrolyte on surface properties of pure titanium coated by plasma electrolytic oxidation, Journal of Alloys and Compounds, 17 February, 2011 – p.478-481
15. Kulsreshath M.K., Schwaederle L., Overzet L.J., Study of dc micro-discharge arrays made in silicon using CMOS compatible technology 2012 J. Phys. D: Appl. Phys. 28 June 2012 – p.282-286
16. Rakoch A. G., Khokhlov V. V., Bautin V. A., Lebedeva N. A., Magurova Yu. V., Bardin I. Model Concepts on the Mechanism of Microarc Oxidation of Metal Materials and the Control over This Process July 16, 2005.
17. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) /– М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 368 с.
18. Городецкий В.В. Препараты магния в медицинской практике. Малая энциклопедия магния/ В.В. Городецкий, О.Б. Талибов. – М.: Медпрактика, 2003. – 44 с.

19. Дроздов А.А. Неорганическая химия/ А.А. Дроздов, М.В. Дроздова. – М., 2008. – С. 25–36.
20. Сомов А.А. Остеосинтез рассасывающимся металлом/ А.А. Сомов// Хирургия. – 1956. – №1. – С. 36–42. Шенгюль Х. Экспериментальное обоснование применения растворимых стентов в лечении окклюзирующих заболеваний сосудов: 2009. – 18 с.
21. Троицкий В.В. Рассасывающийся металлический сплав «Остеосинтезит» как материал для скрепления кости при переломах/ В.В. Троицкий, Д.Н. Цитрин// Хирургия. – 1944. – №4. – С. 41–44
22. Шенгюль Х. Экспериментальное обоснование применения растворимых стентов в лечении окклюзирующих заболеваний сосудов/– К., 2009. – 18 с
23. Школьников М.А. Метаболизм магния и терапевтическое значение его препаратов/ М.А. Школьников. – М.: Мед-практика, 2002. – 28 с.
24. Witte F. The history of biodegradable magnesium implants: A review / F. Witte // Acta Biomaterialia. – 2010. – Vol. 6. – P. 1680–1692.
25. Magnesium Alloys as Promising Degradable Implant Materials in Orthopaedic Research, Magnesium Alloys - Corrosion and Surface Treatments, Frank Czerwinski (Ed.), ISBN: 978-953-307-972-1, InTech, DOI: 10.5772/14143. <http://www.intechopen.com/>.
26. Электронный источник: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82>
27. Электронный источник: <http://www.rusmedserv.com/dentalimplants/types/screw/>
28. Электронный источник: http://www.rusmedserv.com/dentalimplants/types/plate_implant
29. Электронный источник: <http://mikrobiki.ru/nauka/mikroskopy/rastrovyyi-elektronnyi-mikroskop.html> Растровой электронной микроскопии (РЭМ)

30. Ю.П. Солнцев, В.Ю. Пирайнен, С.А.С Вологжанина. Материаловедение специальных отраслей машиностроения. Санкт - Петербург. 2007
31. О.С. Уэллс, Сканирующей Электронной Микроскопии, Макгро - Хилл, Нью-Йорк. 1974
32. Л.И. Миркин. Рентгеноструктурный анализ. Справочное руководство. Получение и измерение, рентгенограмм. - М. 1976.
33. А.И. Китайгородский. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. - М. 1952
34. Кульков С.Н, Буякова С.П. Современные методы анализа в материаловедении: учебное пособие / Томский политехнический университет. - Томск: Изд - во Томского политехнического университета, 2011. - 16с.
35. Карлов А.В., Шахов В.П.. Системы внешней фиксации и регуляторные механизмы оптимальной биомеханики. – Томск: STT, 2001. – 480 с.
36. Экономика промышленности: учеб. пособие для вузов / под ред. А.М. Барановского, Н.Н. Кожевникова, Н.В. Пирадовой. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 345 с.
37. Волков О.И. Экономика предприятия. – М.: Инфра, 2013. – 690 с.
38. Горфинкель В.Я. и Швандер В.А. Экономика предприятия. – М.: ЮНИТИ, 2007. – 670 с.
39. Грузинов В.П. Экономика предприятия: учебник. – М.: Банки и биржи, 2005. – 336 с.
40. Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия: Учебник. – М.: Инфра-М., 2008. – 491 с.
41. Ильин А.И. Планирование на предприятии. – Мн.: Новое знание, 2010. – 700 с.
42. Лапуста М.Г., Мазурина Т.Ю., Скамай Л.Г. Финансы организаций (предприятий) М.: Инфра-М, 2008. – 575 с.

