

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние технологии изготовления и количества наполнителей типа УНТ на свойства полимерных композитов УДК <u>678.5-419.8-02-048.25</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Тянь Дэфан		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ	Кондратюк А. А.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП ТПУ	Жиронкин Сергей Александрович	д-р. экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Буякова С.П.	Д.т.н., профессор		

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.

ПК(У)-2	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения
ПК(У)-3	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
ПК(У)-4	Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
ПК(У)-5	Способен выполнять перевод технической литературы на иностранном языке, связанной с профессиональной деятельностью в области материаловедения
ПК(У)-6	Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий
ПК(У)-7	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики
ПК(У)-8	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ С.П. Буюкова
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ91	Тянь Дэфан

Тема работы:

Влияние технологии изготовления и количества наполнителей типа УНТ на свойства полимерных композитов
--

Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 62-47/с от 03.03.2021
-------------------------------------	--------------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>В работе изучение композиционные материалы на основе СВМПЭ, изготовленные методом горячего компрессионного формования. Длительность изготовления образцов составляла 40-70 часов. В качестве установки для горячего прессования использовалась уникальная установка на основе разрывной машины «Р-20». Процесс горячего прессования включает в себя одновременное прессование и нагрев. Весь процесс можно поделить на 3 этапа: 1) Нагрев до 180 °С при давлении P1; 2) Выдержка при 180 °С и повышение давления до P2 = 2P1; 3) Охлаждение до 40 °С при давлении P2. Данная установка безопасна, однако требует соблюдение правил безопасности работы в лаборатории ММС НИ ТПУ. Стоимость одного образца 125р. Всего изготовлено 25 образцов.</p>
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(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).</p>	<p>1. Литературный обзор, включающий информацию о наполнителях, а также о износе твёрдости и прочности композитных полимерных образцов и влияние на этот показатель введения наполнителя. 2. Изготовление модельных заготовок полимерных композитов на основе СВМПЭ методом горячего компрессионного прессования. 3. Исследование механических свойств (Твердость прочность износ). 4. Обсуждение результатов. 5. Выводы об оптимальном количестве вводимого наполнителя для повышения износостойкости полимерных композитов на основе СВМПЭ. Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность», «английская часть»</p>
---	---

<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Презентация ВКР в PowerPoint</p>
---	-------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент</i>	С. А. Жиронкин, Профессор ОСГН ШБИП ТПУ
<i>Социальная ответственность</i>	Л. А. Скачкова, Старший преподаватель ООД ШБИП
<i>Английская часть</i>	А.М.Евсеева, Старший преподаватель

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

Реферат –Abstract
<i>Английская часть</i>

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Кондратюк А.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Тянь Дэфан		

СОДЕРЖЕНИЕ

РЕФЕРАТ

ВВЕДЕНИЕ

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1Сверхвысокомолекулярный полиэтилен.....	12
1.2 Наполнители.....	15
1.2.1 Виды наполнителей.....	18
1.3 Углеродные нанотрубки.....	19
1.3.1 Углеродные нанотрубки.....	19
1.3.2 Виды УНТ.....	20
1.3.3 Свойства УНТ.....	21
2. Свойства измерения.....	21
2.1 Твёрдость.....	21
2.1.1 Твердость по методу Бринелля.....	21
2.1.2 Измерение твердости по методу Шора.....	24
2.2 Прочность.....	25
3.Экспериментальная часть.....	26
3.1 Экспериментальные материалы.....	26
3.2 Смешивание композиций.....	29
3.3 Результаты изготовления композитов и УНТ-3.....	29
3.4 Горячее прессование заготовок.....	31
3.5 Получение заготовка.....	32
3.6 Измерение твердости.....	34
3.7 Измерение растяжения.....	37

3.8 Измерение износа.....	41
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	47
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	48
4.3 SWOT-анализ.....	50
4.4 Планирование научно-исследовательской работы.....	54
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	54
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	56
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования..	57
4.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	60
4.4.5 Расчет материальных затрат НТИ.....	61
4.4.6 Расчет затрат на специальное оборудование НТИ.....	62
4.5 Основная заработная плата исполнителей темы.....	63
4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	67
4.7 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	68
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	
ВВЕДЕНИЕ.....	74
5 Правовые вопросы.....	75
5.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	75
5.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности....	76

5.3 Производственная безопасность.....	77
5.3.1 Вредные факторы.....	77
5.3.2 Микроклимат.....	78
5.3.3 Освещённость.....	79
5.3.4 Уровень шума.....	81
5.4 Вредные вещества.....	82
5.5 Опасные факторы.....	84
5.5.1 Электробезопасность.....	84
5.5.2 Термическая опасность.....	86
5.5.3 Экологическая безопасность.....	87
5.5.4 Безопасность ЧС.....	88
5.5.5 Пожарная безопасность.....	88
АНГЛИЙСКАЯ ЧАСТЬ	
6 Literature review.....	93
6.1 Ultra-high molecular weight polyethylene.....	93
6.2 Excipients.....	96
6.3 Carbon nanotubes.....	98
6.3.1 Carbon nanotubes.....	99
6.3.2 Properties of CNTs.....	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	101
ПУБЛИКАЦИИ.....	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	105

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 10с., 43 рис., 20 табл., 21 источников.

Ключевые слова: сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), наполнители, полимерные композиты, углеродные нанотрубки, прочность, твёрдость, растяжение.

Объектом исследования является (ются) полимерные композиты с различными наполнителями на основе СВМПЭ, их плотность твёрдость прочность и износ.

Цель работы – 1. Оработка технологии изготовления композитов на основе СВМПЭ с тремя видами наполнителей: УНТ-1, УНТ-2 и УНТ-3. 2. Исследования плотности, твёрдости, прочности и износостойкости образцов 3.Расматривание влияния типа и количества наполнителей на свойства СВМПЭ

В процессе исследования проводились испытания на твёрдость, прочность и износостойкость полимерных композитов.

В результате исследования получены зависимости количества дисперсного наполнителей на механические свойства полимерных композитов.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные свойства: полученные в ходе исследований свойств исследованных композитов нуждаются в уточнении путем дополнительных экспериментов.

Степень внедрения: углубленное исследование композитов с различными дисперсными наполнителями.

Область применения: Транспортировка, трубопроводы, контейнеры, механические части, клапаны сердца.

Экономическая эффективность/значимость работы: По результатам НИР выполнены поставленные задачи. Однако в связи с тем, что данная НИР относится к поисковым работам, то оценивать её эффективность преждевременно. Эффективность может быть определена лишь после проведения прикладных исследований, результатом которых будет получение конечного продукта.

В будущем планируется углубленное исследование композитов с различными наполнителями.

ABSTRACT

Final qualifying work 106 p., 43 fig., 20 tab., 21 sources.

Keywords: ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE), fillers, polymer composites, carbon nanotubes, strength, hardness, stretching.

The object of the study is (are) polymer composites with various fillers based on UHMWPE, their density hardness, strength and wear.

The goal of the work is –1. Development of technology for manufacturing composites based on UHMWPE with three types of fillers: CNT-1, CNT-2 and CNT-3. 2. Research hardness strength and wear resistance of samples 3. Consideration of the influence of the type and amount of fillers on the properties of UHMWPE.

In the course of the study, tests for hardness, strength and wear resistance of polymer composites were carried out.

As a result of the study, the dependences of the amount of dispersed fillers on the mechanical properties of polymer composites were obtained.

The main design, technological and technical and operational characteristics: the characteristics of the composites studied during the research need to be refined by additional experiments.

The degree of implementation: an in-depth study of composites with various dispersed fillers.

Scope: Transportation, pipelines, containers, mechanical parts, heart valves

Economic efficiency / significance of the work: According to the results of research and development, the tasks have been accomplished. However, due to the fact that this R & D refers to the search work, it is premature to evaluate its effectiveness. Efficiency can be determined only after conducting applied research, the result of which will be the final product.

In the future, in-depth study of composites dispersed fillers and composites with continuous fibers.

Введение

С развитием производства полиэтиленовых волокон со сверхвысокой молекулярной массой качество и использование получаемых волокон постоянно улучшалось и расширялось. Волокно из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (UHMW-PE), также известное как высокопрочное высокомодульное полиэтиленовое (HSHM-PE) волокно, голландская компания DSM называет свое волокно «высокомодульное полиэтиленовое волокно с высокой прочностью». различны, все используемые исходные материалы представляют собой частицы линейного полиэтилена со средней молекулярной массой около 1,06 миллиона, даже более 5×10^6 . Поскольку волокно UHMWPE обладает превосходными механическими свойствами и непревзойденными характеристиками других специальных волокон, такими как легкий вес, высокая химическая стойкость, и в то же время его отличная атмосферостойкость позволяет этому волокну длительное время подвергаться воздействию света. Он может сохранять характеристики высокая прочность и высокий модуль.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Сверхвысокомолекулярный полиэтилен

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВЭМПЭ) представляет собой полиэтилен с молекулярной массой 2 миллиона или более. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен массы представляет собой полимерное соединение, которое трудно обрабатывать и обладает превосходной износостойкостью и самосмазывающей способностью. Полиэтиленовые волокна сверхвысокой молекулярной массы являются третьим поколением специализированных волокон в мире. [1]

С момента открытия пластмасс прошло почти сто лет. Обладая многими преимуществами, такими как гибкая конструкция, легкий вес, высокая прочность, низкая цена, стабильные химические свойства и низкая электрическая изоляция, он широко используется в пищевой упаковке и гигиене. Здравоохранение, повседневная жизнь, транспорт, развлечения, авиакосмическая промышленность, строительство, гражданское строительство, машиностроение и другие области. Среди пластмасс есть инженерный пластик с лучшими комплексными характеристиками. Его износостойкость, ударопрочность, коррозионная стойкость, самосмазывание и способность поглощать удары. Эти пять свойств являются лучшими среди существующих пластмасс и известны во всем мире.

Отличительной особенностью этого полимера является сверхвысокая молекулярная масса: он имеет молекулярную массу от 3 до 6 миллионов, а полиэтилен высокой плотности - от 300 000 до 500 000. Это различие необходимо для обеспечения того, чтобы СВМПЭ имел достаточную

прочность для достижения износостойкости и ударопрочности, которые не могут быть у других низкосортных полимерных продуктов.

Смысл сверхвысокой молекулярной массы полиэтилена сверхвысокой молекулярной массы заключается в том, что он не будет плавиться и течь как жидкость, поэтому метод обработки основан на технологии порошкового металла. Традиционные методы обработки пластмасс, такие как литье под давлением, выдувное формование и термофиксация, не могут быть применены к СВМПЭ. Экструзионное формование - это наиболее распространенная технология обработки этой смолы, благодаря которой получаемый продукт становится более прочным.

Продукция из полиэтилена сверхвысокой молекулярной массы в основном поставляется в виде порошка и частиц. Многие спецификации и разнообразие продуктов делают полиэтилен сверхвысокой молекулярной массы широко используемым в различных областях. Он обладает уникальной комплексной характеристикой, которая включает в себя:

1. Высокая ударная вязкость, особенно низкотемпературная ударная вязкость, которая является самой высокой среди известных пластмасс. Ударная вязкость UHMWPE в 3 раза выше, чем у нейлона, в 2 раза выше, чем у поликарбоната, и в 5 раз выше, чем у ABS. Он может выдерживать длительные удары и сохранять ударную вязкость даже при -196°C . Эта особенность недоступна для других пластиков. Кроме того, СВМПЭ сам по себе обладает хорошей износостойкостью и антикоррозионными свойствами, поэтому он становится наиболее идеальным материалом в сложных и суровых условиях.

2. Высокая износостойкость, износостойкость в 5 раз выше, чем у PTFE и в 7 раз выше, чем у углеродистой стали.

3. Коэффициент трения небольшой, всего 0,07-0,11, и обладает хорошей смазывающей способностью. Когда он работает в форме вращения или скольжения, даже без смазочного масла, эффект смазки лучше, чем у меди со смазочным маслом. При использовании в качестве фрикционных деталей смазка не требуется, простое обслуживание, плавная работа, низкий уровень шума и низкий износ. Очень фрикционный материал.

4. Хорошая антипригарная, легко моющаяся адгезия к поверхности.

5. Стабильные химические свойства: за исключением сильных окисляющих кислот, большинство неорганических, органических кислот, щелочей, солей и органических растворителей не вызывают коррозии UHMWPE (кроме растворителей нафталина) в определенном диапазоне температур и концентраций.

6. Отличная стойкость к старению, при естественном освещении, срок службы более 50 лет.

7. Он полностью гигиеничен и нетоксичен, его можно использовать для контакта с продуктами питания и лекарствами.

8. Малая плотность и легкий вес. Масса СВМПЭ составляет всего 0,94 г / см³, что удобно в обращении и установке.

Из-за множества преимуществ UHMWPE его применение и разработка меняются с каждым днем. Большое количество материалов, заменяющих медь и другие цветные металлы, нержавеющей сталь, другие инженерные

пластмассы, резину и кожу, используется для изготовления различных механических деталей. Основные приложения следующие:

1. Строительная техника, сельскохозяйственная техника, горнодобывающая техника, угледобывающая техника;
2. Транспортная техника;
3. Упаковочные контейнеры и трубы;
4. Бумагоделательное оборудование;
5. Текстильное оборудование;
6. Упаковочные и транспортные материалы;
7. Химическое оборудование;
8. Медицинские полимерные материалы;
9. Авиация и военное дело;
10. Спорттовары.

Существует множество классификаций СВМПЭ, и наиболее распространенные продукты в основном включают: материалы для труб, картонные материалы и волокнистые материалы, которые широко используются на рынке. [2]

1.2 Наполнители

Добавление твердого вещества к материалу может улучшить характеристики материала или может увеличить объем, увеличить вес и снизить стоимость материала. Как правило, в качестве наполнителей можно использовать органические вещества, неорганические вещества, металлический или неметаллический порошок, который не содержит воды, является нейтральным и не играет отрицательной роли с компонентами

материала. Обычно используемые промышленные наполнители - это каолин, диатомовая земля, тальк, графит, технический углерод, порошок оксида алюминия, стеклянный порошок, асбестовый порошок, слюдяной порошок, кварцевый порошок, углеродное волокно, порошковая пробка, наждак и так далее. Большое количество наполнителей используется при переработке пластика, резины, бумаги, покрытий, пестицидов, лекарств и других продуктов, производимых в химической промышленности, что не только улучшает характеристики этих продуктов, но и значительно снижает стоимость производства. [3]

(1) Требования к основным характеристикам: основные характеристики наполнителя относятся к характеристикам, которые имеют наибольшее влияние на характеристики композита, состоящего из наполнителя и наполнителя, в применении и играют ведущую роль.

А. Характеристики формы и размер частиц: частицы являются основной единицей наполнителя, а форма и размер частиц являются основными параметрами частиц. Форма частиц - сферическая, кубическая, блочная, чешуйчатая, волокнистая и т. Д. Размер частиц определяется эквивалентным сферическим диаметром;

В. Гранулометрический состав: наполнитель сам по себе представляет собой агрегат частиц. Он не может быть агрегатом частиц одинакового размера. Он классифицируется ситовым анализом, и некоторые фракции удаляются. Гранулометрический состав является важным свойством наполнителя, которое обычно выражается кривой распределения частиц,

которая напрямую влияет на его реологию, износостойкость, укладку частиц и другие характеристики;

С. Удельная площадь поверхности и свободная поверхностная энергия частиц: Удельная поверхность - это площадь поверхности на единицу массы наполнителя, выраженная в м / г. Большое значение указывает на то, что контактная поверхность, обеспечиваемая наполнителем, велика, включая адсорбционную способность и емкость химической реакции наполнителя, что указывает на то, что существует больше возможностей для контакта; свободная энергия поверхности относится к диспергированию частиц твердого наполнителя в жидкий материал. Или жидкость, проникающая в частицы наполнителя, должна преодолевать энергетическую крепость на контактной поверхности из-за того, что сцепление между соответствующими молекулами больше, чем притяжение между двумя различными компонентами. Его значение связано с удельной поверхностью и составом наполнителя и напрямую влияет на степень диспергирования наполнителя в полимерном материале;

Д. Плотность упаковки частиц: относится к объему, занимаемому определенной массой наполнителя, который напрямую влияет на качество и эффективность наполнителя;

Е. Химический состав наполнителя: представляет химическую структуру наполнителя. Два наполнителя с одинаковым составом показывают разные характеристики после наполнения, что указывает на то, что химический состав наполнителя не может полностью отражать его характеристики.

Другие факторы, такие как размер частиц и распределение частиц. И другие свойства также имеют важное влияние на эффект наполнения.

(2) Функциональные характеристики наполнителя: наполнитель выполняет множество специальных функций, которые показаны на:

Оптические свойства: светоотражающая способность, наполнение имеет хорошую светоотражающую способность, что делает наполненный материал ярким и красивым. Флуоресцентные наполнители могут отображать знаки в темных местах и использовать разницу в показателе преломления для усиления или ослабления света;

В Тепловые характеристики: включая теплопроводность, удельную теплоемкость, тепловое расширение и термическую стабильность наполнителя, напрямую влияют на тепловые характеристики наполнителя;

С Электрические свойства: существует разница между теоретической и фактической электропроводностью наполнителя. Это связано с тем, что поверхность наполнителя содержит гидроксильные группы, свободные ионы, адсорбированные на поверхности, и примеси различных соединений металлов. Эти факторы необходимо учитывать при использовании наполнителя:
Влияние физических свойств.

