

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

Институт *физики высоких технологий*

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Панин В. Е.

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б20	Ло Цзянкунь

Тема работы:

Исследование структуры и свойств изделий, полученных методом порошковой металлургии из композиции Fe-C-Cr-Ni-W

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № 3138/с от 22.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(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.).*

Стальной образец, полученный методом порошковой металлургии. Предварительно порошковая композиция 03X17H12V прошла механическую активацию в течение 5 минут. Прессование - одностороннего прессования. Спекали образец в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 2 часов.

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

*(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,*

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.

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация ВКР в Power Point
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Конотопский В.Ю
<i>Социальная ответственность</i>	Кырмакова О.С
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

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

**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
154Б20	Ло Цзянкунь		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работ 48 с, рис 14, табл 17, источников литературы 13.

Ключевые слова: порошковая металлургия, механическая активация, спекание, пористость, размер зерен и пор, микротвёрдость, металлографический и фазовый анализ.

Объектом исследования является стальной образец, полученный методом порошковой металлургии порошковой композиции 03X17H12B, активация 5 минут.

Цель работы – Исследовать структуру и свойства изделий, полученных методом порошковой металлургии из композиции Fe-C-Cr-Ni-W после активации 5 минут.

В работе проводили подготовку поверхности образца (шлифовка, полировка, травление), оценку пористости, металлографический и рентгеноструктурный анализ, а также была измерена микротвердость.

Основные характеристики спеченной стали 03X17H12B (после активации порошковой смеси в течение 5 минут): пористость – 10-12 %; микротвердость – 119 кг/см<sup>3</sup>; структура – феррит + перлит + карбиды.

Результаты работы доложены на Молодежной школе в рамках Международной конференции «Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении», состоявшейся 9-11 июня 2016 г, г. Томск.

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

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

## **ABSTRACT**

Final qualifying work contents 47 pages, 14 figures, 17 tables and 13 bibliographies.

Keywords: powder metallurgy, mechanical activation, caking, porosity, sizes of grain and pores, micro hardness, the analysis of metallographic and phase.

Purpose of work - To investigate the structure and properties of the products obtained by powder metallurgy composed of Fe-C-Cr-Ni-W.

During the work, the processing of surface was prepared (grinding, polishing, etching), the evaluation of porosity, the analysis of metallographic and X-ray and the measurement micro-hardness was implemented.

Main characteristics of the sintered steel 03H17N12V: porosity - 18%; micro-hardness - 119 kg / cm<sup>3</sup>; structure - ferrite + perlite + carbides.

## Содержание

Введение .....	8
1 Литературный обзор .....	9
1.1 Порошковая металлургия .....	9
1.2 Получение порошков .....	10
1.3 Формование порошков (прессование) .....	13
1.4 Технологические режимы спекания порошков .....	14
1.5 Применение порошковых материалов .....	15
1.6 Преимущества порошковой металлургии .....	16
1.7 Недостатки порошковой металлургии .....	16
2. Материалы и методики исследований .....	18
2.1 Материалы исследований .....	18
2.2 Методики исследований .....	19
2.2.1 Смешивание порошков .....	19
2.2.2 Активация порошковой смеси.....	20
2.2.3 Подготовка поверхности.....	21
2.2.4 Металлографические исследования .....	23
2.2.5 Определение пористости образца .....	23
2.2.6 Определение фазового состава образца .....	25
2.2.7 Измерение микротвердости .....	26
3. Исследование структуры стали .....	28
3.1 Оценка пористости .....	28
3.2 Металлографические исследования.....	32
3.3 Рентгенофазовый анализ спеченных образцов 03X17H12B .....	36
3.4 Определение микротвердости .....	39
3.5 Результаты проведенного исследования .....	40
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	44
4.1 Планирование научно-исследовательских работ .....	44
4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	44

4.1.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	46
4.2	Бюджет научно-технического исследования .....	51
4.2.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	53
4.2.2	Основная заработная плата исполнителей темы .....	56
4.2.3	Расчет затрат на социальный налог .....	56
4.2.4	Расчет амортизационных расходов .....	57
4.2.5	Расчет затрат на электроэнергию .....	58
4.2.6	Расчет прочих расходов .....	59
4.2.7	Расчет общей себестоимости разработки .....	60
4.2.8	Расчет прибыли.....	61
4.2.9	Расчет НДС .....	61
4.2.10	Цена разработки НИР.....	61
4.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	61

## **Введение**

Порошковой металлургией называется наука, охватывающая разные методы изготовления металлических порошков, разных соединений, сплавов, полуфабрикатов и всевозможных изделий из смесей порошков.

Порошковая металлургия отличается множеством достоинств, но вместе с тем и недостатков. Основными достоинствами являются:

- получение материалов, которые очень трудно или нельзя изготовить другим методом (к примеру, тугоплавкие металлы и сплавы на их основе);
- изготовление материалов или изделий с высокими техническими показателями (из-за экономного расхода металла, исключение отходов);
- получение материалов с минимумом примесей, точный химический состав.

