

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

Институт социально-гуманитарных технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов

Кафедра Материаловедение в машиностроении

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Сравнительный анализ механических характеристик композитов на основе СВМПЭ от вида и количества наполнителей

УДК _620.22-419.8:539.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б30	Су Гуаньюй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кондратюк Алексей Алексеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле А В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017 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 социально-гуманитарных технологий

Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
 Кафедра Материаловедение в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Панин С. В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б30	Су Гуаньюй

Тема работы:

Сравнительный анализ механических характеристик композитов на основе СВМПЭ от вида и количества наполнителей

Утверждена приказом директора ИСГТ Приказ № _____ от _____

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

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><i>В работе исследовали армированные композиционные материалы на основе СВМПЭ, изготовленные методом горячего компрессионного формования. Длительность изготовления образцов составляла 40-50 часов, в качестве установки для горячего прессования использовалась уникальная собранная нами установка на основе разрывной машины «Р-20». Процесс горячего прессования заключается в одновременном прессовании и нагреве. Весь процесс можно поделить на 3 этапа: 1) Нагрев до 180⁰С при давлении P₁; 2) Выдержка при 180⁰С и повышение давления до P₂ = 2P₁; 3) Охлаждение до 60⁰С при давлении P₂. Данная установка безопасна, но требует соблюдение правил безопасности работы в лаборатории ММС НИТТУ. Стоимость одного образца 125р. Всего изготовлено 10 образцов.</i></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; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Литературный обзор, включающий сравнительный анализ дисперсных и армирующих наполнителей, а также основные методы изготовления образцов из сверхвысокомолекулярного полиэтилена 2. Изготовление модельных заготовок армированных композиций на основе СВМПЭ и отработка технологии изготовления горячим компрессионным прессованием 3. Исследование механических характеристик (Износ, растяжение, твердость) 4. Обсуждение результатов работы 5. Установление оптимальных режимов изготовления армированных композитов на основе СВМПЭ с разными наполнителями Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность».</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация ВКР в Power Point</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	

Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Попова С.Н. кафедры менеджмента
<i>Социальная ответственность</i>	Штейнле А В. профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
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 кафедры ММС	Кондратюк А.А.	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б30	Су Гуаньюй		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 41 рис., 44 табл., 14 источников, 0 прил.

Ключевые слова: сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), наполнители, полимерные композиты, механические свойства характеристики полимерных композитов.

Объектом исследования являются полимерные композиты с различными наполнителями на основе СВМПЭ, их твердость в единицах Бринелля и по Шору а так-же их износостойкость. .

Цель работы – Провести сравнительный анализ влияния на вышеприведенные механические характеристики композитов на основе СВМПЭ, вида и процентного содержания наполнителей

В процессе исследования проводились экспериментальные определения таких механических характеристик композитов на основе СВМПЭ как твердость, износостойкость и строились графические зависимости влияния на данные значения количества вводимых наполнителей..

По результатам проведенных экспериментальных исследований получены численные значения параметров твердости и износа, позволяющие довольно достоверно говорить о закономерностях изменения некоторых изучаемых механических характеристиках , с целью выдачи рекомендаций областей их применения.

Некоторые данные полученных характеристик нуждаются в уточнении путем дальнейших дополнительных экспериментов.

Экономическая эффективность/значимость работы: По результатам НИР были выполнены поставленные задачи.Эффективность может быть определена только после проведения прикладных исследований, результатом которых будет получение конечного продукта

В будущем планируется углубленное исследование композитов дисперсными наполнителями, а также композитов с непрерывными волокнами.

Abstract

Graduation qualification work 97 p., 41 pic., 44 tables, 14 _____ sources, 0 app.

Keywords: ultrahigh-molecular polyethylene (UHMWPE), fillers, polymer composites, mechanical properties of the characteristics of polymer composites.

The object of the study are polymer composites with various fillers based on UHMWPE, their hardness in Brinell and Shore units and their wear resistance.

The purpose of the work is to carry out a comparative analysis of the effect on the above mechanical characteristics of composites based on UHMWPE, type (dispersed, fibrous, organic, and inorganic in the form of nitride oxides and monometall) and the percentage of fillers.

In the course of the research, experimental determinations of such mechanical characteristics of UHMWPE-based composites as hardness, wear resistance, and graphical dependences of the influence of the number of injected polymers on these values were performed.

Based on the results of the experimental studies, numerical values of the hardness and wear parameters are obtained, which allow us to reliably relate the patterns of variation in some of the mechanical characteristics studied, with the purpose of advising them on their application. Some data of the obtained characteristics need to be refined by further additional experiments.

Economic efficiency / significance of the work: According to the results of research, the tasks were fulfilled. However, since this research is related to prospecting works, it is premature to evaluate its effectiveness. Efficiency can only be determined after carrying out applied research, the result of which will be the production of the final product.

In the future, an in-depth study of composites by dispersed fillers, as well as composites with non-continuous fibers, is planned.

Оглавление

Ведение	9
1 Обзор литературы	12
1.1 Определения и виды полимерных композитов	12
1.2 Химия и технология синтеза СВМПЭ	15
1.3 Наполнители	17
1.4 Износ и износостойкость	21
1.5 Механические свойства высокомолекулярных полимеров	22
1.6 Три физических состояния аморфных полимеров	23
1.7 Пластификация полимеров	26
2 Экспериментальная часть	28
2.1 Исходные материалы и их микрофотографии	28
2.2 Смешивание композиций	30
2.3 Горячее прессование заготовок	32
2.4 Получение модельных заготовок	37
2.5 Исследования образцов на износ	39
2.6 Твердость по Бринеллю и по Шору	43
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
3.1.1 Техничко-экономическое обоснование и потенциальные потребители научно – исследовательской работы	52
3.1.2 SWOT анализ НИР	54
3.2.1 Планирование работ по научно-техническому исследованию	58
3.2.1.1 Разделение НИР на этапы	60
3.2.1.2 Определение трудоемкости этапов НИР	62
3.2.1.3 Техническая готовность темы	64
3.2.1.4 Построение графика работ	65
3.2.2 Составление сметы затрат на НИР	68
3.2.2.1 Затраты на амортизацию оборудования	69
3.3 Анализ и оценка научно-технической уровня проекта	70
4.4.1. Оценка важности групп рисков НИР	72
4 Социальная ответственность	73
4.1 Производственная безопасность	74
4.1.1 Анализ вредных факторов	75
4.1.1.1 Микроклимат	79
4.1.1.2 Освещенность	80
4.1.1.3 Электромагнитное излучение	82
4.1.2 Анализ опасных факторов	84
4.1.2.1 Электробезопасность	85
4.2 Охрана окружающей среды	89
4.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	90
4.4 Чрезвычайные ситуации	94

Заключение	95
Список используемой литературы	96

Введение

В последние годы наметилась тенденция использования термопластичных полимеров в качестве матричного материала для создания армированных композитов. К числу перспективных материалов в качестве термопластичных матриц относятся сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), фторопласт и полипропилен.

СВМПЭ обладает хорошими физико-механическими и химическими свойствами, износостойкостью, морозостойкостью, низким коэффициентом трения.

Конструкционные материалы на основе синтетических полимеров, уровень их свойств и масштабы производства стали одним из факторов, определяющих мировой технический прогресс. Во всех областях индустрии проявляется тенденция к замене изделий из металла на детали, конструкции и покрытия из полимеров. Это обусловлено, прежде всего, прогрессом в химии и технологии полимеров, приведшему к созданию синтетических материалов, которые не только не уступают металлическим по прочности, но обладают значительно меньшей плотностью и более высокой коррозионной стойкостью, высокими тепло- и электроизоляционными характеристиками, простотой переработки в изделия.

Полиэтилен (ПЭ) является наиболее крупнотоннажным полимером: его объем производства составляет около 100 млн т/ год. Известно огромное число типов и марок ПЭ:

- линейный и разветвленный ПЭ,
- полиэтилен с различной молекулярной массой,
- разным молекулярно-массовым распределением,
- сополимеры этилена с олефинами (отличающиеся содержанием олефина и характером химического и композиционного распределения олефина в макромолекуле) и т.д.