1.2.1 Виды наполнителей

Существует множество видов и разновидностей наполнителей, в основном следующих категорий:

- (1) Карбонат кальция
- (2) Технический углерод
- (3) Целлюлоза

- (4) силикаты
- (5) Кремнезем
- (6) оксид металла
- (7) Случайный полипропилен

Введение дисперсных наполнителей в сравнительно больших количествах (до 10%), При С больше чем 10% физико-механические свойства композита аддитивно снижаются[4].

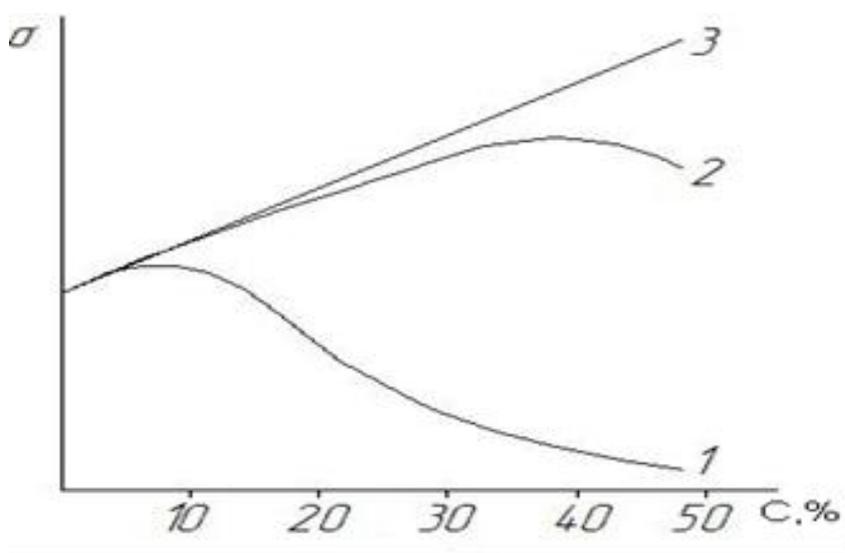


Рисунок 1 - Принципиальная зависимость прочности (σ) полимерного материала от содержания ($C, \%$) наполнителя: 1 - дисперсного; 2 - волокнистого рубленого; 3 - армирующего (непрерывное волокно, тканый наполнитель).

1.3 Углеродные нанотрубки

1.3.1 Углеродные нанотрубки

Углеродная нанотрубка (сокр. УНТ) — это аллотропная модификация углерода, представляющая собой полую цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от одного микрометра до нескольких сантиметров[5] (при этом существуют технологии,

позволяющие сплестать их в нити неограниченной длины[6]), состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей.

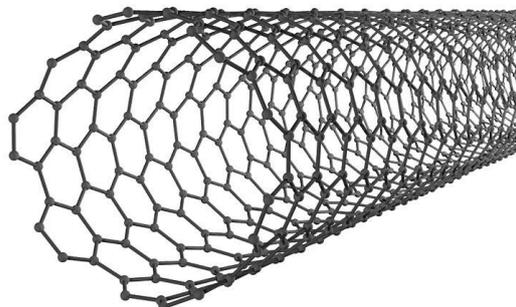


Рисунок 2 – Схема углеродного нанотрубки

1.3.2 Виды УНТ

Углеродные нанотрубки можно рассматривать как свернутые в рулон графеновые листы, поэтому по количеству слоев графеновых листов их можно разделить на одностенные углеродные нанотрубки и многостенные углеродные нанотрубки. При формировании многостенных трубок слои и Слои между слоями легко могут стать центрами ловушек и улавливать различные дефекты, поэтому стенка многослойной трубы обычно полна мелких дырчатых дефектов. По сравнению с многостенными трубами, одностенные трубы имеют небольшой диапазон распределения диаметров, меньше дефектов и более высокую однородность. Типичный диаметр одностенной трубки составляет 0,6–2 нм, самый внутренний слой многостенной трубки может достигать 0,4 нм, а самый толстый может достигать сотен нанометров, но типичный диаметр трубки составляет 2–100 нм.

1.3.3 Свойства УНТ

Углеродные нанотрубки обладают хорошими механическими свойствами. Прочность на разрыв УНТ достигает $50 \sim 200$ ГПа, что в 100 раз больше, чем у стали, но плотность составляет всего 1/6 от стали, что по крайней мере на порядок выше, чем у обычного графита. Волокна; его модуль упругости может достигать 1ТПа., что эквивалентно модулю упругости алмаза, примерно в 5 раз больше модуля упругости стали. Для однослойной углеродной нанотрубки с идеальной структурой ее предел прочности составляет около 800 ГПа. Хотя структура углеродных нанотрубок аналогична структуре полимерных материалов, их структура намного более стабильна, чем полимерные материалы. Углеродные нанотрубки в настоящее время являются материалами с наивысшей удельной прочностью, которые могут быть получены. Если другие технические материалы используются в качестве матрицы и углеродных нанотрубок для изготовления композитного материала, композитный материал может демонстрировать хорошую прочность, эластичность, сопротивление усталости и изотропию, что значительно улучшит характеристики композитного материала.

2 Свойства измерения

2.1 Твёрдость

2.1.1 Твердость по методу Бринелля

Твердость по Бринеллю - это стандарт, который указывает твердость материала. Измеряется твердомером по Бринеллю.

Используйте определенную нагрузку P , чтобы вдавить закаленный стальной шарик диаметром D в поверхность испытываемого металлического

материала, а затем снимите нагрузку, удерживая его в течение определенного периода времени. Отношение нагрузки P к площади F поверхности вдавливания представляет собой величину твердости по Бринеллю, обозначаемую как HB .

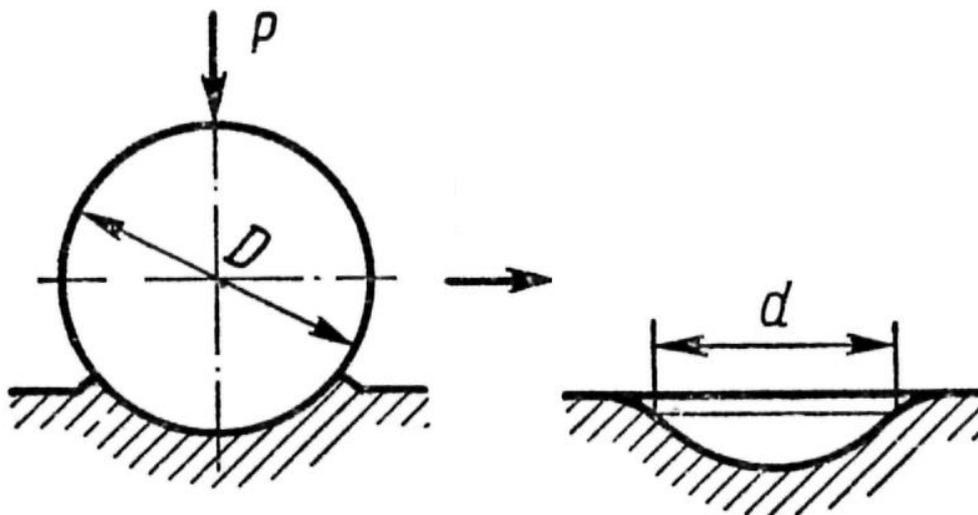


Рисунок 3 – Схема испытаний на твердость по Бринеллю

Число твердости по Бринеллю, знак HB , это отношение нагрузки P площади поверхности сферического отпечатка F измеряется в МПа:

$$HB = \frac{P}{F}$$

Площадь шарового сегмента составит:

$$F = \pi \cdot D \cdot h, \text{ мм}^2$$

где D –диаметр шарика, (мм);

h – глубина отпечатка, (мм).

Так как глубину отпечатка измерить трудно, а проще измерить диаметр отпечатка d , выражают h через диаметр шарика D и отпечатка d :

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}, \text{ (мм)}$$

Тогда
$$F = \frac{\pi \cdot D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}), \text{ (мм}^2\text{)}$$

Число твердости по Бринеллю определяется по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ (кгс/мм}^2\text{)}$$

Вид прибора для измерения твёрдости по Бринеллю на рисунке 4.

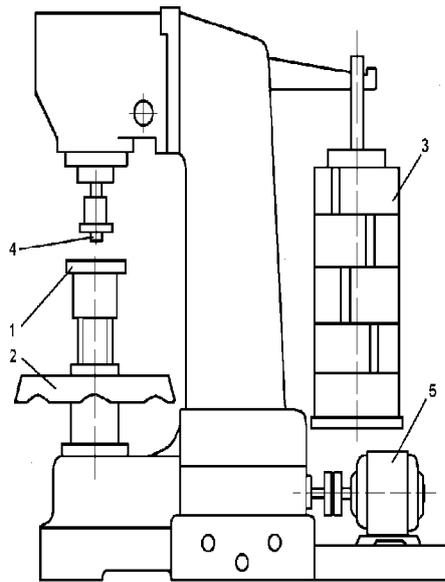


Рисунок 4 – Прибор для измерения твёрдости по Бринеллю

Испытываемый образец устанавливают на столе 1. Затем поворотом маховика 2, стол прижимают к шарик в головке 4, при этом шарик под действием нагрузки 3 частично вдавливаются в испытываемый образец. Далее включается электродвигатель 5, который обеспечивает эталонное прижатие шарика к образцу. Нагрузка удерживается в течении 10...60 с. Далее нагрузка снимается и маховиком 2 деталь опускается в исходное положение. Затем производится обмер диаметра отпечатка и по полученным размерам оценка замеренной твёрдости.

2.1.2 Измерение твердости по методу Шора

Твердость по Шору — один из методов измерения твердости материалов. Как правило, используется для измерения твердости низкомолекулярных материалов, например: пластмасс, эластомеров, каучуков и продуктов их вулканизации.

Метод испытания твердости по Шору: вставьте измеряемый материал с помощью измерителя твердости по Шору, указатель на циферблате соединен с иглой через пружину, и игла вонзится в поверхность измеряемого объекта. Значение, отображаемое на циферблате, является значение твердости.

О дюрометрах и методах говорят как о дюрометрах и методах Шора типов А, В и т. д.

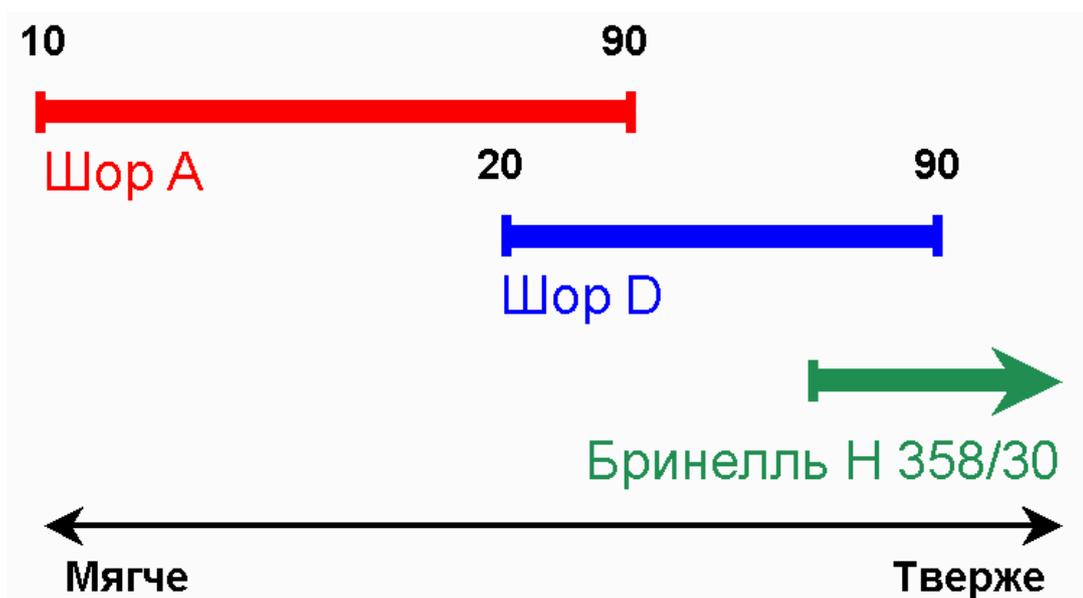


Рисунок 6 - Примерное соотношение разных шкал

Метод позволяет измерять глубину начального вдавливания, глубину вдавливания после заданных периодов времени или и то и другое вместе.

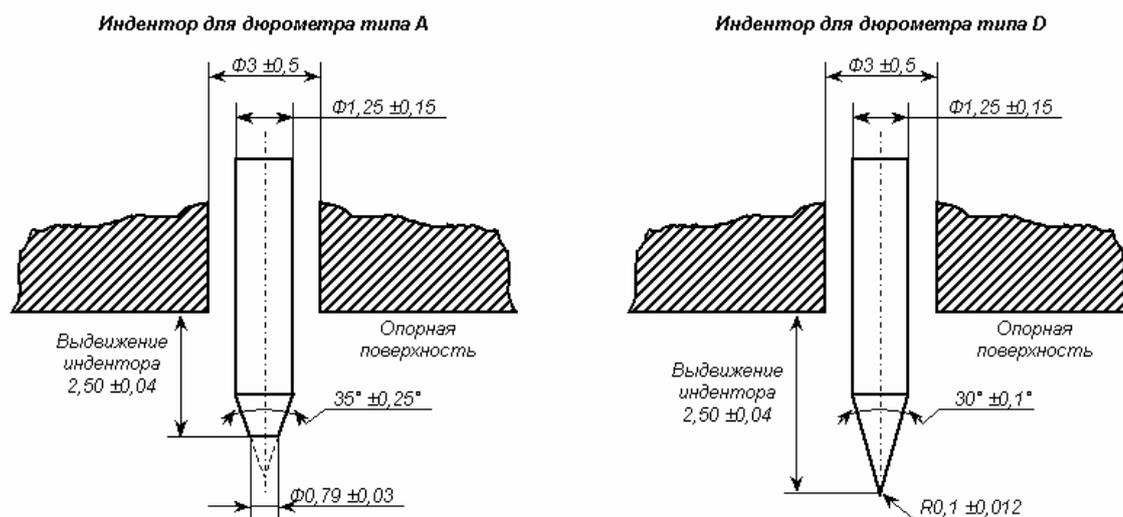


Рисунок 7 - Чертёж инденторов для дюрометров типов А и D

Метод это эмпирическое испытание. Не существует простой зависимости между твердостью, определяемой с помощью данного метода, и каким-либо фундаментальным свойством испытываемого материала. [7]

2.2 Прочность

Прочность относится к одному из механических свойств конструкционных материалов, которые сопротивляются разрушению и чрезмерной деформации. Обычно используемые показатели прочности - это предел прочности на разрыв и предел текучести (или предел текучести). Чугун и неорганические материалы не имеют явления текучести, поэтому для измерения их прочностных характеристик используется только предел прочности на разрыв. Полимерные материалы также обладают прочностью на разрыв. При воздействии изгибающей нагрузки, сжимающей нагрузки или скручивающей нагрузки прочностные характеристики материала должны быть выражены в терминах прочности на изгиб, прочности на сжатие и прочности на сдвиг материала. [8, 9]

Прочность - Способность материалов, механических частей и компонентов противостоять внешним воздействиям без сбоев.

Когда образец растягивается, когда напряжение превышает предел упругости, даже если напряжение не увеличивается, образец продолжает подвергаться значительной пластической деформации, которая называется текучестью, и минимальное значение напряжения, при котором возникает явление текучести, является пределом текучести. Если сила падает, следует различать верхнюю и нижнюю точки текучести.

Относительное удлинение ε , которое можно определить по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100, \%$$

Где l_0 – начальный размер ненагруженного образца, м;

Δl – количество деформации материала, м.

Пластическая деформация является необратимой. После снятия нагрузки она сохраняет значение, полученное за время нагружения.

3. Экспериментальная часть

3.1 Экспериментальные материалы

В данной части работы в качестве исследуемых материалов были использованы изготовленные автором композиты на основе СВМПЭ. Его порошок и микрофотография показаны на рисунке 8.

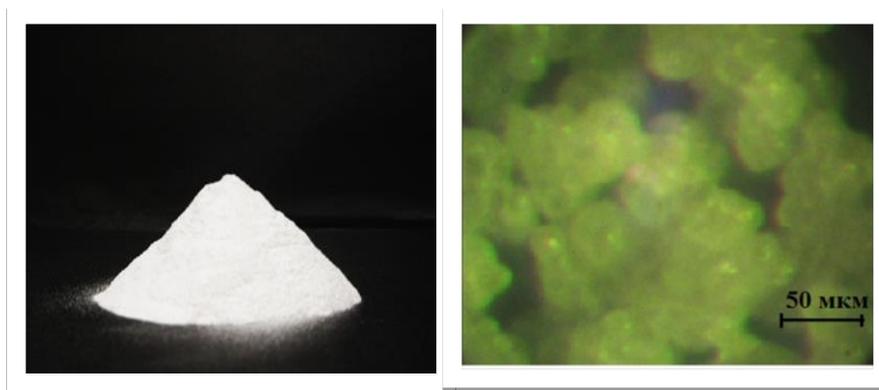


Рисунок 8 - Чистый порошок СВМПЭ

В качестве органического наполнителя использовались углеродные нанотрубки (УНТ-1, УНТ-2 и УНТ-3), в количестве 0,5, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25% (весовых) 1, 3, 5, 10, 15% (весовых) и 0, 0,5, 1, 3, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25% соответственно.

