

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния механической активации порошковой композиции инварного типа на структуру и свойства спеченных изделий

УДК 621.762.5:669.018.472

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ71	Хань Лян		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ваулина О.Ю.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Рагозин Д.В.	К.И.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Исаева Е.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Панин С.В.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01

Код результата	Результат обучения
P1	Осуществлять сбор, анализ и обобщение научно-технической информации в области материаловедения и технологии материалов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов
P2	Работать с патентным законодательством и авторским правом при подготовке документов к патентованию и оформлению ноу-хау
P3	Выполнять маркетинговые исследования и анализировать технологический процесс как объекта управления, разрабатывать технико-экономическое обоснование инновационных решений в профессиональной деятельности
P4	Руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
P5	Внедрять в производство технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов, быть готовым к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, позволяющих получать и диагностировать материалы и изделия различного назначения.
P6	Разрабатывать новые и модернизировать существующие технологии получения керамических, металлических материалов и изделий, в том числе наноматериалов
P7	Внедрять системы управления качеством продукции в области материаловедения, эксплуатировать оборудование, позволяющее диагностировать материалы и изделия из них, в том числе наноматериалы
P8	Действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения, выбирать наиболее рациональные способы защиты и порядка в действиях малого коллектива в чрезвычайных ситуациях
P9	Общаться в устной и письменной формах на государственном языке РФ и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности, подготавливать и представлять презентации планов и результатов собственной и командной деятельности, формировать и отстаивать собственные суждения и научные позиции
P10	Самостоятельно осваивать новые методы исследования, изменять научный, научно-педагогический и производственный профиль своей профессиональной деятельности
P11	Применять принципы рационального использования природных ресурсов, основные положения и методы социальные, гуманитарные и экономические подходы при решении профессиональных задач с учетом последствий для общества, экономики и экологии.
P12	Использовать основные категории и понятия общего и производственного менеджмента в профессиональной деятельности

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) С.В. Панин

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ71	Хань Лян

Тема работы:

Исследование влияния механической активации порошковой композиции инварного типа на структуру и свойства спеченных изделий	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 2776/с от <u>10.04.2019</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Порошки инвара при разными температурами механической активации. (без миханической активации, 1 минут механическая активация и 5 минут механическая активация). Прессование - одностороннего прессования. Спекали образец в электрической вакуумной печи при 1300°C и 1350°C в течение 2 часа.
---	---

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>	1. Аналитический обзор литературы 2. Освоение методик 3. Проведение и описание исследований. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность. 6. Заключение по работе.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация ВКР в Power Point

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент...	Рагозин Д.В., старший преподаватель, ТПУ
Социальная ответственность	Исаева Е.С., старший преподаватель, ТПУ
Приложение для раздела ВКР, выполненного на иностранном языке	Аксёнова Н.В., доцент, ТПУ

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Раздел	1.1 Механическая активация
Раздел	1.2 Порошковой металлургии
Раздел	2 Материалы и методы исследований
Раздел	3.1 Измерение исходные образца

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ваулина О.Ю.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ71	Хань Лян		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работ 94 с, табл 25, рис 27, источников литературы 24.

Ключевые слова: инвар, порошковая металлургия, прессование, спекание, усадка, плотность, пористость, микротвёрдость.

Объектом исследования являются образцы из порошкового инвара с предварительной механической активацией порошка в течение разного времени (0, 1 и 5 минут) и при разной температуре спекания.

Цель работы – Исследование влияния механической активации порошковой композиции инварного типа на структуру и свойства спеченных изделий.

В работе проводили измерение насыпной плотность, анализ электронно-растровой микроскопии исходных порошков, подготовку поверхности образца (шлифовка, полировка, травление), оценку пористости, металлографический и рентгеноструктурный анализ, а также была измерена микротвердость.

Результаты работы доложены на Молодежной школе в рамках Всероссийской конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов», состоявшейся 16-18 мая 2018г, г. Томск. Получен диплом II степени за доклад.

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

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

Abstract

Graduation thesis from 94 s, tabl. 25, Fig. 27, literature sources 24.

Key words: Invar, powder metallurgy, pressing, sintering, shrinkage, density, porosity, microhardness.

The object of the study is powder invar after mechanical activation at different temperatures.

Objective: To study the effect of mechanical activation of the invar type powder composition on the structure and properties of sintered products.

The bulk density was measured, the electron-scanning microscopy of the initial powders was prepared, the sample surface was prepared (grinding, polishing, and etching), the porosity was evaluated, the metallographic and X-ray diffraction analysis was performed, and microhardness was measured.

The results of the work were reported at the Youth School in the framework of the All-Russian Conference “Scientific Initiative of Foreign Students and Postgraduates of Russian Universities” held on May 16-18, 2018, Tomsk.

The results of the study will be used to develop the composition of feed stocks for injection molding.

Graduation thesis (GT) is placed in the electronic library system (ELS) of TPU.

Содержание

Введение.....	10
1.1 Механическая активация.....	11
1.1.1 Сущность механической активации материалов.....	11
1.1.2 Виды механической активации.....	12
1.1.3 Механохимические реакции в мельницах.....	12
1.1.4 Механохимические реакции в мельницах.....	13
1.1.5 Область применения механической активации порошков.....	14
1.2 Порошковой металлургии.....	14
1.2.1 Этапы технологии порошковой металлургии.....	14
1.2.2 Преимущества порошковой металлургии.....	15
1.2.3 Недостатки порошковой металлургии.....	16
1.2.4 Формование порошков (прессование).....	16
1.2.5 Режимы спекания порошков.....	20
1.2.6 Применение порошковых материалов.....	21
2. Материалы и методики исследований.....	23
2.1 Материалы исследований.....	23
2.2 Методики исследований.....	23
2.2.1 Изготовление образцов.....	23
2.2.2 Подготовка поверхности образцов.....	25
2.2.3 Металлографические исследования.....	27
2.2.4 Определение пористости образца.....	27
2.2.5 Измерение микротвердости.....	28
3. Исследование порошков до и после механической активации.....	30
3.1 Исследование исходные порошки.....	30
3.1.1 Насыпная плотность.....	30
3.1.2 Электронно-растровая микроскопия исходных порошков.....	32
3.1.3 Рентгенофазовый анализ порошковой композиции.....	36
3.2 Исследование спеченных образцов.....	39
3.2.1 Плотность образцов.....	39

3.2.2	Определение пористости для образцов.....	41
3.2.3	Рентгенофазовый анализ порошковой композиции.....	45
3.3	Металлографический анализ.....	46
3.4	Определение микротвердости.....	48
4.	Результаты проведенного исследования.....	50
5.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
5.1	Планирование научно-исследовательских работ.....	55
5.1.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	55
5.1.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	56
5.2	Бюджет научно-технического исследования.....	61
5.2.1	Расчет материальных затрат НИИ.....	61
5.2.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	62
5.2.3	Расчет затрат на социальный налог.....	65
5.2.4	Расчет амортизационных расходов.....	66
5.2.5	Расчет затрат на электроэнергию.....	67
5.2.6	Расчет прочих расходов.....	68
5.2.7	Расчет общей себестоимости разработки.....	68
5.2.8	Расчет прибыли.....	69
5.2.9	Расчет НДС.....	69
5.2.10	Цена разработки НИИ.....	70
5.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	70
6.	Социальная ответственность.....	75
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	76
6.1.1	Специальные правовые трудового законодательства.....	76
6.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	78
6.2	Профессиональная социальная безопасность.....	84
6.2.1	Анализ опасных и вредных факторов производственной среды.....	84
6.3	Экологическая безопасность.....	84

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
6.5 Вывод.....	87
Заключение.....	90
Список публикации студент.....	92
Список литературы.....	93

Введение

Целью работы является – исследовать влияние механической активации порошка инвара на структуру и свойства изделий, полученных с помощью РІМ-технологии.

