

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Структура, механические и триботехнические свойства композитов СВМПЭ, армированных микроволокнами

УДК 620.22-419.8:53:620.179.11

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4А	Хуан Цитао		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин С. В.	Д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н. А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	Д. т. н		

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 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов (магистратура)

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

Министерство 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

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ4А	Хуан Цитао

Тема работы:

Структура, механические и триботехнические свойства композитов СВМПЭ, армированных микроволокнами

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ №2099/с от 03.04.2015_

Срок сдачи студентом выполненной работы:

16.06.2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объекты исследования – композитные материалы на основе СВМПЭ. Исследование механических и триботехнических характеристик получаемых при применении различных наполнители в процессе производства композита. Оценка полученных данных и выработка наиболее применимых составов композиций.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор методов изменения свойств полимерных материалов путём введения различных наполнителей. Обзор приложений использующих СВМПЭ с анализом необходимых свойств. Выбор приоритетного направления и утверждение свойств, которые необходимо повысить.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация ВКР в Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Н. А. Гаврикова, старший преподаватель, ИСГТ ТПУ
Социальная ответственность	Ю. М. Федорчук, Профессор, ИНК ТПУ
Иностранная часть	М. В. Бурков, доцент, ИФВТ ТПУ О. Н. Игна, доцент, ФТИ ТПУ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Глава I. Литературный обзор (русский язык)	
Глава 2. Материалы и методики исследований (русский язык)	
Глава 3. Результаты исследований (русский язык)	
Глава 4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» (русский язык)	
Глава 5 Раздел «Социальная ответственность» (русский язык)	
Приложение А (иностранный язык)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.10.2015 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин С. В.	Д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4А	Хуан Цитао		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 119 с., 44 рис., 31 табл.,
83 источников, 1 прил.

Ключевые слова: износостойкость, надмолекулярная структура, базальт, волластонит, микроволокно, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, механические свойства

Объектом исследования является (ются) композиционные материалы на основе СВМПЭ, армированных наполнителями (микроволокно волластонита, микроволокно базальта и микрочастица базальта)

Цель работы – Исследование структуры, механических и триботехнических свойств композитов на основе СВМПЭ, армированных микроволокнами.

В процессе исследования проводились спекания под давлением, абразивный износ, сухое трение скольжения, растровая электронная микроскопия, оптическая микроскопия, профилометрия, статическое растяжение, твёрдость по шору D

В результате исследования Рассмотрены надмолекулярные структуры образцов композиционных материалов на основе СВМПЭ, изучено влияние содержания наполнителя (микроволокно волластонита, микроволокно базальта и микрочастица базальта) на структуру, механических и триботехнических свойств композитов на основе СВМПЭ.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: повышение износостойкости при трении скольжения. Повышение износостойкости при абразивном износе.

Степень внедрения: на данный момент результаты полученные в ходе работы не используются в практическом применении

Область применения: машиностроение, горно-добывающая промышленность, транспортная промышленность (футеровка, защита от налипания, защита от износа)

Экономическая эффективность/значимость работы применение полученных в работе результатов позволяет повысить ресурс работы до 1,5-2,5 раза в сравнении с ныне используемыми методами.

В будущем планируется исследование трехкомпонентные композиты с различным волокнистыми наполнителями и твердо смазочными материалами, в целях дальнейшего повышения свойств и ресурса работы.

Содержание

	ВВЕДЕНИЕ	8
Глава 1	ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
1.1	Структура и свойства СВМПЭ	10
1.2	Свойства и области применения волластонита	13
1.3	Свойства и области применения базальта	22
1.4	Виды износа. Износостойкость	28
Глава 2	МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	33
2.1	Материалы исследований	33
2.2	Методики исследований	35
Глава 4	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	67
4.1	Потенциальные потребители результатов исследования	68
4.2	Разработка устава НИР	69
4.2.1	Цели и результаты проекта	69
4.2.2	Организационная структура проекта	70
4.2.3	Ограничения и допущения проекта	71
4.3	Планирование и график НИР	72
4.3.1	Иерархическая структура работы	72
4.3.2	Календарный план проекта	73
4.3.3	Сетевой график выполнения НИР	74
4.4	Составление сметы затрат	76
4.4.1	Затраты на амортизацию оборудования	76
4.4.2	Затраты на основные и вспомогательные материалы	77
4.4.3	Затраты на заработную плату	78
4.4.4	Отчисления на социальные нужды	79
4.4.5	Затраты на электроэнергию	79
4.4.6	Смета затрат на НИР	81

ВВЕДЕНИЕ

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) обладает уникальными свойствами: высоким сопротивлением изнашиванию, низким коэффициентом трения и химической стойкостью. СВМПЭ широко применяется в машиностроении и медицине. Ненаполненный СВМПЭ испытывает значительный износ при длительной эксплуатации, и обладает низкими показателями предела прочности и предела текучести. Повышение износостойкости и механических свойств СВМПЭ являются актуальной научно-технической проблемой.

Существуют различные методики получения композитов на основе СВМПЭ, с повышением свойств относительно чистого полимера. Однако ввиду химической инертности полиэтилена при наполнении его различными добавками (полимерные, минеральные наполнители), химических связей не образуется, что сказывается на низкой адгезии наполнителя к СВМПЭ, и как следствие падению механических характеристик.

Одним из эффективных путей повышения механических характеристик сверхвысокомолекулярного полиэтилена является его дисперсное упрочнение. Использование дисперсных наполнителей не всегда позволяет добиваться необходимого уровня физико-механических свойств получаемого композита. Другим методом повышения свойств является использование в качестве армирующих элементов волокнистого наполнителя. В качестве наполнителей используют базальтовое, углеродное и стекловолокно, волокна волластонита.

Таким образом задача при получении композитов на основе СВМПЭ сводится к поиску вида и количества наполнителя, позволяющих вносить как можно меньшие изменения в исходную структуру полимера, повысить адгезию к наполнителю.

При испытании полимерной композиции, обычно выбираем преимущественные условия их применения:

- абразивный износ на абразивной изнашивании «МИ-2» - (применение в машиностроении) полимерная футеровка конвейеров

- сухое трение скольжения на машине трения СМТ-1- (применение в машиностроение) полимерные зубчатые передачи или шестерни

Целью работы является исследование триботехнических свойств композитов на основе СВМПЭ армированных разным типом волокнистого наполнителя.

ГЛАВА 1

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Структура и свойства СВМПЭ

СВМПЭ представляет собой класса термопластов. Это полимер, образованный из этилена (C_2H_4), которая является газом с молекулярным весом 28. Его формула полиэтилена - $(-C-H_2-)n-$,

где n - степень полимеризации. Из рисунка 1 видно, что Схематическое изображение химических структур этилена и полиэтилена представлено

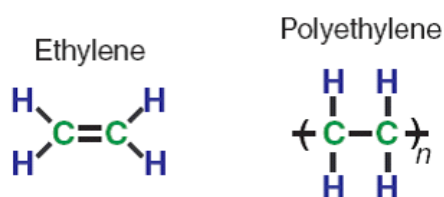


Рисунок 1. Изображение структура этилена и полиэтилена [1]

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) представляет собой относится к классу термопластичных полимеров. Он имеет молекулярную структуру, состоящую из длинно-линейных цепочек, молекулярная масса которых составляет от 2 до 10 млн. г/моль. Вследствие чрезвычайно длинных и перепутанных цепей молекул СВМПЭ отличается более высокой износостойкостью по сравнению с политетрафторэтиленом (ПТФЭ) [1]. Температура эксплуатации СВМПЭ как полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) должна быть ниже температуры плавления и зависит от условий эксплуатации (давления, продолжительность приложения нагрузки, условий окружающей среды и т. п.). Особенностью СВМПЭ является способность сохранять высокие значения механических свойств в очень широком интервале температур: от $-160^{\circ}C$ до $+80^{\circ}C$ [2].

В Таблице 1 приводится сравнение некоторых свойств СВМПЭ и ПЭВП [3-5].

Таблице 1 - Свойства разных полиэтиленов

	ПЭНП	ПЭВП	СВМПЭ
Типовая микроструктура	разветвленная	сферолитная	ламеллярная
Степень кристалличности (%)	40÷50	60÷80	45÷55
Плотность (г/см ³)	0,91÷0,925	0,95÷0,965	0,93÷0,945
Молекулярный вес (г/моль)	< 50,000	50,000÷200,000	2x10 ⁶ ÷6x10 ⁶
Модуль упругости при растяжении (ГПа)	0,17÷0,26	0,4÷4,0	1,5
Предел текучести при растяжении (МПа)	4÷16	26÷33	19÷23

Химическая устойчивость полиэтилена определяется структурой полимерных цепей и, главным образом, молекулярной массой. СВМПЭ обладает высокой химической стойкостью, что наряду с другими свойствами позволяет широко применять его для изготовления различных изделий, контактирующих с химическими реагентами. СВМПЭ исключительно стоек к действию щелочей любой концентрации и водных растворов нейтральных, кислых и основных солей. Кроме того, СВМПЭ обладает стойкостью в некоторых кислотах, например, муравьиной и уксусной, и даже концентрированной соляной и плавиковой кислот. Серная кислота 80%-ной концентрации при комнатной температуре не оказывает заметного воздействия на СВМПЭ. При увеличении концентрации серной кислоты и длительности контакта наблюдается интенсивное пожелтение материала. Однако СВМПЭ, также, как и стандартный ПЭВП, изменяет свои свойства и разрушается под действием окислителей, например, азотной кислоты, которая даже при довольно низкой концентрации интенсивно воздействует на СВМПЭ. Окисление и разрушение значительно ускоряются с повышением температуры эксплуатации изделий. Износостойкость и коэффициенты трения СВМПЭ и некоторых полимеров приведены в таблице 2 [3-5].

таблице 2 - Износостойкость и коэффициенты трения полимеров

Полимер	Плотность по ГОСТ 15139- 69, кг/м ³	Твёрдость по ГОСТ 4670- 77, МПа	Износостойк- ость, мин/мм ³	Коэффициент трения
СВМПЭ	934	40	18,4	0,08
СВМПЭ + MoS ₂	1150	55	31,6	0,08
ПЭВД (ПТР=0,3 г/10 мин)	950	55	10,5	0,10
ПЭВД	900	28	2,79	0,27
Полипропилен	850	51	2,08	0,35
Полиамидная смола	1080	109	12,9	0,22
Древесный пластик	1260	312	1,3	0,22

Благодаря высокой износостойкости, высокой ударной прочности, низкому коэффициенту трения и способности к самосмазыванию СВМПЭ широко используется в машиностроении, например, в узлах трения машин и механизмов, для футеровки кузовов карьерной техники [6-8]. Кроме этого, он находит применение в ортопедической хирургии для производства медицинских имплантатов, эндопротезирования различных суставов (тазобедренного, коленного, плечевого и др.) и межпозвоночных дисков [9].