К оригинальной части данной работы относится использование вышеупомянутых углеродных наполнителей. Они были получены не стандартным путем химического синтеза, а с использованием пиролиза при температурах 400 и 600 градусов Цельсия, из природной органики, болотного мха – сфагнома. Кроме этого, длительность самого процесса пиролиза была различной. Поэтому условно мы приняли нумерацию соотношений этих технологических факторов, как «технология № 1.», «технология № 2.» и «технология № 3.». Соответственно и произведенные по данным режимам углеродные нанотрубки маркировались нами как УНТ-1, УНТ-2 и УНТ-3. В дальнейшем полученный конгломерат в каждом случае механически измельчался и диспергировался до наноразмерных величин по нижеописанной технологии с использованием планетарной мельницы «Активатор-2SL».

Исходные конгломераты будущих УНТ-1, УНТ-2 и УНТ-3 показаны на рисунке 9.

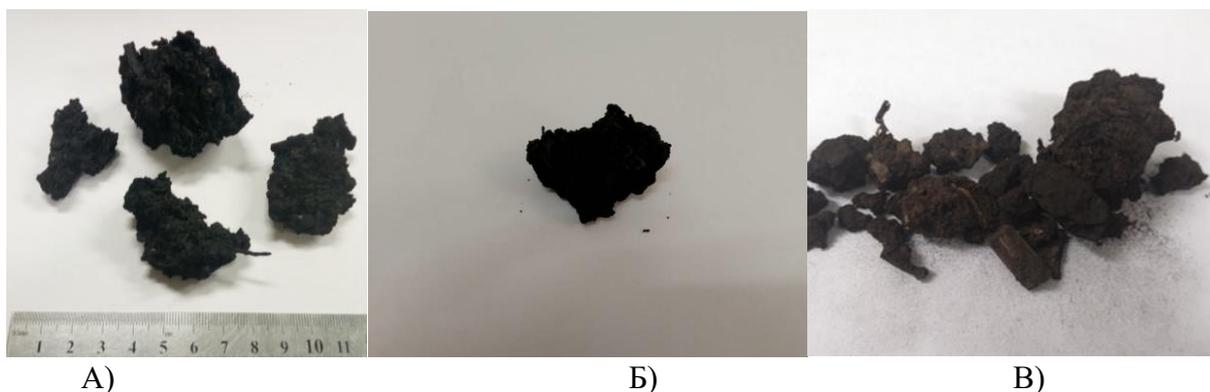
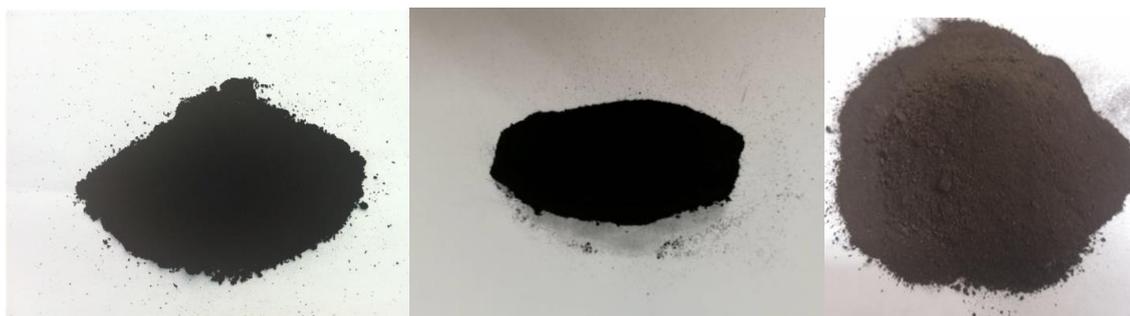


Рисунок 9 – УНТ до диспергирования А) УНТ-1; Б) УНТ-2; В) УНТ-3



Рисунок 10 - Планетарная мельница «Активатор – 2SL»

В дальнейшем мы использовали ступку для предварительного измельчения. Диспергирование УНТ трёх типов проводилось при помощи установки планетарная мельница «Активатор – 2SL», при длительности 90 минут и частоте 20000 герц. Фотография установки на рисунке 10. Для увеличения интенсивности процесса диспергирования УНТ использовались металлические шары, массовое соотношение шаров к порошку составляет 5,5:1,0, результат дробления рисунок 11.



А)

Б)

В)

Рисунок 11- УНТ после механоактивации А) УНТ-1; Б) УНТ-2; В) УНТ-3

3.2 Смешивание композиций

Установка «Смеситель С 2.0» использовалась для выполнения смешивания порошков СВМПЭ и УНТ. Это процесс длился 90 минут, фотография установки представлена на рисунке 12. Для того, чтобы увеличить интенсивности процесса смешивания композиций использовались молибденовые инертные тела.



Рисунок 12 - Смеситель С2.0

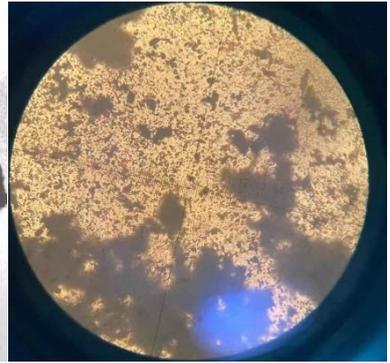
3.3 Результаты изготовления композитов и УНТ-3



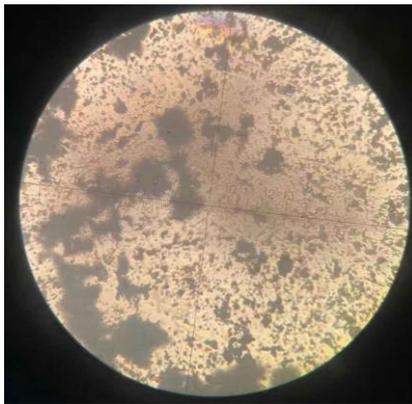
А)



Б)



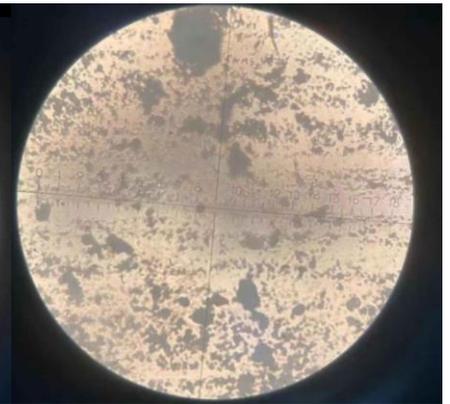
В)



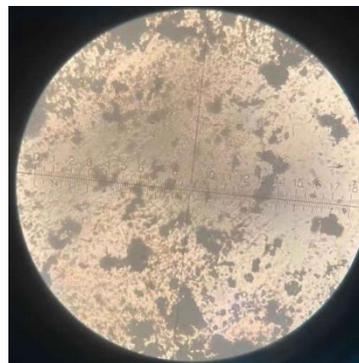
Г)



Е)



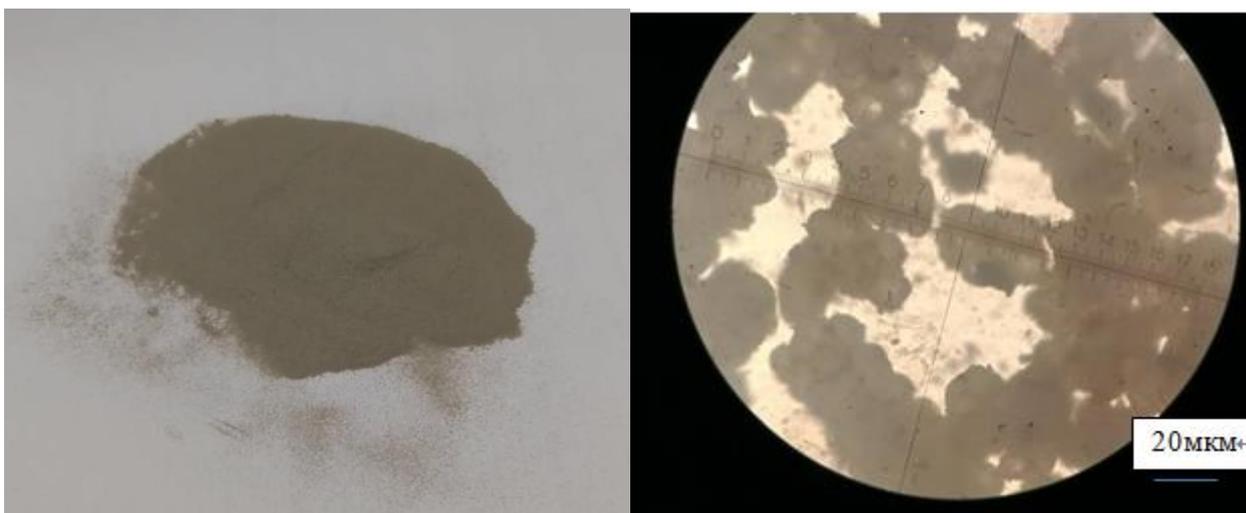
Ё)



Ж)

Рисунок 13 -А) Исходный материал УНТ-3 Б) Порошок УНТ-3 В) микроструктура УНТ-3 (механоактивация 0 минут) Г) микроструктура УНТ-3 (механоактивация 20 минут) Е) микроструктура УНТ-3 (механоактивация 40 минут) Ё) микроструктура УНТ-3 (механоактивация 60 минут) Ж) микроструктура УНТ-3 (механоактивация 90 минут)

На рисунке 13, каждая единица длины масштабной линейки 2,44мкм



А)

Б)

Рисунок 14 - А) Порошок композитов УНТ-3 (10%) на основе СВМПЭ Б)
микроструктура УНТ-3 на основе СВМПЭ

3.4 Горячее прессование заготовок

В процессе спекания в зависимости от объема (веса) порошка мы можем получить от 2 мм до 40 мм пластин или объемных заготовок.

Для получения изделий из СВМПЭ спеканием мы используем пресс-форму для каждого типа.

Процесс спекания изделий складывается из двух этапов:

1) Подпрессовка - это процесс уплотнения смешанного порошка в закрытой форме для спекания, обычно мы использовали 8.0-10.0 МПа в течение 3-4 сек. В этом процессе объем порошка уменьшается в 2-3 раза. это процесс снижается содержание воздуха в материале порошки и повышается его теплопроводность

2) Таблетка нагревает в форме под давлением. В этом процессе температура поднимает до 160-180°С при удельном давлении 10 – 12 МПа. Этот процесс продолжил 90 мин. Далее выдержка под давлением равным

удвоенному первичному – около 30 мин. Поэтому снижают давление и охлаждают до 40-30 °С в течение около 60 мин.

Основными параметрами спекания являются температура спекания, давление и время выдержки в форме. Температура спекания решит его свойства и должна быть выше, чем температура плавления кристаллитов, и ниже, чем температура окисления материала. Интервал температуры является 140...180 °С, Но рекомендуется делать это при высоких температурах, чтобы уменьшать время обработки и получить лучшие свойства.

Мы употребляли оригинальную установку для изготовления модельных образцов на рисунке 14.

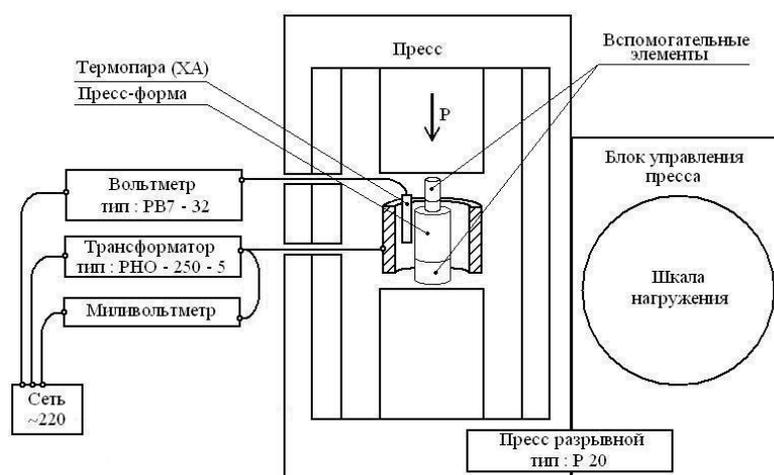


Рисунок 14 - Блок – схема установки для изготовления образцов

Части установки: нагревательный элемент (печь), форма закрытого типа, трансформатор (тип РНО – 250 – 5), пресс разрывной (тип Р20). К измерительной аппаратуре можно отнести хромель-алюмелевую термопару, милливольтметр и вольтметр (тип РВ7 - 32).

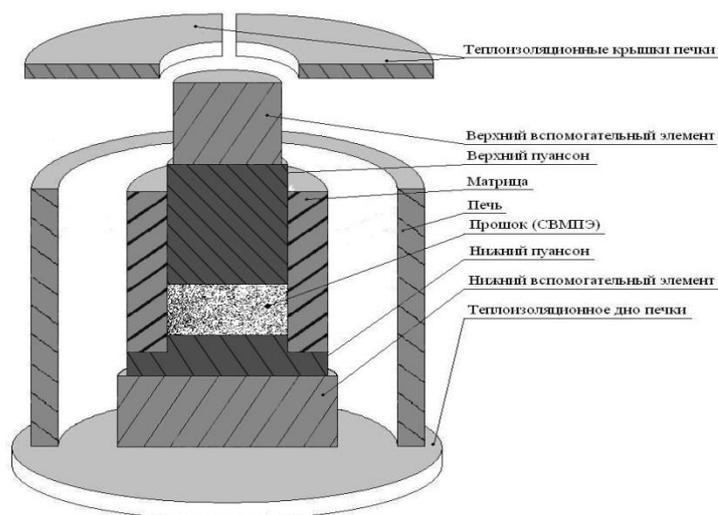


Рисунок 15 - Форма и печь с термоизоляционным дном и крышками

Технологический режим компрессионного спекания композитов на основе СВМПЭ в заготовки цилиндрической формы, представлен на рисунке 16.

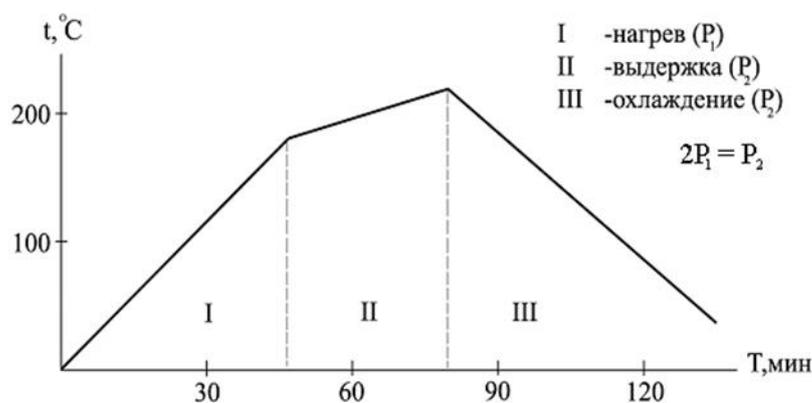


Рисунок 16 – Оптимальный режим компрессионного спекания композитов на основе СВМПЭ

3.5 Получение заготовка

Для испытания твёрдости были выбраны образцы с наполнителем УНТ-1 в количестве 0,5, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25%.

Фотография исследования образцов на рисунках 17



Рисунок 17 - Заготовки с различным содержанием УНТ-1

Для испытания твёрдости были выбраны образцы с наполнителем УНТ-2 в количестве 1, 3, 5, 10, 15%.