Одним из основных направлений развития технологии машиностроения в настоящее время является совершенствование существующих и разработка новых безотходных, материалосберегающих производственных процессов, т. е. таких процессов, которые обеспечивают получение изделий с минимальными припусками под последующую механическую обработку либо вообще без них при одновременном снижении расхода дефицитных материалов. Изделия, изготавливаемые технологией порошковой металлургии, рассматриваются в качестве перспективных конструкционных материалов в области материаловедения.

Механическая активация является способом ускорения физико-химических процессов и находит все более широкое применение в области материаловедения. Известно, что материал изменяет свой состав и строение под действием механических нагрузок. Механическая активация исходных порошков способствует повышению качества спеченных материалов, облегчая их получение. Так как источников в литературе с данной тематикой встречается редко, научно-исследовательская работа будет заключаться в исследовании влияния механической активации на спеченные образцы, полученные с помощью РІМ-технологии.

Известно, что материал изменяет свой состав и строение под действием механических нагрузок. Механическая активация исходных порошков способствует повышению качества спеченных материалов, облегчая их получение. Так как источников в литературе с данной тематикой встречается не так часто, исследовательская работа будет заключаться в исследовании влияния механической активации на спеченные образцы, полученные технологией порошковой металлургии.

1.1 Механическая активация

1.1.1 Сущность механической активации материалов

Механическая активация (механоактивация) применяется для увеличения реакционной способности (изменение физико-химических свойств) обрабатываемых веществ в последующих процессах и реакциях в результате механического воздействия [1]. Механоактивация основана на изменении реакционной способности материалов под действием механических сил, в результате имеет место любое ускорение или повышение эффективности химических, физико-химических или технологических процессов при механических воздействиях на материал.

Тонкое и сверхтонкое измельчение всегда сопровождается увеличением свободного (внутреннего и поверхностного) энергоснабжения измельчаемого продукта. Эта энергия может быть успешно использована для повышения эффективности последующих процессов (ускорение химических реакций, увеличение извлечения ценных компонентов, получение новых материалов и т. д.). Процесс механической активации в мельницах различных типов и размеров, а также влияние предварительной активации на последующие процессы термического разложения и синтеза. Было установлено, что во многих традиционных процессах кинетика реакции с порошкообразными порошками определяется степенью их дисперсии, а не механической активацией. Поскольку соотношение между дисперсией и активностью наблюдается при обычных степенях измельчения, вклад механической активации технически не зафиксирован. В области высокого помола рост активности все больше превышает рост дисперсии порошка. Кроме того, каждый тип и класс измельчителей характеризуется определенной кинетикой соотношения этих количеств [2]. Поэтому рекомендуем применять механическую активацию, позволяя снизить температуру и давление последующих химических процессов до технически приемлемых значений или значительно увеличить скорость процесса в обычных условиях.

1.1.2 Виды механической активации

Физическая активация

Процесс спекания физической активации зависит от циклических изменений температуры спекания, применения механических вибраций, ультразвуковых и внешних нагрузок для содействия процессу спекания.

Химическая активация

1. Предварительное окисление спекания. Порошки при низкой температуре обработки в вакуумной печи чтобы поверхность порошка формируют в оксидную пленку подходящей толщины и затем спекают в восстановительной атмосфере. Еще можно применяется к спеканию производства деталей на основе меди и железа.

2. Измените состав и содержание атмосферы спекания. Спекание диссоциации приводит к образованию активных атомов для достижения Ni, спекания Fe.

3. Добавить микроэлементы в порошок.

4. Использование ультратонкого порошка, высокоэнергетического шарового помола порошкового активированного спекания. Активационное спекание в основном используется для спекания материалов из вольфрама, молибдена, рения, железа, тантала, ванадия, алюминия, титана и твердых соединений.

1.1.3 Механохимические реакции в мельницах

Когда порошок обрабатывается в мельнице, измельчителе и аналогичном измельчающем оборудовании, механическая энергия передается материалу. В результате происходит дисперсия (уменьшение размера частиц) с образованием новой поверхности частиц. Однако это не единственный результат обработки. Ударная нагрузка и трение являются основными методами механического воздействия твердого тела при шлифовании. Они вызывают следующие физические явления:

- кристаллическая деформация, упругие и пластические деформации
- формирование большого количества дефектов возникновения точечных дефектов и линейных дислокаций
- напряжение сдвига,
- настроить размер микроблоков, которые образуют кристалл,
- микрокристаллическая агрегация,
- локальный подъем температуры и давления,
- местное повышение температуры и давления, вызывать разогрев измельчаемого материала
- излучающий свет и электронику
- изменение фазы
- аморфизированный,
- разрыв химических связей
- ускорить процесс диффузии,
- формирование центра с повышенной активностью на вновь сформированной поверхности [2].

1.1.4 Механохимические реакции в мельницах

Активация измельчением или механическая активация - это новый подход к усилению физико-химических процессов. Он основан на изменениях реакционной способности твердых тел под воздействием механических сил. Активация измельчением относится к числу новых и технически более совершенных методов, которые сопровождают процесс структурообразования в материале, и позволяет повысить реакционную способность твердого тела за счет дефектов кристаллической структуры и активного состояния развитой поверхности [3, 4].

Современная техническая практика существуют различные методы и устройства для измельчения вещества до размера частиц менее 0,1 микрона или активирующего вещества для изменения его реакционной способности.

1.1.5 Область применения механической активации порошков

В основном используется в автомобилестроении, производстве оборудования, металлургической, авиационно-космической, военной, промышленной, приборостроительной, метизной, электронной аппаратуре и других частях производства и исследований, а также сопутствующего сырья, производства материалов, различного оборудования для подготовки порошков, производства Агломерационное оборудование. Продукция включает в себя подшипники, зубчатые колеса, твердосплавные инструменты, штамповки, фрикционные изделия и многое другое.

1.2 Порошковой металлургии

1.2.1 Этапы технологии порошковой металлургии

Порошковая металлургия (ПМ) представляет собой металлообрабатывающий процесс для формирования прецизионных металлических изделий из металлических порошков. Порошковая металлургия (ПМ) - это процесс металлообработки. Металлический порошок сначала прессовали до комнатной температуры. Затем его нагревают в контролируемой атмосфере (спекание) и используют в нем. Он имеет высокую точность литья. Химический состав детали обычно не требует обработки.

