

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

---

Институт *социально-гуманитарных технологий*

Направление подготовки *Материаловедение и технологии материалов*

Кафедра *Материаловедение в машиностроении*

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Исследование структуры и свойств порошковой стали 20Х13, полученной методом инъекционного формирования

УДК 621.762: 669.146: 621.983

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б30	Хань Лян		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры материаловедения в машиностроении	Ваулина О.Ю.	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Попова С.Н.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Штейнле А.В.	Кандидат медицинских наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Материаловедение в машиностроении	Панин С.В.	Д.т.н., профессор		

Томск – 2017 г.

*Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (бакалавриат)*

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

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

---

Институт *социально-гуманитарных технологий*  
Направление подготовки *Материаловедение и технологии материалов*  
Кафедра *Материаловедение в машиностроении*

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Панин С. В.

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

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б30	Хань Лян

Тема работы:

Исследование структуры и свойств порошковой стали 20X13, полученной методом инжекционного формирования

Утверждена приказом директора ИСГТ	Приказ № <u>2048/с</u> от <u>23.03.2017</u>
------------------------------------	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Образец стали 20X13, полученной методом инжекционного формирования из промышленного порошка 30X13.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Аналитический обзор литературы по PIM-технологиям. 2. Материалы и методики исследования: подготовка поверхности образца, металлографический и рентгеноструктурный анализ, оценка пористости,

	измерение микротвёрдости. 3. Проведение исследований и анализ полученных экспериментальных данных. 4. Обсуждение результатов выполненной работы. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность 7. Заключение по работе
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация ВКР в Power Point
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Попова С.Н., Доцент кафедры менеджмента
<i>Социальная ответственность</i>	Штейнле А. В., Доцент кафедры Экологии и безопасности жизнедеятельности
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Реферат(на русском языке и на английском языке ) Введение РИМ-технологии Материалы и методы исследования Исследование структуры и свойств порошковой стали 20X13 Финансовый менеджмент, ресурс эффективностью и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение Список использованной литературы	

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры материаловедения в машиностроении	Ваулина О.Ю.	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б30	Хань Лян		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 74 страницы, 14 рисунки, 24 таблицы, 19 источников литературы.

Ключевые слова: РИМ-технологии, формование, спекание, пористость, размер зерен и пор, микротвёрдость, металлографический и фазовый анализ.

Объектом исследования является стальной образец 20Х13, полученный методом инъекционного формования.

Цель работы – Исследовать структуры и свойств порошковой стали 20Х13, полученной методом инъекционного формования.

В работе проводили подготовку поверхности образца (шлифовка, полировка, травление), оценку пористости, металлографический и рентгеноструктурный анализ, а также была измерена микротвердость. Основные характеристики спеченной стали 20Х13: пористость – 8%; микротвердость – 1040 МПа; структура - ферритная.

Результаты работы доложены на V Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Высокие технологии в современной науке и технике» (ВТСНТ-2016), состоявшейся 16-17 апреля 2016 г, г. Томск.

Результаты исследования будут использоваться для разработки составов фидстоков для инъекционного формования.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) размещена в электронно-библиотечной системе (ЭБС) ТПУ.

## **Abstract**

Final qualifying work is presented with 74 pages, 14 pictures, 24 tables, 19 literature sources.

Key words: PIM-technologies, molding, sintering, porosity, grain size and pores, microhardness, metallographic and phase analysis.

Research purpose: Study the structure and the properties of the products obtained by the injection method from powder steel 20X13.

In the work, conducted preparation of the sample surface (grinding, polishing and etching) , evaluation of porosity, metallographic and X-ray analysis, even micro-hardness was measured. The main characteristics of the sintered steel 20X13, porosity - 10%; micro-hardness – 104 kg /cm<sup>3</sup>; structure -ferrite.

The results of the work are reported at the V International Scientific and Technical Conference of young scientists, graduate students and students with international participation "High Technologies in Modern Science and Technology" (WTSNT-2016), held on April 16-17, 2016 in Tomsk.

The results of the study will be used to develop feedstock formulations for injection molding.

Graduation qualification work (WRC) is placed in the electronic-library system (EBS) of TPU.

## Содержание

Введение.....	9
1. PIM-технологии	
1.1    Понятие и история.....	10
1.2    Процесс MIM-технологии.....	11
1.2.1    Требования к связующему.....	13
1.2.2    Требования к порошкам.....	13
1.2.3    Преимущества PIM-технология.....	14
1.2.4    Недостатки PIM-технология.....	14
2. Материалы и методы исследования	
2.1    Материал исследования.....	15
2.2    Методики исследования.....	16
2.2.1    Подготовка порошковой смеси для изготовления образцов.....	18
2.2.2    Подготовка поверхности образцов для металлографических исследований.....	18
2.2.3    Измерение микротвердости.....	19
2.2.4    Металлографические исследования.....	21
2.2.5    Рентгеноструктурный анализ.....	22
3. Исследование структуры и свойств порошковой стали 20X13	
3.1    Определение пористости.....	24
3.2    Металлографические исследования стали 20X13.....	29
3.3    Рентгенофазовый анализ спеченных образцов 20X13.....	32
3.4    Определение микротвердости.....	35
3.5    Результаты проведенного исследования.....	36
4. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	
4.1    Структура работы в рамках научного исследования.....	39
4.2    Потенциальные потребители результатов исследования.....	40
4.3    Анализ конкурентных технических решений.....	40
4.4    Оценка готовности проекта коммерциализация.....	42

4.5	SWOT-анализ.....	44
4.6	Разработка трафика проведения научного исследования.....	46
4.7	Бюджет научно-исследовательской-работы (НИР).....	49
4.8	Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности исследования.....	52
<b>5. Социальная ответственность</b>		
5.1	Техногенная безопасность.....	58
5.1.1	Анализ вредных факторов производственной сферы.....	58
5.1.2	Анализ опасных факторов производственной сферы.....	61
5.2.	Региональная безопасность.....	63
5.2.1	Защита атмосферы.....	63
5.2.2	Защита гидросферы.....	63
5.2.1	Защита литосферы.....	63
5.3	Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	64
5.4	Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	67
5.5	Безопасность и чрезвычайных ситуациях.....	68
Заключение.....		69
Список использованной литературы.....		73

## **Введение**

Целью работы является – исследование структуры и свойств деталей (из промышленного порошка 30X13), полученных методом PIM-технологий.

