

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

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

УДК 621.762.242: 669.148

Студенту

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б20	Пань Лэй		

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
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Материаловедение в машиностроении	Панин В.Е.	д.ф.-м.н., акад. РАН		

Томск – 2016 г.

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

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

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

Институт *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)

УДК 621.762.242: 669.148

Студенту:

Группа	ФИО
154Б20	Пань Лэй

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:

08.02.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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></p>	<p>Стальной образец, полученный методом порошковой металлургии. Прессование - одностороннего прессования. Спекали образец в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 2 часов.</p>
<p>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;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературы 2. Освоение методик 3. Проведение и описание исследований. 4. Финансовый менеджмент,

<i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	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 <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Конотопский В.Ю
<i>Социальная ответственность</i>	Кырмакова О.С
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат /abstract	

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
154Б20	Пань Лэй		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 91 с., 12 рис., 23 табл., 21 источников литературы.

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.

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

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: пористость – 10%; микротвердость – 81,5 кг/см³; структура - аустенитная.

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 is presented with 91 pages, 12 pictures, 23 tables, 21 literature sources.

Keywords: powder metallurgy, mechanical activation, sintering, porosity, grain size and pore, micro-hardness, metallographic analysis, phase analysis.

Research purpose: study the structure and the properties of the products obtained by powder metallurgy from the composition Fe-C-Cr-Ni-W.

In the work, conducted preparation of the sample surface (grinding, polishing and etching) , evaluation of porosity, metallographic and X-ray analysis, even micro-hardness was measured.

The main characteristics of the sintered steel 03Cr17Ni12W: porosity - 10%; micro-hardness - 82 kg /cm³; structure - austenitic.

Содержание

Введение	4
1. Порошковая металлургия	5
1.1. Основы порошковой металлургии	5
1.2. Получение порошков	7
1.3. Формование порошков	9
1.4. Технологические режимы спекания порошков	9
1.5. Применение порошковых материалов	12
1.6. Преимущества порошковой металлургии	12
1.7 Недостатки порошковой металлургии	13
2. Материалы и методики исследований	14
2.1. Материалы исследований	14
2.2. Методики исследований	15
2.2.1 Смешивание порошков	15
2.2.2 Подготовка поверхности	16
2.2.3 Металлографические исследования	18
2.2.4 Определение пористости образца	18
2.2.5 Определение фазового состава образца	20
2.2.6 Измерение микротвердости	21
3. Исследование структуры стали	24
3.1. Оценка пористости	24
3.2. Металлографические исследования	28
3.3. Определение фазового состава	33
3.4. Определение микротвердости	34
4. Финансовый менеджмент	43
5. Социальная ответственность	71
6. Заключение	88
7. Список литературы	90

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.

1.1 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) 40÷150 мкм – средние частицы;
- 2) 150÷500 мкм - грубые 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 также 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, 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 (фильтры, самосмазывающиеся подшипники);

- 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

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.

Порошковая металлургия может позволить экономить металл и достаточно уменьшать себестоимость готовой продукции.

2 Материалы и методики исследований

2.1 Материалы исследований

В работе исследовали сталь 03X17H12B, полученную методом порошковой металлургии. Для получения данной стали порошки отдельных компонентов (элементов) смешивали между собой в планетарной мельнице. Химический состав исследуемой стали представлен в таблице 1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 03X17H12B

C, %	Cr, %	Ni, %	W, %	Fe, %
0,03	17	12	1,5	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 смесителе С 2.0 «Турбула» (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);
- наблюдение за рабочим процессом через прозрачный откидной кожух;
- сенсорная панель управления;
- возможность задавать время работы и время паузы (пауза может отсутствовать);
- низкий уровень шума.

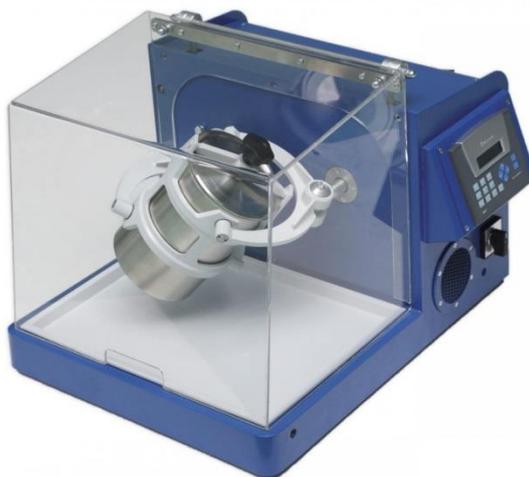


Рисунок 2.1 – Смеситель лабораторный «Турбула С 2.0»

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

2.2.2 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 границе идет интенсивнее. В результате на границах образуются углубления, которые рассеивают лучи света, и под микроскопом они наблюдаются в виде темных линий (рисунок 2.2).