Этапы порошковой металлургии последовательно следуют получение металлического порошка (или смесь из металлического порошка и порошка неметалла) в качестве исходного материала, формование и спекание.

Смешивание. Получена гомогенная смесь порошков различных металлов или сплавов. Порошки других сплавов либо смазывающие, либо пластифицирующие материалы могут быть добавлены по мере необходимости.

Прессование. Контролируемое количество смешанного порошка вводится в прецизионный субстрат, а затем прессуется или уплотняется под давлением 100-1000 МПа. Требуемое давление прессования зависит от природы и формы частиц, способа смешивания и используемой смазки. Обычно это делается при

комнатной температуре. Этот сыпучий порошок вдавливается в форму. Как и в случае с матрицей, модель имеет размеры и форму готового изделия. Прочность модели достаточна для обработки и транспортировки в процессе спекания.

Спекание. Образцы в печи с защитной атмосферой до подходящей температуры. Температура нагрева необходимо ниже температуры плавления металла. Эндотермический газ, экзотермический газ, диссоциированный аммиак, водород и азот могут быть типичными атмосферами спекания. Температура спекания обычно находится в пределах от 70 до 90% от температуры плавления металла или сплава, и разные металлы друг другу отличаются.

1.2.2 Преимущества порошковой металлургии

Порошковая металлургия часто применяется для железных компонентов. Используемые серые порошки могут быть элементарным, предварительно легированным или частично легированным. Порошки с хорошей сжимаемостью, такие как железо и медь, дают экструдированные продукты с высокой прочностью. Предварительно легированный порошок является более твердым, но менее сжимаемым, поэтому для получения уплотнения высокой плотности в процессе прессования требуется более высокая нагрузка.

Использование компонентов для порошковой металлургии имеет много потенциальных преимуществ по сравнению с традиционными способами (например, обработка заготовки). Некоторые из этих преимуществ:

- в основном смешанных сплавов, тугоплавких металлов и соединений, и пористых материалов только могут быть получены методом порошковой металлургии;
- уменьшается литая потеря при использовании порошковой металлургии, составляют потери металла всего 1-5%. Сравнения с общим способе литая потеря металла могут достигать до 80%;
- изделия получаем высокой чистоты, так как при спекании атмосфера обычно в вакуумные режиме;
- соотношение и однородность компонентов детали может быть

гарантирована методом порошковой металлургии;

- порошковая металлургия представляет собой процесс формообразования, во многих случаях отделочные операции не требуются. Высокая точность размеров;

- необходимые количество операций для производства готовой детали, обычно наименьше, чем другие методологии изготовления.

1.2.3 Недостатки порошковой металлургии

Порошковой металлургии для производства деталей включают эти недостатки:

- производство порошков имеет достаточно высокая стоимость;
- ограниченные формы часто влияют продукция металлургии;
- высокие стоимости на требуемые инструменты и оборудования для порошковой металлургии, так как есть основной проблемой при низкой производственной мощности;
- имеет трудность производить крупные и сложные детали
- из-за атмосферного загрязнения рабочего места приводит к потенциальным проблемам здоровья персонала

1.2.4 Формование порошков (прессование)

После формования металлического порошка образуется порошковая формовка, полученная с заданными плотностью, размерами и формой.

Подготовка порошков к прессованию

Предварительная порошковая подготовка - одна из самых основных и важных частей порошковой металлургии. Приготовление порошка делится на механическую активацию, термическую обработку и тому подобное. Режим отжига зависит от его назначения, природы металла и стабильности оксида. Порошки классифицируют или просеивают, чтобы разделить их на фракции, чтобы получить заданное распределение частиц по размерам при смешивании смеси.

Смешивание осуществляется в смесителе, наиболее широко используемыми из которых являются «пьяная почка» и конические смесители. Порошки различных компонентов и порошки или способ приготовления одних и тех же компонентов, имеющих различную диспергируемость, смешивают в смесителе. Чтобы улучшить смешивание различных компонентов порошка, в смесь иногда добавляют связующее (минеральное масло, глицерин). Время смешивания зависит от природы компонентов и может варьироваться от нескольких секунд до нескольких минут или нескольких часов.

Уплотнение порошков в пресс-форме

Процессу уплотнения порошка включает следующие этапы:

Первый этап: на рисунке 1.1, свободное перемещение до более плотного накопления частиц под действием.

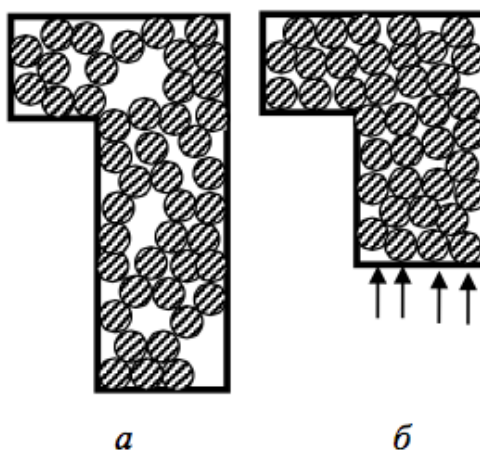


Рисунок 1.1- Модель уплотнения порошка в процессе прессования:
а - свободная насыпка материала; б - заполнение пустот частицами материала

Второй этап: давление прогресса еще увеличивается, но плотность теперь уже не увеличивается. Теперь в прогрессе большинство плотно упакованные частицы порошка оказывают определенное сопротивление сжатию, испытывая упругую деформацию.

Третьей этап: давление прессования превышает предел текучести частиц порошка, которая охватывает весь объем каждой частицы, рисунок 1.2. В этом этапе уже происходит пластическая деформация.

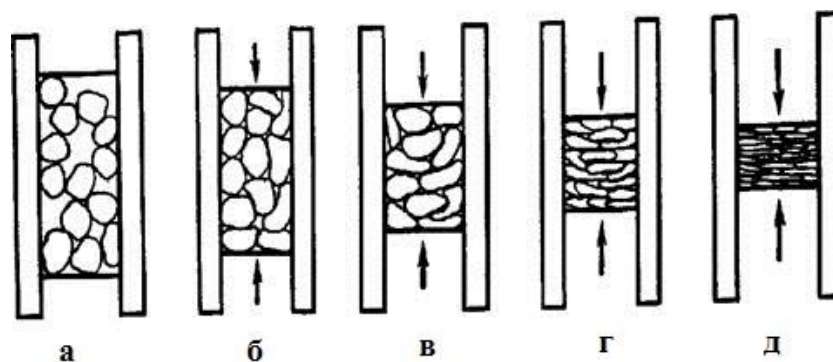


Рисунок 1.2 - Последовательные стадии (а - д) прессования порошков пластичных металлов

Идеализированная кривая процесса уплотнения порошков пластичных металлов показывает, что самый сильный часть порошки находится на первом участке а, рисунок 1.2. На втором участке б, рисунок 1.2, кривой уплотнения частицы порошка оказывают сопротивление сжатию определенной силы, они упаковываются достаточно плотно, с ростом давления прессования плотность порошкового изделия какое-то время не изменяется.