Однако только отдельные марки ПЭ, обладающие особыми физико-механическими свойствами, могут быть отнесены к конструкционным полимерам.

Один из наиболее перспективных полимерных конструкционных материалов - **сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ)**.

В данной работе проводится исследование изменения твёрдости поверхности полимерных композитов в зависимости от их пространственной ориентации и количества наполнителя.

Переработка СВМПЭ в основном осуществляется горячим прессованием или спеканием заготовок, предварительно отпрессованных на холоду. Горячее прессование - наиболее распространенный способ получения листов, плит и блоков, из которых механической обработкой изготавливают различные фасонные изделия. Спекание предварительно отпрессованных на холоду заготовок также позволяет получать блоки, подвергающиеся в дальнейшем механической обработке. Таким путем производят в основном ленты и пленки различных толщин.

Серьезной проблемой при разработке композиционных материалов на основе СВМПЭ является то, что из-за очень высокой молекулярной массы СВМПЭ (до $10 \cdot 10^6$ г/моль), традиционные методы переработки, такие как экструзия или литьё под давлением, не представляются возможными. Этот полимер даже при температурах, намного превышающих температуру его плавления, не переходит в жидкотекучее состояние, поэтому невозможно провести смешение наполнителя и матрицы в расплавленном состоянии.

Сегодня в мире изделия из СВМПЭ используются практически во всех отраслях мирового хозяйства. В связи с поднятием экономики России и вложении средств в конкурентоспособные материалы связанное с предстоящим вступлением в ВТО, все больше растет интерес к СВМПЭ.

Одним из эффективных направлений поднятия свойств СВМПЭ является модифицирование его различными наполнителями. Применение

наполнителей позволяет в широких пределах регулировать многие физические, технологические и эксплуатационные свойства СВМПЭ.

Данная работа посвящена отработке процесса изготовления армированных композитных образцов путем горячего прессования и выявлению взаимосвязи вида армирующего материала с механическими свойствами композиций на основе СВМПЭ.

1 Литературный обзор

1.1 Определения и виды полимерных композитов

Композиционные материалы (композиты) по определению состоят из двух или более компонентов. Компоненты существенно отличаются по свойствам, а их сочетание должно давать некий синергический эффект, который невозможно предусмотреть заранее.[3]

Обычно один компонент образует непрерывную фазу, которая называется матрицей, другой компонент является наполнителем. Между ними создается адгезионное или аутогезионное взаимодействие, которое обеспечивает монолитность материала.

Матрица может быть металлической, керамической, углеродной. В полимерных композитах она, естественно, полимерная. Наполнитель обычно представлен в виде частиц и волокон, обладающих существенно более высокими физико-механическими свойствами по сравнению с полимерной матрицей. Различие между частицами и волокнами определяется соотношением линейных размеров. В дисперсных наполнителях абсолютные размеры варьируются в широких пределах: от долей миллиметра до микронных и наноразмерных величин. Упругопрочностные характеристики волокон на два порядка выше свойств матрицы. Они могут быть непрерывными и короткими. Диаметр тонких волокон 5-15 мкм, толстых (борных или карбидокремниевых) — 60-100 мкм. Длина коротких волокон от 1-2 до 20-50 мм. Обычно распространенное название полимерных композитов соответствует природе волокон — стекло-, угле-, органика-, боропластики и др..[3]

Короткие штапельные или рубленые волокна имеют длину от нескольких миллиметров до нескольких десятков миллиметров. В процессе переработки материалов экструзией или литьем они обычно разрушаются до длины в 0,5-2 мм. Композиты на их основе имеют промежуточные свойства между дисперсно-наполненными полимерами (НП) и материалами на основе

непрерывных волокон. Их характеристики в значительной мере определяются отношением длины волокон к так называемой «неэффективной» длине, значение которой будет рассмотрено ниже.

Очень важным является вопрос ориентации волокон в матрице. Благодаря этому получается материал с неодинаковыми в различных направлениях, анизотропными свойствами, в отличие, например, от изотропных металлов, стекол и пластмасс.

Ориентация волокон определяет переход от наполненных пластмасс к армированным пластикам. При этом меняется подход к композитам. Армированные пластики — это уже не наполненная пластмасса, а система ориентированных волокон, скрепленных полимерной матрицей.

Классификацию композитов можно осуществить по следующим признакам:[3]

- 1) По природе матрицы
 - термореактивная;
 - термопластичная;
 - гибридная.
- 2) По природе и форме наполнителя
 - органические и неорганические вещества природного или искусственного происхождения;
 - дисперсно-наполненные композиты;
 - материалы на основе коротких и непрерывных волокон.
- 3) По структуре полимерных композитов:
 - матричная для материалов на основе дисперсных и коротких волокнистых частичек;
 - слоистая (двухмерная) и объемная (трехмерная) для армированных пластиков на основе тканых и нетканых материалов.
- 4) По степени ориентации наполнителя, анизотропии материала:
 - хаотическое расположение частиц и волокон (непрерывных и коротких) — изотропная (или квазиизотропная) структура;

- однонаправленная ориентация волокон — резко выраженная анизотропия;
- перекрестная, ортотропная ориентация: 0° , 90° — заданная анизотропия;
- косоугольная ориентация волокон под углами, отличающимися от 90° — заданная анизотропия;
- веерная структура, состоящая из слоев с различной ориентацией волокон — заданная анизотропия.

5) По методам изготовления материалов и изделий'.

- одностадийные методы: экструзия и «мокрая» намотка, пултрузия (протяжка), вакуумное формование;
- двухстадийные методы предварительного получения пропитанных связующим неориентированных (премиксы) или ориентированных (препреги) волокнистых материалов (полуфабрикатов) с последующим формованием материала (ламината) методами «сухой» намотки, прессования, автоклавного формования.

б) По количеству компонентов:

- двухкомпонентные ПКМ;
- трехкомпонентные ПКМ, совмещающие дисперсные частицы и короткие волокна;
- поливолоконные гибридные ПКМ, совмещающие волокна с близкой (стекло- органоластики) или, наоборот, существенно различной (стеклоуглеластики) деформативностью;
- полиматричные структуры, например, на основе сочетания термореактивных и термопластичных связующих.

7) По объемному содержанию наполнителя-.

- 30-40% — неориентированные структуры;
- 50-75% — ориентированные структуры;
- 75-95% — высоко- и предельно наполненные органоволокниты.

8) По функциональности:

- однофункциональные (конструкционные);
- многофункциональные, способные к самодиагностированию (умные);
- многофункциональные, способные к самодиагностированию и самоадаптации «интеллектуальные».

1.2 Химия и технология синтеза СВМПЭ

Молекулярная масса полиэтилена, получаемого по классическому способу полимеризации этилена при высоком давлении, как правило, не превышает 500 000. Это объясняется высокими скоростями обрыва растущих макроцепей при реакциях их рекомбинации и диспропорционирования, небольшим временем жизни полимерных радикалов в условиях синтеза полиэтилена (200-320°C, 100-400 МПа) [1].

Катализаторы Циглера-Натта позволяют проводить полимеризацию этилена при низких давлениях и получать полиэтилен с более высокой молекулярной массой, в отдельных случаях на порядок выше, чем при радикальном процессе. Возможность синтеза полиэтилена со степенью полимеризации меньше или 10^4 определяется особым механизмом полимеризации под действием комплексных металлорганических катализаторов.

В общем виде к катализаторам Циглера-Натта относятся комплексные металлорганические системы, образуемые взаимодействием двух или более компонентов. Одним из компонентов является соединение переходного металла IV-VIII групп Периодической системы, вторым – органическое соединение металла главных подгрупп I-III групп. Для полимеризации олефинов предложено огромное количество каталитических систем такого типа, различающихся природой входящих в них металлов, природой заместителей у металлов и углерода, образующейся при взаимодействии компонентов системы. Этот признак позволяет отнести их к одному и тому же типу катализаторов.

В процессе полимеризации этилена различные каталитические системы проявляются как в их различной активности, так и в получении полимеров с различными молекулярно-массовыми характеристиками.

Разработка новых каталитических систем, обладающих необходимой активностью и селективностью, проводится на основе знания механизма их действия: строения активных центров (АЦ), роли каждого компонента каталитического комплекса, места роста макроцепей, механизма их обрыва.