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

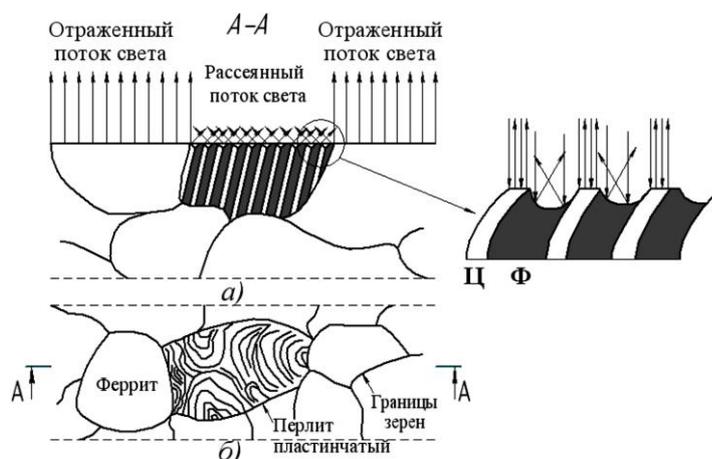


Рисунок 2.2 – Схема отражения потока света в неоднородном $\text{Ф}+\text{П}$ - сплаве (а), и микроструктура под микроскопом (б): Ц – пластина цементита в перлите (светлая); Ф – пластина феррита в перлите(темная)

2.2.3 Металлографические исследования

В работе был использован металлографический лабораторный инвертированный микроскоп ЛабоМет-И (рисунок 2.3). 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].

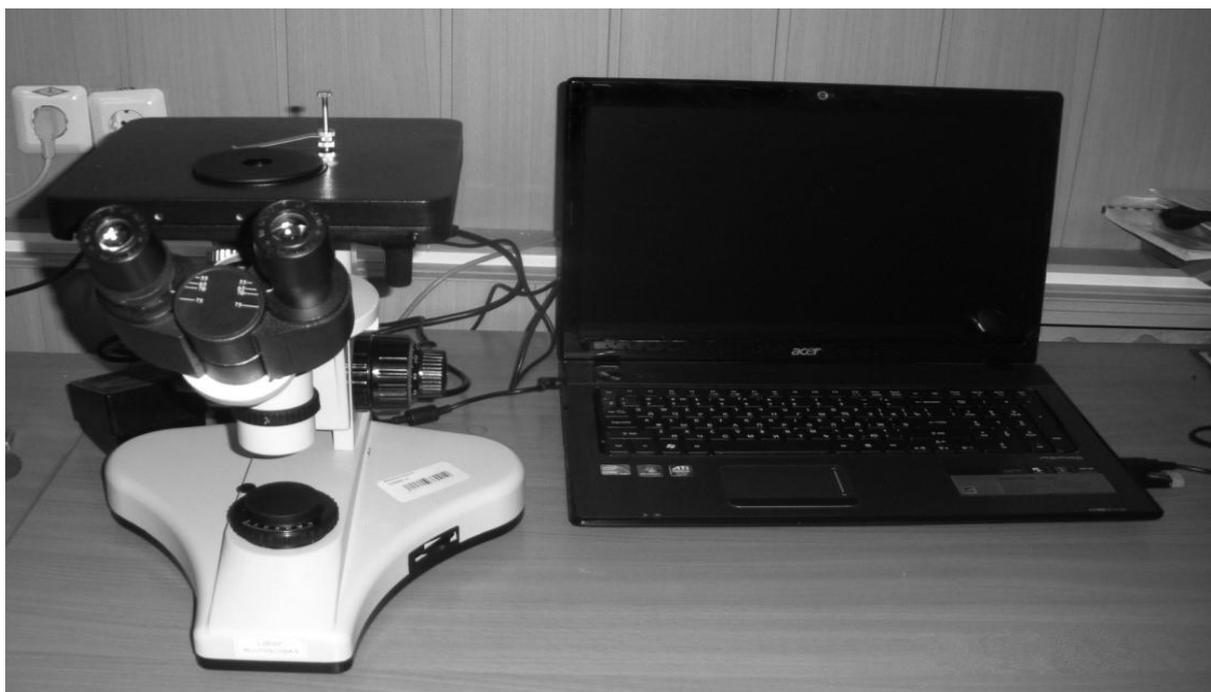


Рисунок 2.3 – Металлографический микроскоп ЛабоМет

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

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.