Через определенное время, давление прессования начинает превышать сопротивлению сжатия, происходит пластическая деформация и натекает последняя третья стадия в, рисунок 1.3. Пластическая деформация на последнем этапе охватывает весь объем каждой отдельной частицы [5].

Методы формования порошков

Для одностороннего прессования только один пуансон перемещается в стальных формах относительно матрицы, рисунок 1.4 а. Для двустороннего прессования, рисунок 1.4 б, оба пуансона перемещаются. Величина давления при прессовании составляет от 300 до 1000 МПа, а для твердого сплава составляет от 100 до 150 МПа из-за хрупкости.

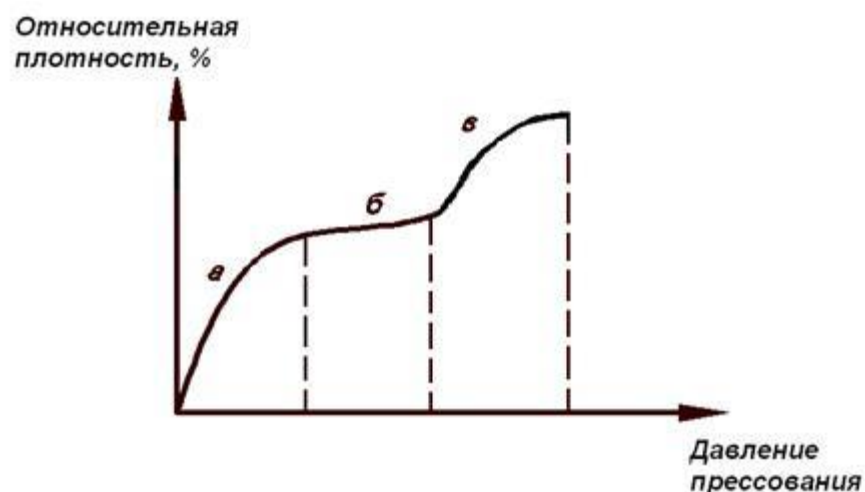


Рисунок 1.3 – Идеализированная кривая процесса уплотнения порошков пластичных металлов

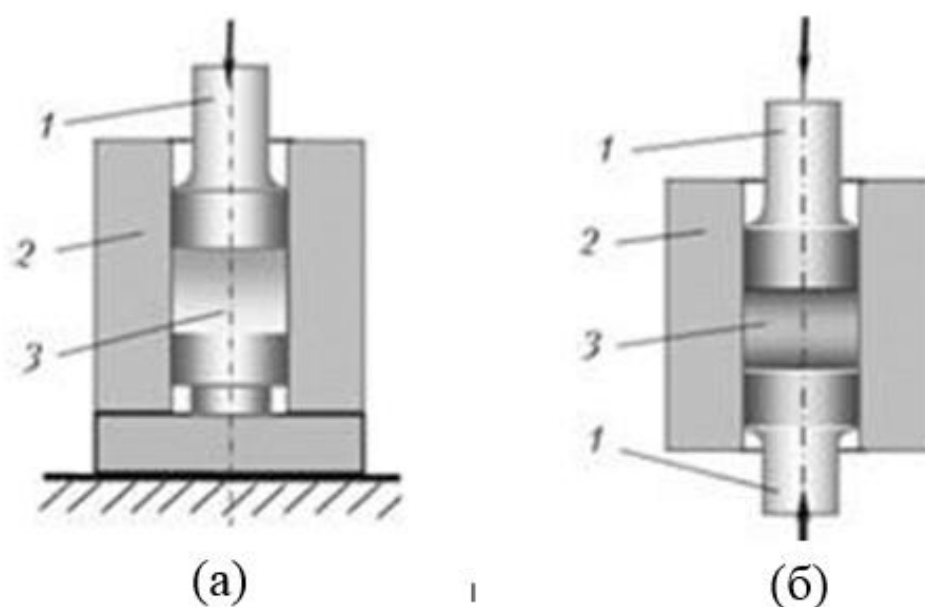


Рисунок 1.4 – Схемы холодного прессования: а – одностороннее; б – двустороннее (1 - пуансон, 2 – пресс-форма, 3 – порошковое тело)

Метод прокатки и схема прокатки показывается в рисунке 1.5. Поскольку угол захвата порошка α не превышает 13° , этим методом только прессуются ленты небольшой толщины. Ленты образуются путем прокатки между двумя гладкими роликами.

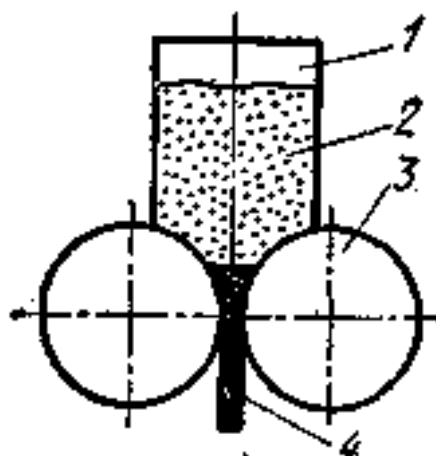


Рисунок 1.5 – Схема прокатки порошков:
1 - бункер, 2 – порошок, 3 –валки, 4 - порошковая лента

1.2.5 Режимы спекания порошков

Процесс спекания

На рисунках 1.6 и 1.7 показан схема процесса спекания методом твердофазной диффузии и схема процесса спекания методом жидкофазный перенос частиц порошка. Спекание относится к нагреву прессованного порошка до ниже температуры плавления основных частиц порошка.

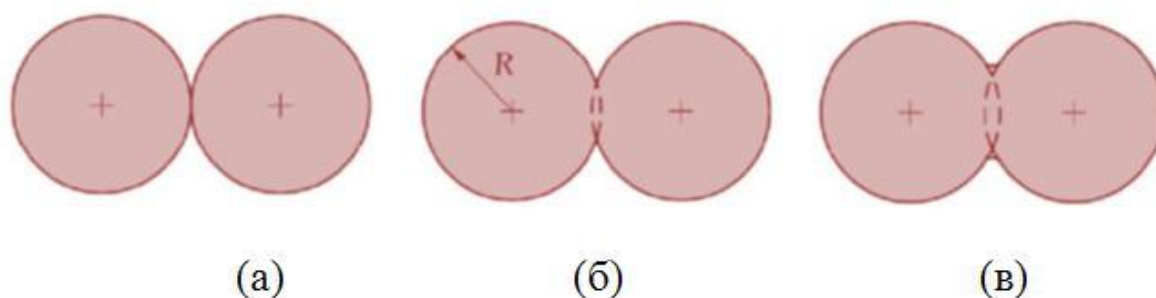


Рисунок 1.6 - Схематическое изображение спекания компактной заготовки с использованием твердофазной диффузии между частицами порошка:
а - начальные частицы порошка; б - образование шейки путем диффузии;
в - уменьшение расстояния между частицами