43. Экономика и управление производством. Часть 3. Издержки предприятия. Себестоимость. Эффективность производства: метод. указ. к контрольной работе для студентов, обучающихся по хим. спец. ИДО / сост. Т.Г. Рыжакина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 16 с.
44. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
45. ГОСТ 12.3.002-75. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
46. ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
47. Безопасность жизнедеятельности: Учебник/Под ред. проф. Э.А. Арустамова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2006.
48. Безопасность жизнедеятельности. /Под ред. Н.А. Белова - М.: Знание, 2000 - 364с.

Приложение А

Раздел 1

ПОЛУЧЕНИЕ КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ БИОПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ MG0.8CA МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОДМ51	Кошкинбай Ф.К		

Консультант кафедры ВЭПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Блейхер Г.А	д.ф.м.н		

Консультант-лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зяблова Н.Н.	канд.филол.наук.		

2 Coating method MDO, research methods of coatings

2.1. The installation MDO

MDO was performed using the MicroArc-3.0. This setting (Fig.2.1) consists of a switching power supply, electroplating refrigerated bath, set of electrodes and software for management and control of the electrophysical parameters of the application, and a digital oscilloscope, allowing to obtain the kinetic dependencies in the process. This setting allows you to operate in anodic and cathodic modes, and also to vary the oxidation parameters in wide ranges.

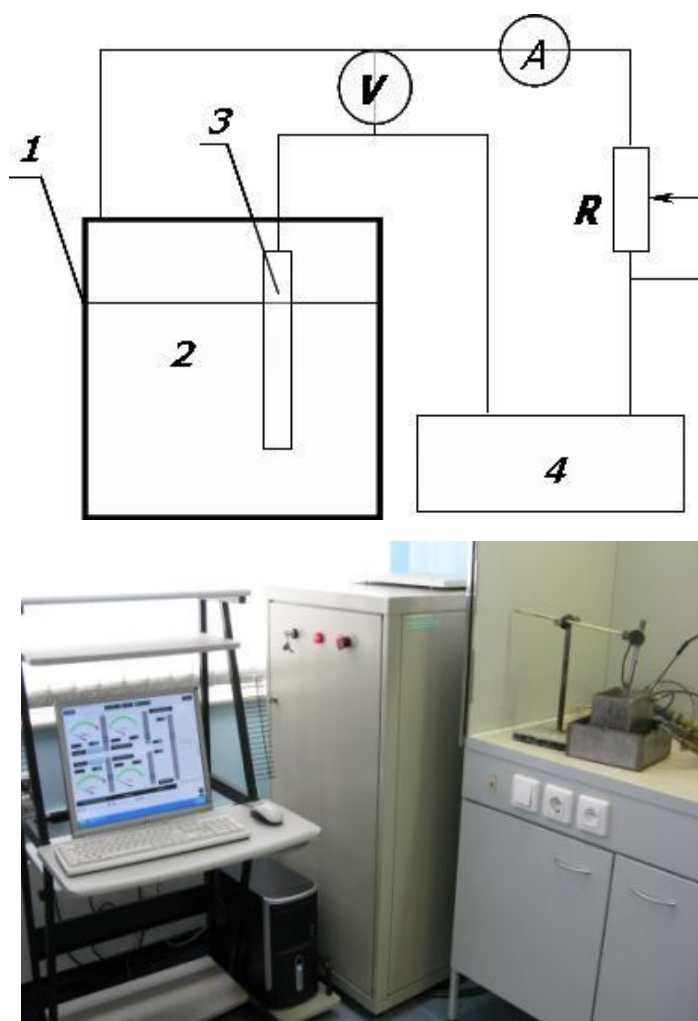


Fig 2.1 Experimental setup of micro-arc oxidation MicroArc-3.0. a) installation Diagram: 1 – bath – cathode, 2 – electrolyte (electrolyte composition $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}(\text{OH}) + \text{NaF}$), 3 – sample – anode, 4 – the switching power supply, b) installation photos