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.

2.2.5 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 структурных исследований разных 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 λ – длина волны рентгеновского излучения,

Θ – 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. Поскольку использовали компьютерную картотеку, содержащую 39 627 веществ.

Для того, чтобы определить принадлежность рефлексов дифрактограммы к кубической решётке Fe проводили расчёты по методике [12]:

- вычленили предполагаемые рефлексы γ -Fe и α -Fe;
- рассчитывали $\sin^2\Theta$ для каждого рефлекса;
- проверить соотношение (2.4), для γ -Fe (1; 1,32; 2,66; 3,65; 4) и для α -Fe (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9):

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

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

2.2.6 Измерение микротвердости

Твёрдость (по Роквеллу, Бринеллю, Виккерсу) позволяет оценить усредненное сопротивление материала вдавливанию [13 - 15]. Для определения твердости отдельных фаз или твердости тонкого поверхностного слоя нужно применять маленькие нагрузки вдавливания. Под структурной составляющей, фазой следует понимать однородную часть системы, которая, может быть сложное строение и быть неоднородной на более низком масштабном уровне (при большем увеличении). Для измерения твердости таких элементов микроструктуры служат испытания на микротвердость.

Микротвердость, как твердость по Виккерсу, определяют вдавливанием алмазной пирамиды [15]. Поэтому сущность и размерность микротвердости такая же, как твердости по Виккерсу. Отличие: при измерении микротвердости используют маленькие нагрузки: от 5 до 200 г. Поэтому размеры отпечатков получаются очень маленькими, меньше, чем размеры отдельных составляющих структуры, что и позволяет определять их твердость. Для этого при выбранной нагрузке производится вдавливание пирамиды в нужную структурную составляющую, измеряется диагональ отпечатка и по соответствующей для

данной нагрузки таблице определяется микротвердость. Вдавливание пирамиды и измерение диагонали производится на приборе ПМТ-3 (рисунок 2.4).

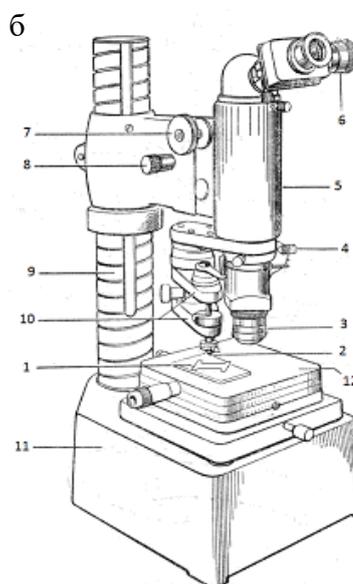


Рисунок 2.4 – Микротвёрдомер ПМТ-3: а) установка; б) схема: 1 – образец, 2 – алмазная пирамида, 3 – объектив, 4 – центрировка, 5 – тубус, 6 – окулярный микрометр, 7 – макропадача, 8 – микропадача, 9 – стойка, 10 – механическая нагрузка, 11 – станица, 12 – столик

Микротвердость образцов измеряли с помощью микротвердомера ПМТ-3 (рисунок 2.4) с механической нагрузкой $P=100\text{г}$.

Диагональ отпечатка (z) измеряли ценой деления окуляр-микрометра, затем эту величину вычисляли в микронах по формулам, где $g=0,301\text{ мкм}$: $d=zg$ (мкм).