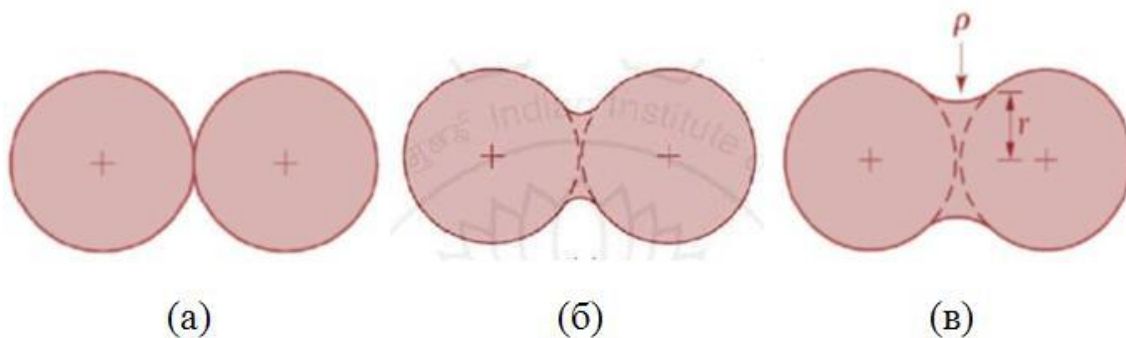


Рисунок 1.7 - Схематическое изображение спекания компактной заготовки с использованием жидкофазного переноса между частицами порошка: а - начальные частицы порошка; б - образование шейки путем жидкофазного переноса частиц; в - неизменное расстояние между частицами

Спекание способствует увеличивает прочность материала. Процесс нагрева проводится в вакууме или в контролируемой, инертной или восстановительной атмосфере. Перед процессом спекания прессованный порошок оказывается хрупкостью и подтверждает очень низкую прочность заготовки.

1.2.6 Применение порошковых материалов

С помощью метода порошковой металлургии могут изготовиться металлы и неметаллы: серебро-окись кадмия имедь-графит, или различные сплавы, которые не сплавляются, которые широко применяют в области электроники.

Согласно статистике Китайской ассоциации порошковой металлургии, 34 отечественных крупных и средних предприятия по производству порошковой металлургии (на которые приходится 64% от общего числа 53 компаний) имеют совокупный объем производства до 85% выпуска продукции 53 компаний, большинство из которых являются автомобильными порошками. Производители металлургических компонентов сосредоточены в этих 34 компаниях [6].

В последнее десятилетие спрос на автозапчасти для порошковой металлургии также показал быстрый рост в связи с ростом производства автомобилей. В будущем, в дополнение к росту самой автомобильной промышленности, спрос на детали для порошковой металлургии также выиграет

от двойной замены импортозамещения и замены обработанных деталей. Потребление велосипедов в порошковой металлургии будет значительно улучшено, а спрос на традиционные детали для порошковой металлургии автомобилей останется стабильным. рост.

2 Материалы и методики исследований

2.1 Материалы исследований

В нашей научной работе материалом исследования является порошковый инвар - сплав, состоящий из никеля (Ni, 36 %) и железа (Fe, 64%).

Инвар используется в точном приборостроении для изготовления мерных проволок в геодезии, эталонов длины, деталей часовых механизмов, деталей барографов и высотомеров, несущих конструкций лазеров и др.

2.2 Методики исследований

2.2.1 Изготовление образцов

Смешивание порошков

Смешивание проводили в течение 24 часов на Виброприводе ВП-С/220

Достоинства вибропривода ВП-С/220:

- с помощью сложного пространственного движения придает хорошего смешения компонентов внутри чаши;
- смешивание компонентов происходит без разрушения или истирания порошинок (отсутствие рабочего тела внутри чаши);
- возможность задавать время работы и время паузы (пауза может отсутствовать).
- низкий уровень шума [7].

Механическая активация в планетарных мельницах

В планетарной мельнице, показанной на рисунке 2.1, обычно три или четыре барабана вращаются вокруг центральной оси, вращаясь в противоположных направлениях вокруг своих осей. Барабан загружает измельченный материал и мелющие тела (обычно шарик). Частицы измельченного материала сталкиваются с абразивным телом и стенкой барабана. Эффективность планетарных мельниц обусловлена высокой кинетической энергией мелющих тел, которые генерируют высокие напряжения в активирующем материале из-за их высокой скорости.



Рисунок 2.1 – Схема планетарной мельницы МПП-1

Механическая активация порошки инвара проходили при разные время (без механической активации, при 1 и 5 минутах механической активации).

Добавление связки в порошковую композицию

Для улучшения формуемости порошковой смеси в нее добавляли пластификатор – глицерин. Для одного образца брали 3-5 г порошка и 3-5 капли глицерина.

Прессование

Формирование проводили методом холодного одностороннего прессования на гидравлическом прессе Р-20. Давление прессования составляло 100 МПа. В работе исследовали прессованных образцов порошковой инвара при одинаковой нагрузке прессования. После формирования заготовки имели цилиндрическую форму с размерами d и h , рисунок 2.2 [8].

Спекание

Спекание проводили при двух температурах 1300 °С и 1350 °С в течении 2 часов в вакууме. При 600 °С проводили изотермическую выдержку для равномерного прогрева по всему сечению. Охлаждение проводили вместе с печью.

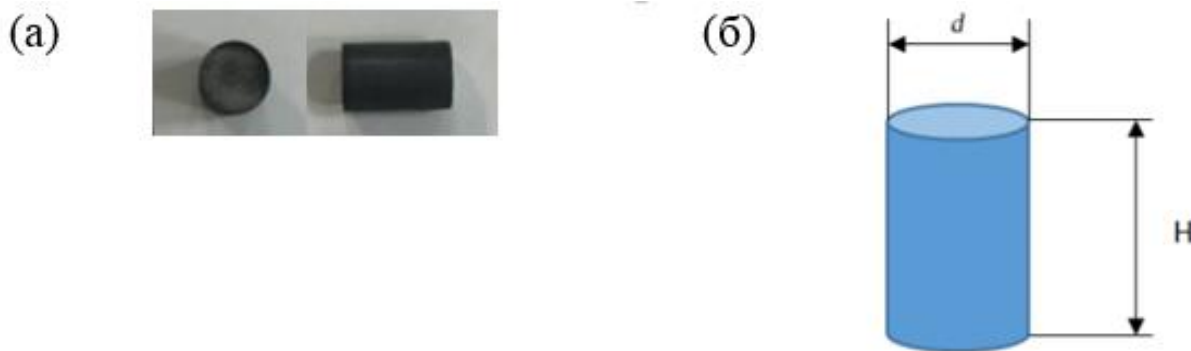


Рисунок 2.2 – Образец после прессования: а – фото; б – схема

2.2.2 Подготовка поверхности образцов для металлографических исследований (шлифовка, полировка, травление)

Поверхность образцов готовили в несколько этапов: шлифовка, полировка и травление.

