

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование свойств скэффолдов титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных методом электронно-лучевого плавления и функционализированных кальций-карбонатными микрокапсулами

УДК 539.124.16:539.124.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Янь Сыцзинь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сурменев Роман Анатольевич	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселева Елена Станиславовна	к.ф.-м.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ирина Леонидовна Мезенцева	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения по программе

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

<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р6	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	Требования ФГОС3+ (ПК-1, ПК-2)
Р7	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОС3+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
Р8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОС3+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
Р9	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОС3+ (ПК-9)

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Лидер А.М.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б61	Янь Сыцзинь

Тема работы:

Исследование свойств скэффолдов титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных методом электронно-лучевого плавления и функционализированных кальций-карбонатными микрокапсулами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду; энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Титановый сплав Ti6Al4V, микрокапсулы, СЭМ
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературных источников; – Подготовка образцов методом напыления; – Исследование свойств микрокапсул и титанового сплава; – Способы изготовления микрокапсул; – Анализ полученных результатов; – Заключение.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ирина Леонидовна Мезенцева
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сурменев Роман Анатольевич	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Янь Сыцзинь		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б61	Янь Сыцзинь

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 «Физика»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - амортизационные отчисления; - заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности проекта (оценка результатов)

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей):</i>	
1.	<i>Оценка конкурентоспособности НИ</i>
2.	<i>Матрица SWOT</i>
3.	<i>Диаграмма Ганта;</i>
4.	<i>Основные показатели эффективности НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБПИ	Киселева Елена Станиславовна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Янь Сыцзинь		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б61	Янь Сыцзинь

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	Экспериментальной
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Физика

Тема ВКР:

Исследование свойств скэффолдов титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных методом электронно-лучевого плавления и функционализированных кальций-карбонатными микрокапсулами

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Синтез и осаждение кальций-карбонатных микрокапсул с дексаметазоном
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: -специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; – ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения; – ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	–Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; –Превышение уровня шума; –Отсутствие или недостаток естественного света; –Пожаровзрыво опасность.
3. Экологическая безопасность:	– попадание паров летучих растворителей в атмосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– пожар; – взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Янь Сыцзинь		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл/раздела (модуля)
01.03.2018	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2018	Синтез микрокапсул	15
30.12.2019	Исследование эффективности загрузки дексаметазона и осаждение на Ti6Al4V скэффолды	20
30.04.2020	Анализ результатов	15
25.05.2020	Социальная ответственность	15
25.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2020	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сурменев Роман Анатольевич	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 92 страницы, 14 рисунков, 14 таблицы, 34 литературный источник, 0 приложений.

Ключевые слова: скэффолды, электронно-лучевое плавление, кальций-карбонат, дексаметазон, микрокапсулы, сканирующая электронная микроскопия, смачиваемость.

Объектом исследования являлись кальций-карбонатные микрокапсулы с дексаметазоном, полученные методом послойной адсорбции и осажденные методом погружения на поверхность Ti-6Al-4V скэффолдов.

Целью работы являлось исследование влияния модифицирования поверхности скэффолдов сплава Ti6Al4V микрокапсулами с дексаметазоном на смачиваемость поверхности, определение концентрации и элементного состава.

В работе представлены результаты исследований синтезированных микрокапсул с дексаметазоном, осажденных на поверхность скэффолдов титанового сплава, проведена аттестация физико-химических свойств после модифицирования, исследовано влияние функционализации поверхности вышеуказанными микрокапсулами на смачиваемость, определена эффективность загрузки дексаметазона.

Область применения: биосовместимые материалы, применяемые в различных областях медицины.

Оглавление

Введение.....	13
Глава 1. Литературный обзор.....	15
1 Биоматериалы и методы их получения.....	15
1.1 Металлы и сплавы в медицине.....	15
1.2 Типы сплавов титана:.....	17
1.3 Сплавы титана с V и Al.....	18
1.4 Капсулы и их характеристика.....	20
1.5 Методы микрокапсулирования.....	20
1.5.1 Физические методы.....	22
1.5.2 Химические методы.....	22
1.5.3 Физико-химические методы.....	24
1.6 Методы аддитивного производства.....	24
1.6.1 Прямое лазерное спекание.....	28
1.6.2 Селективное лазерное сплавление.....	31
1.6.3 Электронно-лучевое плавление.....	31
Глава 2. Материалы и методика эксперимента.....	35
2.1 Изготовление скэффолдов титанового сплава.....	35
2.2 Синтез микрокапсул.....	35
2.3 Осаждение микрокапсул на скэффолды.....	36
Глава 3. Методы исследования модифицированной поверхности.....	37
3.1 Сканирующая электронная микроскопия.....	37
3.2 Ультрафиолетовая спектроскопия.....	39
3.3 Измерение смачиваемости поверхности.....	41
Глава 4. Экспериментальные результаты и их обсуждение.....	44
4.1. Исследование морфологии поверхности.....	44
4.2. Определение концентрации.....	46

4.3 Исследование смачиваемости поверхности.....	47
Выводы.....	48
Список литературы.....	49
Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	52
Глава 6 Социальная ответственность.....	75

Введение

Эстетические и функциональные нарушения неоднозначно воспринимаются больными, что диктует необходимость не только совершенствования и разработки новых методов лечения, но и поиска материалов для замещения дефектов и устранения деформаций лица. Одной из сложных задач реконструктивной медицины остается замещение костных дефектов человека. В настоящее время существует достаточное количество методик, применяемых в восстановительно реконструктивной хирургии, используются аутоаллопластические и имплантационные материалы, такие как Ti6Al4V, Ti, Ti-xNb, Ti-xZr, Ti-xNb-yZr.

С появлением и развитием аддитивных технологий появилась возможность получать металлические сплавы на основе титана и других материалов с заранее заданной формой и размером, т.е. создавать имплантаты непосредственно по размерам пациента.

Аддитивные технологии представляют собой процесс соединения материалов для создания объектов по их трехмерным данным с применением послойного формирования структуры материала – создания скэффолдов [1]. Для аддитивного производства характерно локализованное послойное наращивание материала, что обеспечивает создание монолитного изделия [2]. Однако, несмотря на ряд преимуществ скэффолдов, полученных методами аддитивных технологий, открытым вопросом остается придание биосовместимых свойств поверхности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска способов модифицирования поверхности с целью улучшения биосовместимых свойств для клеток и тканей, в частности - разработка и создание биологических искусственных имплантатов для улучшения эффективности клеток. Для достижения длительного действия лекарственного средства требуется системно вводить биоактивные молекулы. Полимеры и смешанные микрокапсулы используются в качестве носителей для транспортировки БАВ в клетки.

Для защиты БАВ от неблагоприятных внешних воздействий их включают (иммобилизуют) в полимерные носители, формируя капсулы, что открывает новые перспективы, как для адресной доставки лекарственных веществ, так и для регулирования их пролонгированного действия в организме.

В связи с вышеуказанным, целью настоящей работы являлось исследование влияния модифицирования поверхности скэффолдов сплава Ti6Al4V микрокапсулами с дексаметазоном на смачиваемость поверхности, определение концентрации и эффективности загрузки.

Достижение цели потребовало решения следующих задач:

- 1) синтез микрокапсул с дексаметазоном;
- 2) осаждение капсул на скэффолды Ti6Al4V сплава;
- 3) исследование морфологии поверхности после формирования покрытия на основе капсул;
- 4) определение концентрации и эффективности загрузки капсул, осажденных на скэффолд;
- 5) исследование смачиваемости поверхности.

Глава 1. Литературный обзор

1 Биоматериалы и методы их получения

1.1 Металлы и сплавы в медицине

Конструкция и выбор биоматериалов зависят от предполагаемого медицинского применения. Разработка новых биоматериалов - это междисциплинарные усилия, и для этого часто требуются совместные усилия между учеными-материаловедами и инженерами, биомедицинскими инженерами, патологоанатомами и клиницистами. Чтобы служить на более длительный период без отказа, имплантат должен обладать следующими признаками:

1) Биологическая активность

Биологическая активность в области материалов в первую очередь относится к способности индуцировать специфические биологические и химические реакции на поверхности раздела материалов и биологических тканей, что приводит к образованию химических связей между материальными и биологическими группами. В процессе биоминерализации в основном речь идет о способности биологических материалов производить химические связи с живой костью, что является важным показателем для измерения биологических материалов.

2) Биосовместимость

Материалы, используемые в качестве имплантатов, нетоксичны и не вызывают воспаление или аллергические реакции в организме человека. Успех биоматериала зависит главным образом от реакции организма на имплантат, а имплантат измеряет биосовместимость материала. Двумя основными факторами, влияющими на биосовместимость материалов, являются реакции хозяина, вызванные этими материалами, и ущерб окружающей среде человека. В таблице 1 приведена классификация биологических материалов на основе реакций человека. Биоактивные материалы являются очень предпочтительными, поскольку они приводят к высокой интеграции с окружающей костью, однако имплантаты из биотолерантных материалов также принимаются для

изготовления имплантатов. Когда имплантаты подвергаются воздействию тканей и жидкостей человека, между хозяином и материалом имплантата происходит несколько реакций, и эти реакции диктуют приемлемость этих материалов нашей системой.

Таблица 1. Классификация биоматериалов

Классификация	Ответ	Пример	Эффект
Биотолерантные материалы	Образование тонких капсул соединительной ткани (0,1-10 лм) и капсула не прилипает к поверхности имплантата	Полимер-политетрафторэтилен (ПТФЭ), полиметилметакрилат (ПММА), Ti, Co-Cr и т. Д.	Отказ от имплантата, приводящий к разрушению имплантата
Биоактивные материалы	Формирование костной ткани вокруг материала имплантата и сильно интегрируется с поверхностью имплантата	Биостекло, синтетический фосфат кальция, включающий гидроксилапатит (НАР)	Принятие имплантата, приводящее к успеху имплантации
Биоразлагаемые материалы	Заменяется аутологичной тканью	Полимолекулярная кислота и полигликолевые полимеры и обработанные костные трансплантаты, композиты всех тканевых экстрактов или белков и система структурной поддержки	Принятие имплантата, приводящее к успеху имплантации

3) Механические свойства

Конечным использованием некоторых биомедицинских материалов является производство органов и устройств, которые приемлемы *in vivo*, благодаря чему такие биомедицинские материалы должны быть совместимы с механическими свойствами биологических структур, включая органы. По этой причине биомедицинские материалы должны иметь подходящие механические свойства: определенную статическую нагрузку (включая растягивающую, сжимающую, изгибную и прочность на сдвиг), соответствующий модуль упругости и твердость, хорошую износостойкость, коррозионная и коррозионная усталостная прочность, хорошая смазка и т. д.

1.2 Типы сплавов титана:

Титан является аллотропным изомером. Точка плавления -- 1668 °С. При менее, чем 882 °С плотной структуры гексагональной решетки, называется α -титан, при 882 °С выше объемноцентрированной кубической структуры решетки, называется β -титан. Используя различные характеристики вышеуказанных двух структур титана, добавляются соответствующие элементы сплава для постепенного изменения температуры фазового перехода и фазовой фракции для получения титановых сплавов с различными структурами. При комнатной температуре существует три вида матрицы из титанового сплава, титановый сплав также разделен на следующие три категории: сплав α , ($\alpha + \beta$) сплав и β -сплав.

α сплав титана: Стабильность, износостойкость, в сравнении с чистым титаном, способным к окислению. При температуре 500 °С ~ 600 °С прочность сохраняется, но не может быть подвергнута термообработке.

β сплав титана: это не термообработки, которая имеет высокую прочность, закалку, старение после дальнейшего укрепления сплава, прочность при комнатной температуре до 1372-1666 МПа, но плохая термическая стабильность не должна использоваться при высоких температурах.

$\alpha + \beta$ сплав титана: это двухфазный сплав с хорошими комплексными свойствами, хорошей стабильностью ткани, хорошей вязкостью, пластичностью и высокотемпературными деформационными свойствами. Его можно подвергнуть горяч-прессованию, закалке и прессованию, чтобы сплав укрепила. Прочность после термообработки примерно на 50% ~ 100% выше, чем в отожженном состоянии. Высокая температура может длительно работать при температуре 400 °C ~ 500 °C, термическая стабильность уступает сплаву титана. Применение сплавов на основе титана в биомедицине:

Титан и его сплавы в качестве биомедицинских металлических материалов: низкая плотность, низкая жесткость и высокая прочность, хорошая коррозионная стойкость, стойкость к усталости и хорошая биосовместимость.

Сплавы титана могут использоваться в качестве имплантатов в медицине для замены поврежденных твердых тканей, таких как искусственный и тазобедренный сустав, искусственный коленный сустав, костная пластина, крепежный винт для трещин, кардиостимулятор сердечного клапана и искусственное сердце.