PIM-технология это высокотехнологичный процесс формования сложных изделия, эти мелкодисперсные смеси полимерного связующего с металлическими или керамическими наполнителями, которые используют во всех отраслях промышленности. Она включает в себя как фундаментальные, так и множество смежных наук, таких как физика твердого тела, физическая химия, материаловедение и другие. PIM-технология позволяет получать изделия, которые невозможно получить другими методами, например, получение композитов из материалов с различными температурами плавления.

Процесс получение изделия методом PIM-технология включает в себя такие этапы, это смешивание металлических порошков и термопластов со связкой, это инжекционное формование, т.е. литье под давлением, это удаление связки и спекание.

У PIM-технология имеется ряд положительных качеств, благодаря которым она активно развивается, к некоторым из них можно отнести:

- Уменьшение количества дорогостоящего материала
- Уменьшение затрат энергии при получении изделия
- Возможность получения изделия с уникальными свойствами
- Увеличение экономических, технических и эксплуатационных свойств готового изделия
- Возможность получения изделий больших форм

Для использования PIM-технология с преимуществами, относят к этим недостаткам:

- Стоимость высокая при получении металлических порошков и термопластов со связкой.
- Спекание в защитной атмосфере увеличивает стоимость готового изделия
- Необходимость использования исходных чистых порошков.

## **1 РИМ-технология**

### **1.1 Понятие и история**

РИМ-технология это высокотехнологичный процесс формования сложных изделий, эти мелкодисперсные смеси полимерного связующего с металлическими или керамическими наполнителями, которые используют во всех отраслях промышленности. РИМ-технология можно делится на металлические технологии (МИМ-технология - Metal Injection Molding) и керамические технологии (СИМ-технология - Ceramic Injection Molding). Процесс порошковой металлургии используется чтобы получить изготовления деталей простой или сложной формы из широкого разнообразие металлов и сплавов в требуемой форме путем репликации полости матрицы путем литья под давлением.

1. МИМ технология (Metal Ingection Moulding) это один способ чтобы получить производству металлических деталей в сложные профили достаточно высокими требованиями по точности. Детали, которые изготавливаются по технологии МИМ, как правило, не очень большие – до 150 грамм. Форма и сложность деталей зависит от возможности изготовления соответствующей оснастки (пресс-формы).

Мелкодисперсные металлические порошки железа и легирующих элементов фракцией от 1 до 20 мкм, смешанные с термопластичным связующим (пластификатором) и специальными смазками это сырье, которое для изготовления деталей методом МИМ-технологии, такая композиция называется фидсток.

2. СИМ-технология является литьем керамических порошков под давлением, одно из специализированных направлений РИМ технологии.

РИМ-технология появилась недавно с середины 1980 годов, а бурный рост потребления РИМ-деталей появится на конец 1990 годов. Технология инжекционного формования смесей расплавов полимеров которые с металлическими порошками (МИМ-технология - Metal Injection Molding) это перспективная порошковая технология, это технология уже успешно

начинаясь использовать с 1980 годов в этих странах (Германия, Италия, Япония, Малайзия, США, Австрия, Китай). [1]

## **1.2 Процесс ММ-технологии**

Основы этапов технологического процесса производства метода ММ-технологии включает: получение порошков, изготовление фидстока, формование порошков, спекание, дополнительная обработка.

Процесс изготовления деталей по технологии ММ-технология можно разделить на четыре этапа:

Первый этап — это смешивание металлических порошков и термопластов со связкой. Это смеси металлический порошок с полимерной связью, это приготовление гранулята. Связующие вещества для получения исходного сырья, инъекции порошковых или связующих смесей в полости пресс-формы.

Второй этап — это инжекционное формование, т.е. литье под давлением. Процесс порошковый материал с технологической связки, формования литья под давлением. Присутствующее в составе материала связующее плавится внутри цилиндра литьевой машины, материал дополнительно перемешивается шнеком при перемещении вдоль цилиндра и дозируется. Затем расплав материала под высоким давлением подается в полость пресс-формы, установленной в узле смыкания машины. Пока материал затвердевает внутри пресс-формы, осуществляется набор следующей дозы расплава материала.

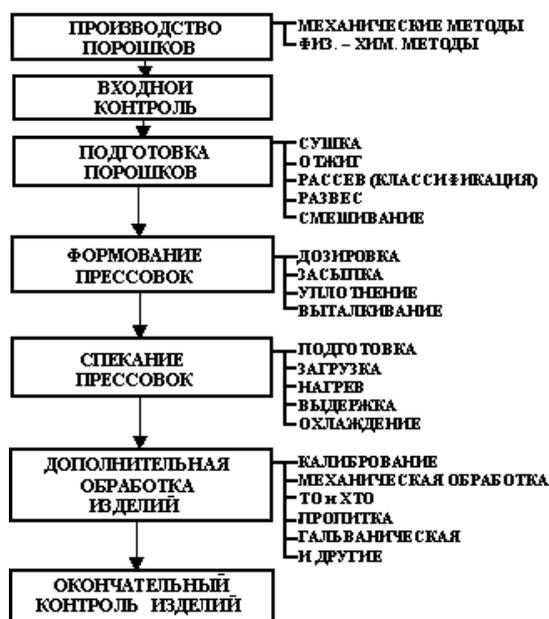
Третий этап - это удаление связки. Связку удаляют для уплотнения металлического частицы порошка путем диффузии в твердом состоянии. Полученные образцы обладают надежными физическими и механическими свойствами. Связку удаляют в муфельной печи, иногда в засыпке, чтобы избежать окисления порошка и для адсорбции расплавленной связки.