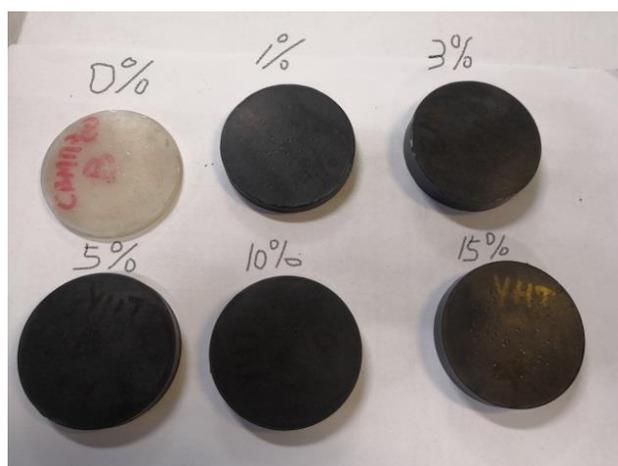


Рисунок 18 - Заготовки с различным содержанием УНТ-2

Для испытания твёрдости были выбраны образцы с наполнителем УНТ-3 в количестве 0.5, 1, 3, 5, 7.5, 10, 20, 25%



Рисунок 19 - Заготовки с различным содержанием УНТ-3

3.6 Измерение твердости

Мы изучали плотность полученных девяти образцов модельных заготовок полимерных композиций

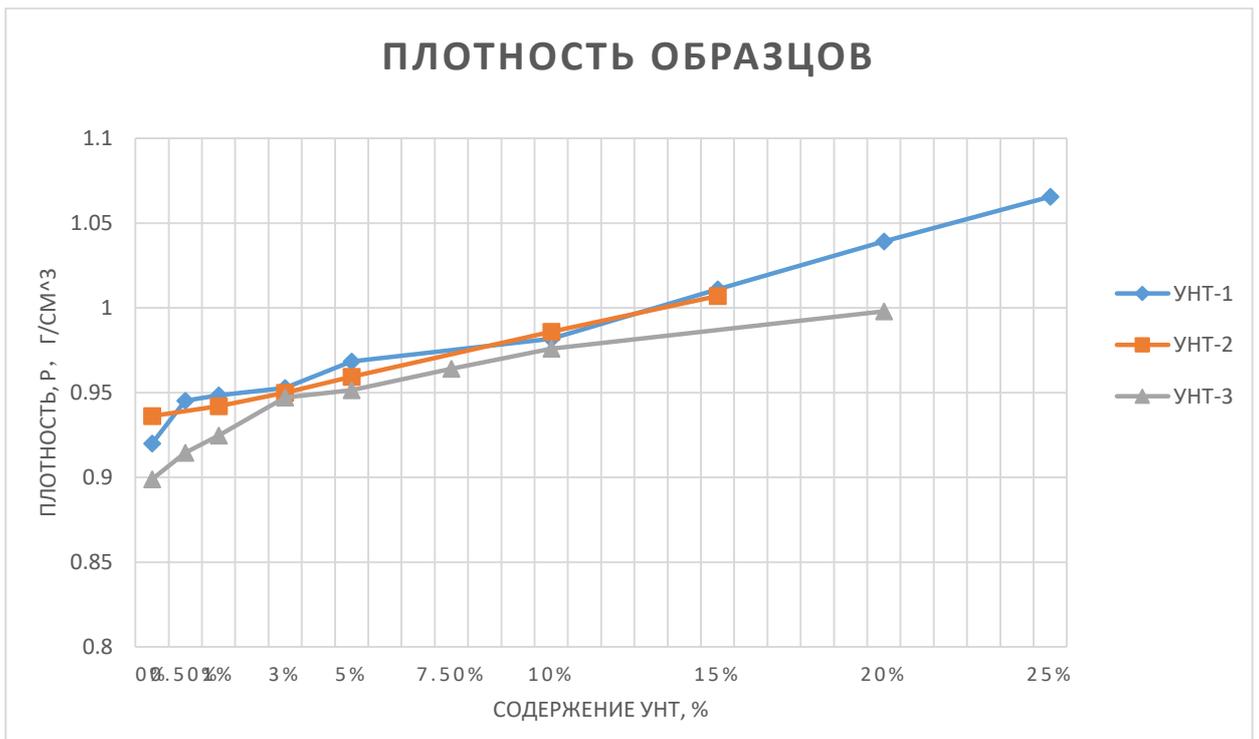


Рисунок 20 – Плотности образцов с различным содержанием УНТ

Измерения твердости по шкале Бринелля и по шкале Шора проводились на твердомере «ТКМ-359».



Рисунок 21 – Твердомер «ТКМ-359»



Рисунок 22 - Твердомер «902»

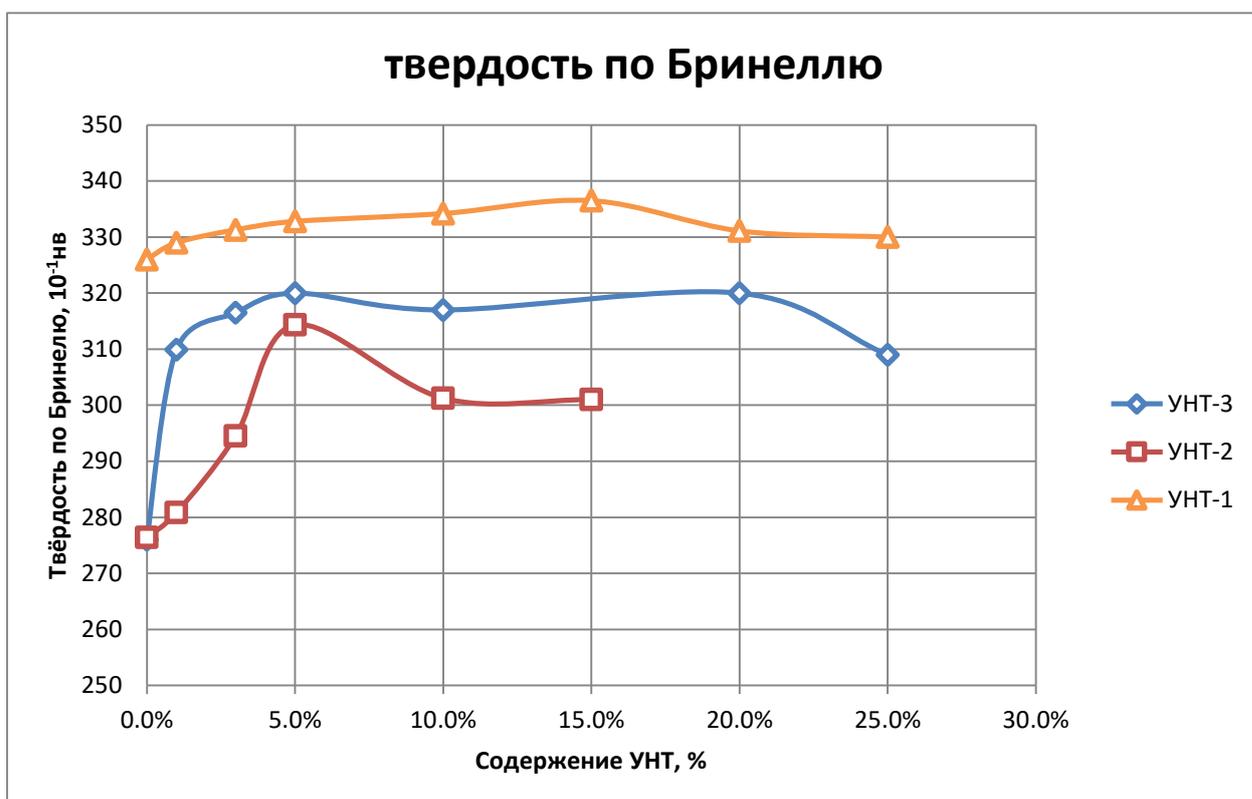


Рисунок 23-Измерение твёрдости образцов по Бринеллю УНТ

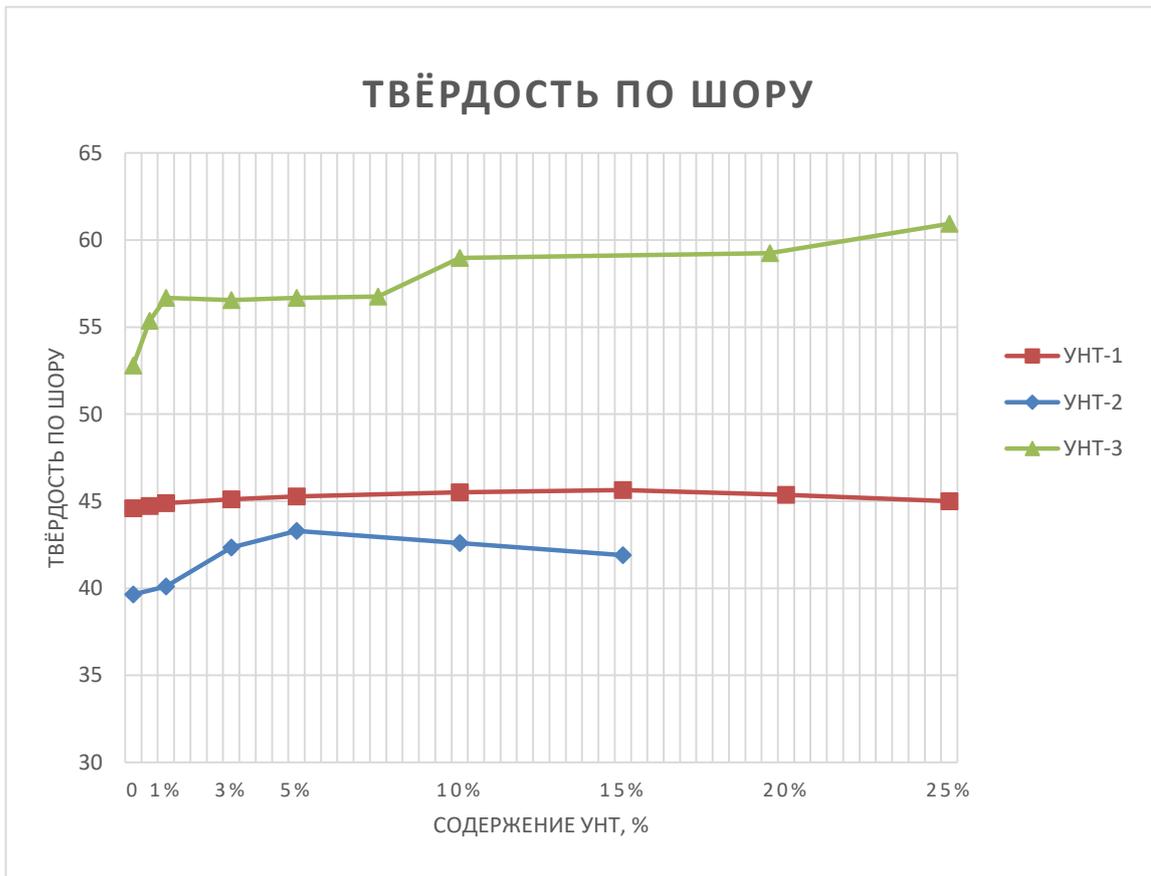


Рисунок 24 - Измерение твёрдости образцов по Шору

3.7 Измерение растяжения

На следующем этапе работы путём механической обработки из модельных образцов нами были получены заготовки образцов по ГОСТу (рисунок 1), для исследования на растяжение. ГОСТ 11262-80: 11 – 50 мм, 12 – 30 мм, 13 – 20 мм, b_1 – 10 мм, b_2 – 5 мм, d – 2 мм, r – 90°[9].

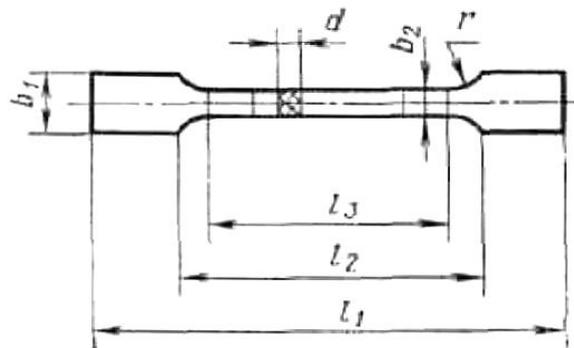


Рисунок 25 – Образец, применяемый для испытания термопластичных и термореактивных пластмасс ГОСТ 11262

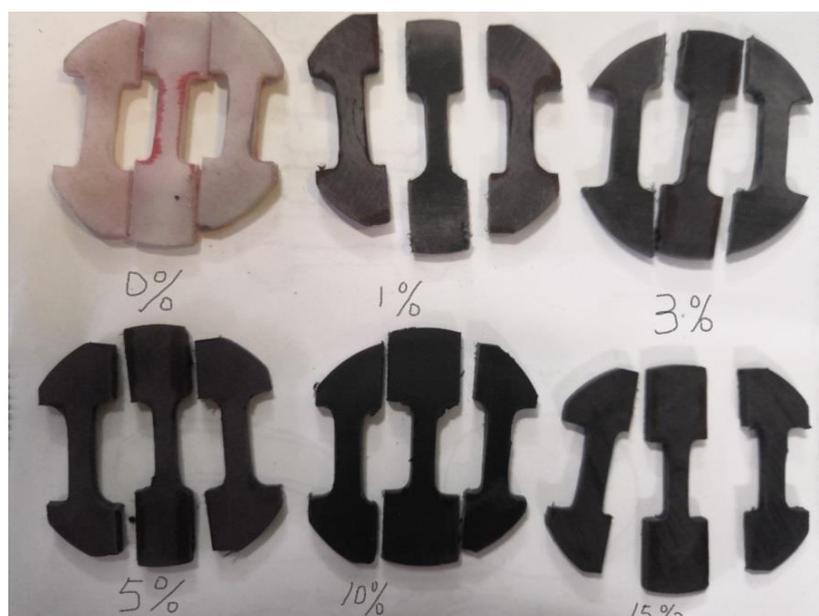


Рисунок 26 – Готовый образец

Механические испытания на растяжение стандартных образцов изготовленных из сформованных нами методом ГП композиций проводились на универсальной испытательной машине «Instron» модель 5582.



Рисунок 27 - Исследовательская машина «Instron» модель 5582

Образцы при исследовании на растяжение доводились до полного разрушения. В процессе растяжения измерялась деформация и растягивающее усилие, выраженное в σ МПа. По полученным результатам

создали графики, а фотографии образцов до растяжения и после его окончания приведены на рисунке 28.



а)

б)

Рисунок 28— процесс эксперимента на растяжение

Испытаний на растяжение на машине «Instron», Мы использовали

скорость растяжения: Скорость растяжения= 2мм/мин, 10мм/мин

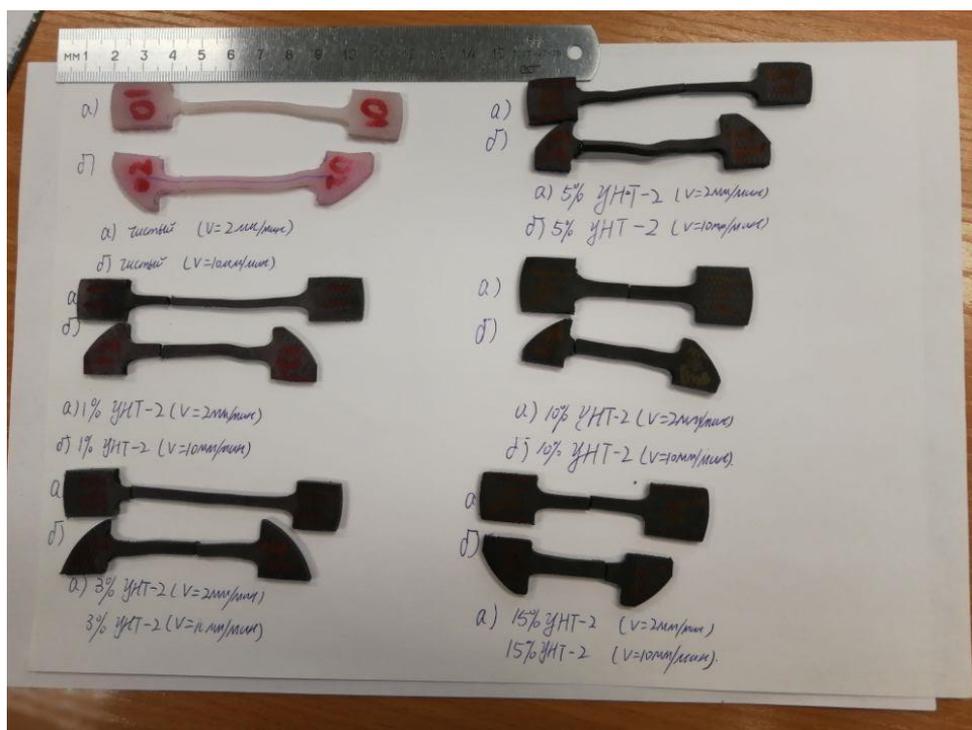


Рисунок 29 – Образцы а, б испытаний на растяжение на машине «Instron», с разной скоростью нагружения

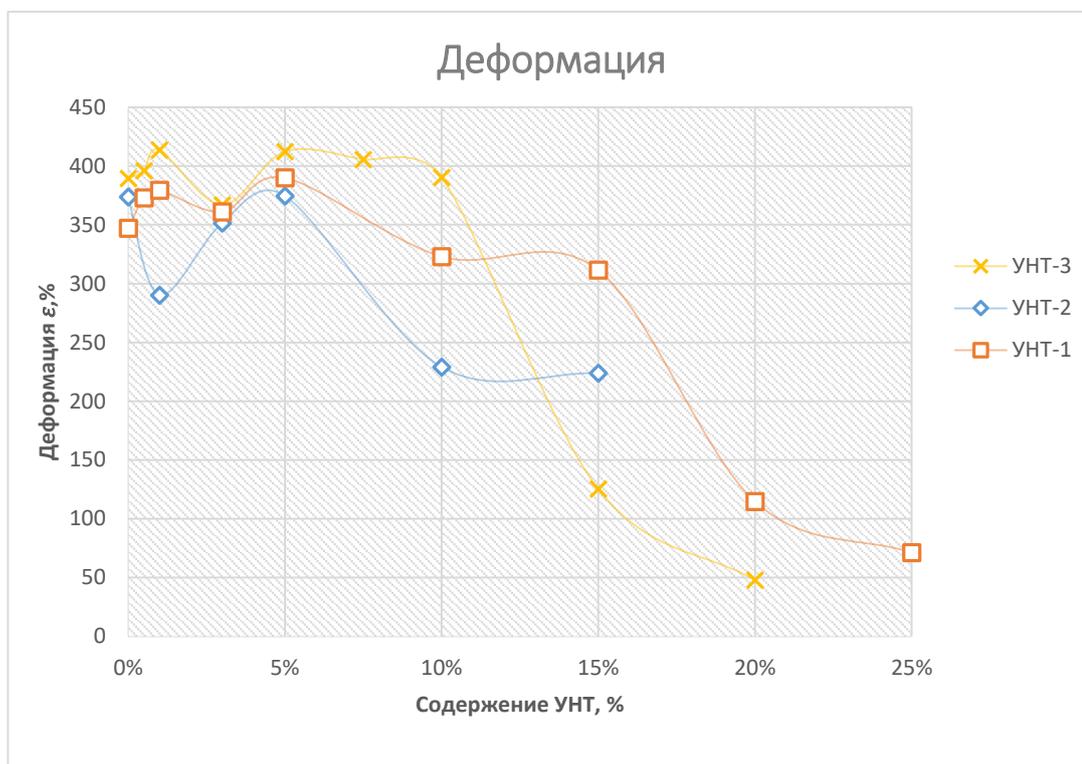


Рисунок 30 - Сравнение диаграмм максимальных деформаций СВМПЭ+УНТ-1, СВМПЭ+УНТ-2 и СВМПЭ+УНТ-3