1.3 Сплавы титана с V и Al

Первоначальный сплав титана представляет собой в основном чистый титан и Ti-6Al-4V. Хотя чистый титан обладает хорошей коррозионной стойкостью, но у него низкая прочность, низкая износостойкость. В настоящее время в основном используется для реставрации полости рта и меньшая часть замены костей. Напротив, Ti-6Al-4V обладает высокой прочностью и хорошими технологическими свойствами. Теперь широко используется в качестве материалов для хирургического ремонта: бедра и колена и так далее. Ti-3Al-2,5V также используется в качестве заменителя бедра и тиббиального материала.

В 1980-х годах сплавы с памятью сплавов Ni-Ti успешно использовались в ортопедических клиниках, что привлекло внимание ортопедических специалистов и клиницистов и назвало их «волшебными металлами». К 1980-м годам ученые-биоматериалы в Европе разработали сплавы типа Ti-5Al-2.5Fe (α

+ β) и Ti-6Al-7Nb (α + β). Тем не менее, небольшая титана и α + β титана типа сплава материала модуль упругости, чем сталь, но все еще выше, чем модуль упругости самой биологической кости, вызовет «стресс» эффект экранирования, в результате нормальных организмов вокруг имплантата Атрофия ткани в конечном итоге приводит к сбоям имплантатов. Чтобы изменить эту ситуацию, необходимо разработать нетоксичный и безопасный, низкий модуль упругости вместо материала из титанового сплава. В 1990-х годах появилось много новых титановых сплавов типа β , титановые сплавы β -типа имеют хорошую формируемость и высокую прочность и имеют низкий модуль упругости и хорошую коррозионную стойкость. В 1990-х годах американские ученые успешно разработали Ti-13Nb-13Zr, который имеет более высокую адгезию к остеобластам и более высокую адгезию клеток, чем чистые титановые и Ti-6Al-4V сплавы. После того как они были разработаны в недавнем бета США] типа Ti-34Zr-10Nb, сплавы Ti-16Nb-10Hf, и бета тип Ti-12Mo-6Zr-2Fe, Ti-15Mo-5Zr-3Al и Ti-15Mo- 3Nb-0.3O (21SRx) И так далее. Быстрое развитие технологии титана в Японии разработало сплав α + β -типа и β -типа Ti-5Al-13Mo-4Zr. Такие сплавы имеют более высокую прочность на разрыв, вязкость разрушения. Лучшая износостойкость, но модуль упругости этих сплавов по-прежнему выше, чем естественный модуль упругости кости организмов. Таким образом, текущий дизайн и разработка титановых сплавов типа β с меньшим модулем упругости становятся фокусом разработки медицинского материала из титанового сплава. Такие элементы, как Nb, Ta, Zr, Mo и Sn, обладают хорошей биосовместимостью и менее токсичны для организма. Добавление элемента Zr в титановый сплав может улучшить прочность материала, элемент Ta помогает улучшить коррозионные и износостойкие свойства материала, добавление элемента Nb влияет на температуру β -превращения материала. Таким образом, они используются в искусственных суставах (бедро, колено, плеча, лодыжки, локтя, запястья, суставов и т. Д.), Травматических продуктов, таких как интрамедуллярный

гвоздь, стальная пластина и винт, ортопедический ортопедический орбит, Ортодонтический шелк и другие медицинские имплантаты по выбору. В настоящее время нет лучшего металлического материала, чем титан для клинического применения.

1.4 Капсулы и их характеристика

Технология формирования оболочки недавно достигла такого высокого прогресса, что она может покрывать частицы размером менее 1 микрона. Такие частицы с оболочками называются нанокапсулами, а процесс их образования называется наноинкапсулированием [6].

Инкапсулированный (капсулированный) материал и инкапсулированный материал составляют микрокапсулы. Инкапсулированное вещество, называемое содержимым, образует ядро микрокапсулы, а капсулированное вещество образует внешнюю оболочку [15].

Содержимое микрокапсул может включать инертный наполнитель, который является средой, в которой диспергировано активное вещество, или необходимый для последующей функции основного компонента ядра.

Толщина оболочки составляет от 0,1 до 200 мкм, она может быть как однослойной, так и многослойной, эластичной или жесткой, а также имеет различные свойства водостойкости, органических растворителей и так далее. Толщина стенок микрокапсулы уменьшается с увеличением количества капсулированного вещества или уменьшением размера микрокапсулы.

Оболочка микрокапсул должна хорошо прилипать к инкапсулированному материалу для обеспечения герметичности, эластичности, определенной проницаемости, прочности и стабильности при хранении. Используется большое количество природных и синтетических пленкообразующих соединений, большинство из которых являются инертными в нормальных условиях и одобрены для медицинского применения. По своей растворимости материал оболочки делится на водорастворимый (желатин, гуммиарабик, поливинилпирролидон, полиакриловая кислота и т.д.), Нерастворимый в воде

(силикон, латекс, полипропилен, полиамид и т.д.), Кишечнорастворимый (кукурузный белок, шеллак). И уксусная кислота).

Выбор материала оболочки заранее определил цель, размер и метод высвобождения ядра, а также выбран метод микрокапсулирования. Эти же факторы определяют структуру микрокапсул.

Содержание капсулированного вещества в среде обычно составляет -70-85% от массы микрокапсул, но может достигать -95-99%. КБ в микрокапсулах может быть твердым, жидким или газообразным, представляющим собой твердые вещества, твердые жидкости различных веществ, суспензии, эмульсии, растворы [16]

Микрокапсулирование широко используется в фармацевтической промышленности. С их помощью они могут маскировать вкус неприятных лекарств (касторовое масло, рыбий жир, экстракт алоэ), могут стабилизировать нестабильные лекарства (витамины, антибиотики).

1.5 Методы микрокапсулирования

Методы микрокапсулирования могут быть разделены на три основные группы. Первая группа — физико-химические методы, которые включают коацервацию, осаждение нерастворителем, образование новой фазы при изменении температуры, упаривание летучего растворителя, отверждение расплавов в жидких средах, экстракционное замещение, высушивание распылением, физическую адсорбцию.

Ко второй группе относятся химические методы: образование новой фазы путем сшивания полимеров, поликонденсация и полимеризация.

Наконец, третья группа — это физические методы: напыление в псевдооживленном слое, экструзия и конденсация паров.

Такая классификация, в основу которой положена природа процессов, протекающих при микрокапсулировании, достаточно условна. На практике часто используется сочетание различных методов. Кроме перечисленных методов следует еще упомянуть о методе аэрозольного микрокапсулирования, который

может быть отнесен и ко второй, и к третьей группе, поскольку в его основе могут лежать как химические процессы, так и явления физической коалесценции частиц.

1.5.1 Физические методы

Существует много физических методов микрокапсулирования. Суть всех этих методов заключается в механическом покрытии твердых или жидких частиц лекарственными средствами.

Конкретный используемый метод зависит от того, является ли «ядро» (содержимое микрокапсул) твердым или жидким [12].

1) Метод распылительной сушки

Материал ядра диспергируется в разбавленном растворе материала стенки для образования суспензии или эмульсии. Используйте насос для отправки дисперсии в распылитель с распылительной сушкой.

2) Метод пневматической подвески

Частицы материала сердцевины (капли) суспендируют в воздухе с помощью сильного воздушного потока в псевдооживленном слое, и раствор материала стенки, отрегулированный до соответствующей вязкости, распыляют на поверхность частиц (капель) через сопло. Повышение температуры воздушного потока улетучивает растворитель в растворе материала стенки, затем материал стенки осаждается и образует капсулу;

3) Метод вакуумного выпаривания

В способе используются твердые частицы в качестве материала сердцевины, и пары материала стенки конденсируются на поверхности материала сердцевины для достижения герметизации;

4) Метод электростатического склеивания

Материал ядра и материал стенки сначала превращаются в аэрозольные частицы с противоположными зарядами, а затем они встречаются, чтобы конденсироваться в капсулу за счет электростатического притяжения;

5) Метод испарения растворителя

Материал ядра и материал стенки последовательно диспергируются в органической фазе, а затем добавляются к раствору, который несовместим с материалом стенки, и нагреваются для испарения растворителя с образованием капсулы.

6) Включение комплексного метода

Этот метод заключается в использовании структурных характеристик β -циклодекстрина полых и гидрофобных внутри и снаружи гидрофильных для образования гидрофобного материала ядра в микрокапсуле на молекулярном уровне путем образования комплекса включения;

7) Метод экструзии

Это методика производства микрокапсул в условиях низких температур. Принцип состоит в том, чтобы пропустить смесь материала ядра и материала стенки, суспендированного в сжиженной углеводной среде, через отверстие в матрице и выдавить ее в ванну для отверждения материала стенки под давлением. Материал стенок осаждается и затвердевает в капсулу.

1.5.2 Химические методы

1) Интерфейсный метод полимеризации

Принцип метода межфазной полимеризации заключается в растворении двух активных мономеров во взаимно несовместимых растворителях. Когда один раствор диспергирован в другом растворе, мономеры в двух растворах полимеризуются на границе раздела фаз Герметичная;

2) Полимеризация на месте

Все компоненты мономера и катализатор расположены внутри или снаружи капелек материала ядра и подвергаются реакции полимеризации с образованием микрокапсулирования;

3) Метод острых отверстий

Как межфазная полимеризация, так и полимеризация *in situ* используют мономеры в качестве сырья и образуют стенку капсулы в результате полимеризации. Метод острой дыры заключается в образовании стенки

микрокапсулы вследствие затвердевания полимера, то есть линейный полимер сначала растворяется с образованием раствора, а когда он затвердевает, полимер быстро выпадает в осадок, образуя стенку. Поскольку большая часть реакции отверждения, то есть осаждения полимера, проводится и завершается в одно мгновение, необходимо предварительно сформировать раствор полимера, содержащий материал ядра, перед добавлением его в отвердитель. Это также происхождение закона[13].

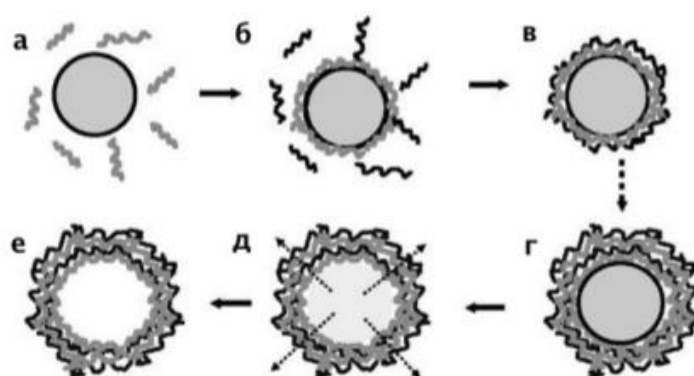


Рисунок 1- Схема образования полиэлектролитной капсулы методом последовательной адсорбции полиэлектролитов: а) электростатическое притяжение полиэлектролитов к противоположно заряженному ядру; б) адсорбция полиэлектролитов; в) адсорбция противоположно заряженных полиэлектролитов; г) многослойная полимерная оболочка, сформированная на ядре; д) растворение ядра; е) полая полиэлектролитная оболочка.

1.5.3 Физико-химические методы

1) Метод разделения водной фазы

Способ капсулирования путем нейтрализации заряда между коллоидами и исчезновения слоя водного растворителя вокруг гидрофильных коллоидных частиц. Способ разделения фаз в водно-фазовой системе можно разделить на метод комплексной коагуляции, метод одиночной коагуляции, метод солевой коагуляции и метод осаждения полимера для корректировки значения рН.

Сложный метод коагуляции, то есть дисперсная фаза материала стенки содержит более двух видов гидрофильных коллоидов, регулируя значение pH среды и т. д.

Растворимость между коллоидами уменьшается из-за нейтрализации заряда, вызывая разделение фаз и агломерацию;

Один метод коагуляции использует полимерный материал в качестве материала стенки капсулы, диспергирует материал ядра капсулы в материале стенки капсулы, а затем добавляет коагулянт. В связи с сочетанием воды и коагулянта растворимость материала стенки капсулы снижается и коагулируется. Формирование микрокапсул;

Метод солевого свертывания относится к добавлению электролита к водному раствору полимера и его микрокапсулированию вследствие разделения фаз;

Метод осаждения полимера pH регулируется таким образом, чтобы использовать природу того, что определенные полимеры становятся нерастворимыми в щелочных или кислотных условиях для достижения микрокапсулирования.

2) Метод разделения масляной фаз

Принцип заключается в добавлении жидкости, которая не является растворителем, к раствору полимерного органического растворителя в качестве материала стенки капсулы для инициирования разделения фазы с образованием микрокапсул.

3) Метод сухой ванны (метод многофазного эмульгирования)

Основной принцип этого метода заключается в диспергировании материала ядра в растворителе материала стенки, полученную смесь диспергируют в среде в состоянии микрокапель, а затем непрерывную среду удаляют для достижения капсулы.