Четвертый этап - спекание. Спекание проводят в высокотемпературной вакуумной печи с рабочими температурами до 1650° С, атмосфера может быть H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar, воздух, вакуум. Для прочного сцепления друг с другом отдельных

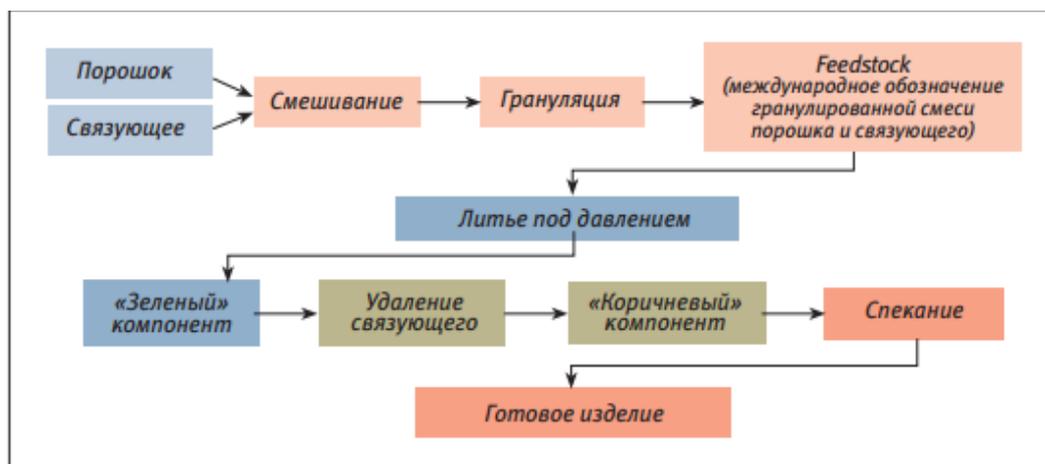
частиц порошка «коричневая» заготовка подвергается спеканию при температуре до 2000 °С. Подробнее схема и этапы процесса на рисунке 1.1 .

МІМ-технология является более экономичной, гибкой и экологически безопасной технологией в сравнении с изготовлением металлических деталей путем литья из расплавленного металла иликовки.

Для МІМ-технологии применяют металлические порошки с размером частиц, как правило, 0,5 ~ 20 мкм.



а



б

Рисунок 1.1 - Этапы процесса: а – место РІМ-технологии в производственном цикле; б – РІМ-технологии

### **1.2.1 Требования к связующему**

Органическое связующее вещество представляет собой смесь органических веществ, играет роль потока при впрыскивании композиции в форму. Требования к связующему:

- связующее должно иметь достаточную вязкость для смачивания и движения порошинок;
- связка не должна реагировать с порошком;
- Технологичность. Низкие затраты на производство, безопасность, загрязнение окружающей среды.

### **1.2.2 Требования к порошкам**

В практике металлические порошки характеризуются по следующим свойствам: физическим; химическим; технологическим [2]:

- Химические свойства. Под химическими свойствами металлических порошков понимается: содержание основного металла или основных компонентов, входящих в состав легированного порошка, содержание примесей, различных механических загрязнений и газов. Потерю массы при прокаливании в водороде определяют по ГОСТ 18897-73, содержание воды - по ГОСТ 18317-73.[3]

- Физические свойства. В характеристики физических свойств порошков включаются: величина удельной поверхности частиц пикнометрическая плотность, форма и размер частиц порошка гранулометрический состав, состояние кристаллической структуры металла порошка.

- Технологические свойства. Насыпная плотность порошков - это объемная характеристика, представляющая собой массу объема порошка при свободной насыпке. В связи с большой значимостью насыпной плотности (при конструировании пресс-форм, назначении автоматического режима прессования и т. д.) она указывается в технических условиях на металлические порошки, а метод ее определения стандартизирован гост 19440-74 и СТ СЭВ 2283-80.[4]

Прессуемость – способность порошка образовывать брикет заданной формы с минимально допустимой плотностью под воздействием заданного давления.

### **1.2.3 Преимущества PIM-технология**

Одно из преимуществ PIM-технологии это возможность изготовления детали из огнеупорного материала, сложные сплавы (например, медь, вольфрам, железо, графит) с заданной пористостью.

Следующее преимущества - это изготовление деталей различного состава, из разных композиций металлических и металлических с неметаллическими составляющими (медь - графит, железо, алюминий, пластмасса - оксид алюминия и тому подобное).

При PIM-технологии используются чистые порошки, соответственно в готовом изделии не будут присутствовать вредные примеси, которые могут встречаться в литом изделии. Также можно избежать неоднородности по химическому составу. При данной технологии можно контролировать формы и размер, взаимное расположение отдельных частиц, структурных составляющих. В результате характеристики спечённого порошкового материала могут быть гораздо выше, чем в литом. [5]

### **1.2.4 Недостатки PIM-технология**

Наряду с большим количеством достоинств в PIM-технологии недостатки все же имеются:

- металлические порошки имеют высокую стоимость,
- дефицит чистого порошка;
- спекание необходимо проводить в защитной атмосфере, что тоже удорожает процесс;
- сложность получения непористых металлов и сплавов;
- часто сталь обезуглероживается;
- ограниченный размер (длина не более 150 мм) и массы (до 100 - 150 г) детали; толщина стенки изделия не должна превышать 15 мм.[6]

## 2. Материалы и методы исследования

### 2.1 Материал исследования

В работе исследовали порошковую сталь 20X13, полученную из промышленного порошка 30X13.

Сталь 30X13 класс это коррозионно-стойкая жаропрочная сталь, удельный вес: 7670 кг/м<sup>3</sup>, стандартная термообработка: отпуск 740 - 800оС , температура началаковки - 1250°С, конца - 850°С. Твердость по Бринеллю: НВ 10 -1 = 131 - 207 МПа.

Температура критических точек: Ас1 = 810°С, Ас3(Асm) = 860°С, Ar3(Arcm) = 660°С, Ar1 = 710°С, Mn = 240°С.