Для того, чтобы понять причину высокой износостойкости СВМПЭ, необходимо иметь представления о механизмах его изнашивания, а также способах улучшения его триботехнических характеристик.

Другим важным преимуществом СВМПЭ является высокая стойкость к коррозии и химическим веществам, за исключением брэнстедовских кислот. СВМПЭ имеет очень низкое влагопоглощение и обладает высокой стойкостью к изнашиванию (в 15 раз выше, чем углеродистая сталь)[10-12]. Коэффициент трения СВМПЭ значительно ниже, чем у нейлона и ацетала, и он сравним с коэффициентом трения политетрафторэтилена (фторопласта). Однако в отличие от последнего, СВМПЭ характеризуется более высоким сопротивлением истиранию. Он не имеет запаха, вкуса и нетоксичен [10.12].

Производство СВМПЭ в серийных масштабах началось в 1950–х годах XX века компанией Ruhrchemie AG. Сегодня порошковые материалы СВМПЭ производятся такими предприятиями как Ticona, Braskem и Mitsui. СВМПЭ выпускается в виде порошка, листов или стержней, а также в виде волокна (нити). С 1960–х годов, СВМПЭ является предпочтительным материалом, применяющимся в общей артропластике суставов в ортопедических имплантатах и имплантатах позвоночника [11]. Серийно производимые с конца 1970–х годов голландской химической компанией DSM волокна СВМПЭ широко используются в средствах защиты от огнестрельного оружия, в военной области, и все больше и больше в медицине [10.12].

1.2 Свойства и области применения волластонита

История применения

Волластонит представляет собой природный силикат кальция. Его главный состав является неорганическим веществом - CaSiO_3 . Его цвет обычно покажется белым или серым.

До 1800 годов зовут слоистый шпат, а после 1821 года имеет новая имя – волластонит. Большой странный факт – через 111 года начал его практическое использование. тогда он начал в США производить неорганического волокна. Но до 1950 годов волластонит мало применялся в области промышленности, когда происходят послевоенное (Вторая мировая война) строительство. Тогда он добавлялся в продукции красок, грунтовок, шпатлевок и керамики. [14]

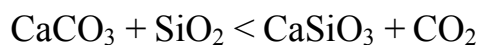
Волластонит обладает уникальными свойствами, по причине того, что:

- белого цвета
- игольчатой формы кристаллов
- щелочному pH

Механизм образования

Волластонит с высокой чистотой не трудно получить в промышленном производстве. Имеет метод удаления примесей: 1. примеси вынуты в ходе влажной обработки. 2. применение высокоинтенсивного магнитного разделения.

Когда волластонит образуются в природе, включения тоже образовались. Главные примеси представляются собой кварц, гранат, диопсид, кальцит и т. д. Тип примесей узнаем по форме:



Где:

CaCO_3 - кальцит

SiO_2 - кварц

CaSiO_3 - волластонит

CO_2 - диоксид углерода

Хотя в этом процессе реакцией потребляют свободную энергию (тепло), но вулканическая магма предоставляет спрос энергии. В вулканической магме обычно имеет алюминий, магний и железо. Они сочетают волластонит, и формируют сопутствующие минералы [15].

Структура и свойства волластонита

На рисунке 2 как видно структура кварца волластонита обладает непланарными, многогранниками. Благодаря кальцию эти многогранники SiO_2 соединяются, и становятся восьмигранниками. По причине того, что формируются цепь с кальциями и многогранниками SiO_2 , волластонит имеет игольчатый контур после формирования. Даже имеет игольчатую или волокнистую структуру, когда природный минерал волластонита разлагают мелкие среды. Благодаря строению кристаллической решетки, волластонит обладает высокой твердостью. Твердость по шкале Мооса почти до 5. Когда минерал волластонита прокаливаются, обычно выбираем температуру около тысячи градусов. Это температура является очень низкой для промышленного минерала волластонита. После прокаливания остаются вещества, которые зависят от содержания волластонит. [16-17]

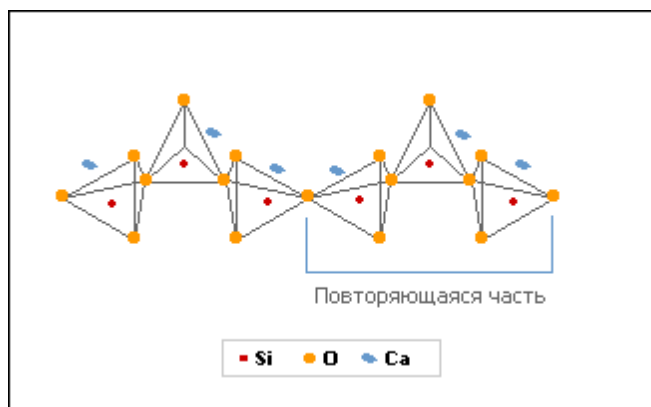


Рисунок 2 – повторяющаяся структура чистого волластонита

Если положим часть минерала волластонита в воду, волластонит разлагается и образует гидроксид кальция, который обладает щелочами. Благодаря этому свойству, получается дисперсия волластонита.

В неорганической кислоте происходит расщепление волластонита. При неполном разложении выпускает CO_2 , и оставшиеся вещества обладают буферной функцией в кислых растворах, по причине того, что сочетавшиеся кальция обратятся в свободные ионы [13].

Типы волластонита, месторождения и синтез волластонита,

Волластонит представляет собой анизотропные частицы. Поэтому нужно определять длину и широко игольчатого или волоконного волластонита, и считать их отношение, который является главным показателем волластонита (разделить длину на широко). По анализе размере и форме частиц волластонита, можно классифицировать волластонит [14].

Для того, что получится волластонит с высокой чистотой, обычно нужно промышленную методику по уменьшению или удалению соединения ненужных примесей. Сначала руда дробится и перемалывается, получится разделение руды. Руда волластонита (гранат, диопсид) обладает цветным. Благодаря его магнитного свойства, наглядно уменьшатся высокими интенсивными электромагнитными сепараторами [18].

Руда измельчается часто в шаровых мельницах. Однако этим методом

получится небольшой отношение (не больше 5). Для получения типы с более высоким отношением (почти до 20) нужно пользоваться более специальным воздушными сепараторами [18]. Получение промышленных волокон с высоким отношением имеют длину волокна больше 200 мкм и диаметру меньше 20 мкм [19]. Если добавляется неорганическая поверхностно-активная добавка, можно увеличивать адгезию к полимеру [20].



Рисунок 3 - Микроиглы волластонита, 1700X

Видно рисунок 3 это структура микроволокон волластонита с высоким отношением.

15 лет назад волокно волластонита считался нецелесообразным добавлением к полимерным материалам. Не давно на территории бывшего СССР начало возрасти его использование и добавление к другим материалам [21-25]. В Горном Алтае открылся новый перспективный сорт месторождений волластонита. В Алтайском крае построил базу, где распечатываются сырье и минералы [26].

В странах существует новое технологическое решение - производство синтетического волластонита, который не отличает природного волластонита. Получение поставляться в типе гранул (диаметром меньше 25 мм) или в порошке виде (размер частиц меньше 150 мкм) [27-29].

Влияние волокон волластонита на полимерные свойства

Волластонит улучшает почти все физические свойства полимера. Волластонит является наполнителем эластомеров, который снижает стоимости

продукты. Сочетание обладает более физическим свойствам [31].

Введение волластонита в композиционные материалы на основе полистирола, не снижает качества окраски и механические свойства и понизит использование дорогих пигментов.

В ТГУ (Томский государственный университет) получен результат, видно, введение волластонита может повышать свойства композициях на основе полиэфирных смол, которым широко используются в области автомобилестроения. Когда введение волластонита до 50%, механические свойства образцы и температура стеклования образцы улучшается, уменьшается абсорбция влаги. Если введение волластонита больше 50% значительно увеличивает вязкость и плотность, и прочность образцы помешается [32, 35].

В национальном исследовательском томском политехнический университет испытаны композиционные материалы на основе полипропилена, армированные волластонитами. Данными показано, что жесткость композиционных материалов на основе полипропилена увеличивается при повышении процента наполнения волластонита. Кроме того, стойкость композиционных материалов на основе полипропилена изменяется незначительно при повышении процента наполнения волластонита до 30%. Но для композиционных материалов на основе полипропилена, наполненных тальком, аналогичные показатели стойкости (ударная вязкость, ударная вязкость по Шарпи при комнатной и пониженных температурах) значительно снижаются при определенных условиях. Жесткость и стойкость композиции на основе полипропилена, наполненной волластонитами со размером частиц около 70 мкм, меньше чем композиция наполненные волластонитами со размером частиц около 30 мкм. Это значит, что мелкие частицы волластонита в полимере распределяется лучше [32].

По сравнению с композициями введения тальк или асбеста, электрические показатели композиции с наполнителем волластонита увеличиваются. И ценность продукт армированные волластонитами уменьшаются благодаря низкой ценности волластонита [32].

Введение Волластонита повышает свойства поливинилхлоридных полимерных соединений.

И наполнение волластонита в эпоксидно-смоляных герметиках уменьшит усадку, повышает стойкость [33, 34].

При добавлении волластонита и нанотрубки в композит на основе эпоксидных смол, модуль упругости образцы резко увеличивается. Они имеют возможность использоваться в области авиационно-космической техники [36].

Так как волластонит имеет волокнистую форму, покрытия на основе волластонита обладают уникальными свойствами (замечательный армирующий и матирующий свойства).

Введение волластонита в краски может применяться в покрытие разметок на дорогах. [37].

Часто вводится волластонит в органическое покрытие с продуктами. Свободный углерод, волластонит и водородные связи происходят образование химической связи. Введение волластонита в органическое покрытие приводит улучшение механических свойств изделий [18].

Изделия введения волластонит честно обладают небольшим коэффициентом и малой маслостойкостью, и небольшой вязкостью [24, 39]. А также введение волластонита в полимер различается от изделий, наполненными другими наполнителями. При одинаковых условиях механические свойства образец наполнения волластонита выше чем образец, наполненными другими наполнителями [40].