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 алмазной. При полировании следует держать образец перпендикулярно, чтобы избежать заломов. Полирование считается законченным, когда поверхность имеет зеркальный блеск.

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. Выявление микроструктуры металлов травлением основано на неравномерном растворении в реактиве структурных составляющих. Границы зерен растравливаются сильнее, чем тело зерна. В результате на границах образуются углубления, которые рассеивают лучи света, и при рассмотрении структуры под микроскопом они наблюдаются в виде темных линий (рисунок 2.3).

В качестве травителя использовали «царскую водку», в состав которой входит смесь концентрированных азотной HNO_3 и соляной HCl кислот, взятых в соотношении 1:3 по объёму [9].

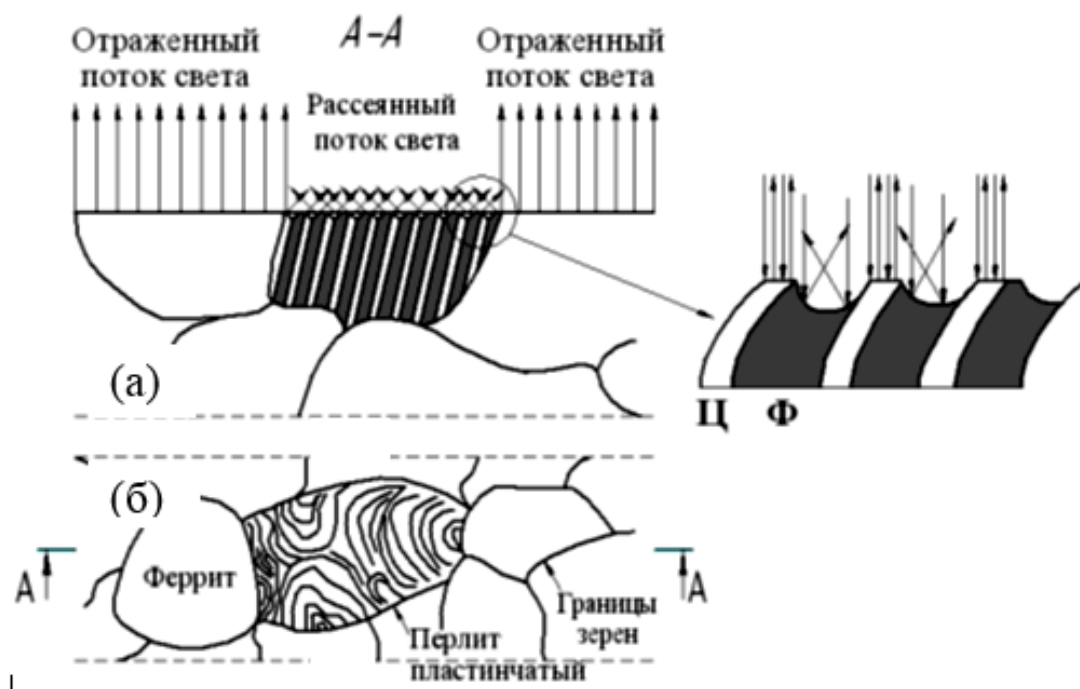


Рисунок 2.3 – Схема отражения потока света в неоднородном $\text{Ф}+\text{П}$ - сплаве (а), и микроструктура под микроскопом (б): Ц – пластина цементита в перлите (светлая); Ф – пластина феррита в перлите(темная)

2.2.3 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.



Рисунок 2.4 – Металлографический микроскоп ЛабоМет – И

Предусмотрена возможность расширения технических характеристик микроскопа за счет свободной комплектации узлами и принадлежностями, такими, как объективы, окуляры, визуальные насадки, устройства контрастирования, светофильтры и др. [10].

2.2.4 Определение пористости образца

Пористая структура характеризуется несколькими основными параметрами: пористостью, суммарным объёмом пор и распределением по размерам пор.

Термин «пористость» - это физическая величина твердых тел. Характеризует долю объема пор в общем объеме материала (от 0 до 1), часто выражается в процентах (от 0 до 100). 0% имеет материал без пор, пористость в 100% невозможно, приближен к таким материал аэрогель или пена [11].

Определение пористости проводили с помощью «Анализатора

фрагментов микроструктуры твердых тел SIAMS 700™». Метод заключается в следующем: анализируемое изображение структуры переводится в черно-белое изображение и подвергается ряду обработок для удаления шумов и помех. Затем это изображение анализируется, и программа выдает отчет, содержащий: гистограмму распределения пор по размеру, площадь исследуемой фазы, площадь всего изображения и долю исследуемой фазы в процентах.

2.2.5 Измерение микротвердости

Определяем микротвердость с помощью микротвердомера ПМТ-3, рисунок 2.5, с нагрузкой $P=100\text{г}$ [12].

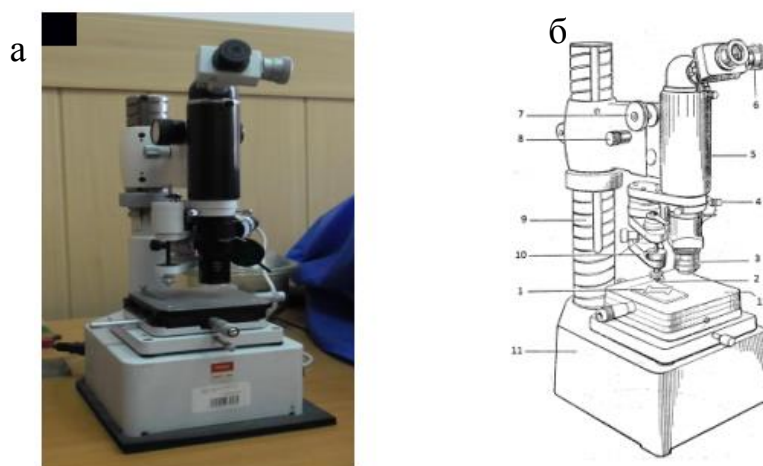


Рисунок 2.5 – Микротвердомер ПМТ-3 : а)установка; б) схема : 1 – образец, 2 – алмазная пирамида, 3 – объектив, 4 – центрировка, 5 – тубус, 6 – окулярный микрометр, 7 – макроподача, 8 – микроподача, 9 – стойка, 10 – механическая нагрузка, 11 – станция, 12 – столик

Принцип работы на микротвердомере:

1. Поверхность испытания должна быть плоской, чистой, параллельной предметному столику, закрепим при помощи прессика.
2. Поместим на шток 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 2.6.