4) Способ конденсационной дисперсии расплава

Когда материал стенки (воскоподобное вещество) нагревается, материал сердцевины диспергируется в жидком воске и образуются частицы (капли). Когда система охлаждается, воскообразное вещество образует стенку капсулы вокруг материала ядра, в результате чего образуются микрокапсулы.

В соответствии с появлением микрокапсулирования, эта классификация действительно весьма условна. Разделены на вторую группу и третью группу, поскольку в ее основе могут лежать химические процессы и физическое слияние частиц [11].

1.6 Методы аддитивного производства

Технология аддитивного производства позволяет нам производить любой продукт послойно на основе трехмерных компьютерных моделей. Если в начале традиционного производства у нас есть заготовка, которая может отрезать или деформировать все лишние заготовки, то с добавлением технологии новый продукт становится ничем (или сделан из аморфных расходных материалов), В зависимости от технологии объекты могут быть построены снизу вверх и наоборот для получения различных атрибутов [14].

Улучшить производительность готового продукта. Благодаря слоистой структуре, продукт обладает уникальными свойствами. Например, с точки зрения механических свойств, плотности, остаточного напряжения и других характеристик, детали, созданные на металлических 3D-принтерах, превосходят аналоги, полученные путем литья или механической обработки.

Экономьте много сырья. Аддитивная технология практически потребляет материалы, необходимые для производства продукта. По сравнению с традиционными методами производства потери сырья могут достигать 80-85%.

Возможность производить изделия со сложной геометрией. Оборудование аддитивной технологии позволяет производить продукты, которые в противном случае недоступны. Например, части внутри частей. Или очень сложная система охлаждения, основанная на сетчатой структуре (недоступная для литья или штамповки).

Мобильность производства и ускорение обмена данными. Нет больше рисунков, размеров и огромных образцов. Технология аддитивного производства основана на компьютерной модели будущего продукта, которую можно перенести на другой конец света за несколько минут и немедленно начать производство.

Аддитивное производство относится к процессу выращивания продуктов на 3D-принтере с использованием CAD-моделей. Этот процесс считается инновационным и отличается от традиционных методов промышленного производства.

Сегодня можно выделить следующие технологии аддитивного производства:

FDM (Fused deposition modeling) — послойное построение изделия из расплавленной пластиковой нити. Это самый распространенный способ 3D-печати в мире, на основе которого работают миллионы 3D-принтеров — от самых дешевых до промышленных систем трехмерной печати. FDM-принтеры работают с различными типами пластиков. Изделия из пластика отличаются высокой прочностью, гибкостью, прекрасно подходят для тестирования продукции, прототипирования, а также для изготовления готовых к эксплуатации объектов.

SLM (Selective laser melting) — селективное лазерное сплавление металлических порошков. Используются лазеры высокой мощности (как правило, иттербиевые волоконные лазеры) для создания трехмерных физических объектов за счет плавки металлических порошков. Самый распространенный метод 3D-печати металлом. С помощью этой технологии можно быстро изготавливать сложные по геометрии металлические изделия, которые по своим качествам превосходят литейное и прокатное производство.

SLS (Selective laser sintering) — селективное лазерное спекание полимерных порошков. С помощью этой технологии можно получать большие изделия с

различными физическими свойствами (повышенная прочность, гибкость, термостойкость и др).

SLA (сокращенно от Stereolithography) — лазерная стереолитография, отверждение жидкого фотополимерного материала под действием лазера. Эта технология аддитивного цифрового производства ориентирована на изготовление высокоточных изделий с различными свойствами.

В отдельную категорию стоит вынести технологии быстрого прототипирования. Это способы 3D-печати, предназначенные для получения образцов для визуальной оценки, тестирования или мастер-моделей для создания литейных форм.

MJM (Multi-jet Modeling) — многоструйное моделирование с помощью фотополимерного или воскового материала. Эта технология позволяет изготавливать выжигаемые или выплавляемые мастер-модели для литья, а также — прототипы различной продукции. Используется в 3D-принтерах серии ProJet компании 3D Systems.

CJP (Color jet printing) — послойное распределение клеящего вещества по порошковому гипсовому материалу. Технология 3D-печати гипсом используется в 3D-принтерах серии ProJet x60 (ранее называлась ZPrinter). На сегодняшний день — это единственная промышленная технология полноцветной 3D-печати. С ее помощью изготавливают яркие красочные прототипы продукции для тестирования и презентаций, а также различные сувениры, архитектурные макеты.

С аддитивной технологией добавки - порошок и проволока - полностью расплавляются. Что касается порошков, известны три способа формования продуктов: твердофазное и жидкофазное спекание и жидкофазное спекание при температурах, когда температура жидкой фазы значительно выше, чем у твердофазной линии. Очевидно, что твердофазное спекание контролируется твердофазной диффузией, поэтому оно не будет происходить во время дополнительного процесса синтеза с лазерным или электронным пучком. Два

других процесса спекания происходят под воздействием лазерного или электронного луча и обеспечивают быстрое затвердевание спеченных частиц и материала наполнителя. В связи с этим оба метода являются более подходящими для описания металлургии селективного плавления порошков. Как правило, затвердевание во время процесса оплавления наполнительного материала зависит от геометрии расплавленной ванны, которая, в свою очередь, зависит от параметров процесса. При аддитивном изготовлении деталей можно получить правильное соотношение параметров пучка и скорость оплавления для достижения полного уплотнения. Контроль и оптимизация микроструктуры является одним из важных вопросов при использовании аддитивной технологии для получения новых сплавов. Микроструктура влияет на механические свойства сплава, такие как прочность, твердость, пластичность, сопротивление ползучести, вязкость разрушения и т.д. Технология добавления пучка электронов является относительно новой технологией для производства металлических изделий путем последовательного нанесения металлических слоев. Этот процесс использует высокоэнергетический электронный пучок в качестве движущегося источника тепла. Металлический пучок плавит металлический порошок или проволоку и поочередно осаждает металлические слои, создавая тем самым функциональные металлические детали высокой плотности. Однако из-за уникального и сложного термоциклирования, наблюдаемого в процессе добавления, микроструктура и механические свойства этих материалов не были хорошо изучены[18].

1.6.1 Прямое лазерное спекание

Прямое лазерное спекание металлов (DMLS) – технология аддитивного производства металлических изделий, разработанная компанией EOS из Мюнхена. DMLS должен использовать лазерный луч высокой энергии, а затем управлять данными трехмерной модели для локального плавления металлической матрицы, спекания и затвердевания порошкового металлического

материала и автоматической послойной укладки для создания плотных геометрических твердых деталей.

DMLS - это литье из металлического порошка, существует два типа подачи коаксиального порошка и роликовая. Технология подачи коаксиального порошка подходит для изготовления объектов с толщиной слоя более 1 мм и крупными металлическими деталями. В настоящее время самой большой заготовкой в

Китае на самом деле является ядерно-энергетический компонент, который производится в Сычуани. Некоторые авиационные запчасти Xigong и Пекинский технологический институт начали индустриализацию. Роликовый продукт для подачи порошка обладает высокой точностью и подходит для изготовления мелких деталей, поскольку детали легко деформируются под воздействием тепла в процессе производства. Трудно изготовить больше места, чем размер корпуса компьютера.

Технические характеристики прямого металлического лазерного спекания DMLS:

1. Слой лазерной оболочки и подложка являются металлургическими, и прочность соединения составляет не менее 95% исходного материала подложки;
2. Тепловое воздействие на подложку невелико, а вызванная деформация также мала;
3. Широкий спектр материалов, таких как сплавы на основе никеля, кобальта, железа, карбидные композиты и т. Д., Могут удовлетворить различные требования к заготовке с учетом характеристик сердечника и характеристик поверхности;
4. Облицовочный слой и его поверхность раздела плотно организованы, с мелкими зернами, без отверстий, без трещин включения и других дефектов;
5. Может ремонтировать дорогостоящие детали и формы крупногабаритного оборудования с частичным износом или повреждением для продления срока службы;

6. Управляемость процесса облицовки хорошая, и легко реализовать автоматическое управление;

7. Для поврежденных деталей возможен качественный и быстрый ремонт, сокращающий время простоя из-за сбоев и снижающий затраты на обслуживание оборудования;

8. Диапазон твердости обычно используемого облицовочного слоя составляет HRC30 ~ 60, сверхвысокая твердость может достигать HRC65 ~ 75, а толщина облицовочного слоя составляет 0,1 ~ 10,0 мм;

9. Может напрямую производить металлические детали.

Преимущества: эта технология имеет уникальные преимущества для агломерационных материалов, которые трудно выполнить в обычных печах для спекания. Благодаря небольшой концентрации и проникающей способности лазерного луча, он подходит для спекания тонкопленочных изделий небольшой площади. Легко спекать порошки или хлопья с другим составом из матрицы.

Прямая металлическая лазерная агломерация DMLS для формования известных 3D-принтеров:

В настоящее время многие крупные металлические 3D-принтеры основаны на технологии DMLS, например, EOS в Германии[19].

1.6.2 Селективное лазерное сплавление

SLS (Selective Laser Sintering) –Селективное лазерное спекание является одной из наиболее широко используемых аддитивных технологий. Принцип действия SLS заключается в точечном спекании пластиковых порошков с разными компонентами лазерным лучом[17].

Процесс селективного лазерного спекания:

Процесс начинается с нагревания материала до температуры, близкой к температуре плавления, что обеспечивает более быструю работу трехмерного порошкового принтера.

Порошок подается в строительное помещение и выравнивается валиками до толщины наименьшего слоя материала.

Лазерный луч спекает слой порошка в необходимой области в соответствии с поперечным сечением трехмерной модели. Поток следующего слоя порошка, чтобы опустить комнату здания до более низкого уровня. Этот процесс повторяется до получения готового продукта. 3D-принтеры, работающие по технологии SLS, имеют гибкие настройки. В зависимости от поставленных задач регулируются такие параметры, как температура, глубина и время воздействия. Также пользователь может задать работу либо только с переходными границами, либо спекание по всей глубине модели.

После завершения процесса сборки может потребоваться его завершение. Чтобы изделие имело идеальную однородную форму, его необходимо отполировать или отшлифовать. Тем не менее, по мере развития технологий, спрос на продукты последующей обработки, производимые на принтерах SLS, становится все меньше и меньше.

1.6.3 Электронно-лучевое плавление

Электронно-лучевое плавление («Electron Beam Melting» или EBM) – метод аддитивного производства металлических изделий. Данная технология зачастую классифицируется как метод быстрого производства.

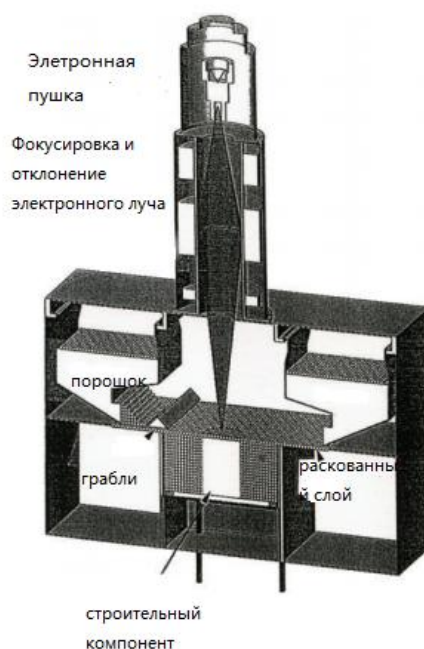


Рисунок – 2. Схема устройства EBM

Материал с заготовки удаляется сфокусированным пучком электронов, с большой скоростью налетающих на обрабатываемый участок. При этом их кинетическая энергия конвертируется в теплоту, которой достаточно для быстрого нагрева, плавления и испарения материала. Для уменьшения рассеяния пучка электронов обработку проводят в высоковакуумной камере (остаточное давление 10-5 мм рт. ст. или меньше). Электроны эмитируются электронной пушкой и ускоряются до скоростей около 75% от скорости света в вакууме напряжением вплоть до 50 кВ между анодом и катодом. Магнитная линза фокусирует электронный пучок на обрабатываемый участок, при этом плотность мощности достигает 10 Вт/см², что достаточно для плавления и испарения любого материала. Стилматор придает лучу круглую форму, а его перемещение по поверхности заготовки осуществляется отклоняющей системой, которой можно управлять через пульт программного управления. Он также управляет продольными и поперечными перемещениями стола, на котором закреплена заготовка, продолжительностью импульсов и интервалами между ними.

Электронно-лучевое плавление (EBM) схоже с методом выборочного лазерного плавления (SLM) – главное отличие заключается в использовании электронных излучателей (т.н. электронных пушек) вместо лазеров в качестве источников энергии для плавления. В основе технологии лежит использование электронных пучков высокой мощности для сплавления металлического порошка в вакуумной камере с образованием последовательных слоев, повторяющих контуры цифровой модели. В отличие от технологий спекания, электронно-лучевая плавка позволяет создавать детали особо высокой плотности и прочности. Этот метод производства деталей произвольных форм позволяет создавать металлические модели высокой плотности из металлического порошка. Готовые изделия практически не отличаются от литых деталей по механическим свойствам. Устройство считывает данные с файла, содержащего трехмерную цифровую модель, и наносит последовательные слои порошкового материала. Контурные слоев модели вычерчиваются электронным пучком, плавящим порошок

в местах соприкосновения. Плавка производится в вакуумных рабочих камерах, что позволяет работать с материалами, чувствительными к оксидации – например, с чистым титаном.