Порошковая металлургия также имеет свои недостатки:

- высокая стоимость порошков;
- сложность в изготовлении массивных изделий;
- необходима защитная атмосфера для спекания, что увеличивает стоимость готового изделия;
- чтобы получить изделия с точным химическим составом используются только чистые порошки.

Порошковая металлургия является начальной ступенью для новых современных технологий, например, инжекционное формование изделий.

Данная работа посвящена исследованию стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии. Порошковая композиция составлялась смешиванием порошков отдельных компонентов.

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Порошковая металлургия

Изготовление порошковых металлических изделий, их смесей и композиций с неметаллами. Порошки получают путем механического измельчения или распылением исходных металлов в жидком состоянии, температурной диссоциацией соединений и высокотемпературным восстановлением, электролизом и другими способами. Заготовки изготавливаются прессованием с последующим спеканием. Порошковая металлургия позволяет готовить детали из материалов, которые получить другим способом нельзя или не рентабельно с экономической точки. В порошковой металлургии изготавливают твердые и тугоплавкие материалы и их сплавы, пористые, фрикционные и другие материалы и изделия из них. Технология порошковой металлургии включает следующие операции:

- изготовление исходных порошковых металлов и приготовление из них смеси с технологическими характеристиками и с необходимым химическим составом;
- изготовление из порошков или их смесей изделий требуемой формы и размеров;
- спекание, т. е. нагрев производят до температур ниже точки плавления металла.

После спекания изделия обычно имеют остаточную пористость, обычно она составляет 30-40%, реже до 60%. С целью практически полного устранения пористости материала, улучшения механических свойств и доведения до максимально точных размеров применяется дополнительная обработка холодным или горячим давлением спекённых изделий; порой применяется дополнительная термическая операция, термомеханическая обработка или термохимическая [1, 2].

Данная технология позволяет получить изделия с высокой точностью, и может применяться для достижения особых свойств или заданных

характеристик, которые маловероятно или невозможно получить иными методами изготовления изделий.

## 1.2 Получение порошков

Металлические порошки являются основным сырьем в порошковой металлургии и не встречаются в природе в чистом виде, а представляют собой продукт переработки, на свойства которого сильное влияние оказывает способ его изготовления. Следовательно, изготовление порошков металла составляет важнейшее место в порошковой металлургии.

На технологический процесс изготовления порошковых изделий зависят физические и технологические свойства порошков. Гранулометрический состав частиц, их формы и размеры, а также плотность – все это является существенными физическими свойствами порошков. Форма частиц может быть различной от сфер правильной формы до неправильных многогранников и др. Размер частиц так же может широко варьироваться от 0,1 до 500 мкм. Порошки делятся на пять категорий зернистости [2, 3].:

- 1) 150÷500 мкм - грубые частицы;
- 2) 40÷150 мкм – средние частицы;
- 3) 10÷40 мкм - тонкие частицы;
- 4) 0,5÷10 мкм - достаточно тонкие частицы;
- 5) менее 0,5 мкм - ультратонкие частицы.

Чтобы получить равномерные свойства готового изделия, обычно не применяют порошки одной конкретной фракции, а производят их смешивание в необходимых пропорциях. Более плотные заготовки получаются в результате заполнения мелкими дисперсными частицами в пространствах между крупными.

Гранулометрическим составом является относительное содержание фракций частиц различной размерности.

Плотность. Все порошковые частицы в основном содержат окислы и

поры, они уменьшают плотность в сравнении с расчётной для компактного металла.

К технологическим свойствам порошков относятся: насыпная плотность, объём утряски, прессуемость, текучесть и спекаемость.

Объём и вес утряски – это способность порошков к уплотнению во время утряски [3].

Насыпная плотность – это сколько порошка по массе можно свободно насыпать. Один и тот же порошок, в зависимости от метода получения, может иметь разную насыпную массу. Порошки с малой насыпной плотностью применяют для изготовления высокопористых изделий. Порошки с большой насыпной плотностью применяют для изготовления деталей и изделий.

Текучесть - это способность порошка заполнять форму. Она показывает скоростью прохождения порошка через отверстие нужного сечения. Текучесть обычно ухудшается при малых размерах частиц и сильно влияет на правильность заполнения формы порошком и на скорость уплотнения при прессовании.

Прессуемость – это способность порошка уплотняться под воздействием нагрузки извне и характеризуется прочным сцеплением частиц порошка после процесса прессования. К характеристикам прессуемости относятся пластичность материала, размер и форма порошка. Также, прессуемость повышается, если ввести в состав порошков поверхностно-активные вещества.

Спекаемость – это прочное сцепление частиц после термической обработки (при высоких температурах) прессованных изделий, т.е., способность образовывать при нагреве поликристаллическое тело. Этап превращения порошкового в поликристаллическое изделие с остаточной пористостью [4].

Методы получения порошков разделяют на механические и физико-химические.