2.1.2 Selection of the mode and parameters of the MAO process

The coating was produced in the anodic potentiostatic mode. The MDO method parameters were varied within the following limits: the duration of the pulse is 100-500 μ s, the pulse repetition frequency is 50-100 Hz, the initial current density to 0.13-0.5 A/cm², the processing time is 5 - 10 min, electric voltage 350 - 500V.

2.1.3 Development of the composition of the electrolyte

For the production of coatings, an electrolyte-suspension of an alkaline composition. In the composition of the electrolyte was injected Na₂HPO₄ *12H₂O (30-40 wt.%), Ca(OH)₂ (1-1,5 wt.%), Na(OH) (5-10 wt.%), NaF(3-5 wt.%). As a dispersed component in the electrolyte carrier beta - tricalcium phosphate β Ca₃(PO₄)₂ (30-60 wt.%) with the aim of obtaining bioresorbable calcium-phosphate coatings.

2.1.4 Preparation sample Mg alloy coating method MDO

Preparation of samples for the coating include mechanical treatment (grinding) with sandpaper number 120, 480, 600 and 1200, a degreasing surfactant solution after machining, cleaning with alcohol in an ultrasonic wash for 5 min at 50°C, washing in distilled water for 5-10 min and drying in a drying cabinet for 30 min at a temperature of 150 °C.

2.2 Study of the surface morphology and chemical composition of the coatings by scanning electron microscopy (SEM)

Scanning electron microscope (SEM or SEM - scanning electron microscope) is one of the most versatile devices used for research and analysis of the morphology of microstructures and the study of the chemical composition of

materials. To understand the basics of electron microscopy it is necessary to know the main principles of light optics. To the naked human eye can distinguish objects with angular sizes up to $1/60$ of a degree that corresponds to the resolution of about 0.1 mm (the optimum distance for observation of 25 cm). The resolution limit of the optical microscope, by increasing the angular aperture by means of optical lenses, is about 2000 Å. Light microscopy continues to play an important role in scientific research. Since then, as in the experiments conducted in the 90 - ies [29], it was discovered that the electrons are deflected in magnetic fields, were developed the principles of electron microscopy in which the light source was replaced by a beam of high energy electrons.[29] The surface morphology of the coatings examined in an electron microscope the scanning electron microscopy (SEM). When the interaction of electrons with matter, as shown in the figure, there is a lot of secondary radiation. The incident electron beam can be absorbed, elastically scattered, can pass through a substance, having the diffraction, to excite x-ray radiation, to cause the appearance of low-energy secondary and auger electrons.

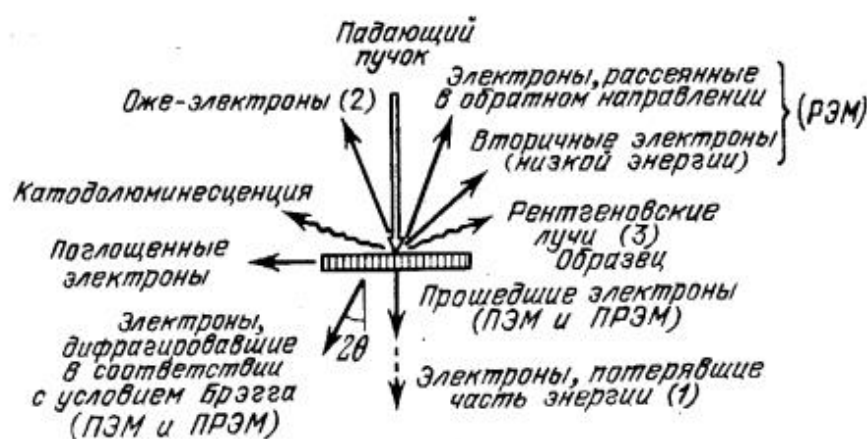


Fig 2.2. The emerging radiation in the interaction of the primary electron beam with matter