Образование АЦ со связью металл-углерод происходит в результате взаимодействия титанового соединения с алкилалюминием по следующей схеме:



Восстановление Ti^{4+} может происходить и глубже до образования двух- и менее валентного титана. Степень восстановления зависит от природы используемого аллюминийорганического соединения, мольного отношения $\text{Al}:\text{Ti}$, от времени и температуры.

Образовавшееся галогеналкильное соединение титана со связью металл-углерод весьма нестабильно и разрушается по этой связи с выделением этана и этилена:



Прочность металл-углеродной связи, имеющая существенное значение для процесса полимеризации этилена, зависит от лигандного окружения центрального атома, природы лигандов, природы и валентности переходного металла, а также от ряда других факторов. Так, из металлов переменной валентности наиболее устойчивые органические соединения образует титан, за ним следует хром; четырехвалентный титан дает более стабильные органические соединения по сравнению с менее окисленным титаном.

Реакция роста полимерных цепей на АЦ металлоорганических комплексных катализаторов осуществляется в две стадии: первая стадия –

это координация мономера с активным центром, при этом осуществляется увеличение длины С-С связи олефина, ее ослабление и, следовательно, активация мономера; на второй стадии происходит внедрение молекулы мономера по связи металл-углерод.

В настоящее время общепринятым для комплексных катализаторов Циглера-Натта является представление о координационном-анионном механизме полимеризации олефинов. В это понятие включается как двухстадийный механизм роста цепи через координацию мономера, так и нуклеофильное влияние со стороны отрицательно заряженного углеродного атома на конце растущей макромолекулы.

1.3 Наполнители

Наряду со связующим важнейшим элементом структуры полимерных композиционных материалов (ПКМ) являются наполнители. Как уже отмечалось, функции наполнителя в ПКМ весьма разнообразны — от формирования комплекса механических свойств до придания материалу разнообразных специфических свойств, таких как фрикционные, электрические, магнитные и т. п. Поэтому в качестве наполнителей в ПКМ выступают самые разнообразные вещества и материалы, содержание которых также может меняться в очень широких пределах.

Наполнители решают материаловедческие, технологические и технико-экономические задачи. Требования к наполнителям:

- хорошая смачиваемость жидким полимером;
- способность совмещаться с полимером с образованием однородной массы (для дисперсных наполнителей);
- неизменность свойств при хранении и при переработке;
- минимальная стоимость.

Важнейшей характеристикой наполнителей является их морфология и удельная поверхность, от которой зависит эффективность взаимодействия с полимерной матрицей, особенно, когда они, наполнители, подвергаются

обработке поверхностно-активными веществами, модификаторами и другими добавками.

По основным признакам, определяющим способ переработки полимерного материала в изделие, наполнители можно классифицировать в соответствии со схемой приведенной на рисунке 1 [1].

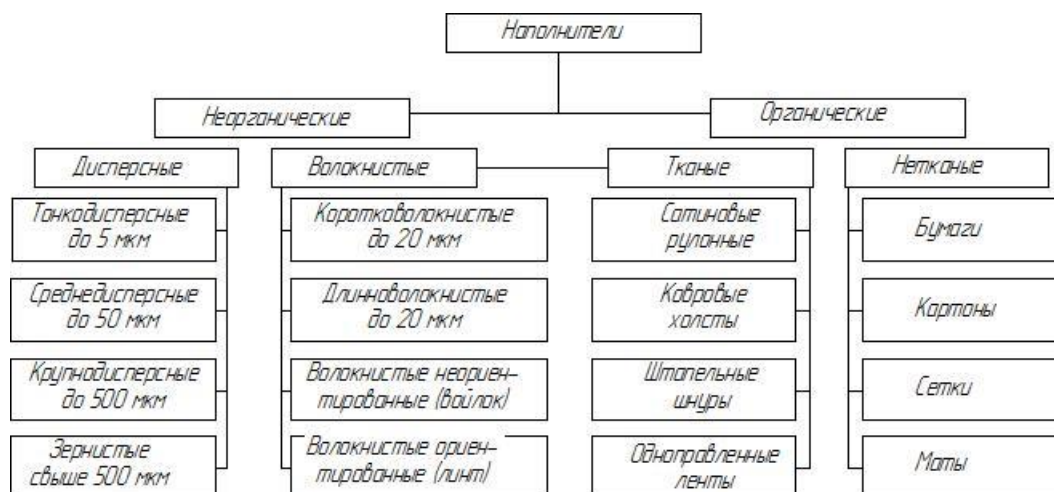


Рисунок 1 - Разновидности неорганических и органических наполнителей по основным морфологическим признакам

Дисперсные наполнители — наиболее распространенный вид наполнителей ПКМ, в качестве которых выступают самые разнообразные вещества органической и неорганической природы.

Как правило, в качестве дисперсных наполнителей выступают порошкообразные вещества с различным размером частиц — от 2-10 до 200-300 мкм. Обычно размер частиц не превышает 40 мкм, однако в последнее время при создании нанокомпозитов используются частицы размером менее 1 мкм. Содержание дисперсных наполнителей в ПКМ меняется в широких пределах — от нескольких процентов до 70-80%. Такие ПКМ, как правило, изотропны, однако асимметрическая форма частиц при условии заметной ориентации в процессах переработки может приводить к возникновению некоторой анизотропии свойств — последняя более характерна для волокнистых наполнителей.

Введение дисперсных наполнителей в сравнительно больших количествах (до 10%), как правило, способствует сохранению или даже

некоторому повышению прочности (рисунок 2) полимерного материала. При C больше чем 10% физико-механические свойства композита аддитивно снижаются.[1]

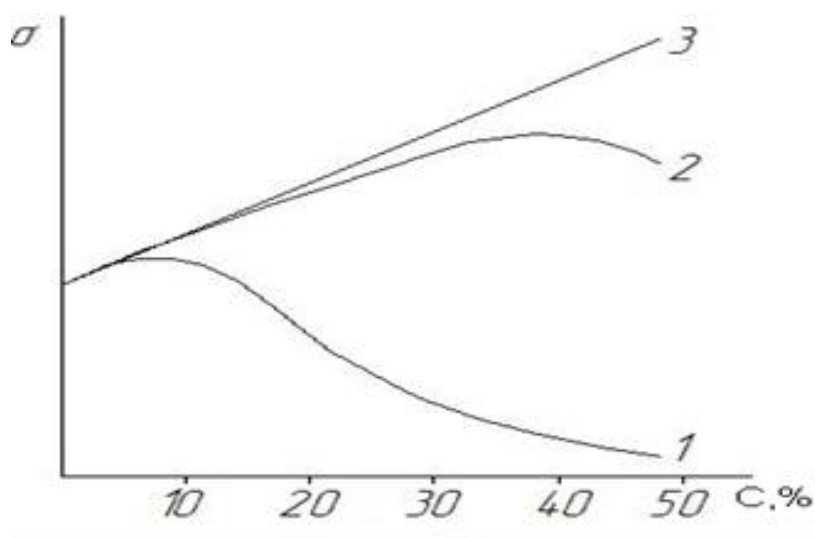


Рисунок 2 - Принципиальная зависимость прочности (σ) полимерного материала от содержания (C ,%) наполнителя: 1 - дисперсного; 2 - волокнистого рубленого; 3 - армирующего (непрерывное волокно, тканый наполнитель).

Волокнистые наполнители занимают второе место после дисперсных по объему использования среди всех наполнителей. Первые материалы на их основе были получены в начале XX в. Это были фенопласты с хлопковыми волокнами. (Речь идет об использовании дисперсных волокон длиной до нескольких мм. Непрерывные волокна — армирующие элементы — стали применяться значительно позже.) На первых порах в качестве волокнистых наполнителей использовались природные волокна растительного (хлопок, лен.конопля) и минерального (асбест) происхождения. Однако с середины XX в. первенство среди волокнистых наполнителей прочно перешло к стекловолокну. Стекловолокно используют для усиления термопластов и особенно терморезистивных пластиков на основе эпоксидных смол, ненасыщенных полиэфиров и фенолоформальдегидных олигомеров.