К механическим методам получения порошков относятся:

- измельчение и размол твёрдых материалов (стружки, обрезков и других отходов металлообработки) в разных мельницах;

- распыление или пульверизация расплавленного металла с помощью струи воздуха, инертного газа, воды, пара или механическим воздействием быстровращающихся турбин или дисков;
- обработка металла резанием с получением частиц, а не сливной стружки.

Для измельчения твёрдых и хрупких материалов (карбидов, оксидов и др.) используют шаровые, вихревые и вибрационные мельницы. Измельчение материала, который обрабатывается в этих мельницах, производят под ударным и истирающим действием стальных или чугунных шаров. Частицы порошка, которые получают в мельницах, в частности имеют вид неправильных многогранников.

Плюсы механических способов – не меняется химический состав порошков. Недостатки - низкая производительность изготовления порошков, а так же невозможно регулировать форму порошинок. Исходя из сказанного, чаще всего применяют физико-химические методы:

- восстановление оксидов и других соединений металлов газовыми или твёрдыми восстановителями;
- электролиз водных растворов и расплавов солей; диссоциация карбониллов при нагреве.

Сущность восстановления заключается в переходе кислорода от восстанавливаемого металла к восстановителю, что должно обеспечиваться большим химическим сродством последнего к кислороду.

Восстановление оксидов и других соединений - один из распространённых и экономически выгодных методов получения металлических порошков. Исходным сырьём служат оксиды и галогениды, восстановителем либо газы, либо твёрдый углерод в виде кокса или сажи, либо металлы.

Достаточно чистые, но дорогостоящие порошки Fe, Co и Ni изготавливают карбонильным способом. Для этого исходное сырьё (низкого качества) обрабатывают CO при 50...200°C и давлении 5÷10 МПа. Получаются карбонилы. Эти карбонилы легкоплавки и кипят при температурах до 100°C,

карбонилы Cr, Mo и W кипят при 150-180°C. Летучесть перечисленных карбониллов позволяет отгонкой отделять чистые карбонилы от примесей. После, карбонилы разлагают на металл и CO. Данным способом очень легко получать и порошки сплавов: нужно просто перемешать жидкие карбонилы [4].

Физико-химические методы получения порошков более универсальнее, чем механические и более экономичны, потому что в качестве исходных материалов при изготовлении порошков могут быть использованы отходы производства, допустим окалина. Также, порошки, которые получены физико-химическими методами, являются наиболее тонкодисперсными и чистыми, имеют лучший комплекс физических и технологических свойств [5].

### **1.3 Формование порошков (прессование)**

Формованием является технологическим процессом получения деталей необходимых форм и размеров. Трамбовка порошка происходит путем прессования в пресс-формах или в различных оболочках, инжекционным формованием, прокатом, и другое. В зависимости от эксплуатационных свойств детали выбирают порошок, изготовленный нужным способом, метод формования, режим спекания и прессования.

Прессование порошков в металлической пресс-форме приводит к уплотнению объема, а следовательно к заполнению пустот и пластической деформации. В прессовании не происходит полное исчезновение пор, лишь частично. Наличие пор в детали, как правило, неравномерно. Это может быть обусловлено, тем, что давление распределяется неравномерно на деталь, у частиц могут быть различные формы и свойства, при прессовании также присутствует трение, могут менять форма и размеры частиц [5, 6].

## 1.4 Технологические режимы спекания порошков

Спекание является технологическим процессом получения твердых и пористых заготовок из мелких порошкообразных материалов при повышенных температурах; достаточно часто вовремя спекания материалов изменяются физико-химические свойства и структура материала, которые обуславливаются процессом большего или меньшего заполнения пор. Под спеканием интерпретируют термическую обработку, которая приводит к уплотнению свобод от насыпанной или спрессованной массы порошка.

Для простых систем температура спекания по технологии составляет  $0,6-0,9 T_{пл}$  основного компонента. Сложные системы (с множеством компонентов) спекают при температуре плавления легкоплавкого компонента.

Спекание, как правило, заключительная технологическая операция, которая и определяет характер порошковой металлургии. В процессе проведения спекания прессовка переходит в прочное порошковое изделие со свойствами, которое приближено к свойствам компактного с меньшим количеством пор материала.

Во время спекания проходят следующие процессы:

- размеры, структура и свойства исходных порошковых тел меняются;
- проходит диффузия граничная, поверхностная и объемная;
- рассматриваются различные дислокационные явления;
- фазовые превращения и химические реакции;
- снижаются напряжения различного рода;
- рост зародышей зерна материала, т.е. рекристаллизация.

### **Дополнительные операции:**

Так же применяют дополнительные операции: пропитка смазками, механическая доработка, термическая, химическая обработка и др.

Спекание проводят в аргоне, гелии, вакууме или в среде водорода, которое предотвращает окисление металлических порошков. Чтобы избежать

коробления тонкие и плоские детали спекают под давлением. После этапа спекания готовые изделия подвергают отделочным операциям, которые дают заготовкам окончательную форму и получение точных размеров: калибровка, обработка резанием, термическая и химико-термическая обработка.