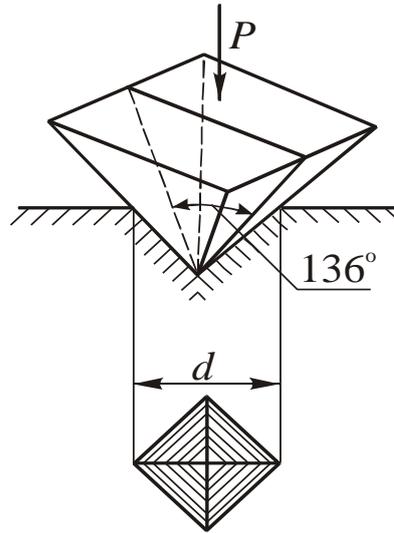


Рисунок 2.5- Схема отпечатка при вдавливании пирамиды

Нагрузка P может меняться от 9,8 Н (1 кгс) до 980 Н (100 кгс). Твёрдость по Виккерсу:

$$HV = 0,189 \frac{P}{d^2} \text{ [МПа]}, \text{ если } P \text{ выражена в Н} \quad (2.6)$$

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \text{ [кгс/мм}^2\text{]}, \text{ если } P \text{ выражена в кгс} \quad (2.7)$$

Значение микротвёрдости (H_{μ}) вычисляли по формуле (2.7), где P – нагрузка выражено в граммах, d – диаметр отпечатка.

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б20	Пань Лэй

Институт	ИНФТ	Кафедра	ММС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Исследование проводится для ООО “Сибирская машиностроительная компания” - При проведении исследования используется база лабораторий НИ ТПУ кафедра ММС; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность» В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- Отчисления по страховым взносам - 27% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	- Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование, - Потенциальные потребители результатов НТИ, - Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	- Планирование работ по проекту, -Расчет бюджета затрат на проектирование, в т. ч. расчет капитальных вложений в основные средства

3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение ресурсной и экономической эффективности исследования - Определение научно-технической эффективности
1.График Ганта, 2.Смета затрат	

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

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	Пань Лэй		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Инициализация исследования и его технико-экономическое обоснование

Темой дипломной работы является “Исследование структуры и свойств изделий, полученных методом порошковой металлургии из композиции Fe-C-Cr-Ni-W”.

Для достижения развития нового поколения недорогих типов энергосберегающих стальных, развитие на международном уровне до большого класса высокой прочности, высокой прочности, многоцелевого нового типа стали. Работа посвящена исследованию структуры стали 03X17H12B, полученных методом порошковой металлургии.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проекта;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Данная глава выпускной квалификационной работы посвящена описанию потребителя результата исследования, составлению плана выполнения работы, определению трудоемкости работ, построению линейного графика работ. Так же была рассчитана стоимость затрат научной исследовательской работы, осуществлен комплексный SWOT - анализ научно-исследовательского проекта.

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Потенциальными потребителями результатов этого исследования являются предприятия машиностроительной отрасли, расположенные на территории Российской Федерации, включающие в себя судостроительные, автомобильные, авиакосмические, железнодорожные, оборонно-промышленные комплексы и т.д.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов НТИ

Потенциальными потребителями данного научно технического исследования стали 03X17H12B, являются промышленные машиностроительные заводы, которые выпускают различные типы деталей для промышленной отрасли, военной и авиационной. Данное научно техническое исследование было выполнено для ООО “Куранты” город Москва.

В связи с бурным развитием стальной промышленности, в некоторых случаях можно приобрести низкое качество данного продукта. Что в последствие может сказаться пагубно на ответственных деталях, так же есть возможность выйти из строя, не испытав свой срок эксплуатации. Финансовая экономичность играет большую роль в закупке продукта. Покупка низкого качества продукта в большом размере по стоимости как за качественный продукт не удовлетворяет потребителей. Таким вопросом занимается данное исследование: изучение, исследование структуры стали Fe-C-Cr-Ni-W, на исследуемый образец с последующим анализом.

Стоимость научно технического исследования для получения качественного результата анализа продукта, составляет большой удельный вес в общей стоимости данного исследования. Ограничение в сроках выполнения исследования существует, машиностроительная промышленность каждый день ставит перед собой цели, выпустить быстро и качественную продукцию из поставленного полуфабриката. Финансирование осуществляется из фонда заказчика. Средства выделяются на основе рассчитываемой сметы.

4.2 Планирование комплекса работ на научно техническое исследование

Комплекс работ по созданию научно технического исследование включает в себя 2 этапа:

- исследование образца РАФ и РАМ методом;
- исследование образца на влияние структуры стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии.

Исследование образца РАФ и РАМ будут разрабатывать 2 человека: руководитель проекта и студент-дипломник.

Исследование образца на влияние структуры стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии 2 человека: руководитель проекта и студент-дипломник.