Углеродное волокно получают высокотемпературной обработкой в среде инертного газа синтетических волокон из полиакрилонитрила, пека или

других полимеров. Поэтому углеродное волокно эластичнее стекловолокна, имеет более развитую поверхность и в силу произошедшей графитизации приобретает кроме прочности еще и свойства повышенной тепло- и электропроводимости, износостойкости и антифрикционности. Естественно, что такой набор ценных характеристик существенно расширяет спектр технологических и эксплуатационных свойств углепластиков, которые в настоящее время являются наиболее перспективными материалами для аэрокосмической отрасли, скоростного транспортного машиностроения и судостроения, для трубопроводов и емкостей хранения продуктов газонефтехимического комплекса.

Слоистые наполнители используются в производстве плоских и крупногабаритных изделий из ПКМ находят применение разнообразные листовые и слоистые наполнители, к числу которых относятся ткани, бумаги, маты, холсты, сетки, пленки, ленты, шпон, фольга и др.

Зернистые наполнители - в качестве наполнителей в композиционных материалах находят применение сферические или пластинчатые частицы из различных материалов. Наибольшее распространение из них получили монолитные или полые сферические частицы из стекла и полимеров — микросферы.

Таким образом, применение наполнителей, отличающихся по свойствам, морфологии и содержанию в композите, позволяет в широких пределах регулировать многие физические, технологические и эксплуатационные свойства пластмасс.

1.4 Износ и износостойкость

Износ понимается как изменение размеров, формы, массы или состояния поверхности изделия вследствие разрушения (изнашивания) микрообъемов поверхностного слоя изделия при трении.

Износ деталей машин, элементов строительных конструкций (например, ступеней лестниц) или предметов, одежды и др. зависит от

условий трения, свойств материала и конструкции изделия. Износ можно рассматривать как механический процесс, осложнённый действием физических и химических факторов, вызывающих снижение прочности микрообъёмов поверхностного слоя. По условиям внешнего воздействия на поверхностный слой различают износ: абразивный, кавитационный, эрозионный и др. И. приводит к снижению функциональных качеств изделий и к потере их потребительской ценности. Увеличению износостойкости (См. Износостойкость) изделий способствуют как применение материалов с высокой износостойкостью, так и конструктивные решения, обеспечивающие компенсацию износа, резервирование износостойкости и пр., общее улучшение условий трения (применение высококачественных смазочных материалов, защиты от абразивного воздействия и пр.).

Основная формулировка износостойкости выглядит как - сопротивление материалов изнашиванию (см. Износ). Износостойкость деталей оценивается при испытаниях на стенде или в эксплуатационных условиях по длительности работы подвергаемых испытаниям материалов или изделий до заранее заданного или предельного значения износа. Износостойкость материалов определяется как их условная техническая характеристика при испытании на специальных лабораторных машинах, обеспечивающих моделирование реальных процессов изнашивания. [1]

1.5 Механические свойства высокомолекулярных полимеров

Механические свойства полимеров определяют степень изменения структуры, размеров, формы тела при воздействии на него механических сил. Различают деформационные и прочностные свойства. Деформационные свойства характеризуют способность полимерных материалов деформироваться под действием механических напряжений, прочностные - способность сопротивляться деформации и разрушению. Деформация полимеров сопровождается изменением их структуры и свойств: чем сильнее деформация, тем значительнее изменение структуры и свойств.

Вследствие специфики строения макромолекул и надмолекулярных структур, механические свойства полимеров характеризуются рядом особенностей и зависят не только от состава и строения полимера, но и от внешних условий. Работоспособность полимерных материалов во многом определяется режимом их деформирования, прежде всего характером действия внешних сил. Различают статические и динамические режимы нагружения. К статическим относят воздействия при постоянных нагрузках или деформациях, а так же при небольших скоростях нагружения, к динамическим – ударные или циклические воздействия.

Принципиальные особенности полимерного состояния вещества определяют ряд характерных черт механических свойств полимеров, к которым, в первую очередь, относятся: способность полимеров к большим обратимым деформациям; релаксационный характер деформации, т.е. её зависимость от времени воздействия; способность полимеров приобретать анизотропию свойств и сохранять её при прекращении воздействия. Для механических свойств полимеров в высокоэластическом состоянии характерно яркое проявление первых двух из вышперечисленных особенностей, в стеклообразном – всех трёх [5].

Под действием механических сил все тела деформируются, а при сильных или длительных воздействиях разрушаются. В соответствии с этим различают деформационные и прочностные свойства полимеров.

Таблица 1- Характеристика механических свойств некоторых полимеров

Полимер	σ , МПа	ξ , %	E, МПа	Физическое состояние
Резина из натурального каучука	34	650	7	Высокоэластическое
Полиэтилен низкой плотности	12-16	100-600	150-250	Кристаллическое То же
Высокой плотности	22-30	200-900	550-800	
Полистирол	30-70	1,5	3000	Стеклообразное
Полиметилметакрилат	70	4	2800	То же

Капрон				
Пластик	60	100	3500	Кристаллическое
Волокно	800	20	10000	То же
Поливинилхлорид	50	20	2500	Стеклообразное

1.6 Три физических состояния аморфных полимеров

Для аморфных полимеров, в зависимости от температуры, характерны три различных физических состояния: стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее. Первые два относятся к твёрдому агрегатному состоянию, последнее – к жидкому. Высокоэластическое состояние является специфичным для полимеров.

Температурные области существования различных физических состояний полимеров определяются по зависимости какого-либо свойства от температуры. Наиболее простым и надёжным являются дилатометрический и термомеханический методы. В первом случае изучается изменение объёма в зависимости от температуры, во втором – деформации.

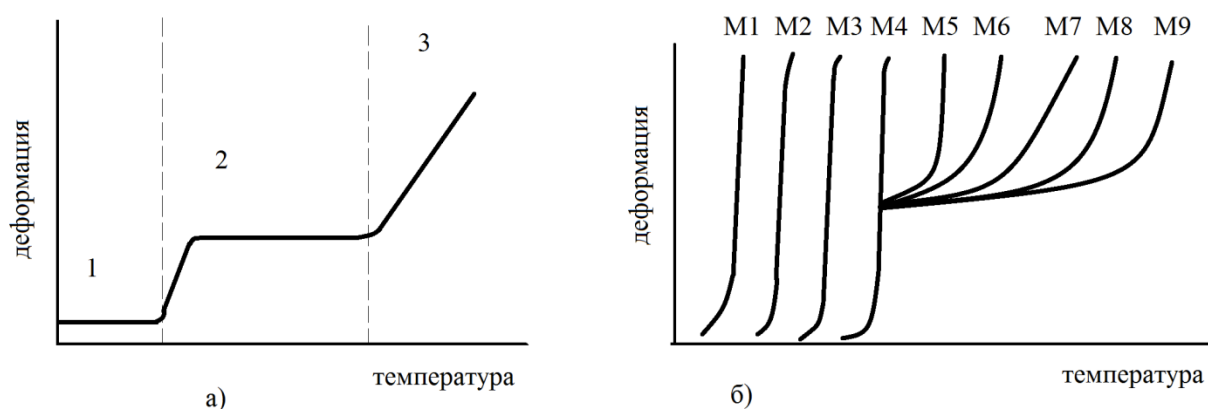


Рисунок 3 - Термомеханические кривые полимеров: а – аморфного линейного; б – одного ряда $M1 < M2 < M3 < M4 < M5 < M6 < M7 < M8 < M9$

Зависимость величины деформации полимера от температуры, выраженная в графической форме, называется термомеханической кривой. На рисунке 3 приведена типичная термомеханическая кривая аморфного полимера. Кривая состоит из трёх участков, соответствующая трём физическим состояниям. Участок 1 отвечает области стеклообразного

состояния, до которого характерны незначительные обратимые деформации. Участок 2 относится к высокоэластическому состоянию полимеров, для которого характерны необратимые деформации или течение. Из рисунка 7б видно, что температура текучести возрастает с увеличением молекулярной массы (М) полимера. Аналогичный эффект наблюдается для температуры стеклования, но лишь в области очень малых молекулярных масс. По достижению молекулярной массы, характерной для механического сегмента данного полимера, его температура стеклования дальше не изменяется.