Расходные материалы состоят из чистого металлического порошка без связующего наполнителя, а готовые модели не отличаются пористостью. Таким образом, не требуется обжигание напечатанной модели для достижения необходимой механической прочности. Этот аспект позволяет классифицировать EBM в одном ряду с выборочной лазерной плавкой (SLM) и отдельно от технологий выборочного лазерного спекания (SLS) и прямого лазерного спекания металлов (DMLS), зачастую требующих обжига после печати для достижения максимальных прочностных характеристик. В сравнении с SLS, SLM и DMLS, EBM обладает более высокой скоростью построения за счет более высокой мощности излучателей и электронного, а не электромеханического, отклонения пучков[34].

Электронно-лучевая плавка проводится при повышенных фоновых температурах, достигающих порядка 700-1000°C, что позволяет создавать детали, не страдающие от остаточного механического напряжения, вызываемого градиентом температур между уже охлажденными и еще горячими слоями. Кроме того, полная плавка расходного порошка позволяет производить монолитные изделия – отсюда максимальная прочность и отсутствие необходимости обжига.

Технология была разработана и впервые применена шведской компанией Arcam AB. Использование в качестве расходных материалов титановых сплавов позволяет применять технологию EBM для производства медицинских имплантатов.

Начиная с 2007 года две европейские компании, Adler Ortho и Lima Corporate, а также американская компания Exactech используют технологию EBM для производства ацетабулярных чашек (имплантатов тазобедренного сустава)[30].

Технология получила применение в аэрокосмической отрасли: Boeing, Lockheed Martin и NASA используют EBM для производства деталей реактивных и ракетных двигателей, а также несущих элементов конструкции летательных аппаратов.

Глава 2. Материалы и методика эксперимента

2.1 Изготовление скэффолдов титанового сплава

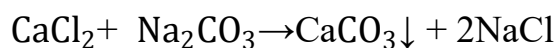
Используемые в работе скэффолды на основе пористого титанового сплава Ti-6Al-4V, были изготовлены методом электронно-лучевого плавления на промышленной установке ARCAMA2EBM® (Швеция) для 3D-прототипирования. Процесс включал в себя следующие шаги: загрузка порошка, откачка до давления 10^{-4} Па, плавление осуществлялось при температуре 730 ° C в течение 8 часов с энергией пучка 60 кВ, мощностью 2,5 кВт и диаметром электронного пучка 0,1-0,2 мм.

2.2 Синтез микрокапсул

Первый этап формирования микрокапсул заключался в синтезе кальций-карбонатных ядер с загруженным лекарством - дексаметазоном.

В мерную колбу заливался раствор 615 мкл соли CaCl_2 и перемешивался с помощью магнитной мешалки достаточно быстро. Далее, увеличивая скорость мешалки до 1100 rpm, добавлялось сначала 615 мкл соли Na_2CO_3 , затем 2,5 мл дексаметазона. Полученная суспензия была оставлена перемешиваться в течение 25 минут.

Идет реакция по формуле:



Затем полученная суспензия образовавшихся частиц разливалась по двум эппендорфам в равных объемах и помещалась в центрифугу на 3 мин при 9000 rpm. CaCO_3 выпадал в осадок, оставшаяся жидкая фаза убиралась.

Далее осадок CaCO_3 промывался деионизованной водой, был отцентрифугирован и удален супернатант (жидкая фаза). Отмывка повторялась 2 раза. После каждого раза пробирка с частицами и добавленной водой опускалась

в ультразвуковую ванну на 30 секунд с целью недопущения агломерации частиц. После чего на полученные микрочастицы осуществлялась адсорбция полиэлектролитных слоев.

Получение полимерных слоев вокруг ядра CaCO_3 осуществлялось методом послойной адсорбции и заключалось в формировании 6 чередующихся слоев полимеров полиаллиламин гидрохлорида (ПАН) и полистиролсульфоната (PSS).

Полученные и промытые в предыдущей работе микрочастицы карбоната кальция заливались 1 мл раствора соответствующего полиэлектролита (первый адсорбируемый слой ПАН). Далее микропробирка опускалась в ультразвуковую ванну на 3 минуты, после устанавливалась в ротатор на 10 мин с режимом вращения на 1000 гpm. Далее – пробирка с частицами центрифугировалась 3 мин при 9000 гpm, супернатант сливался и частицы промывались 2 раза.

Следующим был нанесен PSS. И далее – четыре слоя, соответственно, чередующихся полимеров.

2.3 Осаждение микрокапсул на скэффолды

Для осаждения капсул на скэффолды использовался метод погружения.

В чашки Петри погружались образцы, куда добавлялось 2 мл воды и 40 мкл капсул, суспензия перемешалась пипеткой. Далее чашки оставались вращаться в роторной мешалке в течение полутора часов. По прошествии указанного времени, оставшаяся суспензия отбиралась и скэффолды просушивались для проведения дальнейших исследований.



Рисунок 3 - Процесс осаждения CaCO_3 микрокапсул с дексаметазоном на роторном шейкере.

Таким образом, на рисунке 4 представлена схема процесса модифицирования скэффолда титанового сплава с помощью микрокапсул.

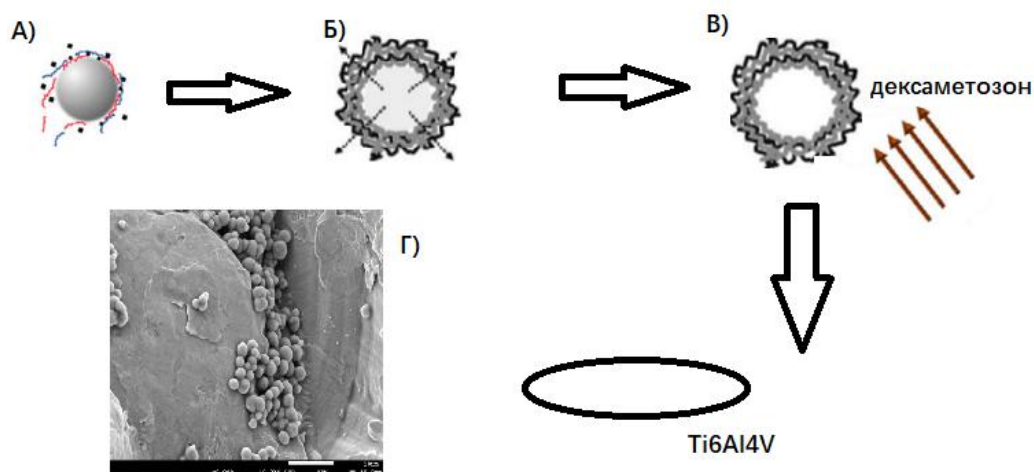


Рисунок 4 - Схема процесса: А) синтез капсул; Б) удаление ядра; В) синтез капсул с дексаметазоном; Г) осаждение их на скэффолды

Глава 3. Методы исследования модифицированной поверхности

3.1 Сканирующая электронная микроскопия

Сканирующая электронная микроскопия- Электронный микроскоп, в котором сфокусированный электронный луч сканируется для исследования исследуемой поверхности. При электронном сканировании сканирующее движение электронного пучка слева направо называется линейным сканированием или горизонтальным сканированием, а сканирующее движение электронного пучка сверху вниз называется кадровым сканированием или вертикальным сканированием.

Принцип работы СЭМ заключается в сканировании образца очень тонким электронным пучком, и вторичные электроны возбуждаются на поверхности образца. Он собирается детектором и преобразуется в оптический сигнал мигалкой, а затем преобразуется в электрический сигнал с помощью

фотоумножителя и усилителя для управления интенсивностью электронного пучка на флуоресцентном экране и отображения отсканированного изображения, синхронизированного с электронным пучком. Изображение представляет собой трехмерное изображение, отражающее структуру поверхности образца. Чтобы поверхность образца испускала вторичные электроны, образец фиксируют. После дегидратации на слой частиц тяжелых металлов следует напылять.

Высокоэнергетический электронный пучок, испускаемый электронной пушкой, уменьшается и фокусируется с помощью конденсирующей линзы и линзы объектива для формирования электронного пучка с определенной энергией, интенсивностью и диаметром пятна на поверхности образца. Под действием магнитного поля сканирующей катушки падающий электронный пучок выполняет точечное сканирование на поверхности образца в определенном пространственном и временном порядке. Из-за взаимодействия между падающими электронами и образцом вторичные электроны будут возбуждены от образца. Благодаря роли вторичного сборщика электронов вторичные электроны, испускаемые в этом направлении, могут быть собраны, и затем полюс ускорения ускоряется на корпусе вспышки, который преобразуется в оптический сигнал, а затем проходит через световую трубку к трубке фотоумножителя, так что оптический сигнал снова преобразуется. В электрические сигналы. Этот электрический сигнал усиливается видеоусилителем и отправляется в сетку кинескопа для модуляции яркости кинескопа. Поэтому на флуоресцентном экране представлено вторичное электронное изображение с различной яркостью и темнотой, отражающее морфологию поверхности образца.

Ультрафиолетовая спектроскопия (УФ спектроскопия, УФС), раздел оптической спектроскопии, включающий получение, исследование и применение спектров испускания, поглощения и отражения в ультрафиолетовой области, т. е. в диапазоне длин волн 10-400 нм (волновых чисел $2,5 \cdot 10^4 - 10^6 \text{ см}^{-1}$). УФС при длине волны меньше 185 нм наз. вакуумной, т. к. в этой области УФ излучение настолько сильно поглощается воздухом (гл. обр. кислородом), что необходимо применять вакуумные или наполненные непоглощающим газом спектральные приборы.

Эта технология в основном измеряет ультрафиолетовый спектр. Оборудование для спектроскопии УФС отличается от оптического стекла. В основном используются кварцевые материалы (меньшее поглощение флюорита или сапфира), потому что они не поглощают ультрафиолетовый свет. Алюминиевое покрытие используется для отражения ультрафиолетовых лучей. Приемник представляет собой обычный или неколлоидный фотографический материал. Фотоэлектрические устройства в основном представляют собой фотоумножители, счетчики фотонов, фотодиоды и ионизационные камеры. Для повышения чувствительности при использовании светочувствительных материалов иногда регистрируется флуоресценция, вызванная изучаемым ультрафиолетовым излучением [22].

Для возбуждения ультрафиолетовых спектров излучения атомов и молекул используйте пламя, дуги постоянного или переменного тока, искры низкого и высокого напряжения. Твердые вещества, нагретые до примерно 3000 К., также могут быть использованы. Вольфрамовая лампа накаливания (полосовой излучатель или сферический анод, нагреваемый дуговым разрядом и т.д.). Источник линейного спектра представляет собой спектральную лампу различной конструкции (например, с полым катодом). Лазерный свет (водородный лазер), излучаемый в ультрафиолетовой области, также используется.

При облучении ультрафиолетовыми лучами вещество обычно не разлагается и не изменяется. Поэтому метод ультрафиолетового облучения

может быть использован для получения данных, состава и структуры его химических веществ. Спектр электронов появляется в ультрафиолетовой области, то есть разность энергий между электронными состояниями атомов и молекул определяет положение полос и линий. Спектральная линия излучается несколькими ионизированными атомами в возбужденном состоянии. В ближней ультрафиолетовой области большинство полупроводников сосредоточено на прямом переходе электронов из валентной зоны в зону проводимости[23].

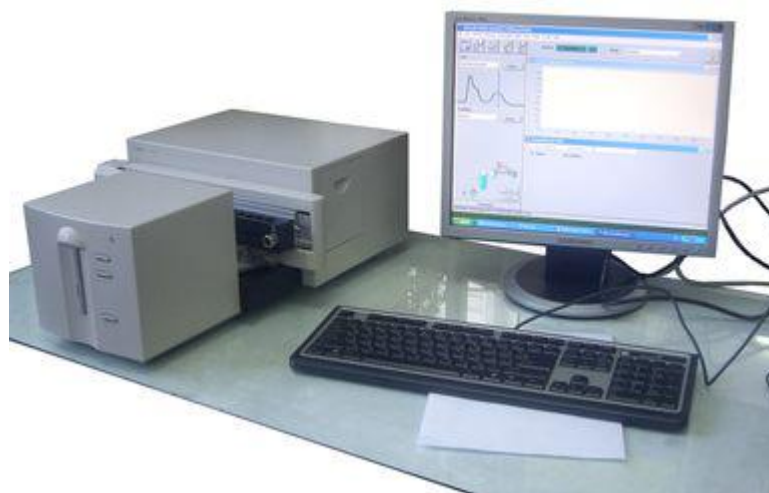


Рисунок 6 – УФ спектрофотометр.