Обрабатываемость резанием: в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 241 и  $\sigma_b = 730$  МПа, К<sub>υ</sub> тв. спл = 0,7, К<sub>υ</sub> б.ст = 0,45. Данная сталь не применяется для сварных конструкций. Жаростойкость материала стойкая до температуры 600 - 650°С. Химический состав стали 30X13 показывается на таблице 2.1.[1]

Таблица 2.1 – Химический состав стали 30X13, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu	Fe
0,26-0,35	<0,8	<0,8	< 0,6	< 0,025	< 0,03	12-14	<0,2	<0,3	~ 83

Стали 20X13 класс это коррозионно-стойкая жаропрочная сталь, удельный вес: 7670 кг/м<sup>3</sup>, стандартна термообработка: отпуск 740 – 800°С , температура началаковки - 1250°С, конца 850°С. Твердость по Бринеллю: НВ 10 -1 = 126-197 МПа.

Температура критических точек: Ас1 = 820°С, Ас3(Асm) = 950°С, Ar1 = 780°С.

Обрабатываемость резанием: в закаленном и отпущенном состоянии при НВ 241 и  $\sigma_b = 730$  МПа, К<sub>υ</sub> тв. спл = 0,7, К<sub>υ</sub> б.ст = 0,45. Данная сталь ограничено свариваемая. Склонна к отпускной хрупкости. Химический состав стали 20X13 приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Химический состав стали 20X13, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Fe
0,16-0,25	До 0,6	До 0,6	До 0,6	< 0,025	<0,03	12-14	~84

Чтобы получить из промышленного порошка 30X13 порошковую сталь 20X13 необходимо довести соотношение основных компонентов до соотношения этих компонентов в стали 20X13. Для этого к порошку стали 20X13 добавляем порошок железа и хрома: 70,70%(30X13) + 25,25%(FeC) + 4,04%(Cr), полученный состав приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Химический состав порошковой стали 20X13, %

30X13	FeC	Cr
70.70	25.25	4.05

## 2.2 Методики исследования

### 2.2.1 Подготовка порошковой смеси для изготовления образцов

Сначала *подготавливаем порошковую композицию* для изготовления порошковой стали 20X13. Для этого к промышленному порошку 30X13 добавляем карбонильное железо и порошок хрома, таблица 2.3.

*Смешивание* в течение 12 часов производится на смесителе типа «пьяная бочка», рисунок 2.1. Затем добавляем 5% активатора (стеариновой кислоты) и производят смешивание еще 12 часов. Смешивание проводят для получения однородной механической смеси металлических порошков.

Смешивание проводили на Виброприводе ВП-С/220 (рисунок 2.1) с системой управления частотой и таймером, в течение 24 часов. Достоинства вибропривода:

- обеспечение хорошего смешения компонентов внутри чаши с помощью сложного пространственного движения;
- смешивание компонентов происходит без разрушения или истирания порошинок (отсутствие рабочего тела внутри чаши);

- возможность задавать время работы и время паузы (пауза может отсутствовать);[7]

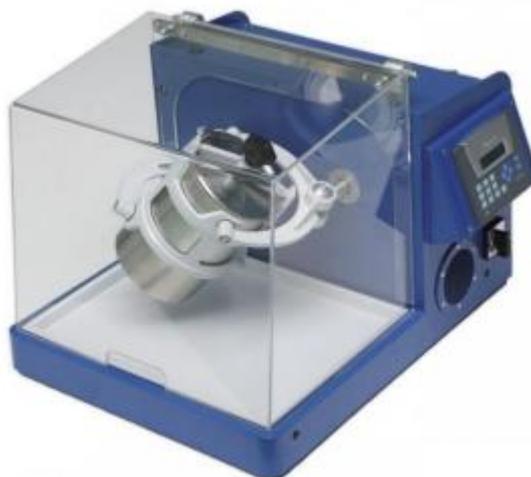


Рисунок 2.1– Смеситель вибропривода ВП-С/220

- низкий уровень шума.

Конструкция смесителя позволяет вручную проворачивать корзину для извлечения и установки чаши.

Далее к порошковой смеси *добавляют связующее* для улучшения пластичности и способности к формованию. В нашем случае пластификатором служит смесь (парафина с воском). Связки добавляют 3,% от общей массы. Масса хорошо перемешивается и гранулируется, получается гранулянт или фидсток.

Фидсток загружают в инъекционную машину и впрыскивают в форму под давлением, *формируя изделие*. Получаем образец нужной формы.

Формованный образец помещают в муфельную печь, где проводят *выжигание связки* при температуре 500°С в течение 1 часа. Иногда этот процесс проводят в засыпке, чтобы снизить окисление поверхности и для адсорбции расплавленного связующего. Получается так называемая «зеленная деталь».

После выжигания связки проводят *спекание* «зеленой детали». После спекания происходит усадка изделия, повышающая плотность материала, структура получается более однородной.

Спекание – это физико-химический высокотемпературный процесс образования компактного кристаллического материала из заготовки. Образцы спекаются в вакуумной печи при температуре 1380 °С в течение 1 часа.

### **2.2.2 Подготовка поверхности образцов для металлографических исследований**

Поверхность образцов готовили в несколько этапов: шлифовка, полировка и травление [8, 9].

*Шлифование.* Под наждачный лист нужно положить шлифованное стекло. Шлифование образца сначала проводят на самой грубой наждачной бумаге, с каждым шагом переходят на наждачную бумагу с более мелкой зернистостью. Шлифование проводят возвратным прямолинейным движением: перемещаем образец от себя со слабым нажимом (рабочий ход) и к себе без усилия (холостой ход), не отрывая обрабатываемую поверхность от абразивной бумаги. Каждый раз образец механически очищают от абразива и поворачивают на 90° к направлению перемещения его на предыдущей бумаге при переходе с одного номера абразивной бумаги к другому. Заканчивать шлифование следует после полного удаления рисок (царапин), созданных на предыдущей бумаге.

*Полирование.* После завершения шлифования поверхность следует отполировать до зеркального блеска с помощью сукна и пасты Гои. При полировании следует держать образец перпендикулярно, чтобы избежать заломов. Полирование считается законченным, когда поверхность имеет зеркальный блеск.

Последний этап подготовки поверхности это *травление*. На подготовленную поверхность образца наносят травитель с помощью ватной палочки и засекают время. Травить рекомендуют наносить лишь на часть

поверхности образца, чтобы в случае перетравки не пришлось заново готовить образец. После травления поверхность образца протирают спиртом.