Arising from the interaction of sample material with the incident primary electron beam energy spectrum of the electrons is depicted in figure 2.2. We emphasize here the most, so called, secondary electrons the energy of which is not too big, does not exceed 50...100 eV. Interest in them is due to this that their

number is due to the surface topography.[30] The electrons of the probe, assuming the element, feel the loss of energy in braking and scattering, awakening grid the atoms and their electrons. The excited electrons obtained sufficient energy to exit the substance of the object, and leave it unable to be captured by a detector, secondary electrons which are converted on the output of this detector into an electrical signal.[30]

While moving the probe on the surface of the object, the signal changes from point to point is due to the change of the angle θ between the direction of incidence of the probe and the normal (perpendicular) to the surface of the object at the point of incidence. The current of secondary electrons (the number) is expressed as follows:

$$J = k \sec \theta, \quad (2.1)$$

and change it to:

$$J = k \sec \theta \, \text{tg} \theta d\theta \quad (2.2)$$

As a measure of image contrast it is possible to take two adjacent micro-area of the object, the normals to which are inclined to each other at an angle:

$$dJ/J = \text{tg} \theta d\theta \quad (2.2).$$

The formation of this contrast is explained that the presence of the angles change from point to point changes the distance of the yield of secondary electrons to the surface, and thus, the number of released electrons.



Figure 2.3. The energy spectrum of electrons

The working principle of SEM is based on the movement of a thin infinite beam (probe) along the surface of the sample along closely spaced to each other lines.

The purchase method of drawing the secondary electrons in the SEM is considered to be more famous . The process of forming the image in a raster microscope is similar to the process of forming the optical image, visible in the optical microscope. This leads to the similarity in appearance to images obtained in SEM, and the optical microscope. It should be noted that the light rays that create the image are propagated in straight lines, while the secondary electrons can reach the detector along the curved trajectories. In a similar way, to form the image in SEM is important, not the path of the electrons to the detector, and only the number of electrons reaching the detector from a given point of the object.

Schematic diagram of the microscope shown in Fig. 2.3 and 2.4. The electron beam produced by the cathode, an electronic lens in slim electronic probe that the object is deployed to a raster using the raster coils.

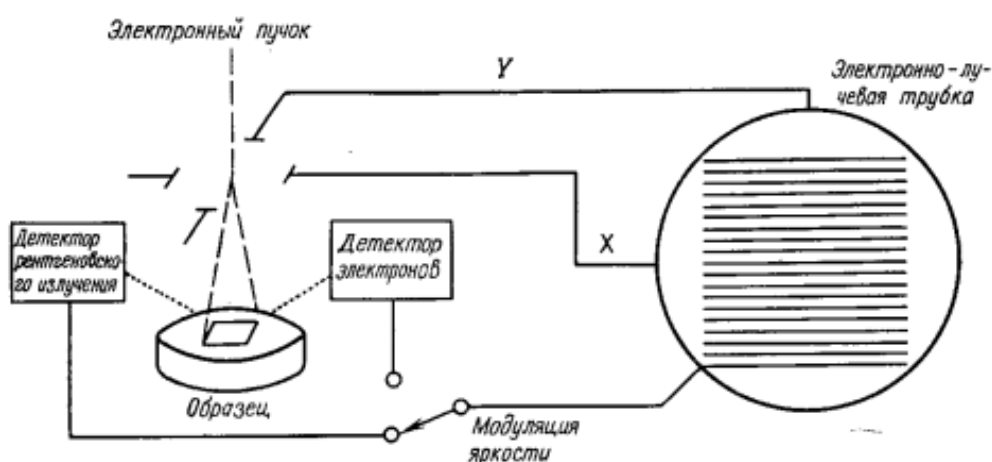


Fig. 2.4. Schematic diagram of the raster microscope

The signal of the secondary electrons emerging from the sample because of the impact of the primary beam, is detected by the detector and is fed to the amplifier. From the output of the amplifier it is fed to the modulator cathode - ray tube and controls the brightness of the spot on her screen. The deviation of the

electronic probe and the object beam on the screen is from a single generator. In this way, the displacement of the probe on the object corresponding to the movement of the beam across the screen, as well as the number of electrons collected by the detector, changes the brightness of the spot on the screen of the CRT, forming an image of the surface of the object.