Термомеханическая кривая существенно трансформируется для сшитых и кристаллических полимеров. Для первых исчезает область вязкотекучего, для вторых вырождается область высокоэластического состояния [5].

1.6.1 Высокоэластическое состояние

Наиболее характерным признаком высокоэластического состояния полимеров является наличие больших обратимых деформаций. Так, образец натурального каучука может увеличить длину при растяжении на 700-800%, а после прекращения действия растягивающей силы – вернуться к исходному размеру. Если сравнить модули упругости ряда материалов, то мы увидим, что их значения, характерные для газов и каучуков, близки между собой и в то же время намного порядков меньше значений, характерных для многих твёрдых материалов.

Природа упругой деформации этих двух групп материалов различна. В твёрдых кристаллических телах она имеет энергетическую природу. При их деформации изменяется равновесное положение ионов, атомов или молекул, что приводит к изменению внутренней энергии системы.

В случае газов упругость проявляется как противодействие силам сжатия через увеличение давления. По прекращении воздействия газ

возвращается к исходному состоянию в результате теплового движения молекул. Следовательно, упругость газа имеет кинетическую природу.

Близость модулей упругости газа и каучука позволяет заключить, что упругость последнего так же имеет кинетическую природу, на что указывает изменение температуры газа и каучука при деформации. Однако природа подвижности молекул в обоих случаях различна. В газе молекулы перемещаются как целое, при обратимой деформации каучука перемещаются лишь сегменты макромолекулы без изменения взаимного расположения последних.

1.6.2 Стеклообразное состояние

Стеклообразное состояние – твёрдое состояние аморфных полимеров. Переход полимеров из высокоэластичного или вязкотекучего состояния в стеклообразное происходит при понижении температуры или повышении давления и называется стеклованием.

Наиболее общий механизм стеклования полимеров основан на представлениях о роли свободного объёма. Согласно этим представлениям, интенсивность движения сегментов в полимере, имеющем кооперативный характер, зависит от величины свободного объёма полимера. Свободный объём распределён по полимеру в виде микропустот. При температуре большей чем температура стеклования расширение полимерного тела при нагревании, в основном, обусловлено увеличением свободного объёма; оно характеризуется температурным коэффициентом объёмного расширения α_v . При понижении температуры свободный объём, а вместе с ним и подвижность сегментов уменьшается, по достижении температуры равной температуре стеклования свободный объём достигает минимальной величины и далее не изменяется. В этих условиях сегменты теряют подвижность и полимер стеклуется.

1.6.3 Вязкотекучее состояние

При температуре выше температуры стеклования или температуре плавления полимеры переходят в вязкотекучее состояние, для которого характерны преимущественно необратимые деформации, т.е. течение.

В процессе течения происходит перемещение сегментов в одном преимущественном направлении, что приводит к поступательному движению макромолекул в целом. Для того чтобы сегменты перемещались, необходимо наличие двух условий: тепловой энергии, достаточной для преодоления сил межмолекулярного взаимодействия, а так же «дырок», куда осуществляется перемещение сегмента. Последнее условие является определяющим в области температур, близких к температуре стеклования. Эта область ограничена условием $T_g < T < (T_g + 120^\circ)$, T_g – температура стеклования.

1.7 Пластификация полимеров

Под пластификацией понимается один из способов модификации полимеров, связанной с введением в них низкомолекулярных веществ, в результате чего снижаются температуры стеклования и текучести полимера, улучшаются его эластические и пластические свойства. Пластификаторы могут вводиться в мономерную смесь перед синтезом полимера или в готовый полимер, находящийся в дисперсном состоянии (латексы), растворе или расплаве.

Существующие представления о механизме пластификации тесно связаны с теорией стеклования. Так, согласно С.Н. Жукову, механизм пластификации полярных полимеров состоит в экранировании полярных функциональных групп макромолекул молекулами пластификатора, что предотвращает образование узлов пространственной сетки. В соответствии с это теорией:

$$\Delta T_g = kn, \quad (1)$$

где ΔT_g - снижение температуры стеклования; n – число молей пластификатора; k – коэффициент, не зависящий от природы пластификатора.

В этом случае в процессе течения происходит перемещение сегментов в одном преимущественном направлении, что приводит к поступательному движению макромолекул в целом. Для того чтобы сегменты перемещались, необходимо наличие двух условий: тепловой энергии, достаточной для преодоления сил межмолекулярного взаимодействия, а также «дырок», куда осуществляется перемещение сегмента. Последнее условие является определяющим в области температур, близких к температуре стеклования. Эта область ограничена условием $T_g < T < (T_g + 120^\circ)$ [5].

2.1 Исходные материалы и их микрофотографии

В процессе исследований мы получили микрофотографии исходных материалов при помощи оптического микроскопа «Лабомет-И», приставленного на рисунке 4.

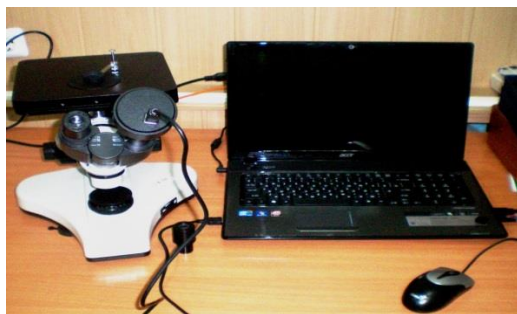


Рисунок 4- Оптический микроскоп «Лабомет-И»

В исследованиях использовали изготовленные композиты на основе чистого порошка СВМПЭ (ТНХК). Общий вид и микрофотографии чистого порошка СВМПЭ показаны на рисунке 5.

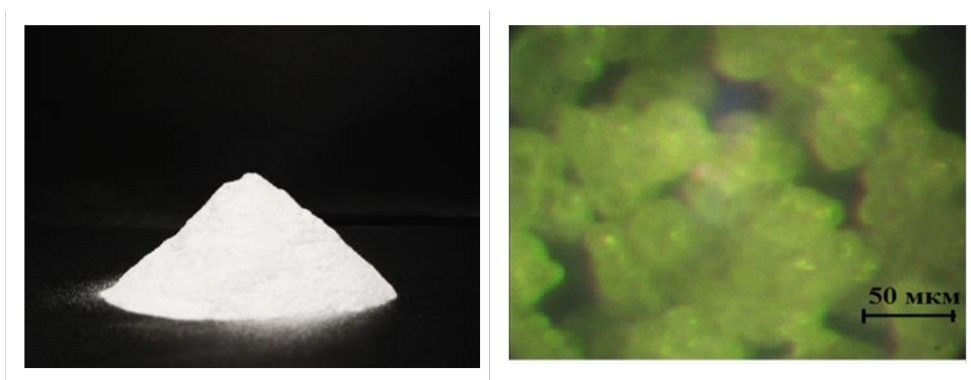


Рисунок 5 - Чистый порошок СВМПЭ (изготовленного на ТНХК - Россия)

В качестве дисперсного неорганического наполнителя использовалась электролитическая медь марки ПМС – 1 в количестве 3,7,10 и 13%(весовых). Эта наполнитель обусловлена, повышением износостойкости полимерного композиционного материала. Общий вид и микрофотографии порошка меди марки ПМС – 1 показаны на рисунке 6.

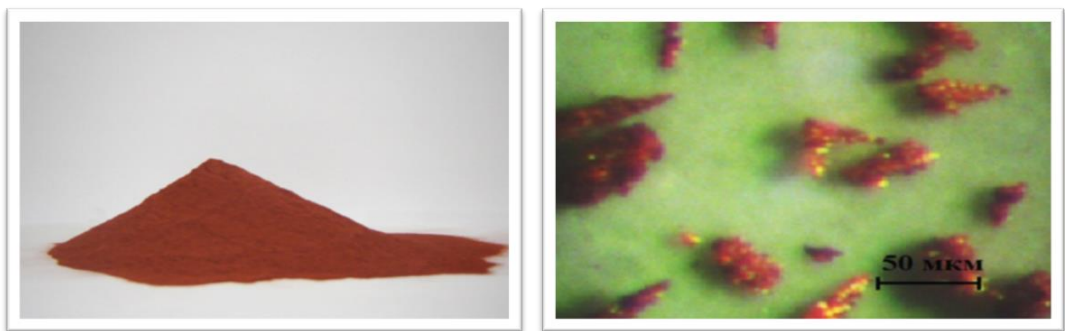


Рисунок 6 – Порошок электролитической меди марки ПМС – 1

В качестве волокнистого наполнителя было взято базальтовое волокно. Выбор этого волокна обусловлен прочностью, высоким модулем упругости и низкой себестоимостью. Макро- и микрофотография волокна приложена на рисунке 7.