Суть калибрования - экструзия спеченного изделия через отверстие нужного сечения в пресс-форме: происходит уточнение размеров изделия, полирование его поверхности и снижение пористости [6].

### **1.5 Применение порошковых материалов**

Технологией порошковой металлургии можно также изготовить сплавы с определенным химическим составом, который будет обладать теми или иными свойствами.

Металлокерамические материалы применяют в электро- и радио-вакуумном производстве применяют металлокерамические материалы при изготовлении ламп накаливания, в трубках рентгена, разных лампах, выпрямителях и т.д., например, для производства нитей накаливания электроламп применяется W, полученный методом порошковой металлургии.

Широкое внедрение в производство разных материалов внесло большое изменение в технологию производства. Большая роль в развитии электронагревательных элементов большая роль принадлежит металлокерамическим материалам.

Различный режущий инструмент (резцы из твердых сплавов), который получили методом порошковой металлургии, поднял технологию на новый уровень. Скорость обработки материалов можно увеличить в десятки раз.

Антифрикционные металлокерамические материалы активно применяются в разных отраслях промышленности.

## **1.6 Преимущества порошковой металлургии**

Порошковая металлургия имеет ряд достоинств, которые обуславливают её дальнейший рост и перспективность.

- возможность изготовления деталей из тугоплавких материалов, псевдосплавов (например, медь — вольфрам, железо — графит), пористых материалов, где заранее была задана пористость;
- композиции из металлов и неметаллов (медь — графит, железо -алюминий, пластмасса — окись алюминия и т.д.);

При использовании чистых исходных порошков можно получить спечённые материалы, которые содержат меньше примесей и имеют точное соответствие заданному составу, чем у обычных литых сплавов.

У спечённых материалов при идентичном составе и плотности в связи с особенностью их структуры в ряде случаев свойства будут выше, чем у литых, в частности меньше негативное влияние избирательной текстуры, встречавшейся у ряда литых металлов. Одним из недостатков литых материалов это часто встречающаяся неоднородность локального состава, которая появилась в результате ликвации при затвердевании.

Размеры и форму структурных элементов спечённых вместе легче контролировать, и главное, можно достигать такие комбинации форм и размеров, их взаимное расположение, которое сложно или невозможно достичь в литых металлах. В результате этого, структурные особенности спечённых вместе металлов могут обеспечивать более высокие свойства.

## **1.7 Недостатки порошковой металлургии**

Порошковая металлургия может позволить экономить металл и достаточно уменьшать себестоимость готовой продукции. У порошковой металлургии имеется ряд недостатков:

- высокая стоимость порошков металлов;

- спекание в защитной атмосфере, которая будет увеличивать себестоимость заготовок порошковой металлургии;
- трудности изготовления изделий размеров больше стандартных;
- сложность получения металлов и сплавов без пор;
- дефицит и высокая стоимость чистых порошков.

## 2 Материалы и методики исследований

### 2.1 Материалы исследований

В работе исследовали сталь 03X17H12B, полученную порошковой металлургией. Для получения данной стали порошки отдельных компонентов (элементов) смешивали между собой в планетарной мельнице. Химический состав исследуемой стали представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 03X17H12B

C, %	Cr, %	Ni, %	W, %	Fe, %
0,03	17	12	2	Остальное, около 69%

В качестве исходного материала для приготовления стали, использовали порошки следующих марок: порошок карбонильного железа марки ВМ, карбонильный никелевый порошок марки ПНК УТ-1, порошок хрома марки ПХ1С.

Легирование карбонильного железа различными элементами проводят для повышения свойств. Например, добавление хрома приводит к повышению коррозионной стойкости: при содержании хрома от 10% сталь считается нержавеющей в обычных агрессивных средах, а от 17% и выше сталь уже стойкая в сильноагрессивных средах, например, в азотной кислоте. Коррозионная стойкость стали, содержащей хром, объясняется наличием на поверхности тонкой пленки нерастворимых окислов [7].

Но это слой (тонкая оксидная пленка) может легко разрушиться вследствие локализованной коррозии (контактная или точечная коррозия).

Никель не влияет на образование коррозии, но никель снижает скорость распространения подобного вида коррозии, что оказывает влияние на масштаб коррозии и скорость ее распространения [7].

Ni добавляют в нержавеющую сталь также для стабилизации аустенита при комнатной температуре. Уже 8% Ni уже способствует стабилизации аустенита. Структура аустенита имеет гранцентрированную (ГЦК)

кубическую решетку, она сочетает в себе высокую прочность и достаточно высокую пластичность.

Вольфрам является металлом с самой высокой температурой плавления. Наряду с устойчивостью к высокой температуре, вольфрам в стали, улучшает износостойкость и твёрдость [7].