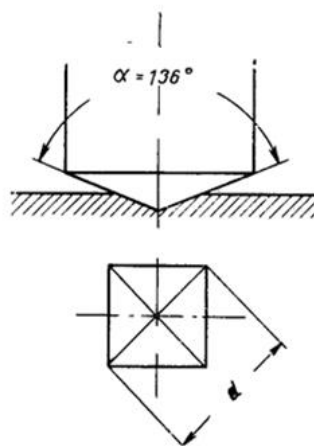


Рисунок 2.6 – Отпечаток микротвердомера ПМТ-3

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,

α – угол между гранями пирамидки,

d – диагональ отпечатка.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ71	Хань Лян

Инженерная школа	новых производственных технологий	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	магистранта	Направление/специальность	Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материально-технические ресурсы: (2591р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (196р); информационные ресурсы: научные журналы, монографии, учебники и статьи по теме исследований; человеческие ресурсы: студент (инженер-дипломник), научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Данная НИР проводится впервые, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – 30% от фонда оплаты труда.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	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, 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. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Согласно расчетам бюджет затрат на проведение НИР составляет 322766,29р., включая затраты на заработную плату (139341,85р), отчисления в социальные фонды (48908,99р), электроэнергию (196,39р), и прочие расходы (21622,99р).
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	По результатам НИР были выполнены поставленные задачи. Однако, поскольку данная НИР относится к поисковым 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. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. График проведения и бюджет НТИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 6. Потенциальные риски	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Рагозин Д.В.	к.и.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ71	Хань Лян		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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 коммерческой ценности 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 [16].

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5.1 Планирование научно-исследовательских работ

5.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках проведенного научного исследования:

- определена структура работ (табл-5.1);
- определены участники каждой работы;
- установлена продолжительность работ;

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить руководитель доцент ОМ Ваулина О.Ю., студент ОМ ИШНПТ ТПУ Хань Лян и Лю Цияюй, работающая в должности техника. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 5.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Техник №1, техник №2
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель,
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Техник №1, техник №2
	6	Подготовка образцов исследований.	Техник №1, техник №2

	7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	Техник №1, техник №2
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Техник №1, техник №2
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Техник №1, техник №2
	10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	Руководитель

5.1.2 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 [17].

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

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

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

54 чел-дн - минимально возможная трудоемкость выполнения все работ научного исследования.

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

72 чел-дн - максимально возможная трудоемкость выполнения научных исследований.

$$\begin{aligned} t_{\text{ож}1} &= (3 * 4 + 2 * 6)/5 = 4,8 & t_{\text{ож}2} &= (3 * 3 + 2 * 4)/5 = 3,4 \\ t_{\text{ож}3} &= (3 * 5 + 2 * 6)/5 = 5,4 & t_{\text{ож}4} &= (3 * 4 + 2 * 5)/5 = 4,4 \\ t_{\text{ож}5} &= (3 * 5 + 2 * 6)/5 = 5,4 & t_{\text{ож}6} &= (3 * 12 + 2 * 16)/5 = 13,6 \\ t_{\text{ож}7} &= (3 * 10 + 2 * 15)/5 = 12 & t_{\text{ож}8} &= (3 * 6 + 2 * 7)/5 = 6,4 \\ t_{\text{ож}9} &= (3 * 3 + 2 * 4)/5 = 3,4 & t_{\text{ож}10} &= (3 * 2 + 2 * 3)/5 = 2,4 \\ t_{\text{ож}i} &= 4.8 + 3.4 + 5.4 + 4.4 + 5.4 + 13.6 + 12 + 6.4 + 3.4 + 2.4 = 61.2 \end{aligned}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{61,2}{2} = 30,6 \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность научно-исследовательской работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения научно-исследовательской работы, чел.-дн.

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

Для действительного отражение значений трудоемкости работ длительность каждого из этапов из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4)$$

Где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.48 \quad (5)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Как можно видеть в представленной таблице значения трудоемкости и количество исполнителей для всех видов выполнения научного исследования.

$$T_{\text{рд1}}(P) = 4,8 \cdot 1,48 \cdot 100\% = 7,104$$

$$T_{\text{рд2}}(P) = 3,4 \cdot 1,48 \cdot 100\% = 5,032$$

$$T_{\text{рд3}}(T) = 5,4 \cdot 1,48 \cdot 100\% = 7,922$$

$$T_{\text{рд4}}(P) = 4,4 \cdot 1,48 \cdot 100\% = 6,512$$

$$T_{\text{рд5}}(T) = 5,4 \cdot 1,48 \cdot 100\% = 7,922$$

$$T_{\text{рд6}}(T) = 13,6 \cdot 1,48 \cdot 30\% = 20,128$$

$$T_{\text{рд7}}(T) = 12 \cdot 1,48 \cdot 100\% = 17,76$$

$$T_{\text{рд8}}(T) = 6,4 \cdot 1,48 \cdot 30\% = 9,472$$

$$T_{\text{рд9}}(T) = 3,4 \cdot 1,48 \cdot 0\% = 5,032$$

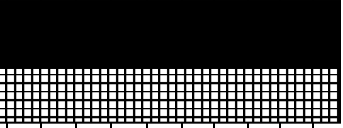
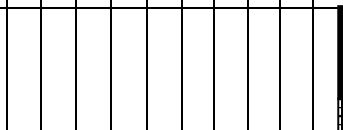
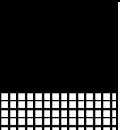
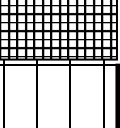
$$T_{\text{рд10}}(P) = 2,4 \cdot 1,48 \cdot 0\% = 3,522$$

Таблица 5.2 –Временные показатели проведения ВКР

№ раб	Исполнители	Продолжительность работ
-------	-------------	-------------------------

		t _{min} чел.дн	t _{max} чел.дн	t _{ож} чел.дн	T _р раб.дн	T _к кал.дн
1	Руководитель	4	6	4,8	4,8	7,104
2	Руководитель	3	4	3,4	3,4	5,032
3	Техник №1, техник №2	5	6	5,4	5,4	7,992
4	Руководитель,	4	5	4,4	4,4	6,512
5	Техник №1, техник №2	5	6	5,4	5,4	7,992
6	Техник №1, техник №2	12	16	13,6	13,6	20,128
7	Техник №1, техник №2	10	15	12	12	17,76
8	Техник №1, техник №2	6	7	6,4	6,4	9,472
9	Техник №1, техник №2	3	4	3,4	3,4	5,032
10	Руководитель	2	3	2,4	2,4	3,552
				61,2		90,576

Таблица 5.3 –Календарный план проведения НИР

этапы	Вид работы	T _к	Исполнитель	Февраль	Март	Апрель	Май	Июн
1	Составление и утверждение технического задания	7,104	Руководитель темы					
2	Выбор направления исследований	5,032	Руководитель					
3	Подбор и изучение материалов по теме	7,992	Техник №1, техник №2	 				
4	Календарное планирование работ по теме	6,512	Руководитель					
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	7,992	Техник №1, техник №2		 			
6	Подготовка образцов исследований.	20,128	Техник №1, техник №2		 			
7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	17,76	Техник №1, техник №2				 	
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	9,472	Техник №1, техник №2					 
9	Оценка эффективности полученных результатов	5,032	Техник №1, техник №2					 
10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	3,552	Руководитель					



Руководитель темы



Техник №1



Техник №2

5.2 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования были учтены следующие статьи затрат:

- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы

5.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Принимается в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 5.4.