### 2.2.3 Измерение микротвердости

Определяем микротвердость с помощью микротвердомера ПМТ-3, рисунок 2.2 с нагрузкой  $P=100\text{г}$  [13 - 15]. Принцип работы на микротвердомере:

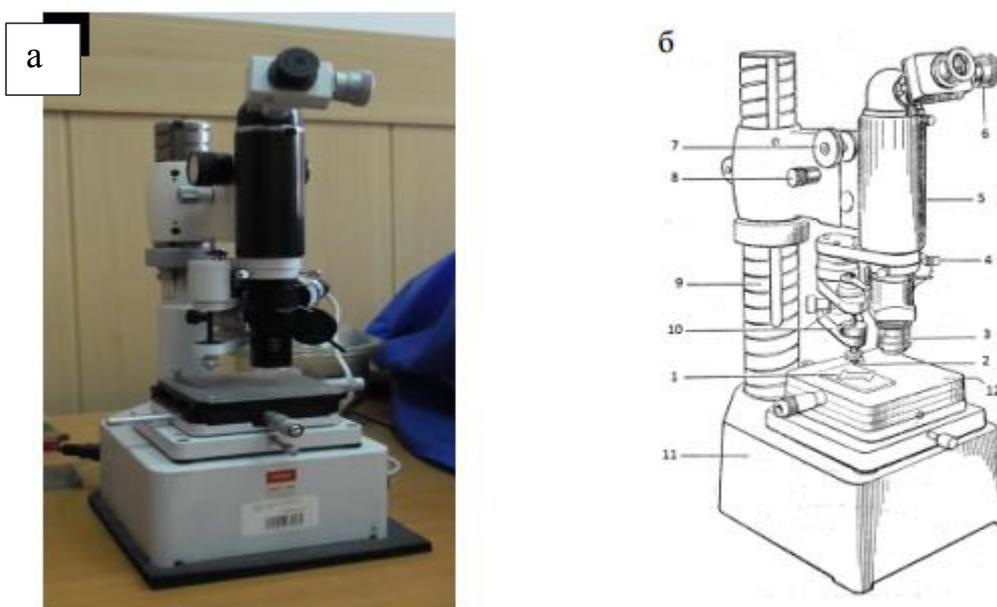


Рисунок 2.2 – Микротвердомер ПМТ-3 : а) установка; б) схема : 1 – образец, 2 – алмазная пирамида, 3 – объектив, 4 – центрировка, 5 – тубус, 6 – окулярный микрометр, 7 – макроподача, 8 – микроподача, 9 – стойка, 10 – механическая нагрузка, 11 – станица, 12 – столик

1. Поверхность испытания должна быть плоской, чистой, параллельной предметному столику, закрепим при помощи прессика.

2. Поместим на штوك груз.

3. Выберем место на предмете для нанесения отпечатка. Расстояние между центрами соседних отпечатков либо от центра отпечатка до края предмета должно быть не менее трех длин диагоналей отпечатка.

4. За рукоятку плавно поворачиваем предметный столик против часовой стрелки до упора, не допуская толчков.

5. Медленным поворотом рукоятки против часовой стрелки опустите шток так, чтобы алмазная пирамидка коснулась поверхности исследуемого образца. Рукоятку поворачивать на 180°, выдерживаем в течение 10-15 сек. Возвращаем рукоятку в исходное положение.

6. Измерим диагональ отпечатка при помощи окулярного микрометра. Винтами и столика и вращением барабанчика окулярного микрометра подведите центр перекрестия к одному краю диагонали отпечатка, измеряя диагональ отпечатка, рисунок 2.3.

7. Отпечатки всегда геометрически подобны. Это позволяет строго сопоставить результаты измерения твердости, полученные при разных нагрузках. С помощью таблицы [10] и формулы вычисляем микротвердость:

Твердость по методу Виккерса определяется по формуле 2.1

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \alpha/2}{d^2} \approx 1,8544 \frac{P}{d^2} \quad (2.1),$$

где P – нагрузка на индентор,

F – площадь отпечатка,

$\alpha$  – угол между гранями пирамидки,

d – диагональ отпечатка.

Цилиндр показывается на рисунке 2.3.

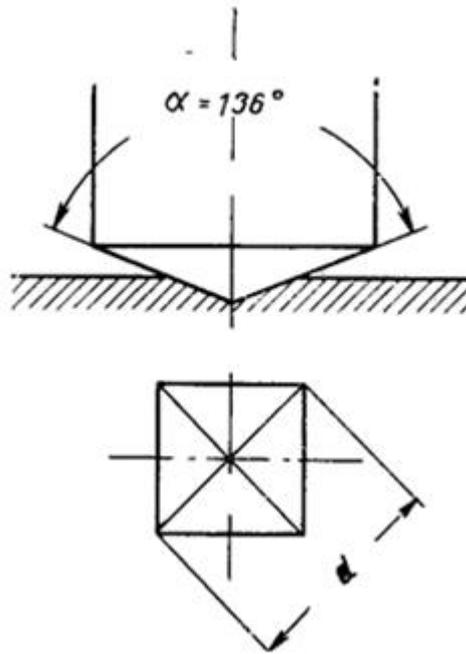


Рисунок 2.3 – Отпечаток микротвердомера ПМТ-3

#### 2.2.4 Металлографические исследования

В работе был использован металлографический лабораторный инвертированный микроскоп ЛабоМет – И (рисунок 2.4). Он предназначен для наблюдения и исследования изображения структуры металлов, сплавов и других непрозрачных объектов (в виде шлифов и срезов) при прямом освещении в отражённом свете в светлом поле [11]. Предусмотрена возможность расширения технических характеристик микроскопа за счет свободной комплектации узлами и принадлежностями, такими, как объективы, окуляры, визуальные насадки, устройства контрастирования, светофильтры и др.