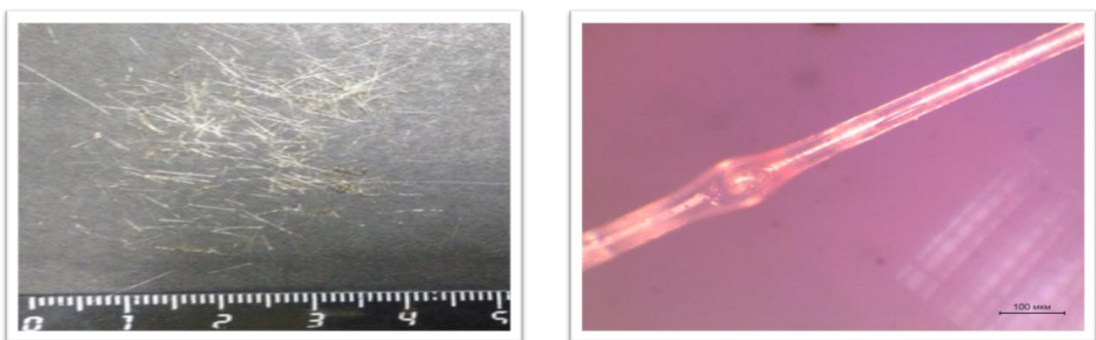


Рисунок 7 – Базальтовое волокно

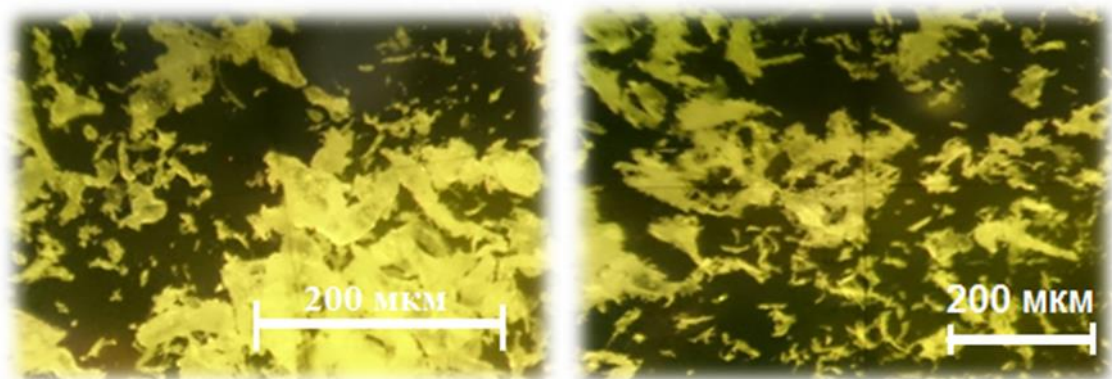


Рисунок 8 и 9 — Антифрикционная полимерная добавка (А) Антистатическая полимерная добавка (Б)

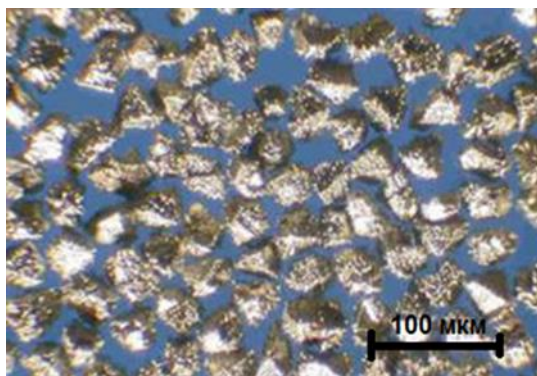


Рисунок 10 — Нитрид бора (BN) гексагональный марки А ТУ 2112-003-49534204

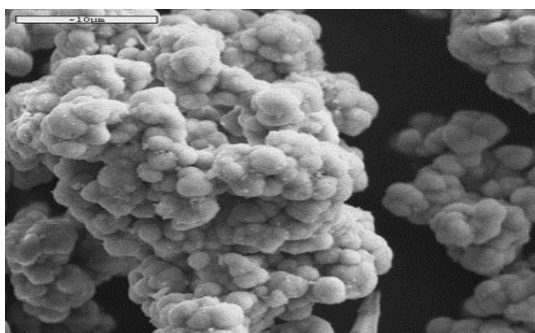


Рисунок 11 -Диоксид циркония (ZrO_2)

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б30	Су Гуаньюй

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Материально-технические ресурсы: Материальные затраты НИИ (5533 руб.); амортизация оборудования (157 руб.); электрическая энергия (1869 руб.); человеческие ресурсы: студент (инженер-дипломник), научный руководитель (2 человека)
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Данная НИР проводится впервые, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	-Отчисления по страховым взносам –27.1% от фонда оплаты труда

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Потенциальные потребители результатов исследования -SWOT анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Согласно расчетам бюджет затрат на проведение НИР составляет 155758 руб., включая затраты на заработную плату (100518 руб.), страховые отчисления (31599 руб.), электроэнергию (1869 руб.).
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	По результатам НИР были выполнены поставленные задачи. Однако оценивать её эффективность преждевременно. Эффективность может быть определена только после проведения прикладных исследований, результатом которых будет получение конечного продукта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Диаграмма Ганта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Попова С.Н.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б30	Су Гуаньюй		

4. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Темой данного дипломного исследования является «Влияние состава полимерных композиций на их трибологические характеристики». Объектом исследования является полимерный композит на основе СВМПЭ.

Целью данной работы является изучение изменения износа полимерных композиций на основе СВМПЭ в зависимости от их состава и внешних условий трения.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков. Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности имеет широкий спектр использования в различных отраслях промышленности, за счёт своих уникальных физико-механических свойств. Но и как большинство полимеров он может приобретать те или иные положительные свойства после введения различного рода наполнителей, за счёт этого увеличивается область применения его в различных сферах промышленности. К примеру, в военном деле: создание бронежилетов на основе волокон СВМПЭ (баллистические жилеты, пуленепробиваемые жилеты) различных классов защиты, шлемы. В машиностроении (бумагодельные машины и др.): коэффициент трения изделий и износостойкость из СВМПЭ приближается к фторопластам, при значительно меньшей стоимости первых. Детали из СВМПЭ используются для уплотнений в гидравлических и пневматических системах и узлов сухого трения. В электротехнике: изоляторы, изоляция кабелей и др. В транспорте, судостроении: панелями из СВМПЭ облицовываются стапеля судостроительных верфей. В медицине для создания эндопротезов суставов (тазобедренных, коленных, позвонков).

Проводимое научное исследование не имеет коммерческого потенциала т.к. проводится в рамках научной исследовательской работы. Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть предприятия машиностроительного профиля, такие как судостроение, машиностроение, приборостроение, медицина и тд. На рисунке 4.1 представлена карта сегментирования рынка услуг.

		Потенциальные потребители исследования		
		Судостроение	Машиностроение	Электроника
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рисунок 4.1. Карта сегментирования рынка услуг

Фирма А

 Фирма Б

 Фирма В

Из таблицы следует, что основными сегментами данного рынка являются крупные и средние компании.

3.3. Анализ конкурентных технических решений

В данной работе для повышения износостойкости полимерного композита, был введён наполнитель-диоксид циркония. Идея использования наполнителя в полимерных композитах на основе СВМПЭ не нова, и ранее проводились исследования с наполнителями в роли которых выступали такие материалы как: Оксид алюминия (Al_2O_3) и ПЭНД (Полиэтилен низкого давления). Именно эти исследования будут рассмотрены для анализа конкурентных технических решений. В целях упрощения сравнения используем таблицу.