Можно заменить асбест и огнеупорные материалы волластонитами в области современной науки-техники. Эти прежние наполнительные частицы (асбестсодержащие теплоизоляционные и огнеупорные материалы и асбест.) часто вредно для здоровья [41].

Видно результат исследования [42], стойкость продукт композиции на основе расплавам алюминиевых сплавов, наполненных волластонитами, выше чем асбестсодержащие композиция. Поэтому можно применяться этими композициями в разлив и транспортирование.

Для защиты от химической коррозии, добавление волластонита в использование является замечательным выбором. продукты добавления волластонита, который обладает высоким отношением, применяется в строительные области и промышленные области и морс-техники. Даже волоконная форма волластонита, с небольшим отношением, улучшает нанесение, увеличивает долговечность и износостойкость. по причине того, что строительная система и асфальтовое нанесение имеют достаточные механические свойства. Выпирание типа волластонита обычно обладает большим степеням отношения. [44]

Видно таблица 3, показан физические свойства волластонита для нанесения [44].

Таблица 3 - Свойства волластонита

Свойства	Белизна	Высокая яркость	Показатель	Твердость	Плотность
значение	меньше 90 (Белый цвет)	Больше 85	10-11 pH	4-5 (по Моосу)	2,9

В таблице 4 представлены рекомендации и преимущества типа нанесений, наполненных преимущественными волластонитами. И рисунок 5 показан свойства используемого волластонита и влияние на базовые свойства нанесений [43, 44].

Таблица 4- Рекомендация и преимущества типа

Тип покрытия	Рекомендуемый сорт волластонита
Алкидная краска	10 микрон с аминосиланом
Ненасыщенные полиэферы	10 микрон с метакрилсиланом
Эпоксидное покрытие с аминным отверждением	10 микрон с эпокси- или аминосиланом
Эпоксидное покрытие с амидным отверждением	10 микрон с эпокси- или аминосиланом
Акриловый сополимер	10 микрон немодифицированный, или с аминосиланом
Уретаны или уретано-акриловые композиции	10 микрон с эпоксисиланом
Алкидные эмульсии	10 микрон с аминосиланом
Битумная эмульсия или нефтеполимерные покрытия	Грубодисперсные марки с высоким характеристическим отношением, немодифицированные
Порошковые покрытия, текстурные или специальные декоративные	Микронизированный с высоким характеристическим отношением или 10 микрон с эпоксисиланом
Порошковые покрытия, гладкие и тонкие	30 или 10 микрон, немодифицированные
Латексные выравнивающие акриловые строительные составы (для внешних и внутренних работ)	30 или 10 микрон, немодифицированные
Латексные полуглянцевые и матовые акриловые строительные составы (для внешних и внутренних работ)	30 или 10 микрон, немодифицированные

Таблица 5 - свойства используемого волластонита и влияние на базовые свойства

Свойства нанесения	Щелочность	Игольчатая форма	Твердость	Белизна
Гладкость		▼		
Прочность		▼	▼	
Матирование		▼		
Атмосферная стойкость	▼	▼	▼	
Антикоррозионность	▼			
Эластичность		▼		
Низкая вспучиваемость		▼		
Износостойкость		▼	▼	
Сохранение цвета	▼			▼
Низкая абразивность		▼	▼	
Адгезия		▼		
Устойчивость к ударным воздействиям		▼	▼	
Стойкость к отслаиванию		▼	▼	

1.3 Свойства и области применения базальта

Породы базальта и его месторождения

Базальт является природным материалом. Благодаря вулканического извержения, базальты появятся и образуются в жерлах вулканических. Так что его зовут "базал". Эта имя значит "кипячённый" от эфиопского.

Также базальта является наиболее распространёнными магматитами природного происхождения на поверхности Земли. И сегодня Самое большое количество базальта открыл в морском дне. Кроме того, порода базальта является обычным минералом в земле.

Горные породы группируются по его составам, структурам. И они находятся в земном поверхностном слое и образуют около 16 км природных скоплений минерала.

Главная месторождения базальта распределялись в Западной Индии и в США в Кордильерах в Кордильерах.

Имеюся базальты уже несколько миллион лет, и их свойства ещё не изменяется. Это значит, что его долговечное использование не разрушает окружающей среды. И долговечно сохраняет свой физические и химические свойства.

Базальт также являет строительным и облицовочным материалам с уникальными свойствами. Производство мастик, наполненного базальтовыми волокнами, не достаточно на строительном рынке. Так что сегодня резное производство волокон базальта стает резко развиваться прогрессом. это дает возможность широко использовать материал, наполненный волокон базальта [45-50].

Перспективы базальта

Время широкого применения композиций на основе полимера не больше чем 50 лет, а уже распростёр своё применение на области транспорта, промышленности, бытового сектора. В известной мере степень, их использования стала критерием уровня научного развития любой страны. Применение композиционных материалах на основе полимера может

значительно уменьшать большинство вида металла. Дает нам возможность решать этот проблем о требовании остродефицитных металлов. Кроме того, Применение композиционных материалах на основе полимера может уменьшать массы детали и экономить энергию [51].

Обращает внимание на себя то, что применялись стеклопластики и углепластики, в последние годы появились пластики, дополненные базальтами. Благодаря прогресса пластики, дополненные базальтами, создание изделия полимерного композиции более повысилось. Их продукты стал широко выпускать в больших количествах.

Ввиду этого Россия имеет богатые запасы горных пород базальта и передовой техники оборудованиях и устройств для производства волокон базальт и другие базальные минералы с разными формами. Когда распечатывается 1 тонны базальтовой породы в карьере, себестоимость представляется 250 руб.

Причины бурного развития производства базальтопластики:

- углеродные волокна втроедорога и количество их производства недостаточно.
- производство стеклянных волокон в России развивается медленно.
- производство органических натуральных волокон или органических искусственных волокон не обеспечивает потребности промышленности. Это значит, для базальта имеется пространство развития.

Из вышеизложенного следует, что одной срочной проблемой наук-техники является производства высококачественных разнообразных базальтах в России в сравнении с углеродными волокнами и стеклянными волокнами. Так что нужно открыть новую производительную технологию, которая имеет высокоэффективное и высококачественное свойство.

Базальтовые волокна обладают почти всем преимуществами в сравнении с стекловолокнами. И щелочестойкость и теплостойкость базальтовых волокон выше чем стекловолокна при определённых условиях. При наполнении

базальтовых волокон в эпоксидные связующие, имеется более прочность адгезии по границе, чем стекловолокна.

Переработав естественного материала более крупного базальта, можно получить волокна базальта. Волокна базальта имеют эти имущества в сравнении с стекловолокнами:

- Для производства Волокон базальта имеется более избыточные исходные базальты, чем стекловолокна;
- Имеется широкую минерально-сырьевую породы базальта;
- Базальт обладает однородным и стабильным свойством.

Но ещё имеется трудность – определяется его характеристические свойства при производстве волокон базальта [54].

Состав базальта

Основные состава составляются из микролитов плагиоклазов, клин пироксена, магнетита или титаномagnetита, а также вулканического стекла.

Химическая форма базальта не единственно, зависят от исходных руд базальта. Базальт имеет эти главные состав: (%) [52, 57]

Таблица 6 - Химический состав базальта

SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO
50	15	меньше 2,5	8
Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	P ₂ O ₅
2.8—5.1	0.1—0.2	7.1—9.3	0.2—0.5

И ещё содержится щелочей Na₂+K₂ до 5 %, в щелочных базальтах содержится до 7 % [57].

Физические свойства (модуль упругости и прочности) волокон из естественного базальта не меньше чем волокон из Е-стекла при определённых условиях. Если внутренность базальта содержат оксидов железа придает коричневый цвет базальта. это мешает широкое применение базальта.

Базальт или его руды характеризуются процентами вариациями химического фазы состава из их. Иногда разница может достигнуть до 15 процентов в одной месторождении. Химический состав руды базальта может резко изменяться в больших размерах. И часто базальт имеет кислотности пород с текущее значением (около 50%) [53].

Получение волокон базальта

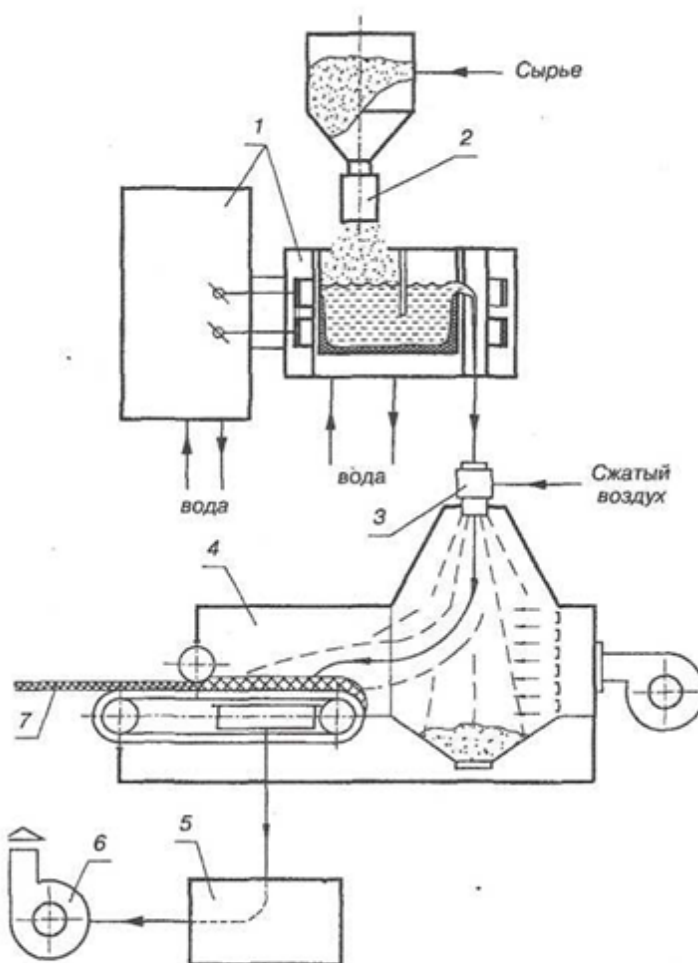


Рисунок 4. Схема технологической линии для производства базальтового волокна: 1 - плавильный комплекс «Базальт»; 2 - механизм загрузки; 3 -устройство дутьевое; 4 - камера волокноосаждения; 5 - фильтр; 6 -вентилятор; 7 - ковер минераловатный

Рисунок 4 покажет процесс превращения от сырья базальт в волокна. По Этим устройствам можно получатся волокна базальта из фильтра. Холодные воды непрерывно циркулирует по бункере механизма загрузки для охлаждения

тигли. Благодаря конструкция печи при температуре работе свыше чем 2000 °С за 40 мин ещё нормально работает, и не повреждается в экстремальном условии работы [54].