3.3 Измерение смачиваемости поверхности

Смачивание - это физическое взаимодействие жидкости с твердой или другой жидкой поверхностью. Существует два типа смачивания: погружение (вся поверхность твердого тела находится в контакте с жидкостью)

Контакт (в том числе трехфазный твердый, жидкий, газ)

Смачивание зависит от связи между адгезией (адгезией) молекул жидкости к молекулам (или атомам) влажного тела и взаимной адгезией (адгезией) молекул жидкости [23].

Если жидкость находится в контакте с твердым телом, существует две возможности: взаимное притяжение между молекулами жидкости сильнее, чем притяжение между твердыми молекулами. В результате сила притяжения между

молекулами жидкости накапливает их в капельках. Так ртуть ведет себя на воде или на «жирных» поверхностях стекла, парафина. В этом случае говорят, что жидкость не будет смачивать поверхность. Молекулы жидкости труднее привлечь друг к другу, чем твердые молекулы. В результате жидкость имеет тенденцию прилипнуть к поверхности и распространяться по ней. Это поведение ртути на цинковых пластинах и поведение воды на прозрачном стекле или дереве. В этом случае говорят, что жидкость смачивает поверхность [24].

Степень смачивания характеризуется углом смачивания. Угол смачивания (или контактный угол) представляет собой угол, образованный границей касательной плоскости и ограничивающей смачивающей жидкостью, и вершина этого угла находится на линии разделения трех фаз. Измеряется методом капли [25].

Метод измерения: метод подвешивания (оптический метод)

Поскольку поверхностное натяжение стремится минимизировать площадь поверхности жидкости, геометрия капли будет идеальной сферой без гравитации. Если сила тяжести воздействует на каплю воды, и на вершине капли воды находится объект, капля воды проходит вдоль оси гравитации. Согласно уравнению Лапласа давление, действующее на каплю, зависит от радиуса кривизны профиля (рис. 7).

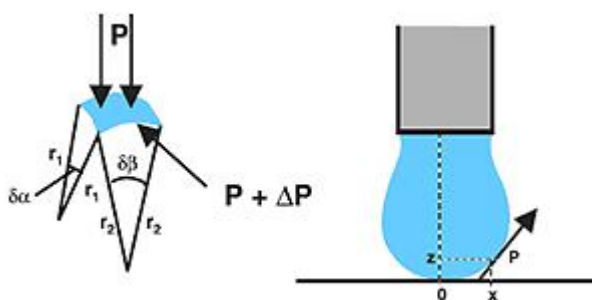


Рисунок 7 – Схема метода висящей капли.

По разнице давлений (ΔP), действующих на кончик капли и другие ее точки, можно рассчитать поверхностное натяжение. Для этой цели фотографируется форма капли, и, с помощью уравнения Лапласа,

рассчитывается межфазное натяжение ($r_{1,2}$ - основные радиусы кривизны контура).

$$\sigma = \frac{\Delta P}{\frac{1}{r_1} - 1/r_2}$$

Метод висящей капли используется для измерения поверхностного и межфазного натяжения в приборах для измерения краевого угла серии DSA. Со стандартным оптическим оборудованием допустимый диапазон измерения составляет от 0,1 мН/м до нескольких сотен мН/м.

Метод лежащей капли

В методе лежащей капли жидкость с известным поверхностным натяжением помещается на твердую поверхность с помощью шприца. Диаметр капли должен быть от 2 до 5 мм; это гарантирует, что краевой угол не будет зависеть от диаметра. В случае очень малых капелек будет велико влияние поверхностного натяжения самой жидкости (будут формироваться сферические капли), а в случае больших капель начинают доминировать силы гравитации.

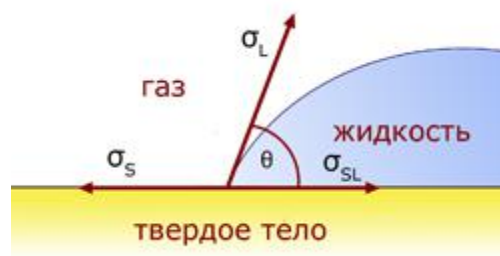


Рисунок 8 - Схема определения угла.

В методе лежащей капли измеряется угол между твердой поверхностью и жидкостью в точке контакта трех фаз. Соотношение сил межфазного и поверхностного натяжения в точке контакта трех фаз может описываться уравнением Юнга, на базе которого можно определить краевой угол:

$$\cos\theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{LS}}{\sigma_L}$$

Частным случаем является метод "плененного пузырька": краевой угол измеряется под поверхностью в жидкости. Изначально измерения проводились с помощью гониометра (ручного прибора для измерения контактного угла) или

микроскопа. Современные технологии позволяют записать изображение капли и получить все необходимые данные с помощью программ[29].

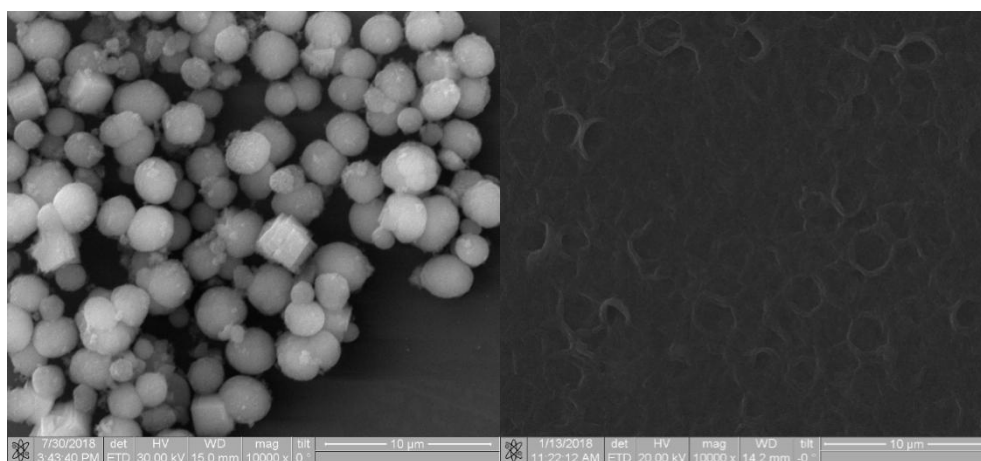


Рисунок 9 - Схема для определения угла под поверхностью в жидкости.

Глава 4. Экспериментальные результаты и их обсуждение

4.1. Исследование морфологии поверхности

Микрофотографии CaCO_3 ядер представлены на рисунке 10а. Большинство частиц имеют сферическую форму, средний диаметр ядер составил $2,19 \pm 0,50$ мкм. Структура частиц пористая. На рисунке 10б представлены фотографии синтезированных микрокапсул с растворенным ядром. Полученный продукт представляет собой полые полимерные оболочки округлой формы, толщина которых составляет около 360 нм.

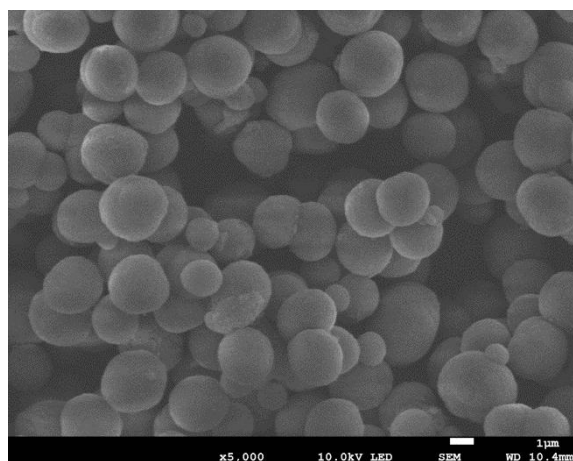


а)

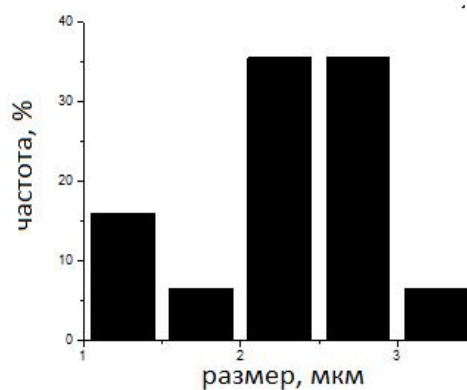
б)

Рисунок 10 – СЭМ-изображения CaCO_3 ядер (а) и полимерных микрокапсул (б).

Кальций-карбонатные микрочастицы с загруженным дексаметазоном представлены на рисунке 11а. Как видно, частицы также имеют сферическую форму и пористую структуру. Средний диаметр синтезированных микрочастиц с дексаметазоном составил $2,29 \pm 0,11$ мкм. Диаграмма распределения по размеру частиц представлена на рисунке 11 б).



а)



б)

Рисунок 11 - Синтезированные CaCO_3 частицы с дексаметазоном (а) и диаграмма распределения частиц по размеру (б).

Далее полученные микрочастицы были осаждены на скэффолды титанового сплава (рис.12). Согласно изображениям, частицы фиксируются, в основном, в углублениях скэффолда. Плотность их размещения на единицу поверхности составила $0,315$ шт/мкм².

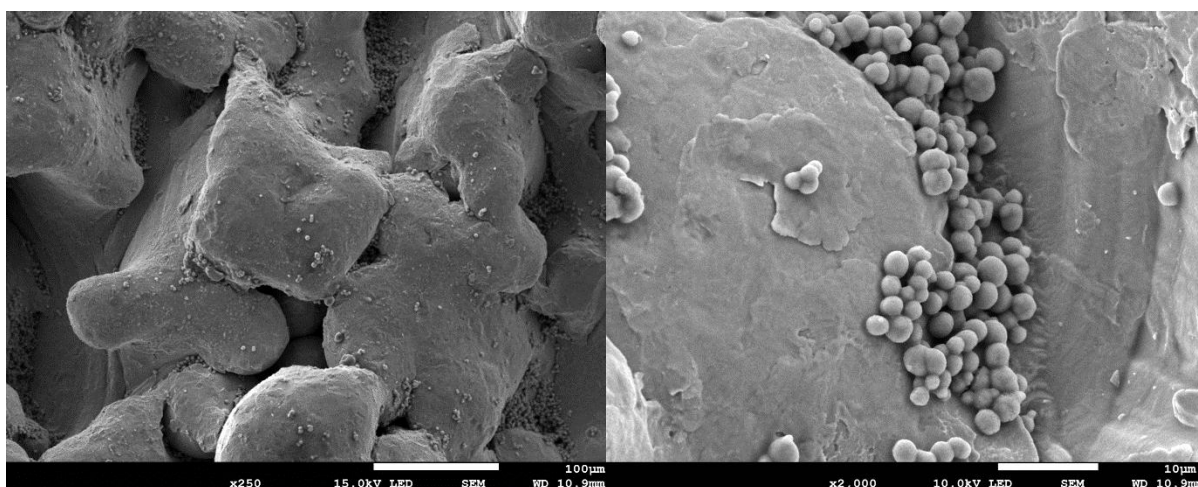


Рисунок 12 - СЭМ-изображения Ti6Al4V скэффолда с осажденными частицами, загруженными дексаметазоном.

4.2. Определение концентрации

Для определения концентрации использовался метод УФ спектроскопии (Cary 300 Bio UV-Vis-spectrophotometer, Varian), т.е. с помощью спектрофотометрии в ультрафиолетовой области спектра электромагнитного излучения с длиной волны, соответствующей максимуму поглощения (для дексаметазона $\lambda_{\text{max}} = 241 \text{ нм}$). Первым шагом являлось подготовить эталонный раствор химически чистого исследуемого вещества, т.е. дексаметазона, с известной исходной концентрацией 4 мг/мл с разведением в 250, 500, 1000 и 2000 раз на кювету 3 мл для калибровки прибора, т.е. определения максимумов поглощения.

График зависимости длины волны от абсорбции при различных разведениях для дексаметазона представлен на рисунке 13.

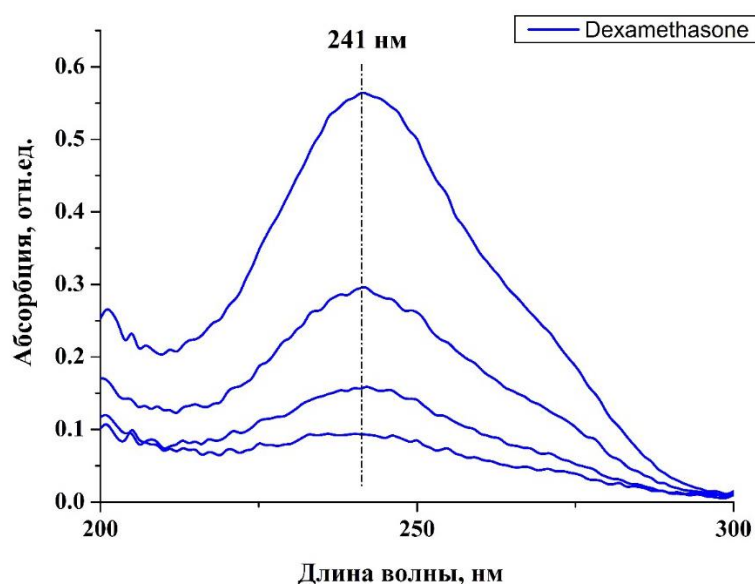


Рисунок 13 – УФ-спектры дексаметазона в суспензии частиц.