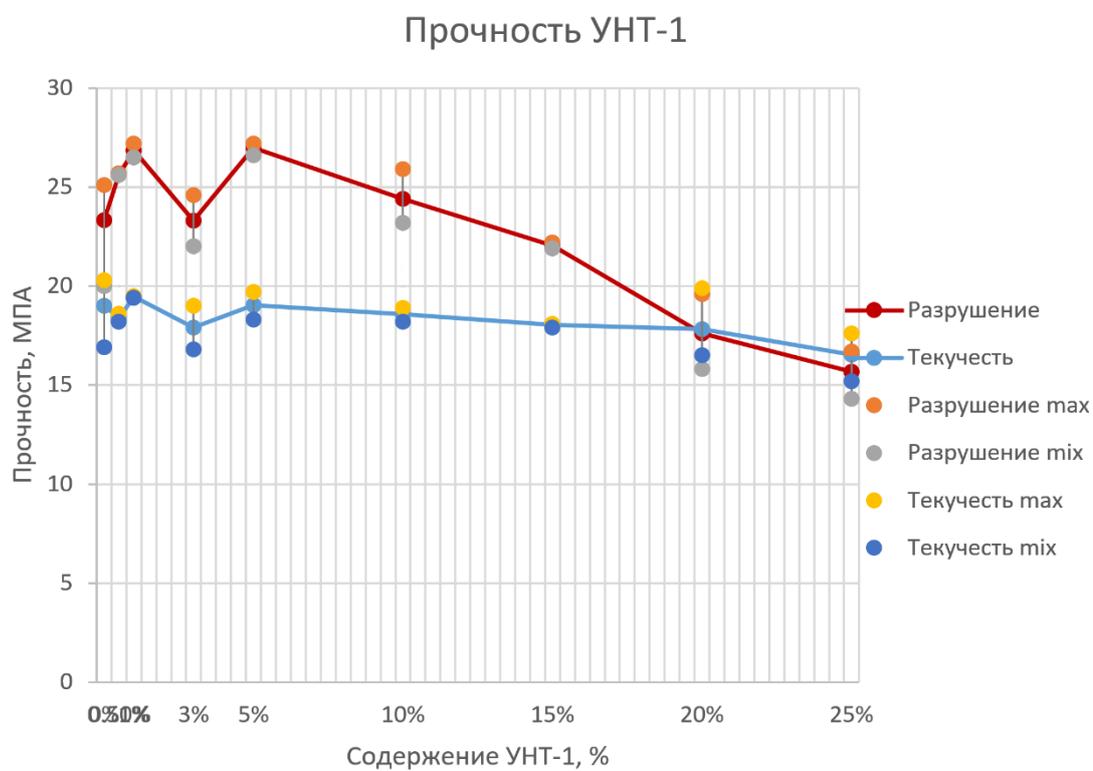


Рисунок 31 - Сравнение диаграмм текучести и разрушения СВМПЭ+УНТ-1

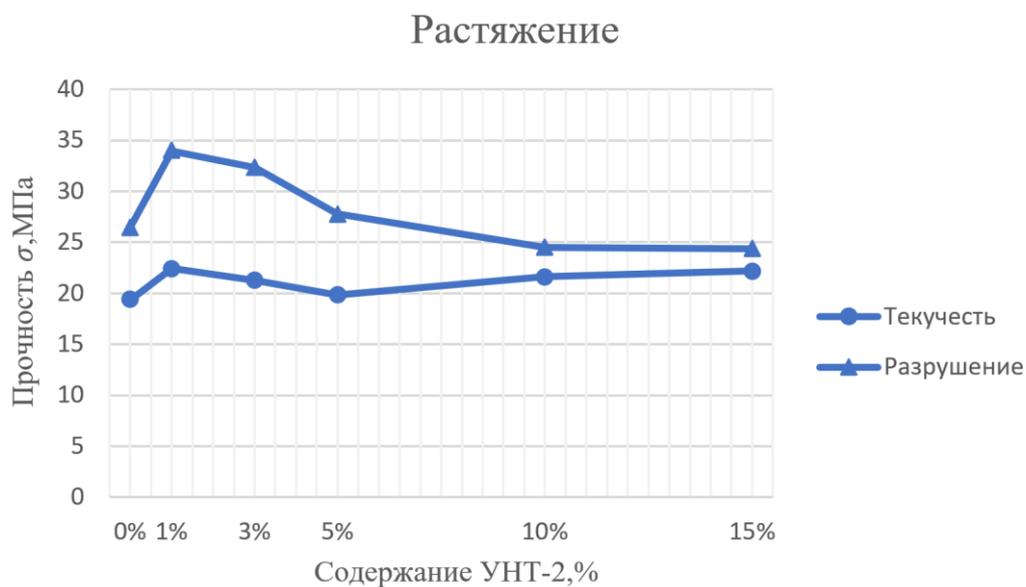


Рисунок 32 - Сравнение диаграмм текучести и разрушения

СВМПЭ+УНТ-2

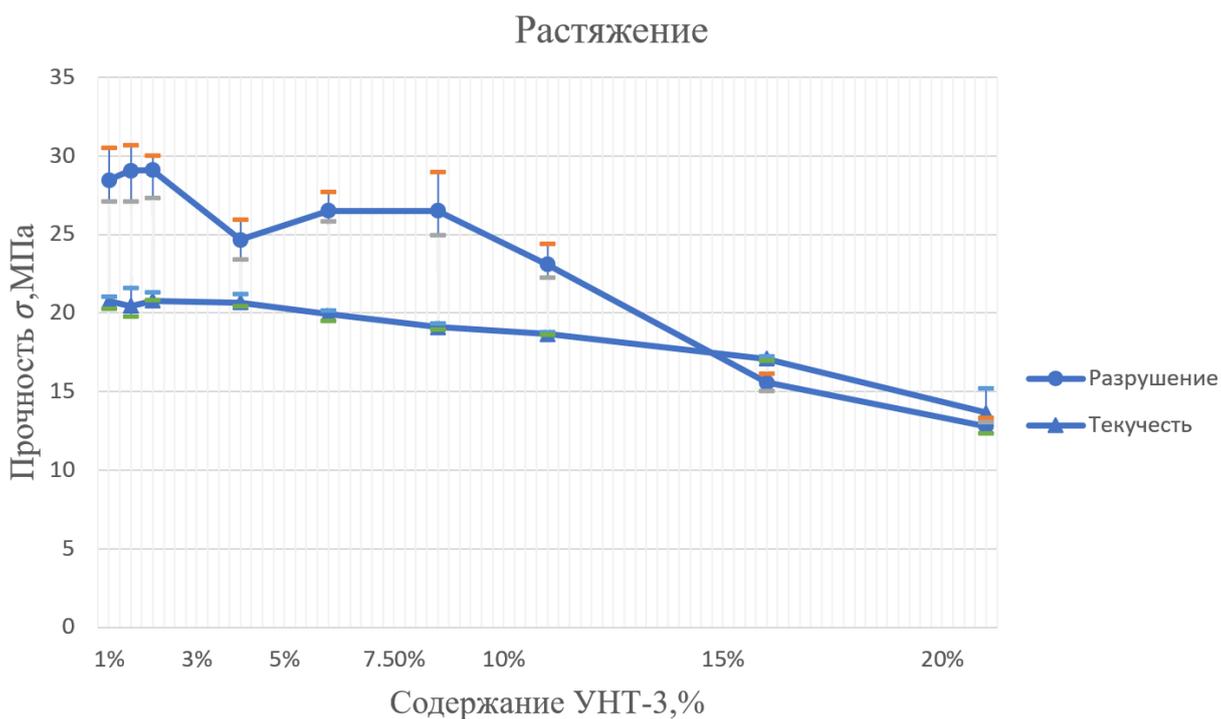


Рисунок 33 - Сравнение диаграмм прочности СВМПЭ+УНТ-3

3.8 Измерение износа

С целью исследования поведения полученных нами композиционных материалов с разной содержания наполнителя и наполнителя в условиях

реальной эксплуатации в условиях абразивного износа без смазки были проведены исследования износа.

Испытания на износостойкость, в условиях абразивного износа о незакрепленные частицы Al_2O_3 в условиях сухого трения о стальной поверхности проводилось на установке испытания износостойкости «ИИП-1» представленную на рисунке 35.

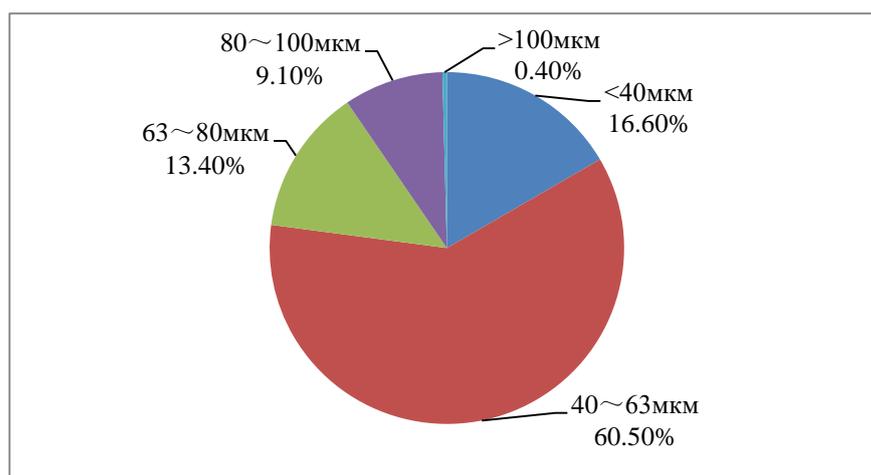


Рисунок 34 – Результаты ситового анализа в зависимости от дисперсности абразивного порошка Al_2O_3

Испытания проводились в данных условиях:

- нагрузка на образец – $P = 9,9$ кПа;
- усредненная линейная скорость образца – $V = 30,05$ мм/сек;
- угловая скорость образца – $W = 7,06$ об/сек;
- общая длина пути за время испытаний 90 мин $L = 1746,6$ м.



Рисунок 35 - Общий вид установки для исследования износа «ИИП-1»

Основным методом расчета величины износа были приняты измерения потери массы, которая измерялась на весах «ТУРВА-33» (рисунок 36) с точностью до 0,00005г.



Рисунок 36 - Весы «ТУРВА-33»

Основным методом расчета величины износа были приняты измерения потери массы $\Delta m = m_0 - m_1$. Общее время испытания составляло 90 минут.

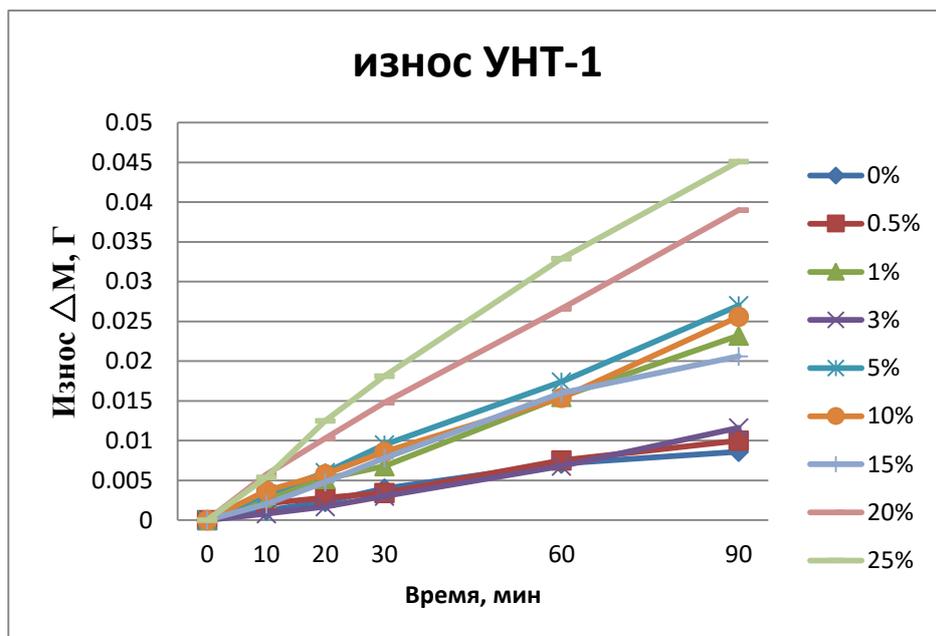


Рисунок 37 - Результат измерения износа УНТ-1

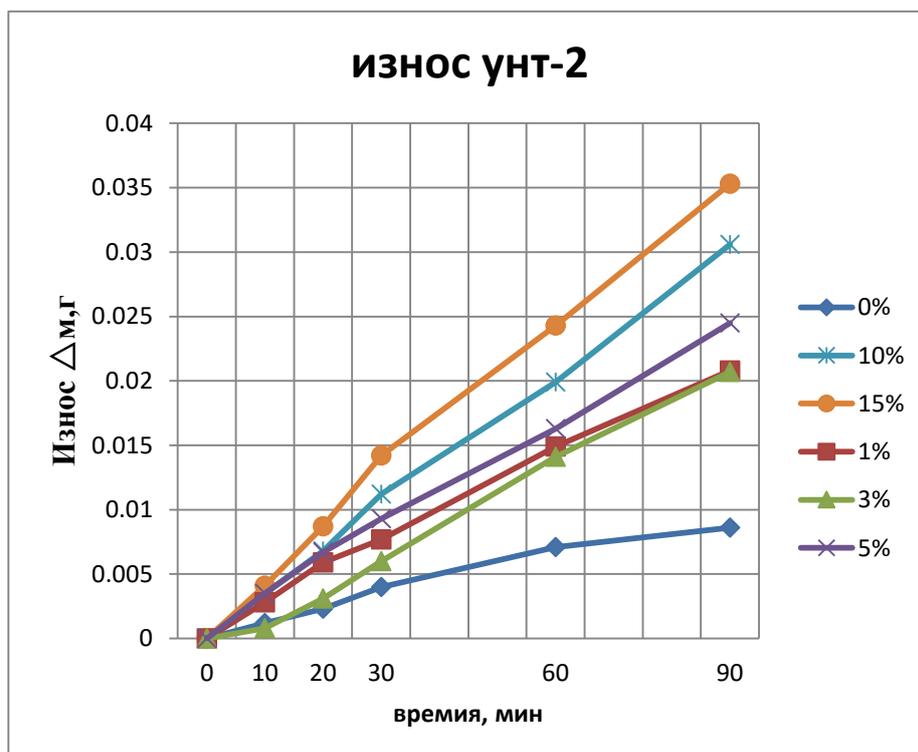


Рисунок 38 - Результат измерения износа УНТ-2

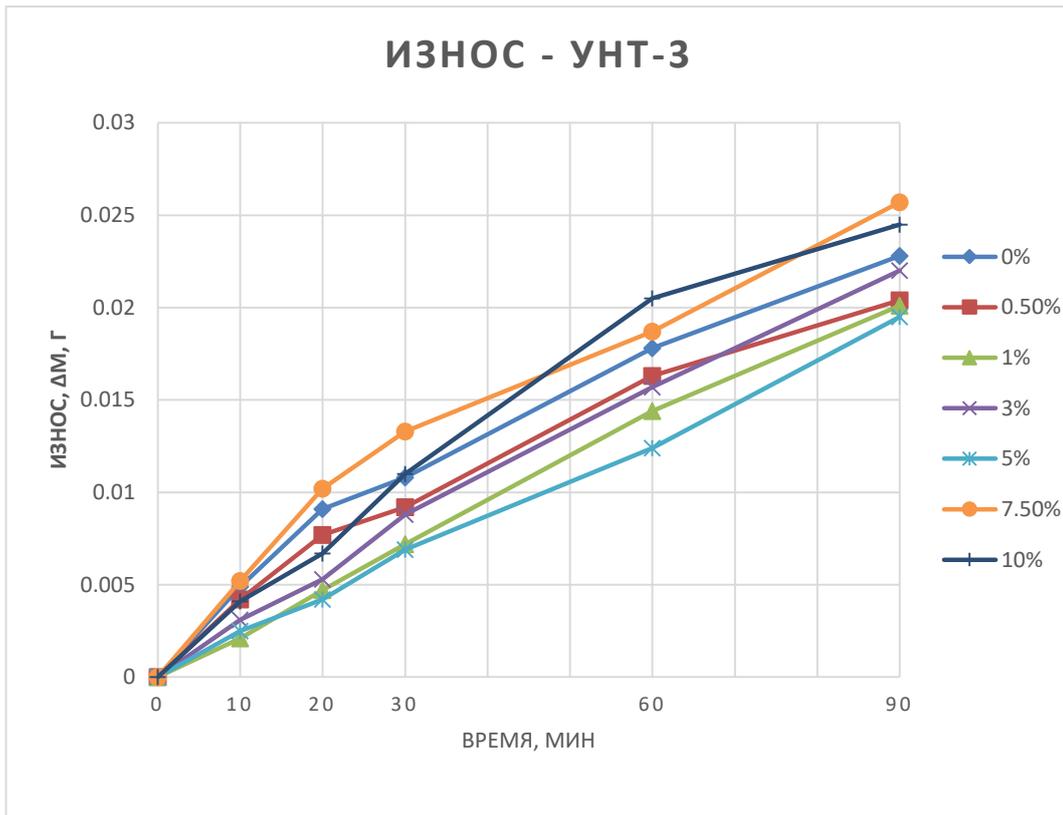


Рисунок 39 - Результат измерения износа УНТ-3

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ91	Тянь Дэфан

Инженерная школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение в машиностроении
Уровень образования	Магистратура	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>	стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- отчисления в социальные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Потенциальные потребители результатов исследования SWOT-анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	- возможные альтернативы проведения
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	- формирование плана и графика разработки; - формирование бюджета затрат на НИР.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	- Определение научно-технического уровня НИР.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИР
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП ТПУ	Жиронкин Сергей Александрович	д-р. экон. наук		03.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Тянь Дэфан		03.03.2021

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Темой данного исследования является «Влияние технологии изготовления и количества наполнителей типа УНТ на свойства полимерных композитов». Объектом исследования является полимерный композит на основе СВМПЭ. Целью работы является изучение свойств полимерных композиций на основе СВМПЭ в зависимости от состава определённого наполнителя.