Таблица 7 - Рактеристические свойства волокон базальта по данной технология:

Плотность	23-40 кг/м ³
Средний диаметр волокна,	не более 3 мкм
Содержание неволокнистых включений («корольков») размером свыше 0,25 мм,	8-12 %
Коэффициент теплопроводности, при 25 ° С,	0,041 Вт/(м·К)
Предельная температура применения без объемной усадки	750 ° С

От 1993 года до 1994 года (алтайский край, Республика Коми, Москва) открыл первые линии по производству БВ. Дальнейшие исследования производства технологии обусловили произведение разработки оборудования «минимальных заводов» с высокоэффектным и высококачественным производством. Сегодня в Российской Федерации открыв около 10 производств на основе оборудования «минимальных заводов» [55].

Свойства и применение

Из таблицы 8 видно, волокна базальта обладает высоким коррозионностойким свойством. (Например, Убыток массы волокон базальта только составляет 0,46% в кипячении воды.)

Таблица 8 - Убыток массы волокон базальта

Окружающая среда и условия	Продолжительность выдержки	Убыток массы
При кипячении В воде	3 часа	0,46%
При кипячении В натровом щёлке (2 моль/литр)	3 часа	6,8%
При кипячении В растворе соляной кислоты (2 моль/литр)	3 часа	26%

Таблица 9 - Влияние кислоты и щёлочи на механические свойства волокон базальта

Окружающая среда и условия	Продолжительность выдержки	Влияние на механические свойства (при растяжении)
В натровом щёлке (0,5-2 моль/литр)	2 часа	Прочность снижается на 6-20%, А затем повышается до исходного значения
	Более длительном воздействии	Уменьшается на 25-40%
В растворе кислоты	Первых 20-40 минутах	Упрочнение на 15-20%
	100 часов	Прочность снижается на 50%

Как видно из таблицы 9, благодаря удалению поверхностного дефекта, механические свойства волокон базальта наоборот повышается в промежуточной стадии [56].

Кроме того, композиционные материалы, наполненные волокнами базальта, имеет эти свойства: пористость, температурный стойкость, паропроницаемость [58].

Таблица 10 - Применение базальта и базальтового волокна

Материал	Применение
Базальт	Волокна базальта каменное литье кислотоупорный порошок и наполнитель для бетона.
Базальтового волокна	Теплозвукоизоляционные материалы

Базальт обладает устойчивостью к атмосферному воздействию. Поэтому базальт широко применяется в наружные отделки зданий и изготовление скульптур, которые устанавливаются на улице [57].

1.4 Виды износа. Износостойкость

Движение механической системы всегда сопровождается интенсивным трением. При трении части детали машин сопровождается большим или меньшим износом. Трение является основной причиной механическую систему в состояние непригодности. Увеличение срока службы деталей различного назначения представляет собой важнейшая проблема современная технология.

Износ представляет собой движение твердых тел в сопровождение изменением размеров, деформациям, потеря массы поверхности тел из-за нагрузок и разрушения поверхностного слоя состояния при трении.

В ГОСТ 27674-88 открываются то, что изнашивание - процесс потеря материала с поверхности состояния тела при трении.

Износостойкостью является то, что стойкость деталей и сопротивление износа. В наших испытаниях износостойкость оценивается, понижением массы образцы за путь трения при абразивном износе. Кроме того, при трении-скольжения износостойкость оценивается повышением площади площадей за путь трения.

Обратите внимание, при износе тел не только происходит резание на микро-поверхностных слоях. Кроме того, износ сопровождается пластическим деформированием и упругим деформированием. И сопровождается возникновением тепло, которым нагревает себя тел. Также износ сопровождается изменением структуры, фазового состава и состояние поверхностных слоев и так далее.

В наших испытаниях показатель интенсивности изнашивания определяются понижением массы образцы и путем трения тел при абразивном износе. Или показатель интенсивности изнашивания определяются повышением площади площадей и путем трения тел при трении-скольжения.

Основные виды износа состоит из четыре главные формы износа и несколько второстепенных процессов. Классификация основано определяется на базе внешними условиями и особенностями процесса

Главные виды износа:

- **Адгезионный износ** возникает в условиях трения, когда два гладких тела скользят друг по другу и частицы материала, вырванные с одной поверхности, прилипают к другой. Этот вид износа имеет место, когда атомы контактирующих поверхностей входят в близкий контакт. На площадях контакта при скольжении поверхностей всегда существует вероятность того, что из-за адгезионных сил разрушение этого контакта происходит не по первоначальной поверхности раздела одного материала, а внутри него.
- **Абразивный износ** возникает в условиях трения, когда более твердые шероховатые поверхности скользят по более мягким, царапают или пропахивают ее, образуя свободные частицы. Абразивный износ может

возникнуть и тогда, когда твердые частицы попадают между поверхностями фрикционной связи и изнашивают их.

- **Коррозионный износ** имеет место, когда контакт поверхностей происходит в коррозионных средах. В процессе скольжения образующиеся на поверхности пленки разрушаются и коррозионное воздействие распространяется вглубь материалов.
- **Поверхностная усталость** наблюдается во время многократного скольжения или качения по одним и тем же поверхностям с непрерывно повторяющимися циклами нагружения и разгрузки. По [ГОСТ 27674-88](#) различают механическое, коррозионно-механическое и электроэрозионное изнашивание, а изнашивание деталей машин и механизмов принято классифицировать по причинам, в соответствии с которыми различают механическое, коррозионно-механическое, абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, кавитационное, усталостное, окислительное, электроэрозионное изнашивание и фреттинг-коррозию. К основным явлениям и процессам при трении и изнашивании относятся: схватывание, перенос материалов, задираание, выкрашивание и отслаивание.

Установлено два наиболее решающих фактора, влияющих на процесс схватывания трущихся тел: их температура и нагрузка. [59]

Износ материалов на основе полимера – разрушение поверхностного слоя полимера при трении.

Из-за отделения полимерных с поверхностного слоя при трении. Длительность продукт полимера (резины, пластмассы, волокна, полимерные покрытия с различными функциями) часто определяется износом.

Интенсивность линейного износа при заданных внешних условиях оценивают безразмерной величиной

$$IA = Ah/AL = AV/AAL, \text{ где}$$

Ah - толщина истертого слоя при трении;

AV - его объем;

AL - путь трения;

A - номинальная площадь поверхности трения.

Износ представляет собой сложный вид разрушения поверхностного слоя материал. И происходят в местах контакта с контртелом трения.

Износ полимера определяется особенностям их поведения при механическом нагружении, механической деформации, процессами и т.д. Из-за неровностей поверхности слою при трении всегда имеется износ. Это приведёт местные напряжения и деформации в точках контакта неровностей. При трении-скольжения происходят неоднократно нагружение местами контакта и повреждение усталости. Число актов нагрузки, которое достигать значение разрушения, определяется прочностью материала, его пределом усталости и условиям нагрузок. Так что при трении-скольжения проведет как фрикционно-контактный усталостный процесс приведёт как процесс усталости. При определённых условиях, когда контактные напряжения достигают предела прочности материала, разрушение приведёт в механической системе.

При этом наблюдаются наиболее интенсивные виды износа, различающиеся способом отделения частиц:

- Абразивный, когда велико внедрение выступов контртела (микро-резание),
- Когезионный, когда удельные силы трения достигают прочности («схватывание» для твердых тел, «скатывание» для резин).

Различные типы износа характеризуются разной картинкой поверхности материалов на основе полимера после износа. Один тип износа возможно поменять в другой при ходе трения. Поэтому важно определять критические процессы, которое отвечает переходу к худшим типам износа. Но ещё не имеется прекрасный метод, которые определяет этот критический.

Износостойкость полимера определяется при трении деформациями и прочностью материалов, которые зависят от состава и структуры полимера. Меняя один из показателей, которыми определяется износостойкость, другие обязательно меняют. Но повышение прочности приведёт увеличение износостойкости при прочих равных условиях. Добавление активных

наполнителей в сколько резин и пластмасс приведёт повышение износостойкость.

СВМПЭ обладает хорошими триботехническими характеристиками (высокая износостойкость и низкий коэффициент трения) в сравнении с другими полимерными материалами. При абразивном износе для износостойкости СВМПЭ выше чем фторопласта в 3-4 раза, и выше чем капролона в 5 раз. Чем больше молекулярной массы СВМПЭ, тем выше его износостойкость. Трибология СВМПЭ незначительно отличается от других полимеров. Для СВМПЭ зависимости трибологических поведений характеризуется нагрузкам, скоростям трения, путям и температурам возникновения.

СВМПЭ является хорошим антифрикционным полимерным материалом. Но СВМПЭ не использован в системе с большими скоростями, и нельзя использоваться в температуре возрастания, который приведён трением. В условиях высокой температуры СВМПЭ размягчается и подплавится на поверхностном слое материала. Поэтому необходимо учитывать вышеизложенная проблема при сухого трения.

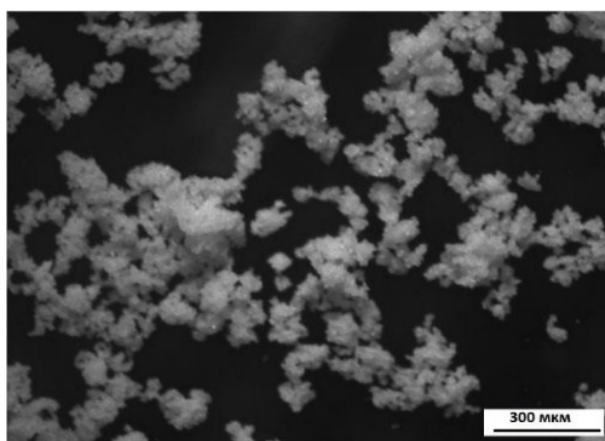
В СВМПЭ Добавление различных наполнители, которые составляете графит, металлические порошки и другие органические порошки и др, приводит к увеличению плотности и твердости, повышению износостойкости, улучшению теплопроводности, и снижению склонности к ползучести. Однако введение наполнителей иногда приводит к снижению других механических свойств (прочности, относительного удлинения при растяжении и др) [60].