Далее был построен калибровочный график для лекарства и получено уравнение кривой для расчета концентрации дексаметазона.

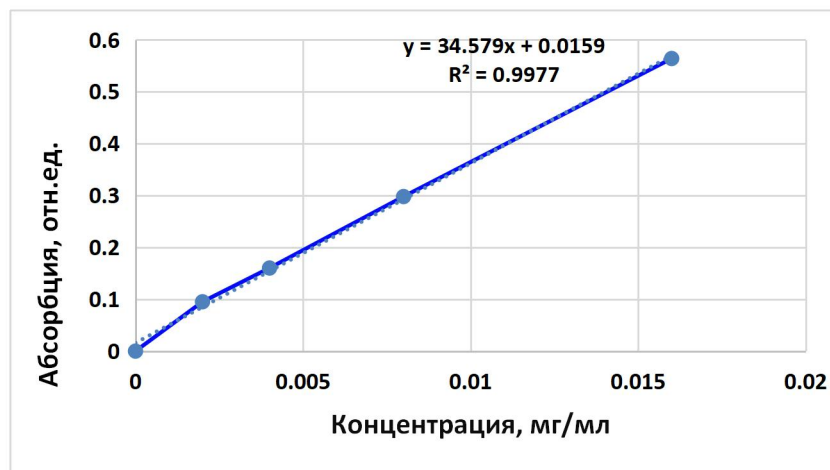


Рисунок 14 – Калибровочный график для дексаметазона.

Таким образом, была определена концентрация дексаметазона в эталонном растворе – 3,96 мг/мл и в супернатанте после синтеза ядра – 2,55 мг/мл, т.е. было рассчитано сколько белка загружено в ядро – $(3,96 - 2,55 = 1,41$ мг/мл), что составило 36 % эффективной загрузки.

4.3 Исследование смачиваемости поверхности

Смачиваемость поверхности имплантата является важным показателем, косвенно характеризующим биологическую совместимость и оказывающим влияние на адгезию и жизнеспособность клеток [34]. Известно, что гидрофильность присуща веществам, близким по химическому строению с водой, и, наоборот, гидрофобными свойствами обладают вещества, далекие от воды по своей химической структуре.

Как видно из полученных данных (табл.1) значения контактного угла при нанесении микрочастиц с дексаметазоном уменьшилась ($< 90^\circ$), что говорит о том, что поверхность стала более смачиваемой - гидрофильной.

Таблица 2 – Смачиваемость поверхности

Тип образцов	Контактный угол, °
Ti6Al4V	95,94±0,85
Ti6Al4V + дексаметазон	46,66±4,63

Выводы

Для проведения эксперимента методом послойной адсорбции были синтезированы полиэлектролитные CaCO_3 капсулы сферической формы с лекарственным препаратом дексаметазоном диаметром $2,29 \pm 0,11$ мкм и осаждены методом погружения на скэффолды титанового сплава Ti6Al4V, изготовленные методом электронно-лучевого плавления с помощью промышленной машины ARCAMA2.

Методом УФ спектроскопии было проведено измерение концентрации лекарства после его инкапсуляции, эффективность загрузки дексаметазона составила 36 %,

Установлена зависимость между морфологией поверхности и её гидрофильными свойствами. Нанесение микрочастиц приводит к снижению контактного угла практически в два раза, что может оказать положительное влияние на адгезию и жизнеспособность клеток при дальнейших планируемых биологических экспериментах.

Список литературы

1. Штраубе Г.И. Применение имплантатов из углерода в челюстно-лицевой хирургии// дис. д-ра мед. наук. Пермь. 2001.с. 33
2. Tammam-Williams S ., Zhao H ., Léonard F . , etal . // Mater. Characterizat. 2015 P. 47–61.
3. Matsuno H, Yokoyama A, Watari F, Uo M, Kawasaki T. //Biocompatibility and osteogenesis of refractory metal implants, titanium, hafnium, niobium, tantalum and rhenium. // Biomaterials.- 2001.-Vol. 22(11). - P. 1253-62.
4. Leng YX, Chen JY, Yang P, Sun H, Wang J, Huang N. The biocompatibility of the tantalum and tantalum oxide films synthesized by pulse metal vacuum arc source deposition. Nucl Instrum Methods Phys Res Sec B: // Beam Interact Mater Atoms. -2006.-Vol. 242(1-2). P. 30-2.
5. Boyer R.R., Briggs R.D. //The Use of β Titanium Alloys in the Aerospace Industry // Journal of Materials Engineering and Performance. 2005. Vol. 14 (6). P. 681–685
6. Чуешов.В.И.// МИКРОКАПСУЛЫ//Технология лекарств 2014, ч.1,2
7. Luzzi L. A., J. //Pharma Sci., 59, № 10, 1367 A970
8. Kondou T., //Koishi M., Toso To Toryo, № 191, 77A97
9. Автина Н.В. Разработка детской лекарственной формы на основе микрокапсул с метронидазолом // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Медицина. Фармация. – 2011. – № 4 (99). – Вып. 13. – С. 170-176.
10. Автина Н.В. Разработка состава и технологии микрокапсул с экстрактом черемухи поздней // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 4.
11. Солодовник В. Д.// Микрокапсулирование.//М.: Химия, 1980.216 с., ил
12. В.И. Чуешов//Промышленная технология лекарств//учебник. – Харьков, НФАУ, 2002. 715 с.

13. Давыдов А. Б. Микрокапсулирование //М.: Советская энциклопедия, 2014. — С. 247—258.
14. А.А. Ляпков//учебное пособие//Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 114 с.
15. Кривилев М.Д., Харанжевский Е.В., Анкудинов В.Е., Гордеев Г.А. // Журнал Управление большими системами: сборник трудов, Выпуск № 31 / 2010
16. Колякин В.В., //КТС ФГБОУ ВПО. 2012. С.10
17. Кудряшов Н.В.// 6 особенностей селективного лазерного спекания (SLS)//i QV. Т. 2017.33
18. Л.С. Баева, А.А. Маринин//Современные технологии аддитивного изготовления объектов // Вестник МГТУ. Том 17. –2014. -№ 1.–С. 7-12.8.
19. Е.Б. Романова, Т.И. Веселова// Применение RP-технологий при прототипировании электронных средств// Изв. вузов. Приборостроение. Т. 58. № 5.-2015. -С. 401-405.14
20. Оура Кендзиро, Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. М.// Введение в физику поверхности// Наука, 2006. - 490 с.
21. Столяров К.П., //Химический анализ в ультрафиолетовых лучах, М.-Л., 1965
22. Зайдель А.Н., Островская Г.В., Островский Ю.И., //Техника и практика спектроскопии, 2 изд., М., 1976.
23. Сумм, Б.Д. Гистерезис смачивания// Соросовский образовательный журнал. - 1999. - №7. - С.98-102.
24. Ю.Г.Фролова, А.С. Гродского//Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии //М.: Химия. - 1986. - 216 с.
25. J. Lyklema, S.Rovillard, and J. De Coninck //The Properties of the Stagnant Layer Unraveled / /Langmuir. – 1998. - Vol.14, №20. - P.5659-5663.

26. Якубов Г.Э. //Измерения поверхностных и гидродинамических сил между модельными частицами с помощью атомно-силового микроскопа// дис. канд.хим. наук– М., 2002
27. Ребиндер П. А., //Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах.// Коллоидная химия М., 1978 с.40-45
28. Хайдаров Г.Г., Хайдаров А.Г., Машек А. Ч.// Физическая природа поверхностного натяжения жидкости // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 4 (Физика, химия). 2011. Выпуск 1. с.3-8
29. Остроумов С.А., Лазарева Е.В. //Поверхностное натяжение водных растворов додецилсульфата натрия в присутствии водных растений //Вода: технология и экология. 2008 № 3 с. 57-60
30. YiZ.H// Bio-inorganic [J]// Chinese journal of Inorganic Chemistry ,2001,10(3):329
31. Y.J. Liu, H.L. Wang, S.J. Li , S.G. Wang, W.J. Wang, W.T. Hou, Y.L. Hao, R. Yang, L.C. Zhang// Compressive and fatigue behavior of beta-type titanium porous structures fabricated by electron beam melting// j.actamat.2016.12.052
32. Herzog D, Seyda V, Wycisk E, //et al. Additive manufacturing of metals[J]./// Acta Materialia, 2016, 117: 371-392
33. Fan D.H, Xu Z. //Research and Development Trend of Biomedical Materials//Journal of Zhejiang Industry & Trade Vocational College. 2008-01
34. Redey S. A. et al. Behavior of human osteoblastic cells on stoichiometric hydroxyapatite and type A carbonate apatite: role of surface energy //Journal of biomedical materials research. – 2000. – Т. 50. – №. 3. – С. 353-364

Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка потенциала разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса. Таким образом была проведена оценка затрат, потенциала и академической привлекательности проводимого исследования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
- провести SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон проекта;
- произвести планирование научно-исследовательских работ;
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

На данный момент этот раздел считается один из значимых в современном проектировании. Оборудование рассматривается не только исходя из их рабочих характеристик, но и по экономической оценки, выбирается наиболее выгодный вариант.

5.1 Анализ конкурентоспособности

Целесообразно проводить анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3.1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырёх конкурентных товаров и разработок.

Оценка будет происходить по 5-ти бальной шкале, где 5 – наиболее сильная, а 1 – наиболее слабая позиция. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии эффективности							
1. Энергоэкономичность	0,01	5,00	5,00	5,00	0,05	0,05	0,05
2. Надежность	0,10	5,00	4,00	5,00	0,50	0,40	0,50
3.Отсутствие токсичности	0,20	5,00	4,00	4,00	1,00	0,80	0,80
4. Биоактивность	0,30	5,00	3,00	2,00	1,50	0,90	0,60
5.Удобство в эксплуатации	0,05	5,00	5,00	5,00	0,25	0,25	0,25
6. Безопасность	0,05	5,00	5,00	5,00	0,25	0,25	0,25
7.Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5,00	4,00	5,00	0,25	0,20	0,25
8. Механические свойства	0,20	3,00	3,00	4,00	0,60	0,60	0,80
9.Простота эксплуатации	0,03	4,00	4,00	4,00	0,15	0,12	0,12
10.Биодеградируемость	0,20	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,20
11. Уровень шума	0,01	5,00	5,00	5,00	0,05	0,05	0,05
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,10	5,00	4,00	4,00	0,50	0,40	0,40
2.Уровень проникновения	0,05	5,00	4,00	4,00	0,25	0,20	0,20

на рынок							
3. Финансирование научной разработки	0,01	5,00	4,00	5,00	0,50	0,40	0,50
4. Цена	0,10	4,00	4,00	4,00	0,40	0,40	0,40
5. Срок выхода на рынок	0,01	4,00	4,00	4,00	0,40	0,40	0,40
6. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5,00	4,00	5,00	0,20	0,20	0,25
7. Послепродажное обслуживание	0,01	4,00	4,00	4,00	0,40	0,40	0,40
8. Наличие сертификации разработки	0,07	5,00	5,00	5,00	0,35	0,35	0,35
Итого	1,60	89,00	80,00	80,00	8,60	7,37	6,77

Как видно из таблицы 3 конкурентоспособность имплантатов из металлов с покрытием на основе ГА выше, чем у керамических и металлических, полимерных эндопротезов. Это связано с тем, что керамические имплантаты являются очень хрупкими и велика вероятность разрушения эндопротеза. Из 100 тыс. операций по трансплантации костной ткани, проводимых ежегодно в Великобритании, 18% составляют повторные операции по замене имплантата, утраченного в силу описанной выше причины. В 73% случаев применения металлических имплантатов наблюдаются иммунодепрессия, изменения иммунореактивности и другие иммунные сдвиги, что повышает вероятность послеоперационных осложнений. Полимеры же, в свою очередь, имеют большую мягкость, что соответствует требованиям тазобедренного сустава.

5.2 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. С помощью SWOT-анализа возможно определить внутренние сильные и слабые стороны проекта, что позволяет оптимальным образом оценить его преимущества и

недостатки. Кроме того, по своей структуре, SWOT-анализ позволяет сформулировать внешние факторы, влияющие на развитие проекта.

Возможности представляют собой предпочтительные ситуации в настоящем и в будущем, возникающие в окружающей среде проекта. В противовес возможностям определяются угрозы, представляющие нежелательную ситуацию в окружающей среде проекта, способствующую его разрушению или препятствующие развитию.