Таблица 3.3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эффективность применяемого наполнителя	0,3	4	3	4	1,2	0,9	1,2
2. Гомогенность получаемой заготовки	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Повышение твёрдости	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
4. Повышение эластичности	0,15	3	3	5	0,45	0,45	0,8
5. Изменение декоративных/визуальных характеристик	0,05	2	2	1	0,1	0,1	0,05
6. Экономичность	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
7. Доступность сырья на рынке	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
Итого	1	25	26	25	3,85	3,55	3,85

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4.1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i} B_i \cdot B_i, \quad (5)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

4.3 SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) - представляет собой комплексный анализ исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. SWOT – анализ проекта даёт возможность оценить факторы и явления, помогающие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 3.4 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Повышение прочностных характеристик в целом С2. Экономичность С3. Наличие бюджетного финансирования С4. Наличие квалифицированного руководителя;</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большое количество аналогичных проектов Сл2. Возможное присутствие большой погрешности в измеряемых данных Сл3. Отсутствие некоторой специализированной техники</p>
<p>Возможности: В1. Расширение использования в отраслях промышленности В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Минимальные затраты на исходный материал В4. Повышение качества продукции с минимальными затратами по финансированию и времени</p>	<p>Угрозы: У1. Возможное отсутствие спроса на новую технологию У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>

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

Второй этап. 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 3.5- Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны			
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	0	0	+
	B2	+	+	+	0
	B3	0	+	+	0
	B4	+	0	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие соответствия сильных сторон возможностям внешней среды: B1C1C2C3, B2C1C2, B3C1C3.

Таблица 4.4 – Слабые стороны исследования и возможности

		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности исследования	B1	+	0	0
	B2	-	0	0
	B3	0	0	0
	B4	0	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие соответствия слабых сторон возможностям окружающей среды: B1Сл1Сл3, B2Сл3.

Таблица 4.5 – Сильные стороны исследования и угрозы

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие угрозы исследования: У1С1С2С4, У2С2, У3С1С2С4.

Таблица 4.6 – Слабые стороны исследования и угрозы

		Сл1	Сл2	Сл3
Слабые стороны исследования	У1	-	0	+
	У2	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие слабые стороны исследования: У1Сл1Сл3, У3Сл1Сл3.

В рамках третьего этапа составляется итоговая SWOT–матрица приведенная в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Повышение прочностных характеристик в целом С2. Экономичность С3. Наличие бюджетного финансирования С4. Наличие квалифицированного руководителя</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Большое количество аналогичных проектов Сл2. Возможное присутствие большой погрешности в измеряемых данных Сл3. Отсутствие некоторой специализированной техники</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Расширение использования в отраслях промышленности В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Минимальные затраты на исходный материал В4. Повышение качества продукции с минимальными затратами по финансированию и времени</p>	<p>Перспективность использования диоксида циркония в роли наполнителя в композитах на основе СВМПЭ, расширяет использование данного материала в отраслях промышленности, его экономичность и доступность на рынках благоприятно влияет производство, наличие квалифицированного специалиста по работе с данным материалом может повысить качество продукции с минимальными затратами по финансированию и времени</p>	<p>Возможное присутствие большой погрешности, вызванная недостатком или отсутствием специализированной техники может отрицательно сказаться конечном продукте исследования, так же существование большого количества аналогичных проектов может уменьшить его ценность на фоне общей массы.</p>

<p style="text-align: center;">Угрозы:</p> <p>У1. Возможное отсутствие спроса на новую технологию У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Качество продукции выпускаемая компаниями производителями в РФ, значительно влияет на востребованность и использование данного материала в различных отраслях промышленности, тем самым уменьшая спрос на новую технологию.</p>	<p>Основной угрозой исследования является отсутствие интереса со стороны промышленности, так как данное исследование имеет большое количество аналогичных работ, и не имеет коммерческого потенциала. Однако, при окончании исследования, коммерческий потенциал всё же присутствуют, так как используемы в промышленности на данный момент наполнители в некоторых своих случаях приводят к получению конечного продукта свойств на том же уровне, что и в наших исследованиях, при этом обладая большой стоимостью на рынке.</p>
---	--	--

4.4 Планирование научно – исследовательской работы

4.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.8.

Работу выполняли 2 человека: научный руководитель (науч. рук.) от кафедры ММСТПУ, студент – дипломник (студент).

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выдача задания	1	Составление и получение задачи на НИР	Науч. рук., студент
	2	Подготовка необходимых материалов для НИР	Науч. рук., студент
Литературный обзор	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Науч. рук., студент
Составление плана работ	5	Календарное планирование работ по теме	Науч. рук., студент
Проведение испытаний	6	Получение заготовок и измерение их твёрдости	Студент
	7	Получение заготовок и изготовление образцов для исследования на износостойкость.	Студент
	8	Проведение исследования на износостойкость	Студент
	9	Обработка данных	Науч. рук., студент
Обсуждение результатов	10	Научное обоснование результатов и выводы	Науч. рук., студент
Составление отчета	11	Оформление отчета НИР	студент

4.4.2.Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (6)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (7)$$

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

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

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

4.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (8)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (9)$$

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

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

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

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

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.9.

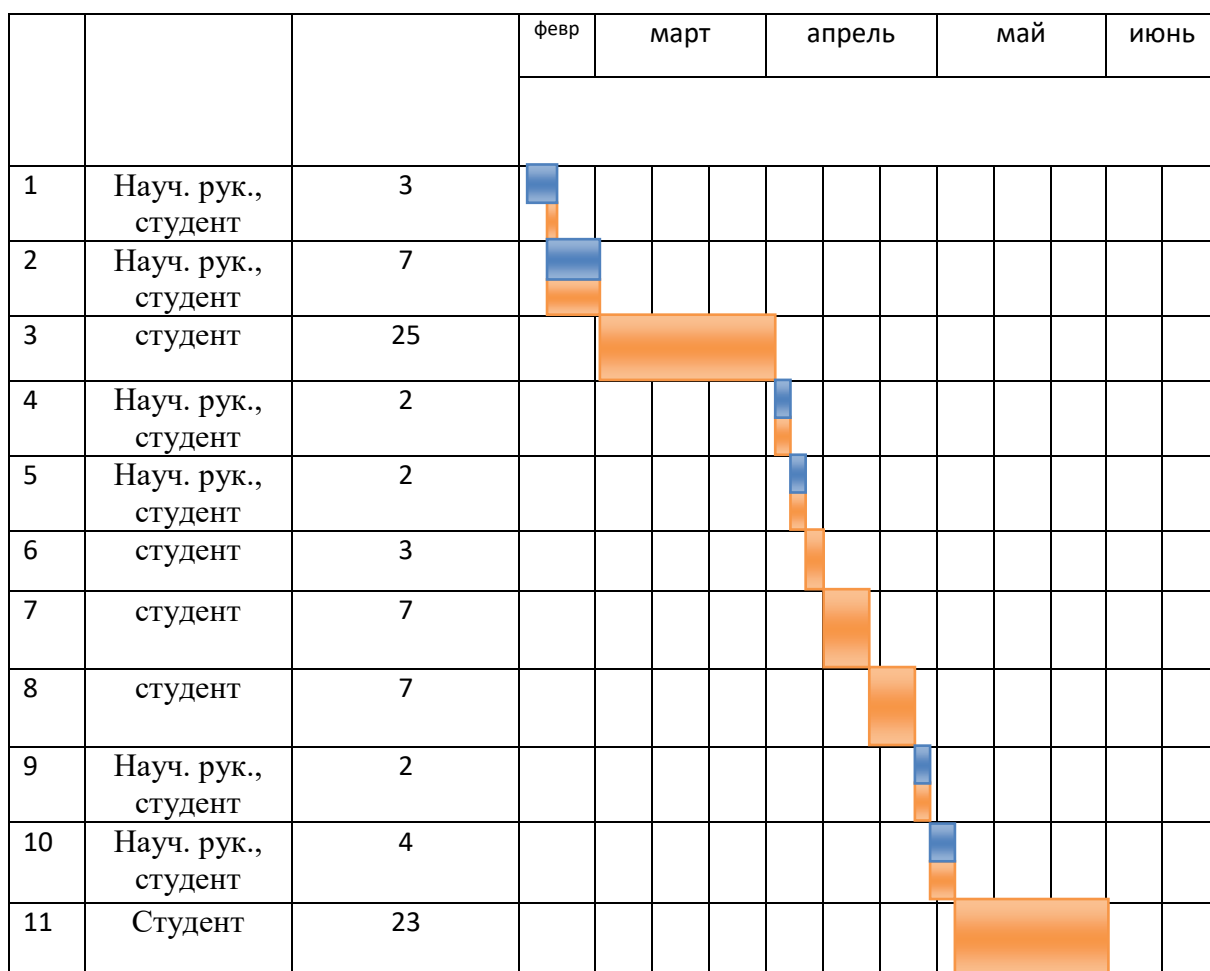
	Трудоёмкость работ	Исполн.	T_{pi} , дни	T_{ki} , дни