ГЛАВА 2

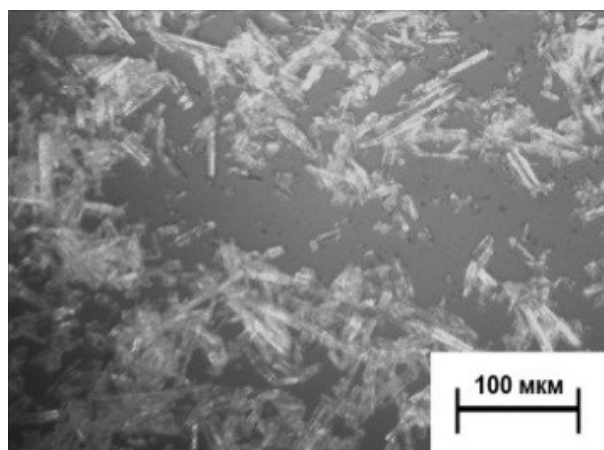
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Материалы исследований

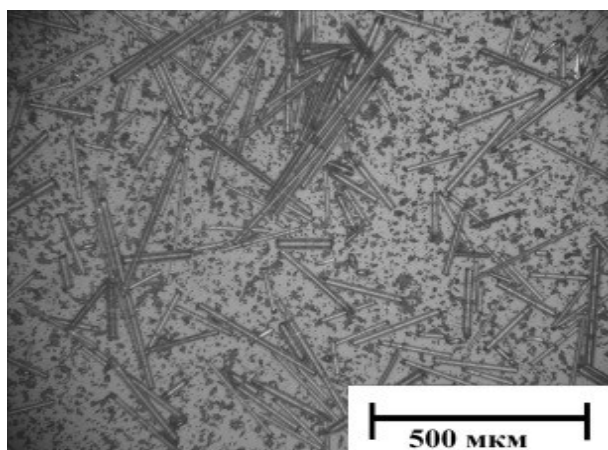
В данной работе использован порошок СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн. и размером частиц 5-15 мкм, волластонит фирмы ЗАО «ГЕОКОМ» с аспектным соотношением 8:1 с размерностью L_{cp} - 62 мкм, d_{cp} - 7,8 мкм. Волокна Базальта с аспектным соотношением 19:1, размерностью L_{cp} - 257 мкм, d_{cp} - 13,3 мкм, Частицы Базальта с размером 5-15 мкм (Рисунок 5).



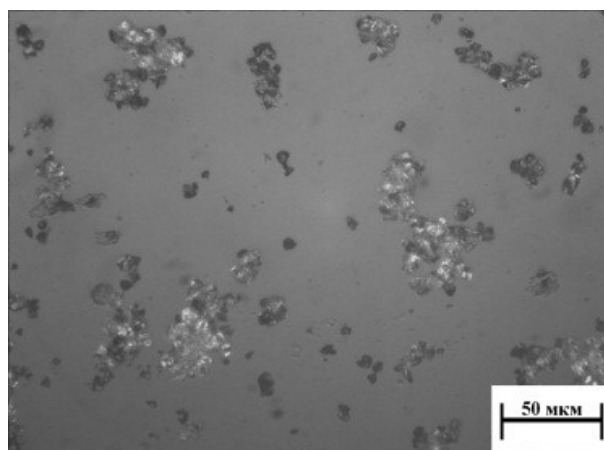
Порошок СВМПЭ



Волластонит



Волокна Базальта



Частицы Базальта

Рисунок 5 - Изображение материала

СВМПЭ и наполнитель (волластонит, волокна базальта, частицы базальта) диспергируем в ультразвуковой ванне ПСБ-Галс, а затем смешиваем в высокоскоростном гомогенизаторе модели МР 302. После смешивания порошковую взвесь высушивали в печи для выпаривания спирта.



Рисунок 6 – Ультразвуковая ванна ПСБ-Галс и высокоскоростной гомогенизатор МР 302.

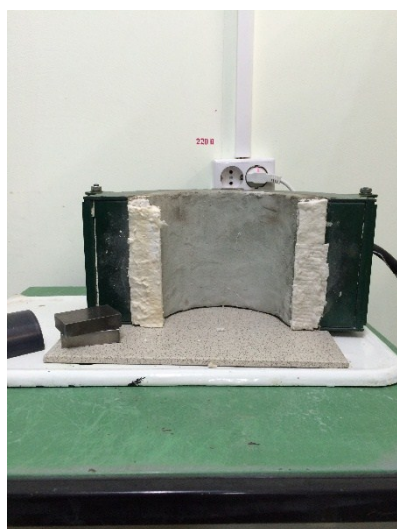


Рисунок 7 – Пресс для горячего прессования

Образцы полимерных композитов были изготовлены методом горячего прессования (рисунок 7) при температуре 200°C , давлении 10 МПа с последующим охлаждением со скоростью $3\div 4^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Размер образцов составлял $45\times 50\times 8$ мм (Рисунок 7,б).

2.2. Методики исследований

Плотность образцов определяли по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где m - масса образцов, г;

V – объём, мм³.

Определение твердости по Шору D: Использован прибор «Instron 902», представленный на Рисунок 7, а.

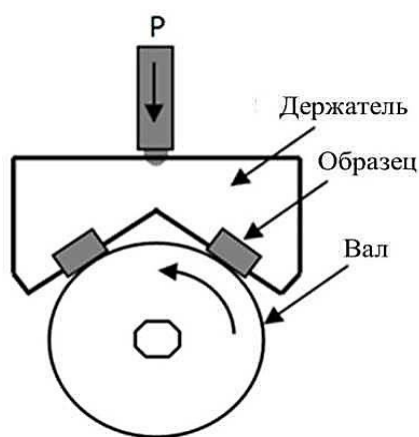


а)



Рисунок 8 - а) Испытательная машина «Instron 902»; б) образец из СВМПЭ

Испытание на износостойкость проведено по схеме «вал-колодка» на машине трения СМТ-1 в условиях сухого трения скольжения (см. Рисунок 8).



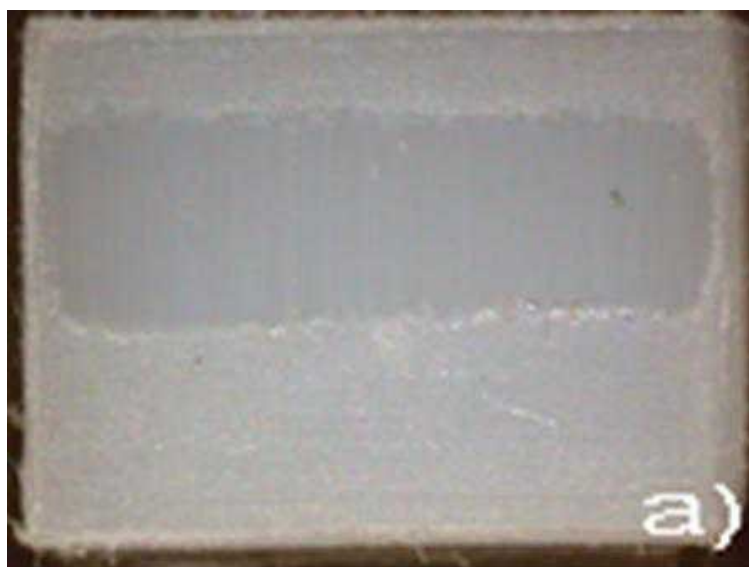
а)

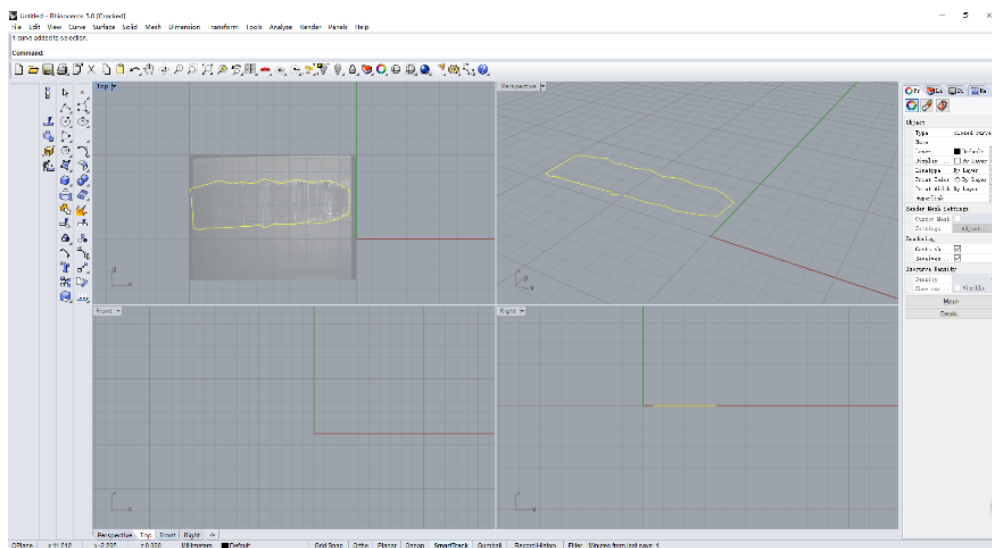


б)

Рисунок 9 - Схема «вал-колодка» для испытания образцов в условиях сухого трения скольжения(а) и контртела (б).

Образцы были в форме прямоугольного параллелепипеда $8 \times 8 \times 10$ мм, диаметр контртела составлял 62 мм, скорость вращения вала 100 об/мин. Нагрузка на пару образцов закрепленных в держателе была равна 160 Н. Схема испытаний «вал-колодка», реализуемая в машине СМТ-1 при сухом трении и граничной смазке. Для исследования изображения дорожек трения после испытания использовали оптический микроскоп «Carl Zeiss Stemi 2000-C». Для автоматического расчета площади дорожек трения использовали программное обеспечение «Rhinoseros, v. 5» (рисунок 10) [61].