Цель данного раздела подразумевает проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Для реализации цели требуется выполнение определённых задач:

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 широко используется в различных сферах промышленности благодаря своим физико-механическим свойствам. При введении различного рода наполнителей, он может

приобретать иные свойства, что увеличивает область применения. Например, в электротехнике СВМПЭ применяется для изоляции кабелей, в военном деле для создания бронежилетов; в машиностроении для уплотнений в гидравлических и пневматических системах и в узлах сухого трения; в сфере спорта для строп парашютов, тросов для альпинизма и т. д.

Проводимое научное исследование не имеет коммерческого потенциала, поскольку проводится в рамках научной исследовательской работы. Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть предприятия машиностроительного профиля, такие как судостроение, машиностроение, спортивного и медицинского профиля, и т. д.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

В данной работе исследования в матрицу СВМПЭ введены наполнители УНТ-1 УНТ-2 и УНТ-3. Использование наполнителя в полимерных композитах не новшество. Ранее уже проводились исследования, и в качестве наполнителей выступали такие материалы как оксид алюминия (Al_2O_3) и полиэтилен низкого давления (ПЭНД). Эти исследования будут рассмотрены для анализа конкурентных технических решений.

Таблица 1 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы					Конкурентоспособность				
		Б _{Ф1}	Б _{Ф2}	Б _{Ф3}	Б _{К1}	Б _{К2}	К _{Ф1}	К _{Ф2}	К _{Ф3}	К _{К1}	К _{К2}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Технические критерии оценки ресурсоэффективности											
возможности применения наполнителя	0,5	4	4	4	3	4	1,2	1,2	1,2	0,9	1,2
Гомогенность получаемой заготовки	0,1	5	5	5	5	4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Повышение твёрдости	0,2	5	5	5	3	3	1	1	1	0,6	0,6
Повышение эластичности	0,15	4	4	4	3	5	0,6	0,6	0,6	0,45	0,8
Изменение декоративных визуальных	0,05	2	2	2	2	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05
Возможность многократно исследование заготовок	0,1	3	3	3	5	4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Доступность сырья на рынке	0,1	4	4	4	5	4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
Итого	1	27	27	27	26	25	4,3	4,3	4,3	3,55	3,85

Здесь Б – баллы, К – конкурентоспособность:

Б_{Ф1}, К_{Ф1} – для углеродных нанотрубок-1;

$B_{\phi 2}, K_{\phi 2}$ – для углеродных нанотрубок-2;

$B_{\phi 3}, K_{\phi 3}$ – для углеродных нанотрубок-3;

$B_{к1}, K_{к1}$ – для оксида алюминия;

$B_{к1}, K_{к2}$ – для полиэтилена низкого давления.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подобраны, 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:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

Где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таким образом, по сравнению с выбранными материалами, наибольшей конкурентоспособностью обладают углеродные нанотрубки.

4.3 SWOT-анализ

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

оценить факторы и явления, помогающие или препятствующие продвижению проекта на рынок [8]

Первый этап – описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 2 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Повышение характеристик в целом; С2.Наличие требуемого оборудования; С3.Наличие квалифицированного руководителя;</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокое число аналогичных проектов; Сл2. Возможное наличие небольшой погрешности измерительными приборами; Сл3. Отсутствие определённой специализированной техники.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение качества продукции; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В3. Минимальные затраты продукт В4. Расширение использования в отраслях промышленности.</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Возможное отсутствие спроса на новую технологию; У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p>

Сильные и слабые стороны научно-исследовательского проекта, его возможности и угрозы основаны на результатах анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

Второй этап – выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должно помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 3 - Сильные стороны исследования и возможности

		Сильные стороны		
		С1	С2	С3
Возможности проекта	В1	+	0	0
	В2	+	+	+
	В3	0	+	+
	В4	+	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие соответствия сильных сторон и возможностей внешней среды: В1С1, С2С3, В2С1, С2В3, С1С3.

Таблица 4 – Слабые стороны исследования и возможности

		Сильные стороны		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможность исследования	В1	0	-	+
	В2	-	0	0
	В3	0	0	0
	В4	+	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие соответствия слабых сторон возможностям окружающей среды: В1Сл1Сл3, В2Сл3.

Таблица 5 – Сильные стороны исследования и угрозы

		С1	С2	С3
Угрозы	У1	+	-	0

	Y2	+	+	0
--	----	---	---	---

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие угрозы исследования: У1С1, У2С1, У2С2, У1С2.

Таблица 6 – Слабые стороны исследования и угрозы

		С1	С2	С3
Слабые стороны исследования	Y1	-	0	+
	Y2	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие слабые стороны исследования: У1Сл1, У2Сл1, У1Сл3 У2Сл3.

В рамках третьего этапа составлена итоговая SWOT-матрица, приведённая в таблице 7.

Таблица 7 – SWOT-таблица

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1.Повышение характеристик в целом; С2. Наличие требуемого оборудования; С3.Наличие квалифицированного руководителя;	Сл1.Высокое число аналогичных проектов; Сл2. Возможное наличие небольшой погрешности измерительными приборами; Сл3.Отсутствие определённой специализированной техники
Возможности: В1. Повышение качества продукции; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В3. Минимальные затраты	Применение диоксида циркония и углеродных нанотрубок в качестве наполнителей в композитах на основе СВМПЭ расширяет использование данного материала в отраслях	Возможное наличие большой погрешности . Существование большого количества аналогичных проектов может уменьшить его ценность на фоне общей массы.

<p>продукт</p> <p>В4. Расширение использования в отраслях промышленности.</p>	<p>промышленности. Работа с данными материалами может повысить качество продукции с минимальными затратами по финансированию и времени.</p>	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Возможное отсутствие спроса на новую технологию;</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Качество продукции, выпускаемой 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, поскольку данное исследование имеет большое количество аналогичных работ и не имеет коммерческого потенциала. Однако, по окончании исследования, коммерческий потенциал всё же присутствуют, в связи с тем, что используемые 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:

1. Определение структуры работ в рамках научного исследования;

2. Определение участников каждой работы;
3. Установление продолжительности работ;
4. Построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований сформируется 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 требуется составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

Работу выполняли 2 человека: научный руководитель (науч. рук.) от отделения ММС ТПУ, студент-дипломник (студент). Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице.8

Таблице.8 -Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Выдача задания	1	Составление и получение задачи на НИР	Науч. рук., инженер
	2	Получение порошка углеродных нанотрубок	Науч. рук., инженер
Литературный обзор	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Науч. рук., инженер
Составление плана	5	Календарное планирование	Науч. рук., инженер

работ		работ по теме	
Проведение испытаний	6	Получение заготовок и измерение их плотности и твёрдости	Инженер
	7	Получение заготовок и изготовление образцов для исследования на прочность	Инженер
	8	Проведение исследования на прочность и износ	Инженер
	9	Обработка данных	Науч. рук., инженер
Обсуждение результатов	10	Научное обоснование результатов и выводы	Науч. рук., инженер
Составление отчета	11	Оформление отчета НИР	Инженер

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоёмкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку зависит от большого числа трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

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

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного

стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}$$

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

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

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

4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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.

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

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

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 9

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Название работы	Трудоёмкость работ						исполнен		T _{pi} дни		T _{ki} дни	
	t _{min i} , чел.-дни		t _{max i} , чел.-дни		t _{ож i} , чел.-дни		Науч. рук	инженер	Науч. рук	инженер	Науч. рук	инженер
	Науч.рук	инженер	Науч.рук	инженер	Науч.рук	инженер						
1. Составление и получение задачи на НИР	4	1	5	1	4,5	1	+	+	2.2	1	2.7	1.2
2. Получение порошка	10	10	12	12	11	11	+	+	5.5	5.5	6.7	6.7

углеродных нанотрубок												
3. Подбор и изучение материалов по теме	-	18	-	24	-	20,4	-	+	-	20,5	-	25
4. Выбор направления исследований	3	2	4	3	3,5	2,5	+	+	1,7	1,7	2	2
5. Календарное планирование работ по тем	2	1	3	2	2,5	1,5	+	+	1,2	0,7	2,5	0,9
6. Получение заготовок и измерение их плотности и твёрдости	-	2	-	3	-	2,5	-	+	-	2,5	-	3
7. Получение заготовок и изготовление образцов для исследования на прочность и теплопроводность	-	5	-	6	-	5,5	-	+	-	2,5	-	3
8. Проведение исследования на прочность	-	5	-	6	-	5,5	-	-	м	5,5	-	6,7
9. Содержание работ	3	3	4	4	3,5	3,5	+	+	1,7	1,7	2	2
10. Обработка данных	4	4	5	5	4,5	4,5	+	+	2,2	2,2	3,5	3,5
11. Научное обоснование результатов и выводы	-	15	-	24	-	18,5	-	+	-	18,5	-	22,5

На основе таблицы 9 строится календарный план-график для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 10 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№ работ	исполнитель	Т к,к ал. дн	Продолжительность выполнения работ											
			февраль	март			апрель			май			июнь	
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1.	Науч. рук., инженер	3	■											
2.	Науч. рук., инженер	10		■										
3.	Инженер	25			■	■	■							
4.	Науч. рук., инженер	2					■							
5.	Науч. рук., инженер	2					■							
6.	Инженер	19						■	■	■				
7.	Инженер	6								■				
8.	Инженер	7								■	■			
9.	Науч. рук., инженер	2									■			
10.	Науч. рук., инженер	10									■	■		
11.	Инженер	23										■	■	■

■ Научный руководитель ■ Инженер-дипломник

График выполнения работ по дням составлен с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней. Общее число рабочих дней, которые требуются на выполнение данного проектирования, 109.

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 [10]:

- 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);
- накладные расходы.

4.4.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i \cdot N_{\text{рас } xi},$$

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

$N_{\text{рас } xi}$ – 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, занесены в таблицу 11.

Таблица 11 – Материальные затраты на исследование

Наименование	Единица измерения	количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Спирт медицинский	литр	0.1	180	20
Канцтовары	шт	1	500	500
Картридж для принтера	шт	1	2500	2875
Наждачная бумага	лист	5	120	690
итого				4085

4.4.6 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.

Поскольку оборудование есть в отделении и специально для проекта не покупается, рассчитывается амортизация оборудования на время проекта. Требуемое оборудование представлено в таблице 12. Причём амортизация подсчитывается только для оборудования дороже 100.000.

Расчёт затрат по данной статье представлен ниже в таблице 12.

Таблица 12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Срок службы, год	Время эксплуатаци и, дн.	Амортизация оборудования за время использовани я, руб.
1	Планетарная шаровая мельница активатор 2SL	100.000	15	10	184
2	Установки для исследования износа «ИИП-1 »	15.000	15	10	-
3	Твердомер «ТКМ359»	35.000	3	3	-
4	Твердомер «Shore 902 »	30.000	3	3	-
5	Весы ВЛЭ-250	19.000	12	3	-
6	Испытательная машина «Instron 5582 »	380.000	112	6	-
7	Смеситель С 2.0	364.000	5	4	1197
8	Микроскоп «Лабомет- И»	135.000	7	3	165
Итого					1546

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

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

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

365 – количество дней в году;

$K_{\text{обор}}$ – стоимость оборудования;

N_a – норма амортизации.

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

Где $T_{\text{с.с.обор}}$ – срок службы оборудования;

4.5 Основная заработная плата исполнителей темы

В статью включается основная заработная плата научных и инженернотехнических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоёмкости 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.

НИР проводили 2 человека: доцент отделения материаловедения машиностроения (зав. лаб.) в ТПУ – научный руководитель работы (науч. рук.) и инженер-дипломник (инж.). Вследствие того, что в качестве инженера лаборатории выступал студент (дипломник), то расчёт статьи по основной заработной плате будет учтён лишь для научного руководителя.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}}$$

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:

$$Z_{\text{осн.}} = Z_{\text{дн}} * T_p$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M * M}{F_d}$$

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 17).

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

$$Z_{\text{осн.}} = \frac{Z_M * M}{F_d} * T_p = \frac{56893 * 11,2}{239} = 77318 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{\text{осн.}} = \frac{Z_M * M}{F_d} * T_p = \frac{12336 * 10,4}{229} = 61066 \text{ руб.}$$

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
выходные дни	52	44
праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
отпуск	52	52
невыходы по болезни	8	8
Действительный годовой фонд рабочего времени	239	229

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.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}$$

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_d – 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 $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 14

Исполнители	$Z_{окл}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель, доцент	33664	0	0.3	1.3	56893	2690	20	77318
Инженер	9489	0	0	1.3	12336	560	85	61066
итого								138284

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 15

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.
Науч. Рук.	77318
Студентдипломник	61066
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого:	37502

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 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	4085	Пункт 4.4.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1546	Пункт 4.4.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	138384	Пункт 4.4.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	37502	Пункт 4.4.4.4
5. Бюджет затрат НИИ	181517	Сумма

4.7 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин р}}^{\text{исп. i}} = \frac{\Phi_{\text{р i}}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

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

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

$$I_{\text{фин р}}^{\text{исп. i}} = \frac{124667}{150000} = 0,83$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i * b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсо эффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_{ia}, b_{ip} – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Исполнитель 1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2
3. Экономичность	0,15	4	4
4. Энергосбережение	0,20	4	3
5. Надежность	0,25	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО:	1	3,79	3,3

$$I_{p\text{-проект}} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,01 = 3,79;$$

$$I_{p\text{-исп.1}} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 = 3,3;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (Исп.1) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p\text{-исп.1}}}{I_{\text{фин.п}}} = 2739$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{фин.п}}} = \frac{2.739}{4.51} = 0.61$$

Таблица 18 - Сравнительная эффективность разработки

п/п	Показатели	Исполнение №1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,3
3	Интегральный показатель эффективности	2,739
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,61

Значения интегральных показателей эффективности позволяют выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наиболее эффективна магистерская разработка

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ91	Тянь Дэфан

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение в машиностроении
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Влияние технологии изготовления и количества наполнителей типа УНТ на свойства полимерных композитов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Тема исследования: СВМПЭ, модифицированный различными типами углеродных нанотрубок. Область применения: Превосходные физико-механические свойства СВМПЭ делают его широко используемым в машиностроении, транспорте, текстиле, производстве бумаги, горнодобывающей промышленности, сельском хозяйстве, химической промышленности и спортивном оборудовании.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021). В соответствии с СН-181-70 рекомендуются следующие цвета окраски помещений: потолок - белый или светлый цветной; стены - сплошные, светло-голубые; пол – темно-серый, темно-красный или коричневый. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; ГОСТ 22614-77; ГОСТ 22902-78.; ГОСТ EN 894-1-2012. ГОСТ EN 894-3-2012. ГОСТ Р 50923-96. ГОСТ Р ИСО 14738-2007. ГОСТ Р ИСО 6385-2016. ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009. ГОСТ Р ИСО 9355-3-2010. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Электрический ток. В соответствии с техникой безопасности и утвержденными документами (ГОСТ 12.1.030-81) оборудование, имеющее напряжением выше 42 В, должно быть заземлено. В случае надвигающейся грозы рекомендуется закончить работу с ПК и отключить его от сети. Термические опасности. Мероприятия по защите от термических опасностей: теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование тепловых излучений, использование средств индивидуальной защиты Пожарная безопасность. Следует предусмотреть средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>На производительность труда студента-дипломника (инженера-исследователя),</p>

	<p>находящегося на рабочем месте, могут влиять следующие вредные производственные факторы: отклонение температуры и влажности воздуха от нормы, недостаточная освещенность рабочего места, повышенный уровень электромагнитных излучений. Кроме того, работник может подвергаться действию опасных факторов: поражение электрическим током, возникновение пожаров в результате короткого замыкания. Негативное воздействие на окружающую среду в процессе работы практически отсутствует.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможны такие чрезвычайные ситуации, как: пожары, ситуации природного характера. К мерам по предупреждению относятся: 1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 4. Подготовка работающих к действию в условиях ЧС; 5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.03 2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Тянь Дэфан		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Работа исследователя в плане физической нагрузки относится к категории лёгких. Однако она связана с большой умственной и психологической нагрузкой. Неблагоприятными условиями, оказывающими влияние на здоровье студента, являются. Длительная работа в помещении с повышенной или пониженной температурой, влажность воздуха, плохая вентиляция и плохое освещение – все эти факторы. Эти аспекты неизбежно влекут за собой снижение производительности труда. Данная научно-исследовательская работа выполнена в отделении материаловедения в машиностроении национально исследовательского Томского Политехнического Университета. Рабочей зоной являлись 5 лабораторий общей площадью 130 м², включающие в себя оптический микроскоп, твердомер, вибропривод для ситового анализа, весы типа «ТУРВА-33», смеситель, установка на износ, планетарная мельница. Поскольку работа осуществлялась в разных частях рабочей зоны, постоянным рабочим местом является вся рабочая зона (ГОСТ 12.1.005 – 88). В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые действуют на исследования разработаны требования безопасности, а также комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

5 Правовые вопросы

5.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Для обеспечения требований промышленной безопасности при проведении исследований органами государственного и ведомственного надзора разработаны и утверждены правила безопасности при проведении отдельных видов работ или эксплуатации промышленного оборудования.