Название работы	t_{mini} , чел-дни		t_{maxi} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни							
	Науч.рук	студент	Науч.рук	студент	Науч.рук	студент						
1. Составление и получение задачи на НИР	2	1	5	1	4,5	1	+	+	2,2	1	2,7	1,2
2. Подготовка необходимых материалов для НИР	5	5	6	6	6	6	+	+	5,5	5,5	6,7	6,7
3. Подбор и изучение материалов по теме	-	9	-	12	-	10	-	+	-	20,5	-	25
4. Выбор направления исследований	2	2	2	3	3,5	2,5	+	+	1,7	1,7	2	2
5. Календарное планирование работ по теме	1	1	3	2	2,5	1,5	+	+	1,2	0,7	2,5	0,9
6. Получение заготовок и измерение их твёрдости	-	2	-	3	-	2,5	-	+	-	2,5	-	3
7. Получение заготовок и изготовление образцов для исследования на износостойкость.	-	3	-	6	-	5,5	-	+	-	5,5	-	6,7
8. Проведение исследования на износостойкость	-	3	-	6	-	5,5	-	+	-	5,5	-	6,7
9. Обработка данных	2	3	4	4	3,5	3,5	+	+	1,7	1,7	2	2
10. Научное обоснование результатов и выводы	2	2	5	5	4,5	4,5	+	+	2,2	2,2	3,5	3,5
11. Оформление отчета НИР	-	8	-	12	-	9	-	+	-	18,5	-	22,5

На основе таблицы 4.9 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 4.10- Календарный план-график проведения НИР по теме

Z	Исполн.	T_{kl} , кал.дн	Продолжительность выполнения работ
-----	---------	-------------------	------------------------------------



■ - научный руководитель; ■ - инженер – дипломник

График выполнения работ по дням составлен с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней. Общее количество рабочих дней -85, которые требуются на выполнение данного проектирования.

4.4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;

- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.4.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} , \quad (10)$$

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, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты на исследование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_M), руб.
Порошок СВМПЭ	кг	1,5	400	690
Порошок диоксида циркония	кг	0,1	100	12
Порошок меди	кг	0,05	1000	60
Порошок оксида алюминия	кг	2	500	1150
Спирт медицинский	литр	0,100	180	20
Бумага А4	лист	150	0,2	36
Картридж для принтера	шт.	1	2500	2875
Наждачная бумага	лист	5	120	690
Итого				5533

4.4.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование НТИ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Так как оборудование специально для проекта не покупается, рассчитывается амортизация оборудования на время проекта.

Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 4.12.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудов ания	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.	Амортизация оборудования за время использования, руб.
1.	Установка для исследования износа «ИИП-1»	1	67.000	67.000	28
2.	Весы «ГУР WA-33»	1	140.000	140.000	38
3.	Твердомер «ТКМ-359»	1	35.000	35.000	20
4.	Микроскоп «Лабомет- И»	1	135000	135000	55
5.	Компьютер	1	30000	30000	16
Итого:					157

Рассчитаем амортизацию оборудования техники $I_{ам.обор}$ за один день, по следующей формуле:

$$I_{ам.обор.} = \left(\frac{T_{исп.обор.}}{365} \right) * K_{обор} * N_a \quad (11)$$

где $T_{исп.обор}$ – время использования оборудования;

365 дней – количество дней в году;

$K_{обор}$ – стоимость оборудования;

N_a – норма амортизации.

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{с.с.оборот}}} \quad (12)$$

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

$$I_{\text{уст.износ.}} = \left(\frac{1}{365}\right) * 67000 * 0,15 = 28 \text{ руб.} \quad (13)$$

$$I_{\text{весы WA-33}} = \left(\frac{1}{365}\right) * 140000 * 0,1 = 38 \text{ руб.} \quad (14)$$

$$I_{\text{тврд.ТКМ}} = \left(\frac{1}{365}\right) * 35000 * 0,2 = 20 \text{ руб.} \quad (15)$$

$$I_{\text{микроскоп}} = \left(\frac{1}{365}\right) * 135000 * 0,15 = 55 \text{ руб.} \quad (16)$$

$$I_{\text{ам.комп.}} = \left(\frac{1}{365}\right) * 30000 * 0,2 = 16 \text{ руб.} \quad (17)$$

4.4.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

НИР проводили 2 человека: доцент кафедры материаловедения машиностроения (зав. Лаб.) в ТПУ - научный руководитель работы (науч. рук.) и инженер лаборатории (инж.). Так как в качестве инженера лаборатории выступал студент (дипломник), то расчет статьи по основной заработной плате будет учтен только для научного руководителя.

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.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (18)$$

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:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (19)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 4.9);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (20)$$

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. (таблица 4.13)

$Z_{\text{осн}}$ и $Z_{\text{зп}}$ для научного руководителя:

$$Z_{\text{осн.}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \cdot T_p = \frac{57408 \cdot 11,2}{239} \cdot 19,4 = 52186 \text{ руб.} \quad (21)$$

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 60535 \text{ руб.} \quad (22)$$

Для студента (дипломника):

$$Z_{\text{осн.}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \cdot T_p = \frac{12860 \cdot 11,2}{239} \cdot 80,2 = 48332 \text{ руб.} \quad (23)$$

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 56065 \text{ руб.} \quad (24)$$

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент-дипломник
Календарное число дней	305	305
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	60	60
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	239	239

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Таблица – Расчёт основной заработной платы

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{окл}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (25)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);

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

Расчёт основной зара

ботной платы приведён в таблице 4.14

Таблица 4.14 – Заработная плата сотрудников

Исполнители	З _{окл.} руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _{м.} руб	З _{дн.} руб.	T _{р.} раб.дн.	З _{осн.} руб.
Руководительот каф.	26300	0,3	0,3	1,3	57408	2690	19,4	50886
Студент-дипломник	2893	0	0	1,3	12860	573	80,2	41332
Итого:								92218

4.4.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (26)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.15

Таблица 4.15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Науч. Рук.	52186	8349
Студент-дипломник	48332	7733
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого 31599		

4.4.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (27)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Для того чтобы рассчитать стоимость потраченной электроэнергии необходимо знать потребляемую мощность оборудования, время работы и текущий тариф на электроэнергию.

Расчет ведется по формуле:

$$C_{\text{ээ}} = 6 * Д * Т * М \quad (28)$$

где 6– 6-ти часовой рабочий день, Д – продолжительность работ, Т –тариф на электроэнергию, М – мощность, потребляемая оборудованием.

Рассчитанные значения потребления электроэнергии представлены в таблице 4.16. Стоимость 1 кВт/час – составляет 5,8 руб.

Таблица 4.16 - Стоимость потребляемой энергии элементами

Наименование оборудования	Потребляемая мощность, кВт	Стоимость потребления, руб.
Установка на износ	1,2	280
Компьютер	0,4	661
Микроскоп	12	835
Весы	0,4	93
Итого		1869

4.4.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.16.

Таблица 4.17 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	5533	Пункт 4.4.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	157	Пункт 4.4.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	100518	Пункт 4.4.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16082	Пункт 4.4.4.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	31599	Пункт 4.4.4.4
6. Накладные расходы	1869	Пункт 4.4.4.5
7. Бюджет затрат НИИ	155758	Суммарная сумма