Image magnification equal to the ratio of the linear dimensions of the rasters on the screen and the object and can be changed in wide limits by changing the current in the raster coils deflecting the electron beam. Almost, as in other optical and electro - optical devices, useful magnification is limited to allowing the possibility of the device.

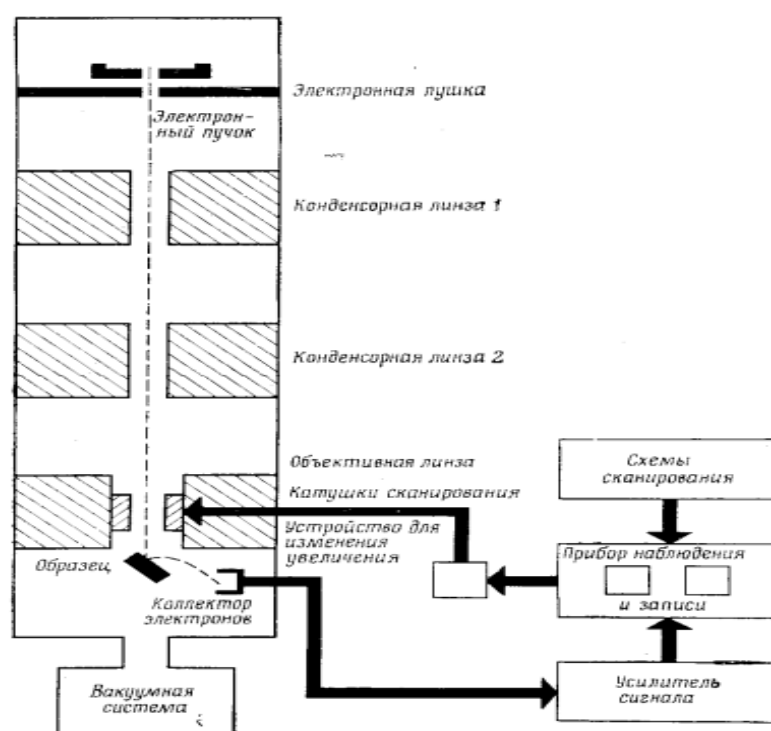


Fig. 2.5. Diagram of a raster microscope

2.3 Determination of the phase composition of the coatings by x-ray diffraction analysis (XRD)

X-ray analysis - this method of study structure of matter distribution in space and the intensity of scattered on the analyzed radiation. X-ray structural analysis

along with neutron diffraction and electron diffraction diffraction is considered to be a structural way. At its core is the interaction of x-ray radiation with the electrons of the element, in which appears the x-ray diffraction[14].

X-ray diffraction - the scattering of x-rays by crystals (or molecules of liquids and gases), where the initial beam of rays are rejected by the secondary beams of the same wavelength, resulting from the interaction of primary x-rays with electrons of the element; the direction and intensity of the secondary beams is dependent with the construction of the scattering object.

With the aim of establishing the circumstances of the registration and diffraction radiation target x-ray camera and x-ray diffractometer [26].

X-ray diffractometer is a device for measuring the intensity and direction of x-rays diffracted on the crystal object. X-ray diffractometer used for the purpose of resolution of various problems of x-ray structural analysis. It allows you to determine the intensity diffracted in a predetermined direction of radiation with an accuracy of 10th of a percent and the angles of diffraction with a precision of 10's share of the minutes.



Fig.2.6. X-ray diffractometer

Diffuse x-ray emission in them is recorded on film or measure nuclear radiation detectors. Depending on the condition of the test sample and its

properties, and also with the nature and volume of data that must be purchased, use a variety of methods for x-ray structural analysis. The single crystals selected for the purpose of studying the atomic structure must have a scale of $\sim 0,1$ mm and according to their ability to possess perfect structure.