Вольфрам, добавленный в небольших количествах, вступает в реакции с содержащимися в ней вредными примесями серы и фосфора, и нейтрализует их отрицательное влияние. В результате такая сталь имеет высокую твердость, тугоплавкость, упругость и устойчивость против кислот .

Прессование проводили на гидравлическом прессе методом холодного одностороннего прессования при давлении. Спекали образцы в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 2 часов.

## **2.2 Методики исследований**

### **2.2.1 Смешивание порошков**

Смешивание проводили в течение 24 часов на Виброприводе ВП-С/220 (рисунок 2.1) с системой управления частотой и таймером. 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).
- низкий уровень шума.

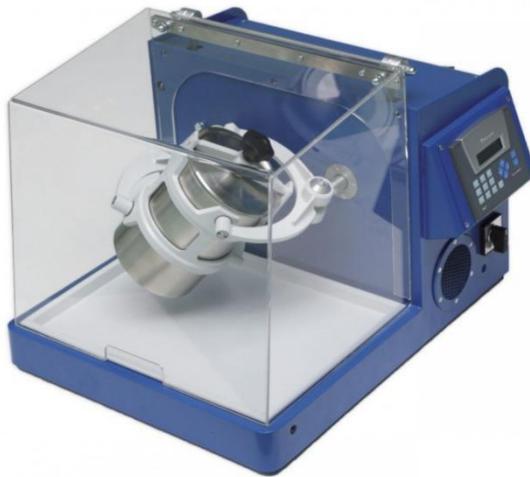


Рисунок 2.1 – Смеситель типа «пьяная бочка»

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

### 2.2.2 Активация порошковой смеси

Для активации порошковой смеси использовали планетарную мельницу (рисунок 2.2), которая способна развивать высокие ускорения и обеспечивать быстрое и эффективное измельчение различных материалов в промышленном масштабе.



Рисунок 2.2 – Планетарная мельница: а) загрузка барабанов, б) мелющие тела (стальные шары) в барабанах (три различных размера)

В планетарных мельницах обычно имеются 3 или 4 барабана (рисунок 2.2а), которые вращаются вокруг оси в центре и одновременно вокруг собственных осей в противоположном направлении (подобно движению планет вокруг Солнца).

В барабаны загружают измельчаемый материал и мелющие тела (обычно шарики) (рисунок 2.2б). Частицы материала испытывают многократные соударения с шариками и стенками барабана. Эффективность планетарных мельниц обусловлена высокой кинетической энергией мелющих тел, благодаря большой скорости их движения создающих высокие напряжения в активируемом веществе.

Затем порошковую смесь прессуют и спекают при температуре 1380°C в течение двух часов.

### **2.2.3 Подготовка поверхности**

Поверхность образцов готовили шлифовкой, полировкой и травлением [8, 9].

Шлифовку производят на шлифовальных станках или вручную. Шлифование осуществляют на наждачной бумаге разной зернистости, последовательно уменьшая размер абразива. Движение образца при шлифовке после смены наждачной бумаги на более мелкозернистую, меняют под углом 90°. На одной бумаге шлифование ведут до исчезновения рисок от предыдущей бумаги. Каждый раз необходимо хорошо промывать и удалять частицы абразива с образца. Для шлифования использовали различные абразивы (шлифовальные шкурки, алмазные пасты и т.д.). Первичное выравнивание образцов проводили на крупнозернистых абразивах. Далее переходили к менее грубой бумаге, так продолжали пока не дошли до гладкой поверхности. В конце шлифования образец хорошо промывают, чтобы все частицы абразива не испортили поверхность.

После шлифования проводили ручную полировку поверхности образца на фильтровальной бумаге с добавлением алмазных паст разной дисперсности. Полирование – процесс достаточно длительный. Полировка закончена, когда при осмотре невооруженным глазом образец приобретет зеркальный блеск, и под микроскопом на поверхности не будет царапин.

Для исследования структуры материала необходимо провести травление. Метод травления основан на неодинаковом растворении в травителе структурных составляющих. Границы зерен являются дефектом, поэтому травление по граница идет интенсивнее. В результате на границах образуются углубления, которые рассеивают лучи света, и под микроскопом они наблюдаются в виде темных линий (рисунок 2.3).

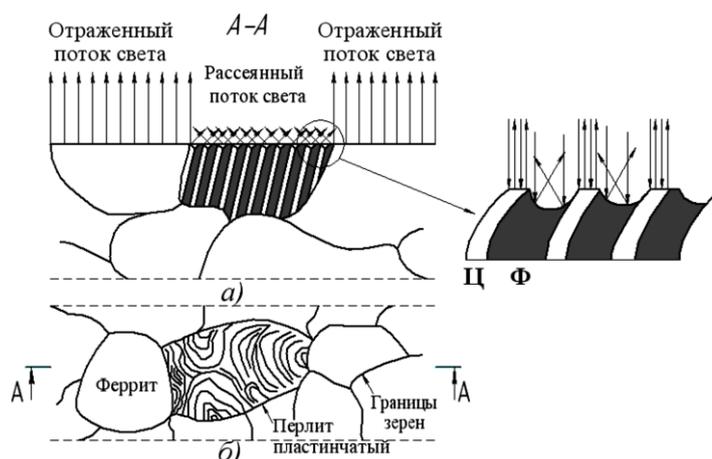


Рисунок 2.3 – Схема отражения потока света в неоднородном Ф+П - сплаве (а), и микроструктура под микроскопом (б): Ц – пластина цементита в перлите (светлая); Ф – пластина феррита в перлите(темная)