Рисунок 2.4 – Металлографический микроскоп ЛабоМет

### 2.2.5 Рентгеноструктурный анализ

*Получение и регистрация рентгеновских лучей.* Устройства получения рентгеновских лучей. Рентгеновская трубка, аппарат и камера показаны на рисунке 2.5 и состоит из:

- 1 - металлический анодный стакан (обычно заземляется);
- 2 – окна из бериллия для выхода рентгеновского излучения;
- 3 – термоэмиссионный катод;
- 4 – стеклянная колба, изолирующая анодную часть трубки от катодной;
- 5 – выводы катода, к которым подводится напряжение накала, а также высокое (относительно анода) напряжение;

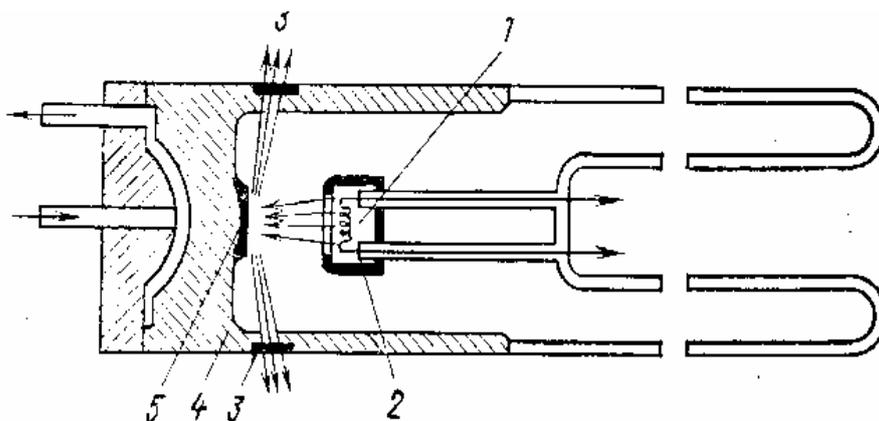


Рисунок.2.5 Схемы устройства рентгеновских трубок

- 6 – электростатическая система фокусировки электронов;
- 7 – ввод (антикатод);

8 – патрубки для ввода и вывода проточной воды, охлаждающей вводный стакан.

*Метод регистрации рентгеновских лучей.* Для регистрации рентгеновского излучения пригодны метод, ионизационный с помощью ионизационной камеры, пропорционального или сцинтилляционного счетчика. Схемы счетчика приведен на рисунок 2.6.

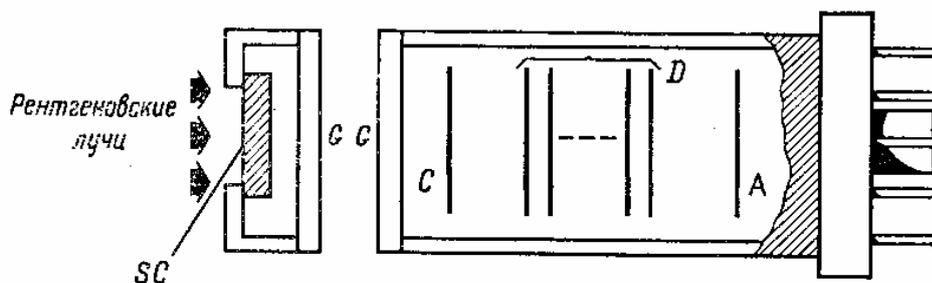


Рисунок 2.6 - Сцинтилляционный счетчик

Для питания рентгеновских трубок и регистрации возникающего излучения используются рентгеновские аппараты, в состав которых входят:

- источник высокого напряжения;
- источник тока накала (стабильного);
- гониометр (для измерения углов дифракции);
- пересчетный прибор со счетчиком излучения или фоторегистратор;
- записывающее устройство.

*Определение типа и параметра решётки:*

1. По формуле Вульфа – Брэгга (2.2) находим межплоскостные расстояния  $d$ :  $2d \sin\theta = n\lambda$  (2.2)

2. Получаем ряд соотношения  $\sin^2(\theta_{i+1}/\theta_i)$  и сравнить его с рядом соотношений суммы квадратов ОЦК структуры  $N = h^2 + k^2 + l^2$ , следовательно, что соотношения совпадают и образец имеет ОЦК структуру.

3. Зная структуру, определяется параметр решётки по известным индексам  $hkl$  и межплоскостному расстоянию  $d$ . 4. Строим график зависимости параметра решётки от  $\cos^2\theta$  методом наименьших квадратов линейной модели.

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б30	Хань Лян

Институт	Социально-гуманитарных технологий	Кафедра	Материаловедения в машиностроении
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p>	<p>Материально-технические ресурсы: Воск, бумага, полипропилен, абразивная бумага, кислота (7500р). Затраты на оборудование: компьютер (40000), оптический микроскоп (150000р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (1624р); информационные ресурсы: научные журналы, монографии, учебники и статьи по теме исследований, (4000р); человеческие ресурсы: студент (инженер-дипломник), научный руководитель (2 человека).</p>
<p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p>	<p>Научно-исследовательская работа ранее не проводилась, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют</p>
<p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>Согласно п.3 п.п.16 ст. 149 НК РФ данная НИР не подлежит налогообложению. На основании п. 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году вводится пониженная ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – (20 – 22) % от фонда оплаты труда.</p>

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

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p>	<p>Данная научно-исследовательская работа финансируется за счет средств государственного бюджета и по характеру получаемых результатов относится к поисковым работам. Результаты данных работ, как правило, не заканчиваются созданием и промышленным внедрением новых видов материалов и средств изготовления продукции. Они лишь выясняют технические,</p>
--	--

	организационные и экономические возможности их получения. При положительных результатах выводы поисковых работ могут быть использованы в научно-исследовательских работах прикладного характера. По поисковым НИР, которые не заканчиваются достижением положительных результатов, определяется лишь сумма производственных затрат и капитальных вложений на их выполнение.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Согласно расчетам бюджет затрат на проведение НИР составляет 277715., включая затраты на заработную плату: руководитель 116781р , инженер 75264 р. страховые отчисления руководитель (35761р.) инженер(23048), электроэнергию (1620р.), и прочие накладные расходы (368 р.).
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	По результатам НИР были выполнены поставленные задачи. Однако, поскольку данная НИР относится к исследовательским работам, то оценивать её эффективность преждевременно. Эффективность может быть определена только после проведения прикладных исследований, результатом которых будет получение конечного продукта.