4.2.1 Составление перечня работ

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 4.1:

Таблица 4. 1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания ВКР	руководитель; Ваулина О.Ю. – студент-дипломник.
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение методы порошковой металлургии поиск материалов по теме	Ваулина О.Ю.
	3	Выбор материала для проведения эксперимента	Ваулина О.Ю.
	4	Календарное планирование работ	Ваулина О.Ю.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование проведения исследования стали 03X17H12B	Ваулина О.Ю.
	6	Поиск необходимого оборудования.	Ваулина О.Ю.
	7	Исследование стали 03X17H12B	Ваулина О.Ю.,
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, исследования стали 03X17H12B	Ваулина О.Ю.
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Ваулина О.Ю.
Оформление отчета НИР	10	Составление пояснительной записки	Ваулина О.Ю.

4.2.2 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min\ i} + 2 \cdot t_{\max\ i}}{5}, \quad (4.1)$$

Где $t_{ож\ i}$ – 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.;

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

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

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

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (4.4)$$

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

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,21,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ $T_{\text{к}}$ нужно округлить до целых чисел [17].

Результаты расчетов приведены в таблице 4.2.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$U_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

где U_i – удельное значение каждой работы в %;

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

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (4.6),$$

где $\sum T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы. [1] Результаты расчетов приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Временные показатели проведения НИР

№ раб.	Исполнители	t_{\min} чел- дн.	t_{\max} чел- дн.	$t_{\text{ож}}$ чел- дн.	T_p раб. дн	T_k кал. дн	U_i , %	Γ_i , %
1	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	1	3	2	1	1	1,49	1,49
2	Пань Лэй	19	34	25	25	30	43,48	37,68
3	Пань Лэй	4	10	6	6	7	10,15	46,38
4	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	4	12	7	3,5	4	5,80	53,79
5	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	12	24	17	8,5	21	30,44	63,77
6	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	4	18	10	5	6	8,70	70,01
7	Пань Лэй	5	12	8	8	10	14,49	82,61
8	Пань Лэй	1	9	4	4	5	7,25	88,41
9	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	2	12	6	3	4	5,80	92,75
10	Пань Лэй	2	9	5	5	6	8,70	100
ИТОГО					69	94		

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения ВКР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [18].

График строится в рамках таблицы 4.3 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Далее в нижней таблице приведен календарный план разработки проект в форме диаграмм Ганта.

Таблица 4.3 – Календарный график проведения ВКР

Этапы	Вид работы	Исполнители	T _k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	
1	Составление и утверждение задания ВКР	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	1	■					
2	Изучение методы порошковой металлургии поиск материалов по теме	Пань Лэй	30	■					
3	Выбор материала для проведения эксперимента	Пань Лэй	7		■				
4	Календарное планирование работ	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	4				■		
5	Планирование проведения исследования стали 03X17H12B	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	21			■			
6	Поиск необходимого оборудования.	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	6			■			
7	Исследование стали 03X17H12B	Пань Лэй.	10				■		
8	Анализ полученных результатов, исследования стали 03X17H12B	Пань Лэй	5				■		
9	Оценка эффективности полученных результатов	Ваулина О.Ю., Пань Лэй	4				■		
10	Составление пояснительной записки	Пань Лэй	6				■		

■ - руководитель, ■ - студент-дипломник.

Календарный план разработки проекта составлен с учетом всех выходных и праздничных дней. На разработку данного проекта потребуется 94 рабочих дней.

4.2.3 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

4.2.4 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:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (7)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 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 4.4.

Таблица 4.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Образец (вес одного образца 0,2 кг.)	кг	4	12	48
Наждачная бумага, Р600	лист	6	25	150
Наждачная бумага, Р800	лист	10	28	280
Наждачная бумага, Р1200	лист	8	30	240
Наждачная бумага, Р1500	лист	6	35	210
Наждачная бумага, Р2000	лист	5	50	250
Алмазная паста	тюбик	4	250	1000
Итого				2130