б)

Рисунок 10 - Дорожки трения после испытания: а) оптическое изображение дорожки трения; б) программное обеспечение «Rhinoceros, v. 5 для расчета площади дорожки трения»

Объем изношенного материала определяли по стандарту испытания ASTM G77 (рисунок 11):

$$V = \frac{D^2 t}{8(\theta - \sin \theta)}$$

Где D – диаметр контортела мм, t – длина образца, θ – угол сектора в радианах, b – ширина дорожки трения

$$\theta = 2 \sin^{-1} \frac{b}{D}$$

$$b = \frac{S}{t}$$

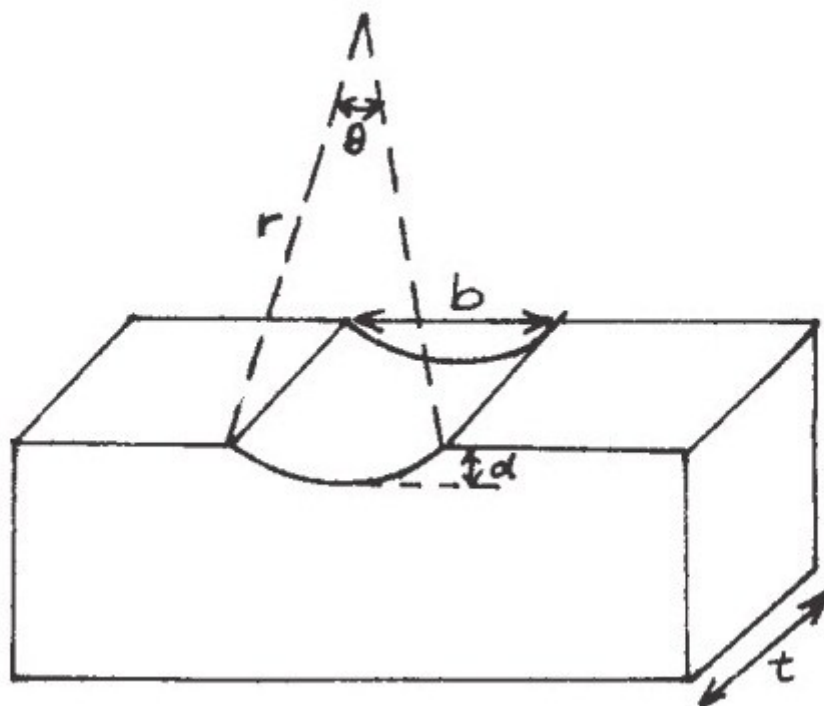


Рисунок 11 - Расчет объема унесенного материала с поверхности образца [62]

Интенсивность изнашивания: Интенсивность износа определяется углом наклона касательной к соответственной кривой по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta U}{\Delta t},$$

где ΔU – разность площадей в конце и начале стадии устойчивого изнашивания, мм²;

Δt – время изнашивания, мин.

Износостойкость определяли, как величину, противоположную интенсивности износа.

Рассчитан путь, пройденный на определенном отрезке времени по формуле:

$$S = t \cdot \omega \cdot l,$$

где t – время нагружения, мин;

ω – вращательная скорость вала, число оборотов / мин;

l – длина окружности, мм.

Измерение коэффициента трения. Коэффициент трения образцов определяли по схеме «шар на диске» на трибометре в ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН. Испытания проводили при скорости перемещения индентора 0,3 м/с согласно требованиям стандартов ASTM G99–95а и DIN 50324. Зафиксировали стальной шар диаметром 6 мм в конце индентора. Нагрузка испытания была 5 Н. Результаты исследования представляют зависимость коэффициента трения от времени нагружения. Фотография схемы для использования трибометра показана на рисунок 12

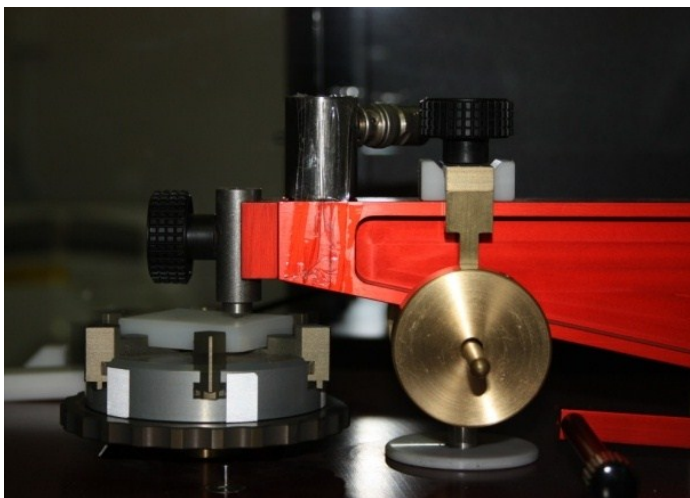


Рисунок 12 - Трибометр для измерения коэффициента трения

Исследование абразивного износа: Испытания на абразивное изнашивание проводили на машине для истирания резины МИ-2. Испытание проводили при отсутствии смазки в соответствии с ГОСТ 426-77. Форма образцов для испытания была 10*10*8 мм. Абразивная бумага для испытания имеет средний размер зерна $\approx 58,5$ мкм (Р 240). Схема испытаний на абразивное изнашивание показана на рисунок 13. Скорость испытания составляла 40 оборот / минуту, нагрузка составила 30 Н. Продолжительность испытания — 40 минут.

Определена интенсивности износа как тангенс угла наклона касательной к соответствующей кривой на стадии установившегося износа по формуле:

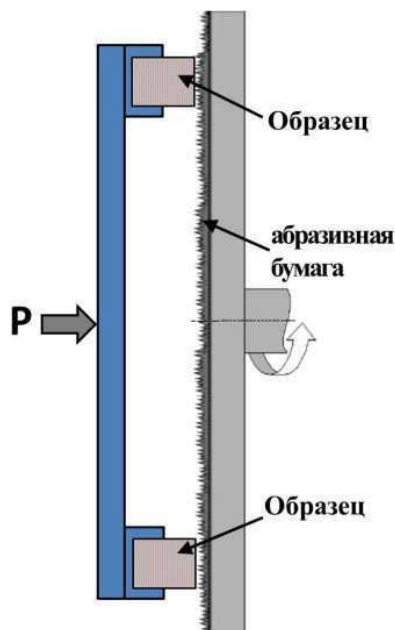
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta V}{\Delta t},$$

где ΔV – разность потери массы в конце и начале стадии устойчивого изнашивания, мг;

Δt – время изнашивания, мин.

Потерь массы рассчитаны через каждые 5 минут с помощью электронных весов с точностью 0,1 мг.

Износостойкость определяли как величину, обратную интенсивности износа.



а)



б)

Рисунок 13 - Испытание в условиях абразивного износа:

- а) схематическое изображение испытания на абразивное изнашивание,
- б) установка для проведения испытаний на абразивное изнашивание «МИ-2»

Измерение механических свойств: Механические характеристики были исследованы на электромеханической машине «Instron–5582» (Рисунок 14). Испытания проводили в соответствии с требованиями стандартов. Испытание на растяжение проведено при скорости 10 мм/мин с размерами образцов 25*10*1 мм. Для исследования данного испытания использовано не менее четырех образцов для каждого типа материалов [63,64]



Рисунок 14 - Разрывная машина «Instron – 5582»

Шероховатости поверхности дорожек трения. Определена шероховатость поверхности дорожек трения образца СВМПЭ с помощью оптического профилометра «NewView 6200» (Рисунок 14, а). Прибор NewView 6200 позволяет оценить морфологию поверхности дорожки трения на образце СВМПЭ методом сканирующей интерферометрии белого света [65]. При проведении данного исследования изучали шероховатости поверхности как на контртеле, так и на самом образце. Примеры результаты эксперимента показаны на Рисунок 15

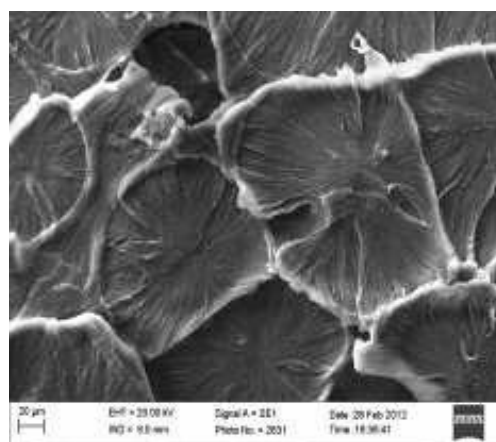


Рисунок 15 - Фотография установки New View 6200

Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Надмолекулярную структуру исследовали с помощью растрового электронного микроскопа LEO EVO 50 (Zeiss, Германия - рисунок. 2.12, а) в ЦКП «Нанотест» ИФПМ СО РАН. Типичная надмолекулярная структура СВМПЭ приведена на рисунок 16, б.



а)



б)

Рисунок 16 - а) растровый электронный микроскоп LEO EVO 50 с системой зондового микроанализа; б) надмолекулярная структура СВМПЭ.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ4А	Хуан Цитао

Институт	ИФВТ	Кафедра	ММС
Уровень образования	магистр	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	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования
2. Разработка устава научно-технического проекта	1. Цели и результаты проекта 2. Организационная структура проекта 3. Ограничения и допущения проекта 4. Иерархическая структура работ 5. Календарный план проекта 6. Сетевой график проекта
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Затраты на амортизацию оборудования 2. Затраты на основные и вспомогательные материалы 3. Затраты на заработную плату 4. Отчисления на соц. нужды 5. Затраты на электроэнергию 6. Прочие накладные расходы
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет фактической рентабельности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Потенциальные потребители результатов исследования
2. Иерархическая структура работ
3. Календарный план проведения исследования
4. Сетевой график проведения исследования
5. Бюджет проекта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4А	Хуан Цитао		

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В таблице 17 представлены основные потребители результатов исследований в зависимости от их вида.

Таблица 17 – Классификация потребителей результатов НИР

Вид исследований	Потребители	Цели приобретения
Фундаментальные и поисковые исследования	Государство, общество	Развитие науки, общественный прогресс, пополнение существующей базы знаний, создание заделов для прикладных исследований
Прикладные исследования	Государство, региональные структуры	Удовлетворение общественных нужд (оборона, образование, экология и т.п.), поддержание престижа и авторитета на международном уровне
	Корпорации, промышленные предприятия, фирмы	Разработка новых продуктов, повышение конкурентоспособности, максимизация прибыли
Разработки	Государство, региональные структуры	Обеспечение общественных нужд, поддержание национальных интересов
	Корпорации, промышленные предприятия, средний и малый бизнес	Производство новых продуктов, повышение конкурентоспособности, получение экономического эффекта

Поскольку данная работа относится к фундаментальным, то потребителями являются государство и общество.