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

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

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Попова С.Н.	К. ф. н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б30	Хань Лян		

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Структура работы в рамках научного исследования

Данную НИР можно разделить на следующие этапы (Таблица 4.1):

- выдача задания
- выбор направления исследований
- теоретические и экспериментальные исследования
- обсуждение результатов
- составление отчета
- защита отчета

Работу выполняли 2 человека: научный руководитель (науч. рук.), инженер-дипломник (инж.).

Таблица 4.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выдача задания	1	Составление и утверждение технического задания	науч. Рук
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	науч. рук., инж.
	3	Выбор направления исследований	науч. рук.
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Разработка связующих с разным соотношением полипропилена и пафаринового воска	Инж.
	5	Получение и спекание фидстоков	науч.рук.
	6	Металлографический анализ полученных образцов. Определение механических свойств (твердость)	Инж.
Обсуждение результатов	7	Обработка полученных результатов	Инж.
	8	Научное обоснование результатов и выводы	науч. рук, инж.
Составление отчета	9	Разработка плана по оформлению НИР	науч. рук, инж.
	10	Оформление отчета НИР	Инж.
Защита отчета	11	Защита выпускной квалификационной работы	Инж.

## 4.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Таблица 4.2 - Сегментация рынка производственно-технического назначения

		Военная промышленность	Приборостроение	Автомобилестроение
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



Фирма А

Фирма Б

## 4.3 Анализ конкурентных технических решений

Использование механической активации позволяет увеличить химическую активность вещества за счёт увеличения его внутренней энергии. Подобный процесс возможно осуществить в устройствах, реализующих различные механизмы силового воздействия на порошковую смесь; в результате приобретенная механическая энергия накапливается в виде структурных дефектов кристаллической решетки. Запасенная энергия, полученная под воздействием механической активации, высвобождается при проведении синтеза с повышением температуры. Наибольшей эффективностью из всех активаторов обладают устройства планетарного типа, позволяющие достигнуть максимальных значений запасенной энергии в системе. Однако широкое распространение в технологии порошковой металлургии также получили барабанные и вибрационные мельницы, которые и будут рассмотрены для анализа конкурентных технических решений. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности

научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.[12]

Таблица 4.3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
1	2	3	4	6	7
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Повышение производительности труда	0,4	5	3	2	1.2
2. Удобство в получение деталей	0,22	4	1	0.88	0,22
3. Энергоэкономичность	0,2	2	1	0,4	0,2
4. Надежность	0,52	4	4	2.08	2.08
5. Безопасность	0,52	3	3	1.56	1.56
6. Потребность в ресурсах памяти	0,02	1	1	0,02	0,02
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,02	2	1	0,04	0,02
8. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	5	3	0,1	0,06
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>7.08</b>	<b>5.36</b>
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Конкурентоспособность	0,4	5	3	2	1.2
2. Уровень проникновения на рынок	0,2	5	5	1	1
3. Цена	0,05	5	3	0,25	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	2	1	0,4
5. Финансирование научной разработки	0,1	2	1	0,2	0,1
6. Наличие сертификации разработки	0,05	3	3	0,15	0,15
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>7.8</b>	<b>3</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B \cdot B_j \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го по Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 3.3, в которой  $B_{к1}$  и  $B_{к2}$  – конкурентно способные технические решения, механическая активация в барабанной и вибрационной мельнице соответственно.

казателя.

#### **4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации**

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле[13]:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (2)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, значение  $B_{\text{сум}}$  от 59 до 45 – то перспективность выше среднего.

По результатам оценки делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направления ее дальнейшего улучшения, об уровне компетенций недостающих разработчику и возможности привлечения требуемых специалистов в команду проекта.

Таблица 4.4 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	5
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	50	57

## 4.5 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.[14]

### Первый этап

Таблица 4.5 – Матрица SWOT

<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>          С1. Экологичность технологии          С2. Экономичность и энергоэффективность          С3. Наличие бюджетного финансирования          С4. Низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями          С5. Наличие сильного руководителя</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>          Сл1 Недостаточное количество готовых образцов исследуемого материала          Сл2. Несовершенство технологии          Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала</p>
<p><b>Возможности:</b>          В1. Возможность использования в разных отраслях          В2. Повышение конкурентоспособности готового изделия          В3. Уменьшение затрат на исходный материал</p>	<p><b>Угрозы:</b>          У1. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.          У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.          У3. Сложность получения исходного материала</p>

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз основывается на результатах анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

### Второй этап

Таблица 4.6- Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны						
		C1	C2	C3	C4	C5

Возможности проекта	B1	+	+	0	+	-
	B2	+	+	+	+	0
	B3	0	+	+	+	0

### Третий этап

Таблица 4.7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экологичность технологии С2. Энергоэффективность С3. Наличие бюджетного финансирования С4. Низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С5. Наличие сильного руководителя	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Недостаточное количество готовых образцов исследуемого материала Сл2. Несовершенство технологии Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала
<b>Возможности:</b> В1. Возможность использования в разных отраслях В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Возможность выхода на внешний рынок.	1. Возможность внедрять технологию за счёт экологичности в разные отрасли промышленности 2. Энергоэффективность является основным фактором использования технологии в разных отраслях 3. Низкая стоимость производства позволяет конкурировать с другими технологиями 4. Сильный руководитель способен уменьшить затраты на исходный материал повысив КПД технологии	1. Использование в разных отраслях поможет расширить компанию по производству исходного материала, вследствие чего уменьшится срок поставок 2. Появление дополнительного спроса увеличивает количество изготавливаемой продукции 3. Возможность выхода на внешний рынок
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новую технологию У2. Противодействие со стороны конкурентов: снижение цен, разработка новой конструкции. У3. Сложность получения исходного материала	1. Наличие долгосрочных контрактов, могут решить проблему отсутствия спроса 2. Низкая стоимость готовой продукции может решить проблему с конкуренцией 3. Наличие сильного руководителя упрощает получение исходного материала	1. Использование в разных отраслях поможет расширить компанию по производству исходного материала, вследствие чего уменьшится срок поставок 2. Появление дополнительного спроса увеличивает количество изготавливаемой продукции 3. Возможность выхода на внешний рынок

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта. Итак, определенные в ходе анализа сильные и слабые стороны производства дают возможность определить те параметры, которые являются выигрышными, их нужно развивать и поддерживать на необходимом уровне, и параметры,

улучшение которых может оптимизировать процессы совершенствования управления гостиницей и свести к минимуму возможность аспекты ухудшения производства.