В обязанности работодателя в процессе производственной деятельности входит выполнение установленных законодательством условий безопасности.

К их числу относятся:

- Безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов.

- Обучение безопасным методам и приёмам выполнения работ.

- Приобретение и выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

- Применение средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

- Недопущение работников моложе 18 лет к работам на опасных производственных объектах.

- Применение режима сокращённого рабочего дня.

В случае нарушения установленных законом требований промышленной безопасности виновные лица несут дисциплинарную, материальную, административную или уголовную и имущественную ответственность.

Порядок привлечения к юридической ответственности установлен с нормами трудового, административного, уголовного и гражданского законодательства Российской Федерации.

5.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Организация рабочего места является важным фактором комфортности рабочей среды.

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78:

1. Рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам;

2. Рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, которое не накапливает в себе статическое электричество;

3. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела в связи с нарушением кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

Согласно СН-245-71 объём производственных помещений должен быть таким, чтобы на одного работающего приходилось не менее 6 м² площади не менее 15 м³ свободного пространства. Отсюда следует, что, согласно СП 2.2.1.1312–03, при наличии естественной вентиляции следует проектировать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 м³/ч на каждого работающего человека.

В соответствии с указаниями по проектированию цветовой отделки помещений производственных зданий, согласно «Указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий

промышленных предприятий» (СН-181-70) [10], рекомендуются следующие цвета окраски помещений:

- пол – тёмно-серый, тёмно-красный или коричневый.
- стены – сплошные, светло-голубые.
- потолок – белый или светлый цветной.

Применение указанных цветов обуславливается её успокаивающим воздействием на психику человека, что способствует снижению зрительного утомления.

При выполнении интерьера, обычно выбирают не более трёх основных цветов небольшой насыщенности. Окраска оборудования и приборов, в основном, имеет светлые цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним.

5.3 Производственная безопасность

5.3.1 Вредные факторы

Таблица 19 - Разберем основные вредные факторы и их нормирование

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Неблагоприятные условия микроклимата;	+	+	+	В условиях отделения ММС НИ ТПУ на производительность труда инженера-исследова теля, находящегося на рабочем месте, влияют
2. Недостаточная освещённость рабочего места	+	+	+	
3. Высокий уровень шума		+	+	
4. Повышенный		+	+	

уровень вибрации				определённые вредные производственные факторы (О и В ПФ ГОСТ 12.0.003-74-2015) [13]
5. Вредные вещества	+	+	+	

5.3.2 Микроклимат

Основными критериями, которые характеризуют микроклимат производственной среды, являются: температура, влажность воздуха и подвижность.

Высокая температура воздуха повышает утомляемость работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару. Низкая температура может стать причиной простудного заболевания либо обморожения, вызвать местное или общее охлаждение организма.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма. При низкой температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что приводит к переохлаждению. Низкая влажность может вызвать неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года, физическую тяжесть выполняемых работ и количество избыточного тепла в помещении. Оптимальные и допустимые метеорологические условия температуры и влажности установлены согласно ГОСТ 12.1.005-88 в таблице 2

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление.

Таблица 20 – Оптимальные и допустимые нормы температуры и относительной влажности в рабочей зоне производственных помещений

период года /категория работ	температура воздуха.		Относительная влажность, %	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный/лёгкая	21-2	17-26	40-60	70
Теплый/лёгкий	22-25	21-30	40-60	70

5.3.3 Освещённость

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина $A = 8$ (м), ширина $B = 6$ (м), высота $H = 4$ (м), количество ламп $N = 6$ (шт).

Вычисления будут, производится по методу светового потока, предназначенного для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей.

Коэффициенты отражения стен $\rho_c = 30$ %, потолка $\rho_{п} = 50$ %. Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Для люминесцентных светильников типа ОД величина λ , показывающая относительное расстояние между светильниками равна 1,4.

Определяем расчетную высоту светильника над рабочей поверхностью при высоте подвеса светильника $h_c = 0,7$ м:

$$h = H - h_c - h_{\text{пн}} = 4 - 0,7 - 0,9 = 2,4 \text{ м}$$

Расстояние между рядами светильников:

$$L = 1,4 \cdot h = 1,4 \cdot 2,4 = 3,36 \text{ м}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L/3 = 3,36/3 = 1,12 \text{ м}$$

Количество рядов светильников и количество светильников в ряду:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{(6 - \frac{2}{3} \cdot 3,36)}{3,36} + 1 \approx 2$$

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{(8 - \frac{2}{3} \cdot 3,36)}{1,230 + 0,5} \approx 3,$$

где $l_{\text{св}}$ – длина светильника типа ОД-2-40, м.

Так как в рассматриваемом помещении количество ламп 16 (шт), по 3 светильника в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены (Рисунок 1).

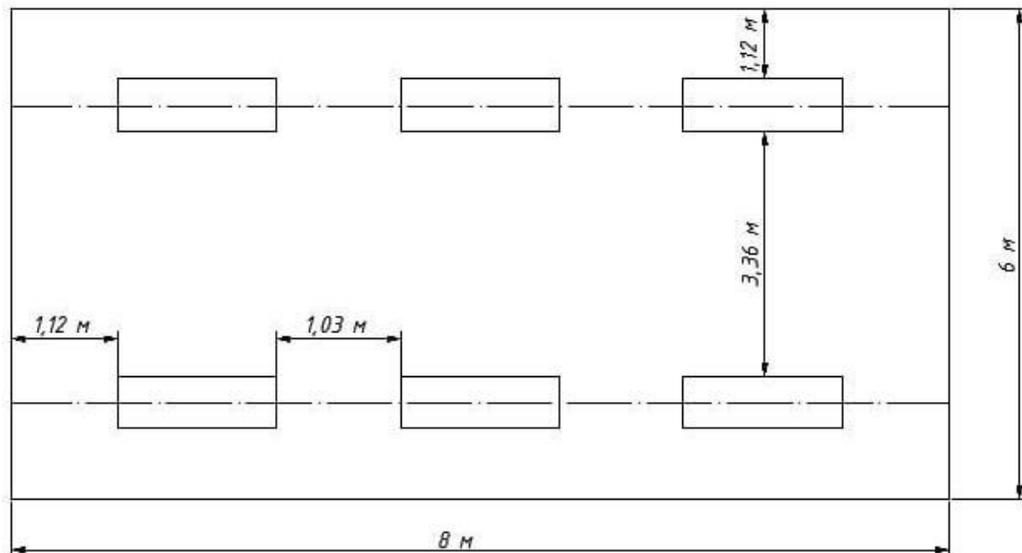


Рисунок 40 – План размещения светильников

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{48}{2,4 \cdot (8 + 6)} = 1,42$$

Коэффициент использования светового потока при $i = 1,42$ и заданных коэффициентах отражения стен и потолка: $\eta = 52 \%$.

Потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = \frac{E_n K_3 Z S}{N \eta} = \frac{300 \cdot 1,8 \cdot 1,1 \cdot 48}{16 \cdot 0,41} = 4346 \text{ лм,}$$

$\Phi_{\text{л.станд.}}$ для ламп ЛД мощностью 40 Вт равен 2300 лм.

Проверим выполнение условия:

$$\begin{aligned} -10\% &\leq \frac{\Phi_{\text{л.станд.}} - \Phi_{\text{л.расч.}}}{\Phi_{\text{л.станд.}}} \cdot 100\% \leq +20\% \\ -10\% &\leq \frac{2300 - 4346}{2300} \cdot 100\% \leq +20\% \\ -10\% &\leq -8,89\% \leq +20\% \end{aligned}$$

Условие выполняется, т.е. необходимый световой поток обеспечивается.

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 16 \cdot 40 = 640 \text{ Вт}$$

5.3.4 Уровень шума

Ещё одним из важных требований к рабочему месту является уровень шума. Высокий уровень шума негативно сказывается на здоровье человека. Последствиями могут стать головные боли, бессонница, повышенная усталость, нервозность и др. Чтобы избежать возникновения подобного исхода, требуется устранить лишние источники шума, или установить допустимые нормы шума.

При изучении действия вибрации на организм человека нужно учитывать, что колебательные процессы присущи живому организму прежде всего потому, что они в нем постоянно протекают. Внутренние органы можно рассматривать как колебательные системы с упругими связями. Их собственные частоты лежат в диапазоне 3–6 Гц. При воздействии на человека внешних колебаний таких частот происходит возникновение резонансных явлений во внутренних органах, способных вызвать травмы, разрыв артерий,

летальный исход. Собственные частоты колебаний тела в положении лежа составляют 3–6 Гц, стоя — 5–12 Гц, грудной клетки — 5– 8 Гц. Воздействие на человека вибраций таких частот угнетает центральную нервную систему, вызывая чувство тревоги и страха. [20]

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни.

Существует несколько способов борьбы с вибрацией. Это, например, снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин,), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция. Также уменьшить влияние вибрации может применение индивидуальных средств защиты (вибро защитные обувь, перчатки со специальными элементами, поглощающими вибрацию).

5.4 Вредные вещества

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть разработаны нормативно-технические

документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ, а также выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Вредные вещества, попавшие в организм человека, вызывают нарушения здоровья лишь в том случае, когда их количество в воздухе превышает предельную для каждого вещества величину. Под предельно допустимой концентрацией (ПДК) вредного вещества понимают максимальную концентрацию данного вещества, которая при ежедневной работе в течение 8 ч или другой продолжительности не приводит к снижению работоспособности и заболеванию в период трудовой деятельности и в последующий период жизни, а также не оказывает неблагоприятного воздействия на здоровье потомков.

К общим мероприятиям и средств предупреждения загрязнения рабочей среды на производстве и защиты работающих относятся:

- Изъятие вредных веществ в технологических процессах, замена вредных веществ менее вредными
- Совершенствование технологических процессов и оборудования;
- Автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами, при которых возможен непосредственный контакт работающих с вредными веществами;
- Герметизация производственного оборудования, работа технологического оборудования под разрежением, локализация вредных выделений за счет местной вентиляции, аспирационных укрытий;

- Нормальное функционирование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, очистки выбросов в атмосферу;
- Предварительные и периодические медицинские осмотры работников, работающих во вредных условиях, профилактическое питание, соблюдение правил личной гигиены;
- Контроль над содержанием вредных веществ;
- Использование средств индивидуальной защиты.

5.5 Опасные факторы

Согласно СНиП II-4-79 инженер-исследователь при работе в лаборатории отделения ММС НИТПУ может подвергнуться воздействию следующих опасных факторов:

- Термическая опасность;
- Опасность поражения электрическим током.

5.5.1 Электробезопасность

Основные причины воздействия тока на человека:

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;
2. Появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;
3. Появление напряжения на отключённых токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
4. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;
5. Освобождение другого человека, находящегося под напряжением;

6. Воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергнуться в процессе работы с электрооборудованием, составляют для установок в нормативном режиме: для постоянного тока – не более 0,8 В и 1 мА соответственно, для переменного тока (при частоте 50 Гц) – не более 2,0 В и 0,3 мА соответственно. [20]

Настоящая инструкция распространяется на всех лиц, выполняющих работы с установками и приборами:

- К работе с электроустановками допускаются лица, имеющие третью либо четвертую группы допуска, устанавливаемые квалификационной комиссией.
- Лица, не имеющие непосредственного отношения к обслуживанию электроустановок, к работе с ними не допускаются.
- Все питающие части должны быть заземлены. Сопротивление заземления должно не превышать 4 Ом.
- Перекоммутацию кабелей, соединяющих периферийные устройства с ЭВМ, а также установку плат дополнительных устройств (модемов, портов ввода-вывода и т.д.) в слоты шины расширения компьютера необходимо осуществлять только при отключенном питании.
- При замене (установке) плат расширения необходимо пользоваться контуром заземления, либо перед осуществлением этой операции избавиться от накопленного на теле статического заряда посредством прикосновения к занулённой части компьютера, в противном случае возможно повреждение

чувствительных к статике микроэлементов ЭВМ.

- При приближении грозы необходимо оперативно закончить работу на компьютере и отключить его от сети во избежание повреждения последовательного порта и исключения сбоев при возможных скачках напряжения в сети, характерных в подобных случаях.

С точки зрения электробезопасности (ГОСТ 12.1.030-81) [14], оборудование, запитываемое напряжением выше 42 В, должно быть заземлено или занулено. Зануление – более эффективная мера, чем защитное заземление, т. к. в критическом случае ток короткого замыкания при занулении больше, чем при заземлении, следствием чего является более быстрое срабатывание предохранительных устройств. Во многих случаях это позволяет сберечь дорогостоящее оборудование от повреждений. Соединяющие проводники электрооборудования изготавливают из медного провода сечением 1,5 мм², покрытым изоляционным слоем лака для защиты от окисления. Кроме того, обязательно должна быть предусмотрена возможность быстрого отключения напряжения с разделительного щита.[12]

Меры профилактики и средства защиты от пожаров рассмотрены в подразделе чрезвычайные ситуации.

5.5.2 Термическая опасность

Термическая опасность – отсутствие недопустимого риска при воздействии высокой температуры. [ГОСТ Р 52423-2005] Виды устройств, представляющих термическую опасность: [18]

1. Нагревательные приборы;
2. Печи;

3. Калориферы;

4. Горячие пищевые продукты.

Термические опасности могут приводить к:

- Ожогам и ошпариванию при соприкосновении с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, к примеру, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла;

- Ущербу здоровью при воздействии высокой или низкой температуры окружающей производственной среды.

Средства защиты:

- Индивидуальные средства защиты;
- Спецодежда;
- Специальная обувь.

5.5.3 Экологическая безопасность

Защита окружающей среды представляет собой совокупность проблем, требующих усилий всего человечества. Одной из наиболее активных форм защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов в промышленных предприятиях является переход к безотходным и малоотходным технологиям производства.

Работа проводилась в закрытом помещении. Материалами изучения являются порошок СВМПЭ и композиты на его основе. Их подвергают испытаниям, таким как горячее прессование, смешивание, дробление, испытание на растяжение и т. д.

В промышленности отходы в виде порошка и стружки СВМПЭ можно переработать вновь в порошок и в дальнейшем использовать в производстве. Однако при высоком содержании наполнителя такие отходы требуется сжечь.

Согласно п. 1 ст. 18 Федерального закона от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», запрещается открыто сжигать отходы производства и потребления. В соответствии с этим законом отходы, что загрязняют атмосферный воздух, сжигают в специальных установках, предусмотренных правилами, которые утверждаются федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды. [12]

5.5.4 Безопасность ЧС

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций подразделяют на 2 категории:

- Внешние – стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т.д.
- Внутренние – сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина и т. п.

[16]

5.5.5 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность требует обеспечения безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его

жизненного цикла. Основные системы пожарной безопасности – системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, а также организационно-технические мероприятия. Возможно оплавление изоляции соединительных проводов используемого оборудования, их оголение, что повлечёт за собой короткое замыкание, сопровождаемое искрением.

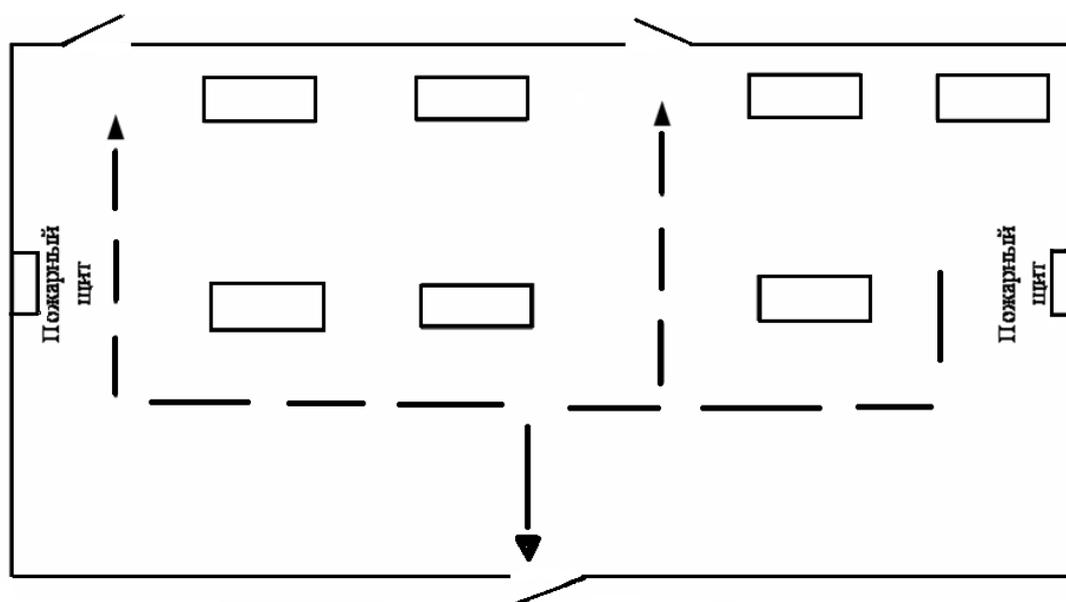


Рисунок 41 - План эвакуации

Эксплуатация оборудования для обеспечения пожарной безопасности связана с необходимостью проведения обслуживающих, ремонтных и профилактических работ. При этом используются различные смазочные материалы, легковоспламеняющиеся жидкости, прокладывают временные электропроводки, ведут пайку и чистку отдельных узлов и деталей. Помимо всего прочего всегда есть вероятность дополнительной пожарной опасности, которая требует соответствующих мер пожарной профилактики. [19]

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а

также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожароопасности, анализируемые лаборатории относятся в категории Г.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- Назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- Издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;
- Использование только исправного оборудования;
- Отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- Содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В лабораторных аудиториях должны висеть огнетушители, а также силовой щит, позволяющий мгновенно обесточить его. На видном месте в коридорах вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, требуется вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

Influence of manufacturing technology and the amount of CNT-type fillers on the properties of polymer composites

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ91	Тянь Дэфан		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Кондратюк А.А.	к.т.н., доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Учебная степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Евсеева А.М.	-		

ABSTRACT

Final qualifying work 106 p., 43 fig., 20 tab., 21 sources.