Пересечения внутренних и внешних факторов позволяют определить основные исходы их сочетания, а также продемонстрировать корреляцию тех или иных внутренних факторов с различными условиями внешней, для проекта, среды. В таблице 3.2 представлены основные факторы, которые целесообразно учитывать в SWOT-анализе данного исследования:

Таблица 4 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научноисследовательского проекта:	Слабые стороны научноисследовательского проекта:
	<p>С1.</p> <p>Экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2.</p> <p>Экологичность технологии. Комплекс физико-механических и биологических свойств продукта.</p> <p>С3. Низкая стоимость</p>	<p>Сл1. Длительный период проведения биологических исследований.</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения ряда исследований в ТПУ.</p> <p>Сл3. Недостаток финансовых средств.</p>

	производства по сравнению с аналоговыми технологиями.	
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование научнотехнической базы ТПУ и кёльнского университета для проведения необходимых исследований.</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Сильные стороны и возможности:</p> <p>1)Использование научнотехнической базы ТПУ и кёльнского университета для дальнейшего улучшения качества покрытия и как следствие биоактивности скэффолдов.</p> <p>2)Повышение интереса со стороны производителей имплантатов и научноисследовательских групп при увеличении стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Слабые стороны и возможности:</p> <p>1)Использование научнотехнической базы кёльнского университета для снижения необходимых финансовых средств при проведении дальнейших исследований.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие</p>	<p>Сильные стороны и угрозы:</p>	<p>Слабые стороны и угрозы:</p>

спроса на скэффолды с Ti6Al4V покрытием со стороны предприятий и научноисследовательских центров. У2. Снижение финансирования.	1)Экономичность, энергоэффективность и низкая стоимость технологии может повысить спрос. 2)Низкая стоимость производства позволит вывести технологию на рынок без финансирования со стороны государства.	1)Отсутствие спроса и длительное проведение биологических исследований приведет к трудностям при выводе продукта на рынок. 2)Снижение финансирования при уже существующем недостатке финансовых средств усложнит и замедлит проведение дальнейших исследований.
---	---	--

Проанализировав характер НТР, можно сделать вывод, что наиболее оптимальной стратегией выхода разработки на рынок является стратегия сотрудничества с кёльнским университетом и другими университетами и институтами, а также проведение совместной предпринимательской деятельности. Совместная предпринимательская деятельность – это стратегия, которая основана на соединении общих усилий фирмы с коммерческими предприятиями партнера для создания производственных и маркетинговых мощностей. Эта стратегия выбрана, так как необходимо найти стабильный рынок заказов и сбыта товара.

5.3Планирование научно-технического исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;

- установление продолжительности работ;
- построение диаграммы Ганта проведения проектирования системы электроснабжения монтажно-механических мастерских инструментального завода.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 5.

Таблица 5– Распределение исполнителей и этапы выполняемых работ

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Определение направления исследований	2	Изучение и подбор необходимых материалов	Инженер
	3	Определение направления исследований	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические расчеты	5	Разбор исходных данных	Инженер
	6	Выбор защит	
	7	Расчет уставок выбранных защит	
Оценка результатов	8	Оценка эффективности результатов	Инженер
Координирование и контроль проекта	9	Консультирование исполнителя и контроль выполнения проекта	Руководитель
Подготовка технической документации и проектирование	10	Разработка принципиальной схемы	Инженер
Оформление комплекта документации по НИР	11	Формирование пояснительной записки	Инженер

5.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используем следующую формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

Где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

Где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

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

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

Рассчитанная ожидаемая трудоемкость каждой из работ по проектированию приведена в таблице 6.

5.5 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{кi} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

Где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

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

Для построения графика проектных работ необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Предполагается что и руководитель, и инженер работают по 6-дневной рабочей неделе. По производственному календарю на 2020 год суммарное количество выходных и праздничных дней составляет: при шестидневной рабочей неделе – 66 дней.

Где $T_{\text{кал}}$ – число календарных дней в году;

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

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

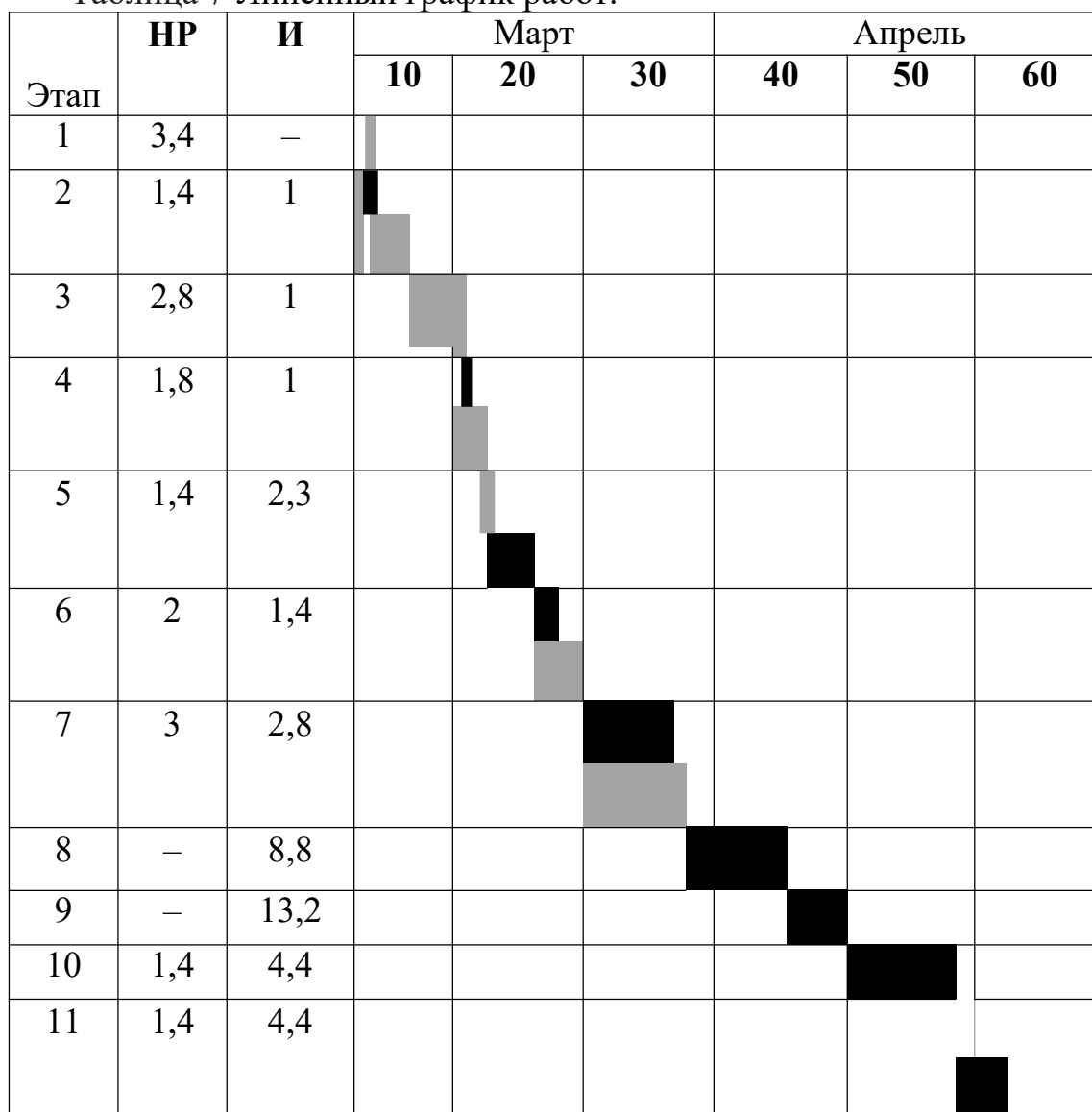
Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительнос ть работ в рабочих днях T_{pi}	Длительнос ть работ в Календарны х днях T_{ki}		
	t_{\min} , человеко -дни		t_{\max} , челове ко-дни		$t_{ож\bar{i}}$, человеко- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Постановка задачи	3	0	4	0	3,4	0	3,12	0	3,76	0

Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	1	1	2	1	1,4	1	1,76	0,44	2,12	0,53
Подбор и изучение материалов по тематике	2	1	4	1	2,8	1	3,48	0	4,19	0
Разработка календарного плана	1	1	2	1	1,8	1	1,54	0,66	1,86	0,8
Обсуждение литературы	1	2	2	3	1,4	2,3	1,05	3,48	1,27	4,2
Выбор структурной схемы устройства	2	1	2	2	2	1,4	3,12	1,87	3,76	2,25
Выбор принципиальной схемы устройства	3	2	3	4	3	2,8	5,32	4,25	6,41	5,12
Расчет принципиальной схемы устройства	0	8	0	10	0	8,8	0	8,07	0	9,72
Оформление расчетно-пояснительной записки	0	12	0	15	0	13,2	0	12,1	0	14,5 8
Оформление графического материала	1	4	2	5	1,4	4,4	0	5,32	0	6,41
Подведение итогов	1	4	2	5	1,4	4,4	1,06	5,32	1,28	6,41
Итого	15	36	23	47	18,6	40,3	20,45	41,51	24,65	50,0 2

На основании полученных данных из таблицы 3.4 построим график Ганта, представленный на таблица 7.

Таблица 7-Линейный график работ.



НР- 

И- 

Таким образом, в ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Был построен график Ганта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта участниками. Итого, в календарных днях длительность работ руководителя проекта равняется 19 дней, а инженера 41дней.

5.6 Определение бюджета проекта

В процессе планирования бюджета проекта необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Ниже представлена группировка затрат по статьям расходов, используемая при формировании бюджета проекта:

- материальные затраты проекта;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата участников;
- дополнительная заработная плата участников;
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат на разработку проекта

Стоимость материалов, используемых при разработке данного проекта, приведена в таблице 6.

Таблица 6 – материальные затраты на разработку проекта

Материал	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Количество	Сумма, руб.
Металлические материалы (Ti6Al4V)	г	30	6	180
Микпробирки эппендорфа	шт.	1,3	10	13
Раствор PSS РАН	л	100	1	100

ЭДТА				
Дексаметозн	л	150	1	150
Перчатки	шт.	150	3	450
спирт	л.	150	1	150
Бумага	шт.	200	0,4	80
Распечатка	шт.	200	2	400
Итого				1523

Исходя из данных, представленных в таблице 6, материальные затраты на выполнение проекта составили 1523 рублей.

Амортизационные отчисления

В данный раздел входят затраты, которые связаны с приобретением специального оборудования, которое необходимо для работ по данной теме, а именно приборов, устройств и механизмов, контрольно-измерительной аппаратуры и т.д. Стоимость спецоборудования в ряде случаев берется по договорной цене или по действующим прейскурантам. Затраты, рассчитанные в данном разделе занесены в таблицу 7.

Таблица 7 –Амортизационные отчисления на оборудование и программные комплексы

Оборудование	Вре м я работ ы $t_{\text{раб}}, \text{ч}$	Потребляем ая Мощность $P_{\text{об}}$ оборудования , кВт	Стоимость ед. , руб.	Амортизация, руб.
Персональный компьютер	900	0,9	34999	364,37
СЭМ	3	3	7000000	239,73
Ультразвуковая ванна	2	0,5	14800	1,08
УФ-спектрометрия	4	1	1000000	45,66
Итого				650,84

Так как данное оборудование используется длительно, необходимо учесть стоимость амортизационных отчислений для данного оборудования:

$$A_i = \frac{S \cdot N}{H \cdot 365}$$

Где: A_i – амортизационные отчисления;

S – стоимость оборудования и программного обеспечения;

N – количество дней использования в при проектировании;

H – предполагаемый срок службы оборудования и программного обеспечения.

Расчет показателей амортизации, результаты представлены в таблице 7:

$$A_{ПК} = 34999 \cdot 38 / 10 \cdot 365 = 364,37 ;$$

$$A_{СЭМ} = \frac{7000000 \cdot 0,125}{10 \cdot 365} = 239,73$$

$$A_{Уль-нна} = \frac{14800 \cdot 0,08}{3 \cdot 365} = 1,08$$

$$A_{УФ} = \frac{1000000 \cdot 0,167}{10 \cdot 365} = 45,66 ;$$

Таким образом были определены амортизационные отчисления на разработку проекта, которые составили 650,84руб.

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по проекту. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Заработная плата работников представляет собой сумму двух составляющих: основная и дополнительная заработная плата.

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Формула расчета заработной платы представлена ниже:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

Где: $Z_{зп}$ – заработная плата;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Расчет основной заработной платы выполняем по формуле, представленной ниже:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Где: $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Расчет среднедневной заработной платы выполняем по формуле:

$$Z_{дн.} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

Где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб.дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб.Дн.