Травитель использовали «царскую водку», в состав которой входит смесь концентрированных азотной  $\text{HNO}_3$  и соляной  $\text{HCl}$  кислот, взятых в соотношении 1:3 по объёму [9].

## 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 [10].

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 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.

Большинство материалов не являются сплошными и имеют какую-то пористость, т.е. имеют разные отверстия, пустоты между отдельными кусочками, зернами. Часто эти пустоты (поры) заполнены воздухом или другими газами. Размеры пор могут быть различными: от микроскопических, которые можно наблюдать лишь под микроскопом при большом увеличении, до крупных, видимых невооруженным глазом. Пористость (количество и размер пор) будет существенно оказывать влияние на технологические свойства материала. Допустимая пористость будет зависеть от отрасли применения материала [11].

Определение пористости проводили двумя способами. Первый способ заключался в определении пористости образцов 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.

Второй способ определения пористости, среднего размера пор и распределение пор по размеру проводили методом секущих. Для определения среднего размера поры проводили линии на изображении нетравленной поверхности. Затем подсчитывали размеры пор, попавших на линию, и их количество. Оценку среднего размера пор проводили по формуле (2.1):

$$\bar{d} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (2.1),$$

где  $\bar{d}$  - средний размер пор;

$x_1$  – размер поры под номером 1,

$x_n$  – размер поры под номером  $n$ ,

$n$  – суммарное количество пор.

Пористость с помощью метода секущих определяли по формуле (2.2):

$$P = \frac{\sum l}{\sum L}. \quad (2.2),$$

где  $\sum l$  - суммарная длина пор;

$\sum L$  - суммарная длина линий.

### 2.2.6 Определение фазового состава образца

Качественный фазовый анализ проводили рентгенографическим методом. Съёмки рентгенограмм проведены на дифрактометре ДРОН-4М с характеристическим  $\text{CoK}\alpha$ -излучением (ИФПМ СО РАН).

В аппаратах типа ДРОН для проведения широкого круга структурных исследований различных материалов используется дифракция рентгеновских лучей, для которых кристалл является идеальной дифракционной решеткой. Дифракция рентгеновских лучей от кристалла подчиняется закону Вульфа-Брэгга [12]:

$$n\lambda = 2d(hkl)\sin\Theta, \quad (2.3)$$

где  $\lambda$  – длина волны рентгеновского излучения,

$\Theta$  – угол отражения,

$d(hkl)$  – межплоскостное расстояние,

$n$  – порядок отражения.

Рентгенограммы записывались автоматически на компьютере. Обработку рентгенограмм проводили с помощью компьютерной программы RENEX. Качественный фазовый состав образцов определяли сравнением интенсивностей линий на дифрактограммах и соответствующих им межплоскостных расстояний  $d_{hkl}$  с аналогичными параметрами известных веществ. Для этого использовали компьютерную картотеку, содержащую 39 627 веществ.

Для определения принадлежности рефлексов дифрактограммы к кубической решётке Fe проводили расчёты по методике [12]:

- вычленяли предполагаемые рефлексы  $\gamma$ -Fe и  $\alpha$ -Fe;
- рассчитывали  $\text{Sin}^2\Theta$  для каждого рефлекса;
- проверить соотношение (2.4), для  $\gamma$ -Fe (1; 1,32; 2,66; 3,65; 4) и для  $\alpha$ -Fe (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9):

$$\frac{\sin^2\theta_i}{\sin^2\theta_j} = \frac{H_i^2}{H_j^2} + \frac{K_i^2}{K_j^2} + \frac{L_i^2}{L_j^2} \quad (2.4)$$

- посчитать параметр решётки  $a$  для  $\gamma$ -Fe по формуле (2.5)
- $a = d_{HKL}\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}$ . (2.5)
- построить экстраполяционный график в координатах « $a\text{-cos}^2\Theta$ ».

### 2.2.7 Измерение микротвердости

Микротвердость образцов измеряли с помощью микротвердомера ПМТ-3 (рисунок 2.5) с механической нагрузкой  $P=100\text{г}$  [13 - 15].