Bragg — Wolf condition, characterizing the interference maxima of x-rays scattered by the crystal without changing the wavelength. It was noted in 1913 independently from each other by the English scientist W. L. Bragg and by the Russian scientist G. V. Wolfe later time after the disclosure of the German scientist M. Laue and his team of x-ray diffraction [11].

In accordance with the theory of Bragg — Wolfe, the highs appear displaying the presence of x-rays from parallel crystal planes, if the rays reflected in various planes of this system, have a path difference equal to an integer number of wavelengths. Requirement Brega-Wolfe can be written in the following form: $2d\sin\vartheta = \lambda m$.

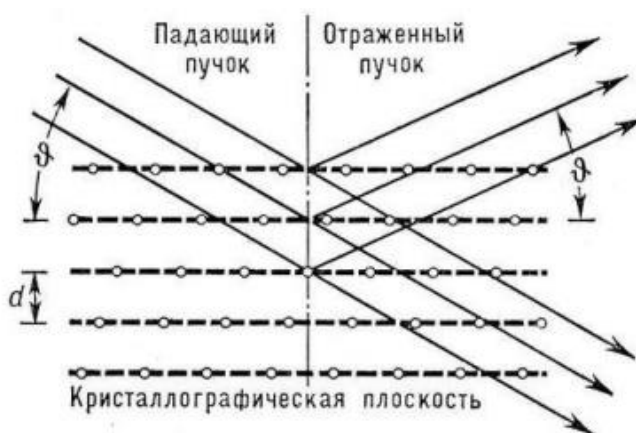


Fig 2.7. The condition Is Bragg-Wolfe

A radiation source for x-ray camera is the x-ray tube.

2.4 Determination of thickness, mass, roughness of coatings

Thickness of coatings was measured with a micrometer MK-25. The mass of coating was determined as the difference of the masses of the sample before coating and after coating.

The condition of the surface layer is characterized by the presence of roughness and topography (which is formed as a result of various causes and has various functional value) .

Numerous studies have found that the surface of the endosseous implant must be roughened or microporous. The roughness creates a strong bond between the bone tissue and the implant, preventing rejection. Studies have shown that implants with a rough surface are better connected to the bone and less susceptible to the harmful influence of the forces operating on them .

The surface roughness was investigated with respect to the parameter R_a , which was defined as the average roughness result within several lengths of the measurement sites (GOST 2789-73) at the profilometer-296 (Institute of SB RAS, Tomsk). The length L of the trace for roughness estimation was 6 mm, the speed Measurement of parameters 0,5 mm / s. On each of the samples an independent calculation of the roughness parameters was carried out for three measurements at different sites, and then averaging of the measurement results was carried out.

The parameter R_a is widely recognized and most often used in various countries as a roughness characteristic. Usually this parameter is defined as the average result within several lengths of the measurement sites " L ". The parameter R_z is numerically equal to the difference between the average heights between the five highest protrusions and the five deepest depressions within the estimated length of the measurement site, this parameter being determined within only one length of the measurement site. R_{max} is the maximum height measured from the bottom protrusion to the valley on the profile within the measurement area L (Figure 2.8) [27].

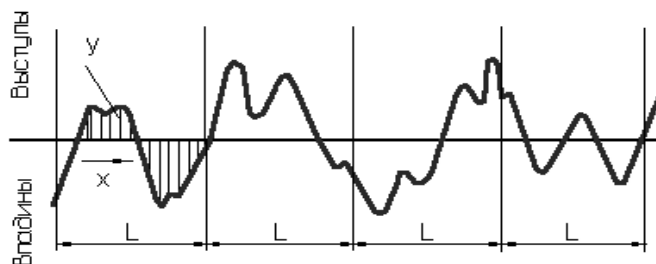


Fig. 2.8. The image of the real surface roughness profile.

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^l |y(x)| dx \quad (2.3)$$

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 (H_{i\max}) - \sum_{i=1}^5 (H_{i\min}) \right) \quad (2.3)$$

$H_{i\max}$ and $H_{i\min}$ - the distance to the specified points of the profile of a straight line parallel to the midline and not crossing the profile.