4.2 Разработка устава НИР

4.2.1 Цели и результаты проекта

Таблица 18 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Российский научный фонд (РНФ)	Выполнение условий договора по НИР, получение отчета по НИР
ИФПМ СО РАН	Отчисления в бюджет организации из средств РНФ. Публикации, аффилированные с ИФПМ СО РАН
Сотрудники лаборатории механики полимерных композиционных материалов ИФПМ СО РАН	Оплачиваемая работа по НИР. Публикации.
Дипломник	Оплачиваемая работа по НИР, Возможность написать и защитить магистерскую диссертацию. Публикации.
ТПУ	Публикации, аффилированные с ТПУ. Защита магистерской диссертации.

Таблица 19 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследовать влияние армирующих волокон на структуру, механические и триботехнические свойства композитов на основе СВМПЭ в срок с сентября 2014 г по июнь 2016 г. Защитить магистерскую диссертацию в ТПУ 24.06.2016 г.
Ожидаемые результаты проекта:	Магистерская диссертация
Критерии приемки результата проекта:	Публикации результатов работы в индексируемых отечественных и зарубежных журналах. Участие в конференциях.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Успешная защита магистерской диссертации в ТПУ

4.2.2 Организационная структура проекта

Таблица 20– Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Панин Сергей Викторович, ИФПМ СО РАН, зав. лаб. МПКМ	Руководитель	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта.	310
2	Алексенко Владислав Олегович, ИФПМ СО РАН, инженер-исследователь.	Ответственный исполнитель	Выполняет работы по проекту. Проводит исследования, пишет статьи.	210
3	Хуан Цитао, ТПУ, магистрант	Ответственный исполнитель	Выполняет работы по проекту. Проводит исследования, пишет статьи и магистерскую диссертацию.	1160
4	РНФ	Заказчик	Осуществляет укрупненный анализ проекта по показателям сроков, освоению затрат и финансированию. Проводит экспертную оценку результатов проекта.	30
5	ТПУ	Заказчик	Проводит экспертную оценку результатов проекта.	30
ИТОГО:				1740

4.2.3 Ограничения и допущения проекта

Таблица 21 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	53000р
3.1.1. Источник финансирования	Российский научный фонд (РНФ)
3.2. Сроки проекта:	Сентябрь 2014 г – июнь 2016 г.
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2014
3.2.2. Дата завершения проекта	24.06.2016
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограничение по времени использования научного оборудования (1 раз в месяц на растровом электронном микроскопе). Ограничение времени работы участников проекта (не более 20 часов в неделю)

4.3 Планирование и график НИР

4.3.1 Иерархическая структура работы



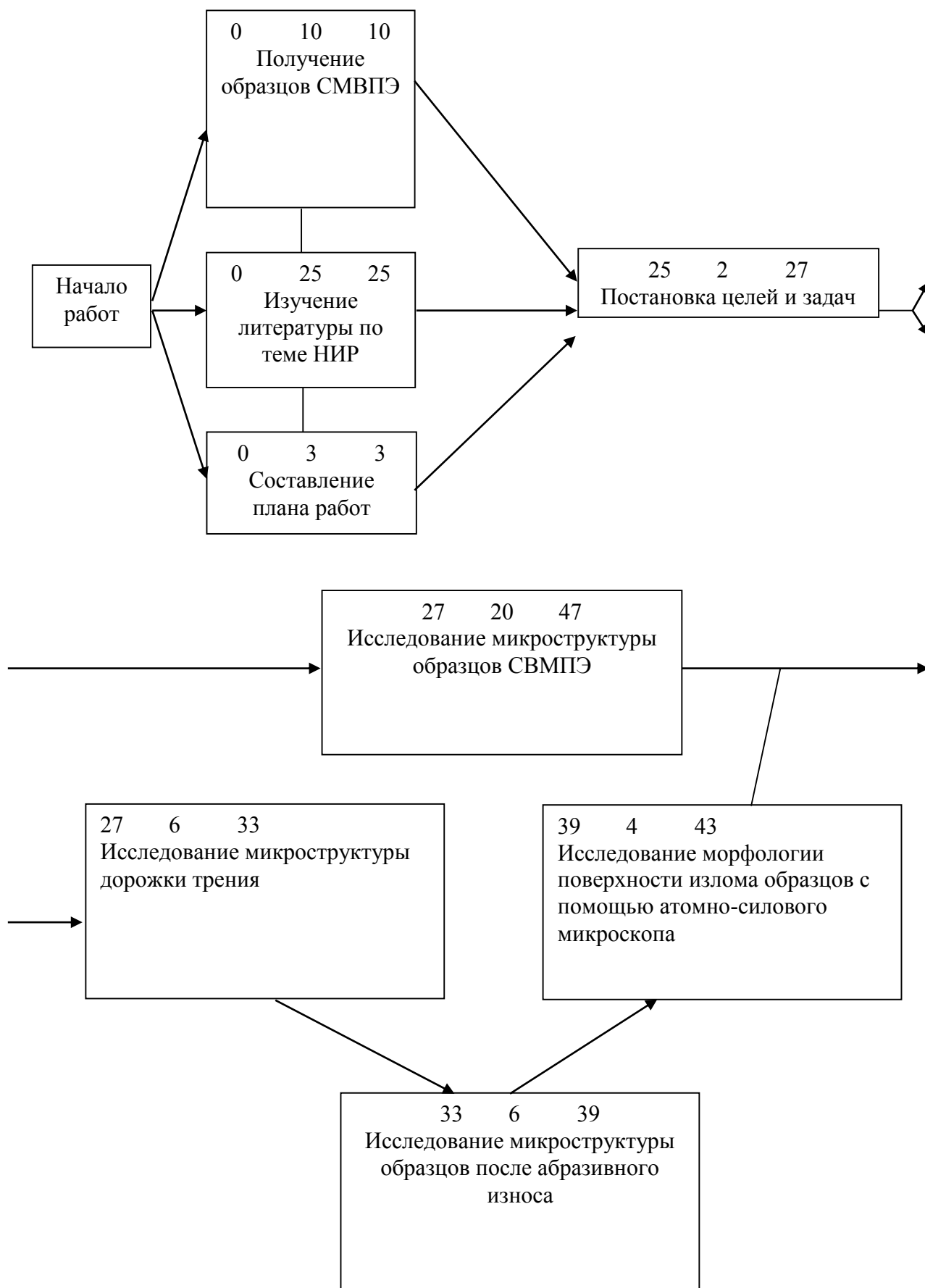
Рисунок 41 – Иерархическая структура НИР

4.3.2 Календарный план проекта

Таблица 22 – Календарный план проекта

Название работы	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Получение СВМПЭ	10	01.09.2014	12.09.2014	Алексенко В.О. инж-исслед.
Изучение литературы по теме НИР	25	01.09.2014	03.10.2014	Хуан Цитао (инж).
Составление плана работ	3	01.09.2014	03.09.2014	Панин С. В. (зав. лаб.)
Постановка целей и задач	2	06.10.2014	08.10.2014	Хуан Цитао (инж)., Панин С. В. (зав. лаб.)
Исследование микроструктуры образцов СВМПЭ	20	09.10.2014	07.11.2014	Хуан Цитао(инж).
Исследование морфологии поверхности излома образцов с помощью атомно-силового микроскопа	6	09.10.2014	16.10.2014	Алексенко В.О. инж-исслед.
Исследование микроструктуры дорожки трения	6	17.10.2014	24.10.2014	Алексенко В.О. инж-исслед.
Исследование микроструктуры образцов после абразивного износа	4	27.10.2014	30.10.2014	Алексенко В.О. инж-исслед.
Измерение микротвердости образцов	10	10.11.2014	21.11.2014	Хуан Цитао (инж).
Проведение испытаний на одноосное квазистатическое растяжение СВМПЭ	8	24.11.2014	03.12.2014	Хуан Цитао (инж).
Построение графиков, диаграмм, таблиц	8	04.12.2014	15.12.2014	Хуан Цитао (инж).
Проведение расчетов	10	16.12.2014	29.12.2014	Хуан Цитао (инж).
Сравнительный анализ изображений	6	20.11.2015	27.11.2015	Хуан Цитао (инж).
Научное обоснование результатов	20	30.11.2015	25.12.2015	Хуан Цитао (инж)., Панин С. В. (зав. лаб.)
Нахождение взаимосвязей в результатах	10	30.11.2015	11.12.2015	Хуан Цитао (инж)., Панин С. В. (зав. лаб.)
Формулировка выводов	4	14.12.2015	17.12.2015	Панин С. В. (зав. лаб.)
Составление отчета	25	01.02.2016	10.03.2016	Хуан Цитао (инж).
Защита отчета (ВКР)	1	24.06.2016	24.06.2016	Хуан Цитао (инж).