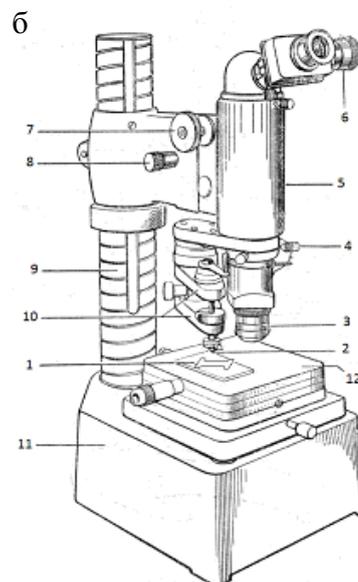


Рисунок 2.5 – Микротвердомер ПМТ-3: а) установка; б) схема: 1 – образец, 2 – алмазная пирамида, 3 – объектив, 4 – центрировка, 5 – тубус, 6 – окулярный микрометр, 7 – макропадача, 8 – микропадача, 9 – стойка, 10 – механическая нагрузка, 11 – станина, 12 – столик

Образец для испытания помещали на столик прибора ПМТ-3 так, чтобы испытываемая поверхность была строго перпендикулярна к направлению

перемещения пирамиды при вдавливании. Установив необходимую нагрузку, столик с образцом поворачивали под пирамиду. Нагружали образец медленно в течение 5-10 секунд. По окончании выдержки столик с образцом плавно поворачивали под микроскоп, для измерения отпечатка. Диагональ отпечатка ( $z$ ) измеряли ценой деления окуляр-микрометра, затем эту величину вычисляли в микронах по формулам, где  $g=0,32\text{мкм}$ :  $d=zg$  (мкм).

Значение микротвердости ( $H$ ) вычисляли по ниже приведенной формуле, где  $P$  – нагрузка выражено в граммах,  $d$  в микрометрах;

$$H = \frac{1854P}{d^2} \text{ кгГ / мм}^2$$

Для того чтобы перевести значение микротвердости в МПа, можно воспользоваться соотношением;  $1\text{МПа} = 9,81\text{кг/мм}^2$ .

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б20	Ло Цзянкунь

<b>Институт</b>	<b>физики высоких технологий</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Материаловедение в машиностроении</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>бакалавриата</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>Материаловедение и технологии материалов</b>

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материально-технические ресурсы: (2728р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (189,45р); информационные ресурсы: научные журналы, монографии, учебники и статьи по теме исследований; человеческие ресурсы: студент (инженер-дипломник), научный руководитель.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Данная НИР проводится впервые, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – 30% от фонда оплаты труда.</i>

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>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</i>
---	--

	<i>работах прикладного характера. По поисковым НИР, которые не заканчиваются достижением положительных результатов, определяется лишь сумма производственных затрат и капитальных вложений на их выполнение.</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Согласно расчетам бюджет затрат на проведение НИР составляет 302220,03р., включая затраты на заработную плату (124735,013р), отчисления в социальные фонды (43781,989р), электроэнергию (189,45р), и прочие расходы (19402,93р).</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>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.</i>
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б20	Ло Цзянкунь		

## **4 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.

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.

#### **4.1. Планирование научно-исследовательских работ**

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

В рамках проведенного научного исследования:

- определена структура работ (табл-4.1);

- определены участники каждой работы;
- установлена продолжительность работ;

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить руководитель доцент кафедры ММС Ваулина О.Ю., инженер кафедры ММС Мячин Ю.В., студент НИ ТПУ ИФВТ кафедры ММС Ло Цзянкунь, 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 4.1 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	Инженер, техник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
	5	Проведение теоретических	Инженер,

Теоретические и экспериментальные исследования		расчетов и обоснований	техник
	6	Подготовка образцов исследований.	Техник.
	7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	Инженер, техник
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер, техник
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер, техник
	10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	Руководитель

#### 4.1.2 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.

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  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, (1)$$

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

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

43 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.

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{49,8}{2} = 25 (2)$$

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

$t_{ожі}$  – 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.

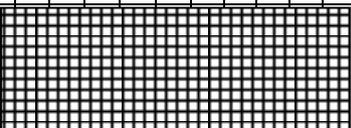
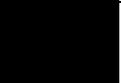
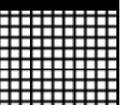
$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.48 \quad (5)$$

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

Таблица 4.2 –Временные показатели проведения ВКР

№ раб	Исполнители	Продолжительность работ				
		tmin чел- дн.	tmax чел- дн	тож чел-дн	Тр раб.дн	Тк кал.дн
1	Руководитель темы	3	4	3,4	3,4	5,032
2	Руководитель, инженер	2	3	2,4	2,4	3,522
3	Инженер, техник	4	5	4,4	4,4	6,512
4	Руководитель, Инженер	3	4	3,4	3,4	5,032
5	Инженер, техник	4	5	4,4	4,4	6,512
6	Техник.	10	15	12	12	17,76
7	Инженер, техник	9	13	10,6	10,6	15,688
8	Инженер, техник	5	6	5,4	5,4	7,992
9	Инженер, техник	2	3	2,4	2,4	3,522
10	Руководитель	1	2	1,4	1,4	2,072
				49,8		73,644