Table 2.1 Shows the parameters of roughness.

Table 2.1 – Parameters of roughness

Classes of roughness surfaces	Discharges	Roughness parameters, mkm		Base length l, mm
		Ra	Rz	
1	-		320 to 160	8.0
2	-		160 to 80	
3	-		80 to 40	
4	-		40 to 20	2.5
5	-		20 to 10	
6	a	2,5 to 2,0	-	
	b	2,0 1,6		
	d	1,6 1,25		
7	a	1,25 to 1,0	-	
	b	1,00 0,80		
	d	0,80 0,63		
8	a	0,63 to 0,50	-	
	b	0,50 0,40		
	d	0,40 0,32		
9	a	0,32 to 0,25	-	0,25
	b	0,25 0,20		
	d	0,20 0,16		
10	a	0,16 to 0,125	-	
	b	0,125 0,100		
	d	0,100 0,080		
11	a	0,08 to 0,063	-	
	b	0,063 0,050		

	d	0,050 0,040		
12	a	0,040 to 0,032	-	
	b	0,032 0,025		
	d	0,025 0,020		
13	a	-	0,100 to 0,080	0,08
	b		0,080 0,063	
	d		0,063 0,050	
14	a	-	0,050 to 0,040	
	b		0,040 0,032	
	d		0,032 0,025	

For CF coatings, optimum roughness values for Ra in the range 2.5-5.0 μm (Grade 5, GOST 2789-73) are characteristic, which promote better osseointegration of the coating with bone tissue [8].

2.5 Study of the corrosion resistance of Mg0.8Ca alloy and calcium phosphate coatings on the surface of Mg0.8Ca alloy

The study was carried out using 3.5% NaCl as the medium. A 3.5% NaCl solution was prepared. Samples were weighed, samples were placed by means of a holder into a test tube. The sample was retained in a 3.5% NaCl solution for 3.5 days. With a periodicity of 12 hours, the samples were removed and washed in distilled water. The mass was measured, and the loss of mass was calculated. The results were plotted in the form of plots of mass loss (%) versus time. The surface condition of the samples was examined with an optical microscope.

Optical microscope - an instrument for obtaining enlarged images of objects (or details of their structure).



Fig. 2.9. Optical microscope

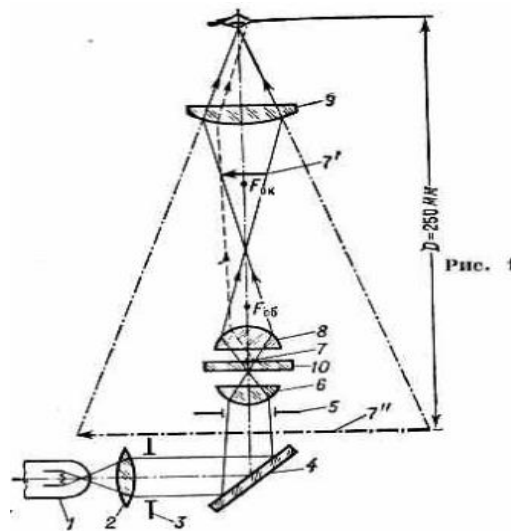


Fig. 2.10. Optical scheme of the microscope: 1 - light source, 2 - collector, 3 - diaphragm I, 4 - mirror, 5 - diaphragm II, 6 - capacitor, 7 - object, 8 - lens, 9 - eyepiece, 10 - stage.

The object located on the stage is usually illuminated by an artificial light from an illuminator (a lamp and a collector lens) using a mirror and a condenser. To enlarge the object, use the lens and eyepiece. The lens forms a real inverted and enlarged image 7' of the object 7. The eyepiece will form a second magnified imaginary image of 7'' as a rule in the best viewing distance $D = 250 \text{ mm}$. If the eyepiece is translated in this way, in order for the image 7' to be the front focus of the eyepiece F_{ok} , in this case, the image provided by the eyepiece becomes valid and can be purchased on a screen or film.