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

4.2.5 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	Трудовая емкость, чел. дн.	Исполнители по категориям	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение задания ВКР	1	Ваулина О.Ю.,	1,13	1,42
			Пань Лэй	0,46	0,58
2	Выбор направления исследований	30	Пань Лэй	13,8	17,25
3	Изучение материалов	7	Пань Лэй	3,22	4,03
4	Календарное планирование	4	Ваулина О.Ю.,	4,52	5,65
			Пань Лэй	1,84	2,3
5	Проведение теоретических	21	Ваулина О.Ю.,	23,73	29,66
			Пань Лэй	9,66	12,08
6	Подготовка образцов	6	Ваулина О.Ю.,	6,78	8,48
			Пань Лэй	2,76	3,45
7	Проведение испытаний	10	Пань Лэй.	4,6	5,75
8	Сопоставление результатов	5	Пань Лэй	2,3	2,88
9	Оценка эффективности	4	Ваулина О.Ю.,	4,52	5,65
			Пань Лэй	1,84	2,3
10	Определение целесообразности	6	Пань Лэй	2,76	3,45

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

$$\Phi_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.8)$$

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:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.9)$$

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:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.10)$$

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:

$$Z_m = Z_{\text{ТС}} * K_{\text{ПР}} * K_{\text{Р}}, \quad (11)$$

где $Z_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$K_{\text{ПР}}$ – премиальный коэффициент, равный 1;

$K_{\text{Р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3,

Расчёт основной заработной платы приведён в табл-4.6.

Таблица 4.6 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Зте , руб.	Кпр	Кд	Кр	Здн , руб.	Тр, раб. дн.	Зосн , руб.
Ваулина О.Ю.,	806.2	1	1	1,3	1363.01	21	28623.21
Пань Лэй	671.75				873.27	69	60255.63
Итого, Зосн: = 88878.84							

Поэтому, получим основную заработную плату:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} * 0,15 = 13331.826 \text{ руб.}$$

$$\text{Фонд заработной платы, } \Phi_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

$$\Phi_{\text{зп}} = 88878.84 + 13331.826 = 102210.67 \text{ руб.}$$

4.2.6 Смета затрат на разработку проекта

Затраты представляют собой все производственные формы потребления денег и измеримых в денежном измерении материальных ценностей, которые служат непосредственной производственной целью.

Рассчитываем смету расходов, включая затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

$$C_{\text{проекта}} = З_{\text{мат}} + З_{\text{ам.техн}} + З_{\text{зп}} + З_{\text{накл.расх}} + З_{\text{прочие}},$$

где, $C_{\text{проекта}}$ - смета затрат на разработку проекта

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции [18].

В данной работе использовался 4 образца стали 03X17H12B. Стоимость 1 кг материала 60 руб. Вес одного образца 0,2 кг, себестоимости одного образца - 12 рублей.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу-4.4. $Z_{\text{мат}}=2130$

Для проведения научно-исследовательской работы требуются следующие виды оборудования: установка для исследования печь типа Снол, твердомер Бринелль, твердомер ПМТ – 3, металлографический микроскоп и компьютер.

Срок полезного использования каждого вида оборудования:

1) Печь типа Снол, твердомер Бринелль, твердомер ПМТ – 3 – по пятой группе (оборудование испытательное): 10 лет.

2) Металлографический микроскоп, компьютер – по третьей группе (техника электронно- вычислительная): 5 лет. [19]

Рассчитываем полные материальные затраты ($Z_{\text{мат}}$).

$$Z_{\text{мат.ам}} = Z_{\text{исп.уст}} + Z_{\text{кам}} + Z_{\text{комп}}, \text{ руб.}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Стоимость используемого оборудования

Материалы и оборудование	Ед. изм	Срок службы, год	Кол-во. матер., ед	Цена за ед, руб.	Затраты обор., руб.	Основная заработная плата, руб
Печь типа СНОЛ	шт.	10	1	27400	27400	27400
Твердомер Бринелль	шт.	10	1	88000	88000	8800
Твердомер ПМТ - 3	шт.	5	1	46000	46000	9200
Металлографический микроскоп	шт.	5	1	150000	150000	30000
Персональный компьютер	шт.	5	1	35000	35000	7000
Итого:						82400

4.2. 6 Расчет амортизационных расходов

Амортизация основных фондов – сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации. Корректно при расчете затрат учитывать в году приобретения и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году [18].

$$Z_{\text{ам.обор}} = \left(\frac{T_{\text{исп.обор}}}{300} \right) \times Z_{\text{обор}} \times N_a$$

где $T_{\text{исп.обор}}$ – время использования оборудование;

300 дней – количество рабочих дней в году;

$Z_{\text{обор}}$ – Затраты оборудования; N_a – норма амортизации.