#### 4.6 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.[15]

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой :

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

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.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 54 - 14} = 1.22 ,$$

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

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году; 54

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.14

Временные показатели проведения данного научного исследования представлены в таблице 3.2.

Условные обозначения: научный руководитель (Ваулина О.Ю.), инженер-дипломник (Хань Л.)

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожі}$ , чел-дни					
	Ваулина О.Ю.	Хань Л.	Ваулина О.Ю.	Хань Л.	Ваулина О.Ю.	Хань Л.	Ваулина О.Ю.	Хань Л.	Ваулина О.Ю.	Хань Л.
1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
2	-	4	-	5	-	4	-	4	-	6
3	-	4	-	5	-	4	-	4	-	6
4	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
5	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
6	-	3	-	5	-	5	-	5	-	7
7	1	-	2	-	1	-	1	-	2	-
8	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
9	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
10	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2
11	-	6	-	7	-	8	-	8	-	12
12	-	6	-	7	-	8	-	8	-	12
13	3	3	7	7	5	5	5	5	7	7

Таблица 4.9 – Календарный план-график



- Руководитель



- Дипломник

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>к</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				Февр.		март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение темы и задания ВКР	Р, д	2 2															
2	Подбор и изучение теории по порошковой технологии.	Дипломник	6															
3	Изучение материала по технологии инжекционного формования.	Дипломник	6															
4	Выбор направления исследований	Р, д	2 2															
5	Календарное планирование работ по теме	Р, д	2 2															
6	Проведение металлографического анализа и изделия.	Дипломник	7															
7	Проведение рентгеновского анализа изделия.	Руководитель	2															
8	Проведение теоретических расчетов.	Дипломник	2															
9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими	Р, д.	2 2															
10	Измерение микротвердости изделия.	Дипломник	2															
11	Выполнение отчета	Дипломник	12															
12	Формование ВКР	Дипломник	12															
13	Проверка ВКР	Р, д	7 7															

#### **4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. [16]

*Интегральный показатель финансовой эффективности* научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

*Интегральный финансовый показатель* разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{277715}{402485} = 0.69 \qquad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{402485}{402485} = 1$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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

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

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл.4.14).

Таблица 4.10- Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4	2
3. Помехоустойчивость	0,1	5	3
4. Энергосбережение	0,05	2	1
5. Надежность	0,1	5	4
6. Материалоемкость	0,05	5	4
ИТОГО	1		

$$I_{p-ucn1} = 5*0,5 + 4*0,2 + 5*0,1 + 2*0,05 + 5*0,1 + 5*0,05 = 4.65;$$

$$I_{p-ucn2} = 3*0,5 + 2*0,2 + 3*0,1 + 1*0,05 + 4*0,1 + 4*0,05 = 2.85;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{ucn.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле[16]:

$$I_{ucn.1} = \frac{I_{p-ucn1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{ucn.2} = \frac{I_{p-ucn2}}{I_{финр.2}}$$

$$I_{ucn.1} = \frac{4.65}{0.69} = 6.73, \quad I_{ucn.2} = \frac{2.85}{1} = 2.85 \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{ucn.1}}{I_{ucn.2}} \quad (18)$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{6.73}{2.85} = 2.36$$

Таблица 4.11-Сравнительная эффективность разработки

/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
	Интегральный финансовый показатель разработки	0.67	1
	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.65	2.85
	Интегральный показатель эффективности	6.73	2.85
	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2.36	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

#### 4.8 Бюджет научно-исследовательской работы (НИР)

При планировании бюджета НИР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НИР используется следующая группировка затрат по статьям[15]:

1. материальные затраты НИР;
2. затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

3. основная заработная плата исполнителей темы;
4. дополнительная заработная плата исполнителей темы;
5. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
6. затраты научные и производственные командировки;
7. контрагентные расходы;
8. накладные расходы.

#### 4.8.1 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (15 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

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

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}$$

где  $З_m$  – 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 научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 6).

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Значение, чел.-дн.
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	118
Потери рабочего времени	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2.

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3

$k_t$  – тарифный коэффициент, учитывается по единой.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 7.

Таблица 4.13 – Расчёт основной заработной платы руководителя.

Исполнители	Разряд	$k_t$	$Z_{tc}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	1	1	10530	0,3	0,2	1,3	20534	865	17	14705

Расчет основной заработной платы руководителя сводится в таблице 8.

Таблице 4.14– Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление темы	2	865	1730
2	Выбор направления исследований	2	865	1730
3	Календарное планирование работ	2	865	1730
4	Проведение рентгеноанализа	2	865	1730
5	Сопоставление результатов	2	865	1730
6	Проверка ВКР	7	865	6055
Итого:				14705

#### 4.8.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы равен 0,15.

$$З_{\text{доп}} = 14705 \cdot 0,15 = 2206 \text{ руб.}$$

#### 4.8.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равен 27%.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб}} = 0,27 \cdot (14705 + 2206) = 4566 \text{ руб.}$$

## Расчет затрат на научные и производственные командировки

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1 – 5}) \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (1280+167000+14705+2206+4566) \cdot 0,16 = 277715 \text{ руб.}$$

## Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по варианту руководителя приведен в таблице 9.

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	7500	Пункт 4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	40000	Пункт 4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	35761	Пункт 4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2206	Пункт 4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	4566	Пункт 4.5
6. Накладные расходы	368	Пункт 4.6
Бюджет затрат НТИ		277715 руб.