Таблица 4.3 –Календарный план проведения НИР

этапы	Вид работы	T <sub>k</sub>	Исполнитель	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	5,032	Руководитель темы					
2	Выбор направления исследований	3,522	Руководитель, инженер	 				
3	Подбор и изучение материалов по теме	6,512	Инженер, техник	 				
4	Календарное планирование работ по теме	5,032	Руководитель, Инженер	 				
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	5,032	Инженер, техник	 				
6	Подготовка образцов исследований.	17,76	Техник.					
7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	15,688	Инженер, техник				 	
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	7,992	Инженер, техник					 
9	Оценка эффективности полученных результатов	3,522	Инженер, техник					 
10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	2,072	Руководитель					



Руководитель темы



Инженер



Техник

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

## 4.2 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

### 4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых исследованиях:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для проведения научных исследований;

- покупные материалы, используемые в процессе подготовки образцов для испытаний.

- Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} , \quad (6)$$

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

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

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

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу-4.3.

Таблица 4.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_m$ ), руб.
образец	г	8	66	633,6
Наждачная бумага, Р1500	лист	6	35	252
Наждачная бумага, Р2000	лист	3	45	162
Алмазная паста	тюбик	5	280	1680

Итого	2727,6
-------	--------

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

#### 4.2.2 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 4.5 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.-дн.	Исполнители по категориям	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление ТЗ	5,032	Руководитель,	1,25	6,29
2	Выбор направления исследований	3,522	Инженер.	0,60	2,1132
			руководитель	1,25	4,4025
3	Изучение материалов	6,512	Техник	0,35	2,2792
			Руководитель	1,25	8,14

4	Календарное планирование	5,032	Инженер	0,60	3,0192
5	Проведение теоретических	6,512	Инженер	0,60	3,9072
			Техник	0,35	2,2792
6	Подготовка образцов	17,76	Инженер	0,60	10,656
7	Проведение испытаний	15,688	Техник	0,35	5,4908
			Инженер	0,60	9,4128
8	Сопоставление результатов	7,992	Техник	0,35	2,7972
			Инженер	0,60	4,7952
9	Оценка эффективности	3,522	Техник	0,35	1,2327
			Руководитель	1,25	4,4025
10	Определение целесообразности	2,072	Руководитель	1,25	2,59
Итого: 73,8077					

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

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

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:

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

где  $Z_{\text{ТС}}$  – 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.

Таблица 4.6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{гс}$ , тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_{дн}$ , тыс. руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	1,25	1,3	1	1,3	2,1125	20,66	43644,25
Инженер	0,60				1,014	56,506	57297,084
Техник	0,35				0,5915	40,226	23793,679
Итого $Z_{осн}$ : 124735,013							

$$Z_{доп} = Z_{осн} * 0.17 = 21204,952 \text{руб.}$$

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

$$C_{зп} = 124735,013 + 21204,952 = 145939,962 \text{руб.}$$

#### 4.2.3 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.

$$C_{соц} = C_{зп} * 0,3. \text{ И так, в нашем случае } C_{соц} = 145939,962 * 0,3 = 43781,989 \text{руб.}$$

## 4.2. 4 Расчет амортизационных расходов

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

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (11)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$  – 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  $C_{AM}$ . Например, для ПК в 2016 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять  $F_D = 298 * 8 = 2384$  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 = 35000 руб., время использования 180 часа, тогда для него  $C_{AM}$  (ПК) =  $(0,4 * 35000 * 180 * 1) / 2384 = 1057$  руб. Стоимость оборудования 12000 руб, его  $F_D = 450$  час.;  $H_A = 0,5$ ; тогда его  $C_{AM}$

$(Pr) = (0,5 * 12000 * 25 * 1) / 450 = 333,3$  руб. Итого начислено амортизации 1390,3 руб.

#### 4.2.5 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  $Ц_{\text{Э}} = 5,4274$  руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4.2 для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} * K_t, \quad (12)$$

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:

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

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

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

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$ , кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$ , руб.
Персональный компьютер	180*0,6	0,3	175,85
микроскоп	25	0,1	13,6
Итого:	189,45		

#### 4.2.6 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.

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

Для нашего примера это:

$$C_{\text{проч.}} = (2727,6 + 145939,962 + 43781,989 + 189,45 + 1390,3) \cdot 0,1 = 19402,93 \text{ руб.}$$

#### 4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

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

Таблица- 4.8 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2727,6
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	145939,962
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	43781,989
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	189,45
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1390,3
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	19402,93
Итого:		213432,229

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 213432,229$  руб.

#### **4.2.8 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 ÷ 20 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 42686,44 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

#### **4.2.9 Расчет НДС**

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(213432,229 + 42686,44) * 0,18 = 46101,36$  руб.

#### **4.2.10 Цена разработки НИР**

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

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 213432,229 + 42686,44 + 46101,36 = 302220,03 \text{руб.}$$

### **4.3 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.

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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = 1 \quad (13)$$

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).