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{с.с.обор}}},$$

где $T_{\text{с.с.обор}}$ – срок службы оборудования,

Рассчитаем затраты амортизацию оборудования в рабочие дни в 1 год, (износа) $Z_{ам.обор}$, по следующей формуле:

$$Z_{ам.обор} = \left(\frac{T_{исп.уст}}{300} \right) \times Z_{исп.уст} \times N_a = \frac{1}{300} \cdot 27400 \cdot \frac{1}{10} = 9,13, \text{ руб.}$$

Так как рассчитаем затраты использования: $Z_{ам.ком}$ —амортизацию комплекса оборудования (износа); $Z_{ам.кам}$ —амортизацию использования камнании; $T_{исп.уст}$ —время амортизации использования углуги.

$$Z_{ам.кам} = \left(\frac{T_{исп.кам}}{300} \right) \times Z_{исп.кам} \times N_a = \frac{1}{300} \cdot 88000 \cdot \frac{1}{10} = 29,3, \text{ руб.}$$

$$Z_{ам.ком1} = \left(\frac{T_{исп.ком1}}{300} \right) \times Z_{исп.ком1} \times N_a = \frac{1}{300} \cdot 46000 \cdot \frac{1}{5} = 30,6, \text{ руб.}$$

$$Z_{ам.ком2} = \left(\frac{T_{исп.ком2}}{300} \right) \times Z_{исп.ком2} \times N_a = \frac{1}{300} \cdot 150000 \cdot \frac{1}{5} = 100, \text{ руб.}$$

$$Z_{ам.кам} = \left(\frac{T_{исп.кам}}{300} \right) \times A_{обор} \times N_a = \frac{1}{300} \cdot 35000 \cdot \frac{1}{5} = 22,34$$

Тогда, сумма начисленной амортизации (износа)оборудования $I_{ам.обор}$:

$$\sum Z_{ам.обор} = Z_{ам.исп.уст} + Z_{ам.кам} + Z_{ам.ком1} + Z_{ам.ком2} = 9,13 + 29,3 + 30,6 + 100 + 22,34 = 191,37, \text{ руб}$$

4.2.7 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:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э} \quad (4.11),$$

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

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

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

Для ТПУ $Ц_{э} = 5,4274$ руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 42 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 21.

$$t_{об} = T_{РД} * K_t,$$

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

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} * K_C,$$

где $P_{ном.}$ – 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 4.8

Таблица 4.8– Затраты на электроэнергию технологическую

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

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей, с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;

- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск;
- другие виды выплат. [4]

Примем, что полный фонд заработной платы: $\Phi_{зп} = 102210.67$ руб.

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Базовая ставка единого социального налога составляет 30 % ,

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($Z_{соц.отч.}$):

$$\begin{aligned} Z_{соц.отч.} &= ЕСН = 0,3 \cdot \Phi_{зп} \\ &= 0,3 \cdot 102210.67 = 30663,20, \text{руб.} \end{aligned}$$

Накладные расходы используют на следующее:

- 1) затраты на текущий ремонт;
- 2) амортизацию основных производственных фондов;
- 3) затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 80% от полного фонда заработной платы. Тогда:

$$Z_{накл.расх} = 0,8 \cdot \Phi_{зп} = 0,8 \cdot 102210.67 = 81768,53, \text{руб.}$$

Прочие затраты – затраты, к которым относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, вознаграждения за изобретение и рационализаторские предложения, за подготовку кадров, оплата услуг связи и т.д. Эти затраты составляют 16% от всех издержек и вычисляются по формуле:

$$Z_{прочее} = 0,16(Z_{обор} + \Phi_{зп} + Z_{мат.ам} + ЕСН + Z_{эл.об.})$$

$$Z_{прочее} = 0,16(82400 + 102210.67 + 191,37 + 30663,20 + 189,45) = 34504,75 \text{ руб.}$$

Рассчитываем себестоимость проекта ($C_{\text{проекта}}$).

$C_{\text{проекта}} = Z_{\text{мат}} + \Phi_{\text{зп}} + Z_{\text{ам.обор}} + Z_{\text{соц.отч}} + Z_{\text{накл.расх}} + Z_{\text{прочие}} + Z_{\text{лобб}}$

$C_{\text{проекта}} = (82400 + 102210,67 + 191,37 + 30663,20 + 81768,53 + 34504,75 + 189,45)$
 $= 331927,97 \text{руб.}$

Таким образом смета затраты на научно исследовательскую работу составляет 331927,97 рублей.