$$З_{\text{м}1} = (1 + 0,2) * 63 * 3 = 226,8$$

$$З_{\text{м}2} = (1 + 0,2) * 4 * 30 = 144$$

$$З_{\text{м}3} = (1 + 0,2) * 3 * 35 = 126$$

$$З_{\text{м}4} = (1 + 0,2) * 6 * 35 = 252$$

$$З_{\text{м}5} = (1 + 0,2) * 3 * 45 = 162$$

$$З_{\text{м}6} = (1 + 0,2) * 5 * 280 = 1680$$

Таблица 5.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
образец	г	3	63	226,8
Наждачная бумага, Р600	лист	4	30	144
Наждачная бумага, Р1200	лист	3	35	126
Наждачная бумага, Р1500	лист	6	35	252
Наждачная бумага, Р2000	лист	3	45	162
Алмазная паста	тюбик	5	280	1680
Итого				2590,8

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

5.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Таблица 5.5 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудоемко сть, чел.- дн.	Исполнители по категориям	Заработная плата, приходяща я на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработн ая плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление ТЗ	7,104	Руководитель	1,25	8,88
2	Выбор направления исследований	5,032	Руководитель	1,25	6,29
3	Изучение материалов	7,992	Техник №1	0,45	3,5964
			Техник №2	0,35	2,7972
4	Календарное планирование	6,512	Руководитель	1,25	8,14
5	Проведение теоретических	7,992	Техник №1	0,45	3,5964
			Техник №2	0,35	2,7972
6	Подготовка образцов	20,128	Техник №1	0,45	9,0576
			Техник №2	0,35	7,0448
7	Проведение испытаний	17,76	Техник №1	0,45	7,992
			Техник №2	0,35	6,216
8	Сопоставление результатов	9,472	Техник №1	0,45	4,2624
			Техник №2	0,35	3,3152
9	Оценка эффективности	5,032	Техник №1	0,45	2,2644
			Техник №2	0,35	1,7612

10	Определение целесообразности	3,552	Руководитель	1,25	4,44
Итого: 82,4508					

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (7)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (8)$$

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

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

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

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.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{ТС}} \cdot K_{\text{ПР}} \cdot K_p \quad (10)$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 1,3;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3,

Расчёт основной заработной платы приведён в табл-4.6.

$$Z_{дн1} = 1,25 * 1,3 * 1,3 = 2,1125 \text{ тыс. руб}$$

$$Z_{дн2} = 0,45 * 1,3 * 1,3 = 0,7605 \text{ тыс. руб}$$

$$Z_{дн3} = 0,35 * 1,3 * 1,3 = 0,5915 \text{ тыс. руб}$$

$$Z_{осн1} = Z_{дн1} * T_p = 2,1125 \text{ тыс. руб} * 22,2 = 46897,5 \text{ руб}$$

$$Z_{осн2} = Z_{дн2} * T_p = 0,7605 \text{ тыс. руб} * 22,2 = 51999,948 \text{ руб}$$

$$Z_{осн3} = Z_{дн3} * T_p = 0,5915 \text{ тыс. руб} * 22,2 = 40444,404 \text{ руб}$$

Таблица 5.6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , тыс. руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _{дн} , тыс. руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	1,25	1,3	1	1,3	2,1125	22,2	46897,5
Техник №1	0,45				0,7605	68,376	51999,948
Техник №2	0,35				0,5915	68,376	40444,404
Итого З _{осн} : 139341,852							

$$Z_{доп} = Z_{осн} * 0,17 = 23688,115 \text{ руб.}$$

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

$$C_{зп} = 139341,852 + 23688,115 = 163029,967 \text{ руб.}$$

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$$C_{соц} = C_{зп} * 0,3. \text{ Итак, в нашем случае } C_{соц} = 163029,967 * 0,3 = 48908,99 \text{ руб.}$$

5.2.4 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A * C_{OB} * t_{рф} * n}{F_d}, \quad (11)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . $F_d = 298 * 8 = 2384$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Стоимость персональный компьютер = 36000 руб., время использования 180 часа, тогда для него

$$C_{AM} (ПК) = (0,4 * 36000 * 180 * 1) / 2384 = 1087 \text{ руб.}$$

Стоимость оборудования 15000 руб, его $F_d = 450$ час.;

$$H_A = 0,5; \text{ тогда его } C_{AM} (Пр) = (0,5 * 15000 * 25 * 1) / 450 = 416,7 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации 1503,7 руб.

5.2.5 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}} \quad (11)$$

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

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

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

Для ТПУ $Ц_{\text{э}} = 5,62$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рД}} \cdot K_t, \quad (12)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

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

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 5.7

$$C_{\text{эл.об.1}} = 108 \cdot 0,3 \cdot 5,62 = 182,32 \quad C_{\text{эл.об.2}} = 25 \cdot 0,1 \cdot 5,62 = 14,07$$

Таблица 5.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	108	0,3	182,32
микроскоп	25	0,1	14,07
Итого:	196,39		

Ниже представлены расчеты затрат на электроэнергию $\mathcal{E}_{эл.об}$, потребляемую используемым оборудованием, в рублях. Затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице.

5.2.6 Расчет прочих расходов

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

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

Для нашего примера это:

$$C_{проч.} = (2590,8 + 163029,967 + 48908,99 + 196,39 + 1503,7) \cdot 0,1 = 21622,985 \text{ руб.}$$

5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

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

Таблица- 5.8 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2590,8
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	163029,967
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	48908,99
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	196,39
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1503,7
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	21622,985
Итого:		237852,832

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 237852,832$ руб.

5.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 35677,925 руб. (15 %) от расходов на разработку проекта.

5.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(237852,832 + 35677,925) * 0,20 = 49235,536$ руб.

5.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$Ц_{\text{НИР(КР)}} = 237852,832 + 35677,925 + 49235,536 = 322766,293 \text{руб.}$$

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

$$I_1 = 322766,293 / 402485 = 0,8$$

$$I_2 = 402485 / 402485 = 1$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное 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:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

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.

$$I_{p-исп1} = 5*0,5 + 4*0,2 + 5*0,1 + 2*0,05 + 5*0,1 + 5*0,05 = 4,65;$$

$$I_{p-исп2} = 3*0,5 + 2*0,2 + 3*0,1 + 1*0,05 + 4*0,1 + 4*0,05 = 2,85;$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad (16)$$

$$I_{исп.1} = 4,65/0,8 = 5,8125$$

$$I_{исп.2} = 2,85/1 = 2,85$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (17)$$

$$\mathcal{E}_{cp} = 5,8125/2,85 = 2,04$$

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.

Таблица 5.9- Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	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		

Таблица 5.10-Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.65	2.85
3	Интегральный показатель эффективности	5,81	2.85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,04	

Список публикации студента:

1. Хань Лян Влияние механической активации на свойства и морфологию порошка инвара // VIII Всероссийской конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов», 2018г., г. Томск.
2. Хань Лян Исследование структуры и свойств порошковой стали 20Х13, полученной методом инъекционного формования // Международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Современные технологии и материалы новых поколений», 2017г., г. Томск.