Keywords: ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE), fillers, polymer composites, carbon nanotubes, strength, hardness, stretching.

The object of the study is polymer composites with various fillers based on UHMWPE, their hardness, strength and wear.

The goal of the work is –1. Development of technology for manufacturing composites based on UHMWPE with three types of fillers: CNT-1, CNT-2 and CNT-3. 2. Studies of density, hardness, strength and wear resistance of samples 3. Consideration of the influence of the type and amount of fillers on the properties of UHMWPE.

In the course of the study, tests for hardness, strength and wear resistance of polymer composites were carried out.

As a result of the study, the dependences of the amount of dispersed fillers on the mechanical properties of polymer composites were obtained.

The main design, technological and technical and operational characteristics: the characteristics of the composites studied during the research need to be refined by additional experiments.

The degree of implementation: an in-depth study of composites with various dispersed fillers.

Scope: Transportation, pipelines, containers, mechanical parts, heart valves

Economic efficiency / significance of the work: According to the results of research and development, the tasks have been accomplished. However, due to the fact that this R & D refers to the search work, it is premature to evaluate its effectiveness. Efficiency can be determined only after conducting applied research, the result of which will be the final product.

An in-depth study of composites with various fillers is planned in the future.

6 Literature review

6.1 Ultra-high molecular weight polyethylene

Ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) is a polyethylene with a molecular weight of 2 million or more. UHMWPE is a polymer compound which is difficult to handle and has excellent wear resistance and self-lubricating ability. Ultra high molecular weight polyethylene fibers are the third generation of specialized fibers in the world. [1]

Almost a century has passed since the discovery of plastics. With many advantages such as flexible structure, light weight, high strength, low cost, stable chemical properties and low electrical insulation, it is widely used in food packaging and hygiene. Healthcare, daily life, transportation, entertainment, aerospace, construction, civil engineering, mechanical engineering and other fields. These five properties are among the best available plastics and are known throughout the world.

The distinguishing feature of UHMW-PE is its ultra-high molecular weight: it has a molecular weight of 3 to 6 million, and HDPE ranges from 300,000 to 500,000. This distinction is necessary to ensure that the UHMWPE has sufficient strength to achieve wear resistance and impact resistance, which cannot be found in other low-grade polymer products.

The point of ultra-high molecular weight polyethylene is that it will not melt and flow like a liquid, so the processing method is based on powder metal technology. Traditional plastic processing methods such as injection molding, blow molding and heat setting cannot be applied to UHMWPE. Extrusion molding is the

most common technology for processing this resin, which makes the resulting product more durable.

UHMWPE products are mainly supplied in powder and particulate form. Many specifications and variety of products make UHMWPE widely used in various fields. It has a unique complex characteristic that includes:

1. High impact strength, especially low temperature impact strength, which is the highest among the known plastics. The impact strength of UHMWPE is 3 times higher than nylon, 2 times higher than polycarbonate, and 5 times higher than ABS. It can withstand long-term impacts and retain toughness even at -196°C . This feature is not available for other plastics. In addition, UHMWPE itself has good wear resistance and anti-corrosion properties, so it becomes the most ideal material in difficult and harsh conditions.

2. High wear resistance, wear resistance 5 times higher than PTFE and 7 times higher than carbon steel.

3. The coefficient of friction is small, only 0.07-0.11, and has good lubricity. When it works in rotating or sliding form, even without lubricating oil, the lubricating effect is better than copper with lubricating oil. When used as friction parts, no lubrication is required, easy maintenance, smooth operation, low noise and low wear. High friction material.

4. Good non-stick, easy-to-clean adhesion to the surface.

5. Stable chemical properties: with the exception of strong oxidizing acids, most inorganic, organic acids, alkalis, salts and organic solvents are not corrosive to UHMWPE (except naphthalene solvents) in a specific temperature and concentration range.

6. Excellent resistance to aging, under natural light, service life over 50 years.

7. It is completely hygienic and non-toxic, it can be used for contact with food and medicine.

8. Low density and light weight. The weight of UHMWPE is only 0.94 g / cm³, which is convenient to handle and install.

Because of the many benefits of UHMWPE, its application and development changes every day. A large number of substitute materials for copper and other non-ferrous metals, stainless steel, other engineering plastics, rubber and leather are used to make various mechanical parts. The main applications are as follows:

1. Construction machinery, agricultural machinery, mining machinery, coal mining machinery;

2. Transport equipment;

3. Packing containers and pipes;

4. Paper-making equipment;

5. Textile equipment;

6. Packaging and transport materials;

7. Chemical equipment;

8. Medical polymer materials;

9. Aviation and military affairs;

10. Sports goods.

There are many classifications of UHMWPE, and the most common products mainly include: pipe materials, cardboard materials and fibrous materials, which are widely used in the market. [2]

6.2 Excipients

Adding a solid to a material can improve the performance of the material, or it can add bulk, increase weight, and reduce material cost. As a rule, organic substances, inorganic substances, metallic or non-metallic powder that does not contain water, is neutral and does not play a negative role with the components of the material can be used as fillers. Commonly used industrial fillers are kaolin, diatomaceous earth, talc, graphite, carbon black, alumina powder, glass powder, asbestos powder, mica powder, quartz powder, carbon fiber, cork powder, emery and so on. A large number of fillers are used in the processing of plastics, rubber, paper, coatings, pesticides, drugs and other products produced in the chemical industry, which not only improves the performance of these products, but also significantly reduces the cost of production. [3]

(1) Essential performance requirements: Filler key performance refers to the performance that has the greatest impact on the performance of the filler-filler composite in use and plays a leading role.

A. Particle Shape and Size Characteristics: Particles are the basic unit of filler, and particle shape and size are the main parameters of the particles. Particle shape is spherical, cubic, block, scaly, fibrous, etc. Particle size is determined by the equivalent spherical diameter;

B. Particle Size: The filler itself is an aggregate of particles. It cannot be an aggregate of particles of the same size. It is classified by sieve analysis and some fractions are removed. The particle size distribution is an important property of the filler, which is usually expressed by the distribution curve of the particles, which

directly affects its rheology, wear resistance, packing of particles and other characteristics;

C. Specific surface area and free surface energy of particles: Specific surface area is the surface area per unit mass of filler, expressed in m^2 / g . A large value indicates that the contact surface provided by the filler is large, including adsorption capacity and chemical reaction capacity. Fillers, which indicates that there is more opportunity for contact; surface free energy refers to the dispersion of solid filler particles into a liquid material. Or, the liquid penetrating the filler particles must overcome the energy fortress at the contact surface due to the fact that the adhesion between the respective molecules is greater than the attraction between two different components. Its value is related to the specific surface area and composition of the filler and directly affects the degree of dispersion of the filler in the polymer material;

D. Particle packing density: refers to the volume occupied by a given weight of filler, which directly affects the quality and effectiveness of the filler;

E. Filler Chemistry: Represents the chemical structure of the filler. Two fillers with the same composition show different characteristics after filling, which indicates that the chemical composition of the filler may not fully reflect its characteristics. Other factors such as particle size and particle distribution. And other properties also have an important influence on the filling effect.

(2) Functional characteristics of the filler: The filler has many special functions, which are shown in:

Optical properties: reflective, the filling has good reflectivity, which makes the filled material bright and beautiful. Fluorescent fillers can display signs in dark places and use the difference in refractive index to enhance or attenuate light;

B Thermal performance: including thermal conductivity, specific heat, thermal expansion and thermal stability of the filler, directly affect the thermal performance of the filler;

C Electrical properties: There is a difference between the theoretical and actual electrical conductivity of the filler. This is due to the fact that the surface of the filler contains hydroxyl groups, free ions adsorbed on the surface, and impurities of various metal compounds. These factors must be considered when using the filler: Influence of physical properties.

6.2.1 Types of fillers

There are many types and varieties of fillers, mainly the following categories:

- (1) Calcium carbonate
- (2) Carbon black
- (3) Cellulose
- (4) Silicates
- (5) Silica
- (6) Metals oxide
- (7) Random polypropylene

The introduction of dispersed fillers in relatively large quantities (up to 10%), When C is more than 10%, the physical and mechanical properties of the composite are additively reduced [4].

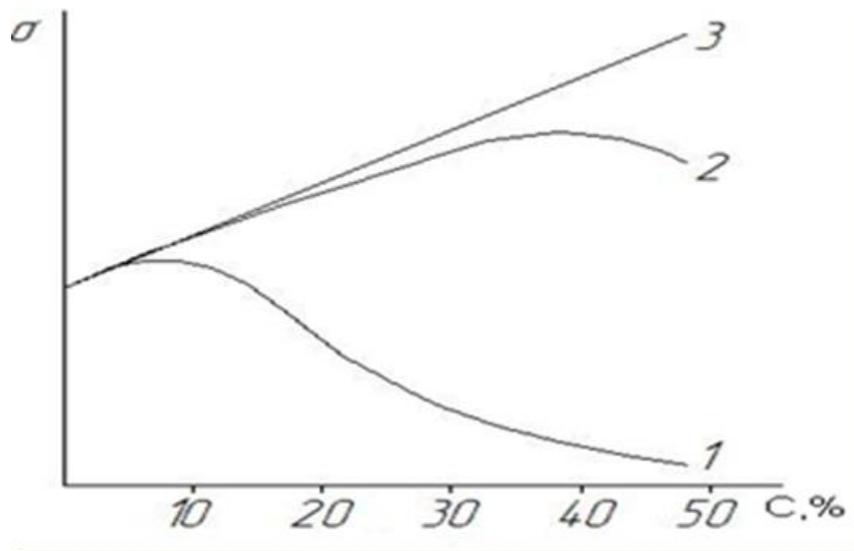


Figure 42 - Principal dependence of the strength (σ) of the polymer material on the content (C, %) of the filler: 1 - dispersed; 2 - chopped fibrous; 3 - reinforcing (continuous fiber, woven filler).

6.3 Carbon nanotubes

6.3.1 Carbon nanotubes

Carbon nanotube (abbreviated CNT) is an allotropic modification of carbon, which is a hollow cylindrical structure with a diameter from tenths to several tens of nanometers and a length from one micrometer to several centimeters (while there are technologies that allow them to be woven into threads of unlimited length), consisting of one or several graphene planes rolled into a tube.

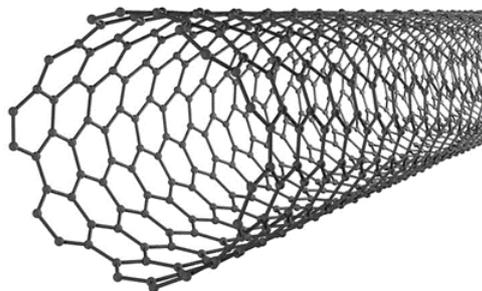


Figure 43 - Scheme of a carbon nanotube

6.3.2 Properties of CNTs

Carbon nanotubes have good mechanical properties. The tensile strength of CNTs reaches 50 ~ 200 GPa, which is 100 times higher than that of steel, but the density is only 1/6 of that of steel, which is at least an order of magnitude higher than that of ordinary graphite. Its modulus of elasticity can reach 1TPa., which is equivalent to the modulus of elasticity of diamond, approximately 5 times greater than the modulus of elasticity of steel. For a single-walled carbon nanotube with an ideal structure, its ultimate strength is about 800 GPa. Although the structure of carbon nanotubes is similar to that of polymeric materials, their structure is much more stable than polymeric materials. Carbon nanotubes are currently the highest strength-to-weight materials that can be produced. If other engineering materials are used as a matrix and carbon nanotubes to make a composite material, the composite material can exhibit good strength, elasticity, fatigue resistance and isotropy, which will greatly improve the performance of the composite material.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведём итоговый объективный анализ путём сравнения абсолютных значений полученных экспериментальных данных четырёх основных механических свойств ПКМ.

1) Плотность ПКМ

Влияние всех трёх видов УНТ однотипно, - плотность линейно возрастает. Единственное что можно отметить, что до концентрации 15% все они обладают положительной плавучестью.

2) Твёрдость ПКМ

Рассматривая отдельно измерение твёрдости, можно сказать что измерения по методу Бринелли дали наибольшее значение твёрдости ПКМ с модификатором УНТ-1, а наименьшее с УНТ-2, наиболее резкий рост твёрдости отмечался в диапазоне до 5%. Затем твёрдость стабилизировалась, а начиная с 20% уменьшалась.

Измерениями по Шору получены однотипные зависимости отличающиеся абсолютной величиной. Наиболее твёрдые образцы в ПКМ с УНТ-3, твёрдости образцов с УНТ-2, -минимальная.

3) Прочность и пластичность ПКМ

Рассмотрим пластичности наших трёх типов ПКМ. На участке концентрации наполнителей до 10% включительно, наибольшую деформацию имеют УНТ-3, а минимальную УНТ-2. При содержании наполнители 15% и более, пластичность материалов резко уменьшается.

Предельная прочность ПКМ с введением наполнителей увеличивается, однако с различной интенсивностью. Максимальный рост проявляется при концентрации от 0,5% до 5%. Превышение этих значений приводит к плавному снижению кривой.

4) Износ ПКМ

Сравнивая кривые износа трёх изучаемых композитов можно сделать вывод о том, что увеличение присутствия модификаторов приводит к увеличению износа ПКМ. Исключением служат ПКМ с добавкой модификатора УНТ-3 в диапазоне от 0.5% до 5%. Эта концентрация повышает износостойкость донной ПКМ.

Анализируя ПКМ с рассматриваемыми тремя предложенными модификаторами имеющими одинаковую их концентрацию можно сделать вывод, что наиболее износостойки УНТ-1 и УНТ-3.

ПУБЛИКАЦИИ

1. Тянь Дэфан. Влияние технологии получения наполнителей на прочность полимерных композитов / Тянь Дэфан, Чжан Тэнси, А. А. Кондратюк // Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения сборник научных трудов Международной научно-технической молодежной конференции, Томск, 21–25 сентября 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Инженерная школа новых производственных технологий; под ред. С. П. Буяковой . — Томск : Изд-во ТПУ , 2020 . — [С. 170-172] . — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: с. 172 (3 назв.)].

2. Тянь Дэфан. Влияние динамики нагружения на механические характеристики полимерных композитов / Тянь Дэфан, Н. З. Мадаминов, А. А. Кондратюк // Современные материалы и технологии новых поколений сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, г. Томск, 30 сентября - 5 октября 2019 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа новых производственных технологий ; под ред. А. Н. Яковлева [и др.] . — Томск : Изд-во ТПУ , 2019 . — [С. 78-79] . — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: с. 79 (4 назв.)].

3. Тянь Дэфан. Влияние динамики нагружения на механические характеристики полимерных композитов / Тянь Дэфан, Н. З. Мадаминов, А. А. Кондратюк // Современные материалы и технологии новых поколений сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, г. Томск, 30 сентября - 5 октября 2019 г.: / Национальный исследовательский

Томский политехнический университет, Инженерная школа новых производственных технологий ; под ред. А. Н. Яковлева [и др.] . — Томск : Изд-во ТПУ , 2019 . — [С. 78-79] . — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: с. 79 (4 назв.)].

4. Тянь Дэфан. Влияние динамики нагружения на механические характеристики полимерных композитов / Тянь Дэфан, Н. З. Мадаминов, А. А. Кондратюк // Современные материалы и технологии новых поколений сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, г. Томск, 30 сентября - 5 октября 2019 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа новых производственных технологий ; под ред. А. Н. Яковлева [и др.] . — Томск : Изд-во ТПУ , 2019 . — [С. 78-79] . — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: с. 79 (4 назв.)].

модифицирующей торфяной добавки и производства сухих строительных смесей с указанной добавкой / Ю. С. Саркисов, Н. О. Копаница, А. В. Касаткина. – Опубл. 10.08.2011, Бюл. № 22.

11. Белов С.В., А.В. Ильницкая и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. 1999. – 354 с.

12. <http://metrotest.ru/article/formuly-rascheta-tverdosti-po-razlichnymmetodam>. [электронный ресурс].

13. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

14. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.

15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

16. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность.

17.ГОСТ 12.1.005-88. Естественное и искусственное освещение.

18.ГОСТ Р 22.0.01-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

19. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

20. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

21. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.