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 33192,80 руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(331927,97 + 33192,80) * 0.18 = 65721.74$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

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

$C_{\text{НИР(КР)}} = 331927,97 + 33192,80 + 65721.74 = 4530835,51$ руб.

4.3 SWOT анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT – анализ проекта позволяет оценить факторы и явления способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок [21]. Для анализа проекта составлена таблица 4.9.

Сперва описываются сильные и слабые стороны проекта, для выявления возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.9 – SWOT анализ проекта

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Методика исследования материалов в данной работе является эффективной;</p> <p>С2. Методика, описанная в работе, несет в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С3. Возможность применения данной методики, для деформируемых и литейных металлов;</p> <p>С4. Актуальность разработки;</p> <p>С5. Наличие опытного руководителя.</p>	<p>В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки;</p> <p>В2. Большой потенциал применения методики в России;</p> <p>.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Завышенные требования к оборудованию т.к. для проведения эксперимента требуются сложные испытательные установки</p> <p>Сл2. Возможность появления новых методов</p> <p>Сл3. Большой объем методики</p> <p>Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p>	<p>У1. Возможность создание более доступной в цене аналогового метода определения металла;</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новую методику;</p> <p>У3. Закрытие машиностроительных предприятий на территории РФ.</p>

Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 4.10 – Сильные стороны проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	+	+	+
	B2	+	+	+	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C1C3C4C5, B2C1C2C3.

Таблица 4.11 – Слабые стороны проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	0	0	+	0
	B2	0	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл3, B2Сл2Сл4.

Таблица 4.12 – сильные стороны проекта

Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	0	-	0
	У2	+	0	0	+	0
	У3	-	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С1С2, У2С1С4.

Таблица 4.13 – Слабые стороны проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	-	-
	У2	0	-	+	+
	У3	0	-	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл4.

Проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Самой большой угрозой для проекта является возможность создания более доступного в цене аналогового метода определения структуры, свойств и химического анализа, что на данном этапе не прогнозируется, поскольку данная

методика имеет теоретическую, математическую и экспериментально обоснованную базу, которая является наиболее удобной и целесообразной в использовании. Также среди угроз можно отметить низкий темп роста (иногда спад), ведущих отраслей машиностроения, что в свою очередь может привести к закрытию некоторых машиностроительных предприятий. Данная проблема является актуальной для России, выходом здесь может послужить – поиск перспективных действующих предприятий на территории РФ, а также налаживание партнерских отношений с производственными предприятиями стран СНГ и «Ближнего зарубежья».

Что касается слабых сторон, то экспериментальное исследование материалов, подразумевает использование –дорогостоящих испытательных машин. Поэтому для работы с данными машинами требуется привлечение опытных кадров.

Проблема об отсутствии у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой, так как для ее применения требуются знания в области материаловедения для решений данной проблемы необходимо обучение персонала.

4.4 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 финансовый показатель разработки определяется как:

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{Финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{Финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = 1$, – 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 разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

4.5 анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности проекта необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

P_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 4.14 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.5
Теоретический уровень	0.4
Возможность реализации	0.2

Таблица 4.15 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 4.16 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ,	8

взаимозависимость между факторами	
Разработка способа (алгоритм, вещество, устройство, программы)	6
<i>Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)</i>	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 4.17 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
<i>В течение первых лет</i>	<i>10</i>
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
<i>Отрасль</i>	<i>4</i>
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.5, P_1 = 6, k_2 = 0.4, P_2 = 7,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$НТУ = 0,5 \cdot 2 + 0,4 \cdot 7 + 0,2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 4 = 6,6$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет среднюю значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей.

Выводы: Было проведено планирование и составлены графики научно-технического исследования. Всего требуется 94 рабочих дней на реализацию научно-технического исследования. Составлена смета затрат на научно-техническое исследование. Проведен расчет амортизационных вложений, расчет заработной платы, эксплуатационные и накладные расходы. Величина затрат на реализацию НТИ составила 331927,97 рублей.

Список публикаций

1. Пань Лэй, Шпаркович А.А., Большунова А.Б., Ваулина О.Ю., Турунтаев И.В. Исследование структуры стали Fe-C-Cr-Ni-W, полученной методом порошковой металлургии//Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении: сборник трудов международной конференции, Томск, 9 - 11 Июня 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - С. 89-93.