4.3.3 Сетевой график выполнения НИР



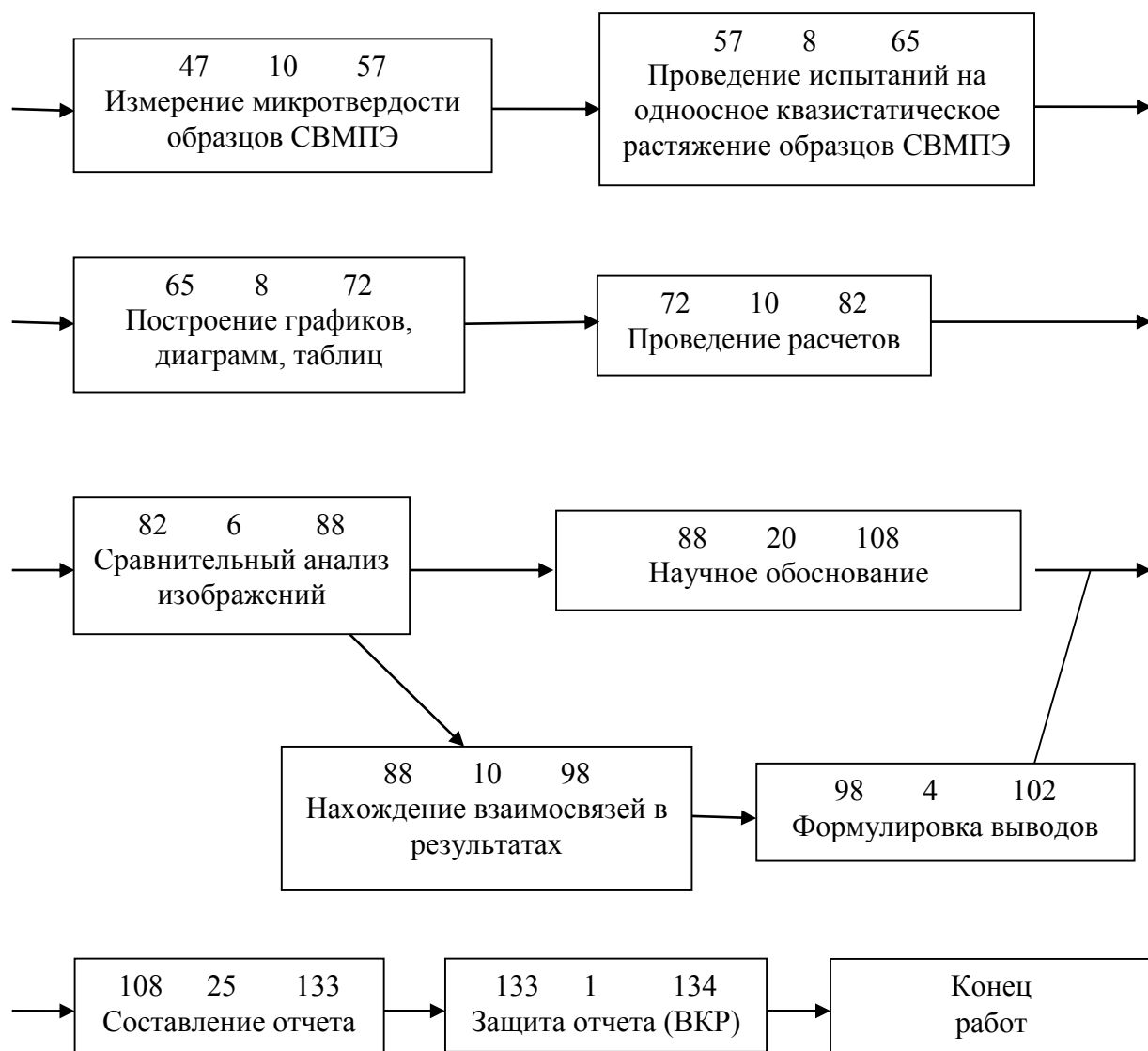


Рисунок 42 – Сетевой план-график выполнения НИР

4.4 Составление сметы затрат

Смета затрат будет составлена по следующим статьям:

1. Амортизация оборудования;
2. Основные и вспомогательные материалы;
3. Заработная плата:
 - 3.1 Основная заработная плата;
 - 3.2 Дополнительная заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Электроэнергия;
6. Прочие накладные.

4.4.1 Затраты на амортизацию оборудования

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$З_{об} = (Ц \cdot F_{ф}) / (F_{н} \cdot F_{сс}),$$

где $Ц$ – цена оборудования, р.; $F_{н}$ – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч; $F_{сс}$ – срок службы оборудования, год; $F_{ф}$ – фактическое время занятости оборудования в НИР, ч. $F_{н} = 365 - 104 - 11 = 250$ дней = 2000 ч.

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 23.
Данные взяты на основе отчета лаборатории.

Таблица 23 – Затраты на амортизацию оборудования

№	Наименование оборудования	Ц, р.	$F_{сс}$, год	$F_{ф}$, ч.	$З_{об}$, р.
1	Атомно-силовой микроскоп Solver HV	10000000	20	24	6000
2	Оптический микроскоп Zeiss Axiovert	1000000	10	160	8000
3	Растровый электронный микроскоп LEO EVO 50	8000000	20	40	8000

4	Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100	7000000	20	40	7000
5	Испытательная машина INSTRON	2000000	20	40	2000
6	Микротвердомер INSTRON	120000	15	40	160
7	Установка для испытания образцов на износ Taber Elcometer 5135	200000	20	40	200
8	Установка для вырезки образцов	1000000	20	80	2000
	Компьютер	30000	8	900	1687,5
ИТОГО:					35047,5

4.4.2 Затраты на основные и вспомогательные материалы

В данной работе в качестве исходного основного материала использовался СВМПЭ размерами 10×45×50 мм. Цена за кг с учетом транспортных расходов составляет 2000р.

Приобретенные основные и вспомогательные материалы приведены в таблице 24. Данные взяты на основе отчета лаборатории.

Таблица 24 – Основные материалы и комплектующие изделия

№	Материал	Единица материала	Цена, р./ед.	Кол - во, ед.	Затраты на НИР, р.
1	СВМПЭ	кг	2000	2	4000
2	Наждачная бумага	упаковка	1000	1	1000
3	Алмазная паста	тюбик	300	1	300
4	Спирт технический	л	120	3	360
5	Вспомогательные материалы				400
Итого:					6060
Неучтенные расходы 1%					60
Всего:					6120

4.4.3 Затраты на заработную плату

Для выполнения данной работы требуется 3 исполнителя – заведующий лабораторией (зав. лаб.), инженер-исследователь (инж.-иссл.) и инженер лаборатории (инж.).

Исходными нормативами заработной платы данных категорий работающих является оклад, определяющий уровень месячной заработной платы в зависимости от объема и ответственности работ.

Оклад рассчитывают по следующему выражению:

$$L_o = T_c \cdot T_{pi},$$

где T_c – тарифная ставка (данные НИИ ИФПМ СО РАН);

T_{pi} — фактически отработанное время (Таблица 6).

Основную заработную плату рассчитывают следующим образом:

$$L_{осн} = L_o + 0,3 \cdot L_o$$

где L_o - оклад;

$0,3 \cdot L_o$ - районный коэффициент (30% L_o).

Дополнительную заработную плату рассчитываются по формуле:

$$L_{доп} = 0,2 \cdot L_{осн}$$

Вычисленные затраты на заработную плату представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Затраты на заработную плату

№	Статьи	Зав. Лаб.	инженер-исследователь	инж
1	T_c , р./день	1600	880	570
2	T_{pi} , дн	39	26	145
3	L_o , р.	62400	22880	82650
4	$0,3 \cdot L_o$, р.	18720	6864	24795
5	$L_{осн}$, р.	81120	29744	107445
6	$L_{доп}$, р.	16224	5948,8	21489
7	$\Sigma (L_{осн} + L_{доп})$, р.	97344	35692,8	128934

Основная заработная плата составит: $81120 + 29744 + 107445 = 218309$ р.

Дополнительная заработная плата составит: $16224 + 5948,8 + 21489 = 43661,8$ р.

Итого фонд оплаты труда: $97344 + 35692,8 + 128934 = 261970,8$ р.

4.4.4 Отчисления на социальные нужды

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году вводится пониженная ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – 27,1% от фонда оплаты труда.

Таким образом, затраты на страховые отчисления составят:

$$261970,8 \cdot 0,271 = 70994,09 \text{ р.}$$

4.4.5 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{C} \times N \times n \times t_{\text{зан.ч}}$$

где $\mathcal{C}$ — стоимость 1 кВт•ч электроэнергии, р.;

N — мощность оборудования, кВт;

n — количество единиц оборудования одного вида, ед.;

$t_{\text{зан.ч}}$ — время занятости оборудования, ч.;

Вычисленные затраты на электроэнергию представлены в таблице 26

Таблица 26 – Затраты на электроэнергию

	Наименование оборудования	Цена, Ц, р.	N, кВт	n	t _{зан.ч.} , ч.	Затраты, р.
1	Атомно-силовой микроскоп Solver HV	4,36	1,5	1	24	156,96
2	Оптический микроскоп Zeiss Axiovert	4,36	0,7	1	160	488,32
3	Растровый электронный микроскоп LEO EVO 50	4,36	2	1	40	348,8
4	Просвечивающий электронный микроскоп JEM-2100	4,36	2	1	40	348,8
5	Испытательная машина INSTRON	4,36	2	1	40	348,8
6	Микротвердомер INSTRON	4,36	0,6	1	40	104,64
7	Установка для испытания образцов на износ Taber Elcometer 5135	4,36	0,3	1	40	52,32
8	Установка для вырезки образцов	4,36	0,6	1	80	209,28
9	Компьютер	4,36	0,3	1	900	1177,2
	Итого:					3235,12

4.4.6 Смета затрат на НИР

Теперь сложим все прямые затраты на исследование (Таблица 27).

Таблица 27 – Прямые затраты

№	Затраты	Сумма, р.
1	Основные и вспомогательные материалы	6120
2	Основная заработная плата	218309
3	Дополнительная заработная плата	43661,8
4	Страховые отчисления	70994,09
Итого:		339084,89

Расшифровка накладных расходов представлена в таблице 28 (данные НИИ ИФПМ).

Прочие накладные расходы составят 50% от основной заработной платы, т.е.

$$0,5 \times 218309 = 109154,5 \text{ р.}$$

Таблица 28 – Накладные расходы

№	Затраты	Сумма, р.
1	Амортизация оборудования	35047,5
2	Электроэнергия	3235,12
3	Прочие	109154,5
Итого:		147437,12

Общие затраты на исследование будут равны сумме прямых и накладных затрат:

$$339084,89 + 147437,12 = 486522,01 \text{ р.}$$

Значит, при проведении НИР необходимо затратить 486522,01 р.

Составим смету затрат на НИР (Таблица 13).

Таблица 29 – Смета затрат на НИР

№	Элементы затрат	Сумма, р.	%
1	Заработная плата	261970,8	53,8
2	Страховые отчисления	70994,09	14,6
3	Затраты на материалы	6120	1,3
4	Амортизация оборудования	35047,5	7,2
5	Затраты на электроэнергию	3235,12	0,7
6	Прочие накладные расходы	109154,5	22,4
8	ИТОГО: себестоимость S	486522,01	100
9	Плановая прибыль (рентабельность P=25%)	121630,5	
10	Цена выполнения НИР	608152,51	
11	НДС (18%)	109467,45	
12	Всего с НДС	717619,96	

Таким образом, в данном разделе работы проведено экономическое обоснование проведенных исследований:

- рассчитана себестоимость НИР, которая составила 486522,01 р.;
- рассчитана договорная цена на проведение НИР с учетом рентабельности в 25% и НДС (18%), которая составила 717619,96 р.;
- рассчитано время проведения НИР – 134 дня.

Учитывая, что размер гранта составляет 530000р, фактическая рентабельность НИР $P_{\phi} = (530000 - 486522,01) \cdot 100 / 486522,01 = 8,94 \%$