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	366	
Количество нерабочих дней:		
- выходные и праздничные дни	66	
Потери рабочего времени:		

- отпуск, невыходы по болезни	52
Действительный годовой фонд рабочего времени	248

Зарплата работника за месяц рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

Где: $З_{\text{ТС}}$ – заработная плата за месяц по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{ТС}}$);

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

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

1) Расчёт заработной платы

$$З_{\text{м.рук}} = 32457 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 65291,15$$

$$З_{\text{м.исп}} = 15627 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 30472,65$$

2) Расчет среднедневной заработной платы:

$$З_{\text{дн.рук}} = \frac{65291,15 \cdot 10,4}{248} = 2738,01$$

$$З_{\text{дн.исп}} = \frac{30472,65 \cdot 10,4}{248} = 1277,88$$

3) Расчёт основной заработной платы:

$$З_{\text{осн.рук}} = 2738,01 \cdot 19 = 52022,19$$

$$З_{\text{осн.исп}} = 1277,88 \cdot 41 = 52393,08$$

Результат расчетов представлен в таблице 9.

Таблица 9– Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{ТС},$ руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_M,$ руб.	$З_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб. дн.	$З_{осн},$ руб.
Руководитель	32457	0,3	0,2	1,3	65291,15	2738,01	19	52022,19
Инженер	15627	0,3	0,2	1,3	30472,65	1277,88	41	52393,08
Затраты по основной заработной плате, руб.	104415,27							

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

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

$$З_{Доп.рук} = K_{доп} \cdot З_{Оси} = 0,15 \cdot 52022,19 = 7803,33 \text{ руб.}$$

$$З_{Доп.исп} = K_{доп} \cdot З_{Оси} = 0,15 \cdot 52393,08 = 7858,96 \text{ руб.}$$

$$З_{Доп} = З_{Доп.рук} + З_{Доп.исп} = 7803,33 + 7858,96 = 15662,29 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Ставка отчислений во внебюджетные фонды для учреждений, осуществляющих научную и образовательную деятельность, на 2020 год составляет 30,2%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб.} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

Где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды:

$$З_{внеб.рук} = 0,302 \cdot (52022,19 + 7803,33) = 18067,31$$

$$З_{внеб.исп} = 0,302 \cdot (52393,08 + 7858,96) = 18196,12$$

$$З_{внеб.} = З_{внеб.рук} + З_{внеб.исп} = 36263,43$$

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не вошедшие в предыдущие статьи, такие как ксерокопирование и печать материалов исследования, размножение материалов, оплата электроэнергии, услуг связи, телеграфные, почтовые расходы и т.д.

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{аморт}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб.}}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается равной 16%.

$$З_{\text{накл}} = (1523 + 650,84 + 104415,27 + 15662,29 + 36263,43) \cdot 0,16 = 25362,37$$

Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат работ по разработке проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат на разработку проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты	1523,00	0,83
2. Амортизация оборудования	650,84	0,42

и программных комплексов		
3. Затраты по основной заработной плате	104414,27	56,79
4. Затраты по дополнительной заработной плате	15662,29	8,52
5. Отчисления во внебюджетные фонды	36263,43	19,72
6. Накладные расходы	25362,37	13,79
Бюджет затрат проекта	183877,2	100

Таким образом были определены затраты на разработку проекта, сумма необходимая на его реализация составляет 183877,2рублей.

Основные расходы пришлось на статью затрат по заработной плате сотрудников – 56,79 % от общего бюджета проекта.

5.7 Ресурсоэффективность

С помощью интегрального критерия ресурсоэффективности определим ресурсоэффективность автоматизированной системы. Формула для его определения имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 11 – Оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,25	5
3. Удобство в эксплуатации	0,20	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	4
5. Ремонтопригодность	0,10	3
Итого:	1,00	4,4

Для разрабатываемого проекта интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,4.$$

Полученное значение интегрального показателя свидетельствует о достаточно хорошей эффективности реализации технического проекта.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности. В ходе проведения данного

анализа было выявлено, что сотрудничества с кёльнским университетом и другими университетами и институтами имеет преимущество над аналогами, в связи с чем проектирование защиты с использованием шкафа данного типа является эффективным.

2. Проведён SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует об перспективности разработок проекта.

3. Также установлено, что в календарных днях длительность работ для руководителя составляет 19 дней, а для инженера – 41 дней. На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это расчет уставок защит.

4. После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили 183877,2 рублей.

5. Также были определены показатели ресурсоэффективности значения которых свидетельствуют о достаточно высокой эффективности реализации технического проекта.

Глава 6 Социальная ответственность

Введение: В современных условиях труда для снижения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости важным является внедрение системы целенаправленных действий по защите и охране труда на всех стадиях производственного процесса.

В данной работе эксперимент производился на установке для электроформования волокон, в состав которой входит блок питания высокого напряжения и камера для электроформования. Для приготовления раствора и промывки химической посуды использовались такие химические вещества как хлороформ и ацетон. Кроме того, в ходе работы использовалась персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ). Следовательно, для внедрения определенных правил и мер предосторожности требуется разработать комплекс мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

6.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя)

правовые нормы трудового законодательства.

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правил техники безопасности. Обучение персонала техник безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа, и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом (ГОСТ 12.0.004-2015 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения). 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 специальное удостоверение.

К работе с установкой для электроформования и всеми узлами данной установки допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющих медицинских противопоказаний, прошедших вводный инструктаж и инструктаж по безопасности труда на рабочем месте. К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний правил электробезопасности, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы с данной установкой, ознакомленные с инструкцией по эксплуатации прибора и имеющие не менее II группы по электробезопасности (ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150).

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с химическими веществами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца.

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

При введении в эксплуатацию нового оборудования сотрудники, которые будут работать на нем, должны пройти внеплановый инструктаж по правилам эксплуатации и безопасной работе на данном оборудовании (ГОСТ Р 12.1.019- 2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты).

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

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.

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.

6.2 Профессиональная социальная безопасность.

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов.

Под опасным производственным фактором понимается фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме (высота, огонь, электрический ток, движущиеся предметы, взрыв). Вредным производственным фактором является фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию (неблагоприятный микроклимат, повышенный уровень шума, вибрации, плохое освещение, неблагоприятный состав воздуха).

Согласно при работе с установкой для электроформования и ПЭВМ на сотрудников могут воздействовать опасные и вредные факторы, приведенные в таблице 12.

Таблица 12 — Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	изготовление	исследования	
1.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание	+	+	+	-ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов; -ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум.

которой может произойти через тело человека				Общие требования безопасности; -СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
2. Превышение уровня шума	+	+	-	Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*;
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	-	-ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов.
4.Пожаровзрыво опасность	+	+	-	

На инженера, работающего с установкой для электроформования и ПЭВМ, воздействуют следующие факторы:

1. физические: температура и влажность воздуха, шум, статическое электричество, вредные химические вещества, освещённость. Воздействие электромагнитного излучения было сведено к минимуму, так как при работе на ПЭВМ использовался жидкокристаллический монитор;

2. психофизиологические: физические перегрузки (статические, динамические), нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

6.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха.

Микроклимат помещений, в которых проводят исследования, определяется сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, которые в совокупности действуют на организм человека.

Данные параметры должны соответствовать норме. Отклонения оказывает вредное влияние на человека, которое влечет к ухудшению самочувствия работника, снижает эффективность его работы и влечет заболевания.

Неблагоприятные условия вызывают перенапряжение механизма терморегуляции. Это ведет к перегреву или переохлаждению организма. Высокая температура быстро утомляет работника, приводит к перегреву организма, и даже тепловому удару. А низкая температура вызывает местное или общее охлаждение организма, приводит к простудному заболеванию.

Влажность. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи. Для удобства работы в помещении необходимо нормирование параметров микроклимата (таблица 13) и применение

защитных мероприятий от вредного влияния отклонения параметров микроклимата.

Таблица 13. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96).

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

Таблица 14. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
				Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Iб (140-174)	19,0-20,9	15-75	0,1	0,2
Теплый	Iб (140-174)	20,0-21,9	15-75	0,1	0,3

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В

помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м^3 на человека – не менее 30 м^3 в час на человека; при объёме помещения более 40 м^3 на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Шум ухудшает условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне.

В работе основными источниками шума являются генератор сигналов. По санитарным нормам, допустимым уровнем шума принято считать: 55 децибел (дБ) в дневное время и 40 децибел (дБ) ночью. Уровень шума генератора сигналов составляет 15–20 дБА.

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к следующим последствиям:

- а) снижается производительность труда;
- б) ослабляется память, внимание, острота зрения и чувствительность к предупредительным сигналам;
- в) снижается чувствительность слуха.

Для доведения уровня шума до санитарных норм следует придерживаться следующих правил при организации труда в помещении:

1. внутренний блок кондиционера следует располагать вдали от людей, занимающихся творческой деятельностью (программисты), и не использовать на полную мощность, если позволяют климатические условия;
2. пользоваться МФУ во время перерывов в работе (при отсутствии срочности);
3. своевременно осуществлять профилактику системных блоков компьютеров (очистка от пыли и смазывание движущихся частей охлаждающих установок, замена излишне шумных комплектующих).

Для анализа результатов работы необходимо работать с компьютером. Источниками электромагнитного излучения являются электрические сигналы цепей при работе компьютера. Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. Наиболее мощным источником электромагнитных полей в помещении являются катушки отклоняющих систем, находящихся около цокольных частей электронно-лучевых трубок мониторов.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей, соответствующие, приведены в таблице.16.

Таблице.16. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров	Допустимые значения
<p>Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. Вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в диапазоне частот от 5 Гц до 2кГц – в диапазоне частот 2—400кГц 	<p>25 В/м</p> <p>2,5 В/м</p>
<p>Плотность магнитного потока должна быть не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в диапазоне частот от 5 Гц до 2кГц – в диапазоне частот 2 – 400кГц 	<p>250 нТл</p> <p>25 нТл</p>
<p>Поверхностный электростатический потенциал</p> <p>не должен превышать</p>	<p>500 В</p>

Для выполнения норм предельно допустимой напряженности электромагнитного поля расстояние от глаз до монитора должно быть 60 -70

см, но не менее 50 см. Увеличение расстояния в 2 раза приводит к 32-кратному уменьшению плотности мощности на низких частотах на оператора.

Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность и увеличивает производительность труда. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы человек мог без напряжения выполнять свою работу.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, разрешено применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Зрительная работа (лаборант)–характеризуется как работа очень высокой степени точности. Что требует освещенности в 300 – 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов, но с таким условием, чтобы оно не создавало бликов на поверхности экрана и не увеличивало освещенность экрана более чем на 300 лк. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Освещение

следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ). При расположении компьютеров по периметру помещения линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом, ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

6.3 Экологическая безопасность.

Анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду.

При выполнении работы возможно воздействие следующих опасных производственных факторов:

1. Загрязнение окружающей среды, вызванное утечкой электромагнитного излучения;

2. Загрязнение окружающей среды от экспериментальных отходов

Использование металлических отходов состоит из нескольких технологических операций, в том числе:

1. проверка металлических отходов (в том числе дозиметрических);
2. отделение отходов черных металлов от отходов цветных металлов;
3. Разделение различных неметаллических примесей;
4. окончательный контроль отходов;

5. обработка.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Анализ вероятных ЧС, которые может возникнуть в лаборатории

Чрезвычайная ситуация представляет собой ситуацию в той или иной области, которая возникла в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которое может привести к гибели людей, нанесению ущерба здоровью человека или окружающей среде, значительные материальные потери и уничтожение средств существования людей.

Рассмотрим две наиболее распространенные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на предприятии.

Первый случай: прекращение производства в результате сильных морозов.

Второй случай: внезапная утечка радиоактивного материала

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

1. Повышение устойчивости системы электроснабжения. Прежде всего, целесообразно заменить воздушные линии электропередачи кабельными (подземными) сетями, использовать резервные сети для потребителей электроэнергии, обеспечить резервные источники питания объекта (мобильные электрогенераторы).

2. Обеспечение стабильности теплоснабжения, системного звонка, углубления теплотрасс.

3. Обеспечение устойчивости системы водоотведения. Повышение устойчивости канализационной системы путем создания резервной сети трубопроводов, через которую загрязненная вода может быть отведена в случае отказа основной сети. Необходимо разработать схему аварийного сброса сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для откачки загрязненной воды, держа надежные источниками питания.

4. Установить предупредительные системы безопасности для несанкционированного доступа к предприятию в нерабочее время.

5. Создать маршруты аварийного эвакуации и разработать планы аварийного спасения.

Выводы по разделу

В данной главе были определены вредные и опасные факторы, формируемые при производстве и модифицировании гибридных полимерных скэффолдов, среди которых можно выделить повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенный уровень шума, пожаровзрывоопасность, химические и токсические факторы. Описаны методики снижения воздействия вредных факторов, а также регламент действий при

возникновении чрезвычайных ситуаций, к которым могут привести опасные факторы.